



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2019/135333**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜG)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2018 006 764.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2018/044305**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.11.2018**

(87) PCT-Veröffentlichungstag: **11.07.2019**

(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **10.09.2020**

(51) Int Cl.: **H01L 21/768** (2006.01)
H01L 21/3205 (2006.01)
H01L 23/532 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2018-000630 **05.01.2018** **JP**

(71) Anmelder:
Sony Semiconductor Solutions Corporation,
Atsugi-shi, Kanagawa, JP

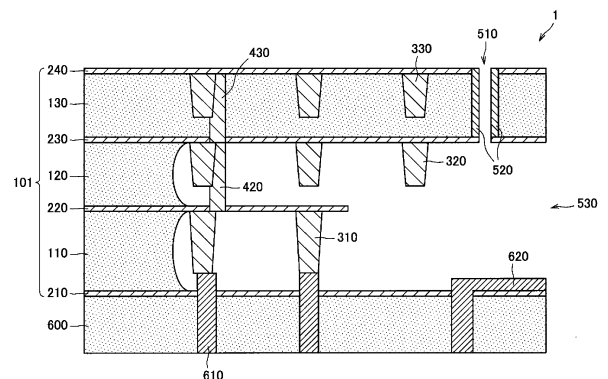
(74) Vertreter:
MFG Patentanwälte Meyer-Wildhagen Meggle-
Freund Gerhard PartG mbB, 80799 München, DE

(72) Erfinder:
Kawashima, Hiroyuki, Atsugi-shi, Kanagawa, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **HALBLEITERVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: [Problem] Beibehalten der mechanischen Festigkeit und Zuverlässigkeit und Reduzieren der Zwischendrahtkapazität einer Halbleitervorrichtung. [Lösung] Eine Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst: eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht mit mehreren Zwischenschichtfilmen und mehreren Diffusionsverhinderungsfilmen, die auf eine abwechselnde Weise laminiert sind, und mit einer Verdrahtung, die innerhalb der Zwischenschichtfilme bereitgestellt ist; einen Kontakt-Via, der eine Via-Isolationsschicht durchdringend bereitgestellt ist, die auf einer Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht bereitgestellt ist, wobei der Kontakt-Via elektrisch mit der Verdrahtung in der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht verbunden ist; ein Durchgangsloch, das wenigstens einen der Zwischenschichtfilme und der Diffusionsverhinderungsfilme von einer anderen Oberfläche auf der entgegengesetzten Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht durchdringend bereitgestellt ist, und einen Spalt, der mit dem Durchgangsloch verbunden ist und in wenigstens einem Zwischenschichtfilm bereitgestellt ist, so dass der Kontakt-Via freigelegt wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Halbleitervorrichtung.

STAND DER TECHNIK

[0002] Da Halbleitervorrichtungen heutzutage immer kleiner werden, haben Verdrahtungsverzögerungen, die die Betriebsgeschwindigkeit von Halbleitervorrichtungen verringern, zugenommen. Insbesondere nimmt bei einer Halbleitervorrichtung ein Verdrahtungswiderstand aufgrund einer Abnahme der Querschnittsfläche der Verdrahtungsleitungen zu und daher nimmt eine Verzögerung proportional zu dem Produkt des Verdrahtungswiderstands und der Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen zu (diese Verzögerung wird auch als eine RC-Verzögerung bezeichnet).

[0003] Um eine solche Verdrahtungsverzögerung zu reduzieren, wurden Untersuchungen zum Verringern der dielektrischen Konstante eines Zwischenschichtfilms zwischen Verdrahtungsleitungen durchgeführt. Jedoch wurde bisher kein Zwischenschichtfilmmaterial gefunden, das eine ausreichend niedrige dielektrische Konstante erreicht.

[0004] In Anbetracht dessen wurde ein Verfahren zum weiteren Verringern der dielektrischen Konstante zwischen Verdrahtungsleitungen durch Entfernen des Materials zwischen den Verdrahtungsleitungen und Bilden einer hohlen Schicht (die auch als ein Luftspalt bezeichnet wird) mit einer relativen dielektrischen Konstante von 1 zwischen den Verdrahtungsleitungen in Betracht gezogen.

[0005] Zum Beispiel offenbart das unten erwähnte Patentedokument 1 das Bereitstellen einer Struktur, die die Verdrahtungsleitungen nicht beschädigt, wenn ein Isolationsfilm zwischen den Verdrahtungsleitungen entfernt wird, um eine Luftspaltstruktur zu bilden.

ZITATLISTE

PATENTDOKUMENT

[0006] Patentedokument 1: Japanische Patentanmeldung, Offenlegungs-Nr. 2006-19401

KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

DURCH DIE ERFINDUNG
ZU LÖSENDE PROBLEME

[0007] Gemäß der in Patentedokument 1 offenbarten Technologie ragt ein Dünnschichtfilm mit geringer mechani-

scher Festigkeit in einem Raum vor, in dem ein Luftspalt gebildet ist, und daher besteht die Möglichkeit, dass der Dünnschichtfilm, der in den Luftspalt hervorragt, zusammenbricht. Ferner ist gemäß der in Patentedokument 1 offenbarten Technologie, falls die Entfernung zwischen Verdrahtungsleitungen lang ist, die mechanische Festigkeit der gesamten Halbleitervorrichtung aufgrund der Luftspalte niedriger und daher besteht die Möglichkeit, dass die Zuverlässigkeit der Halbleitervorrichtung abfallen wird.

[0008] In Anbetracht des Obigen schlägt die vorliegende Offenbarung eine neue und verbesserte Halbleitervorrichtung vor, die zum Reduzieren der Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen in der Lage ist, während eine mechanische Festigkeit und Zuverlässigkeit beibehalten wird.

LÖSUNGEN DER PROBLEME

[0009] Die vorliegende Offenbarung soll eine Halbleitervorrichtung bereitstellen, die Folgendes beinhaltet: eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht, in der mehrere Zwischenschichtfilme und mehrere Diffusionsverhinderungsfilme abwechselnd gestapelt sind und eine Verdrahtungsleitung in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist; einen Kontakt-Via, der eine Via-Isolationsschicht durchdringt, die auf einer Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht gebildet ist, und elektrisch mit der Verdrahtungsleitung der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht verbunden ist; ein Durchgangsloch, das wenigstens einen der Zwischenschichtfilme und der Diffusionsverhinderungsfilme von der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht auf der gegenüberliegenden Seite von der einen Oberfläche durchdringt; und einen Luftspalt, der mit dem Durchgangsloch verbunden ist und der in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme gebildet ist, um den Kontakt-Via freizulegen.

[0010] Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird ein Zwischenschichtfilm in einem vorbestimmten Gebiet in der Stapelungsrichtung und der ebeneninternen Richtung entfernt, so dass ein Luftspalt in einem Gebiet um einen Kontakt-Via herum gebildet werden kann, der ein Halbleitersubstrat mit einer Verdrahtungsleitung verbindet.

EFFEKTE DER ERFINDUNG

[0011] Wie oben beschrieben, ist es gemäß der vorliegenden Offenbarung möglich, die Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen zu reduzieren, während die mechanische Festigkeit und die Zuverlässigkeit einer Halbleitervorrichtung beibehalten werden.

[0012] Es wird angemerkt, dass der oben beschriebene Effekt nicht notwendigerweise beschränkend ist und es möglich ist, beliebige der in dieser Pa-

tentschrift beschriebenen Effekte zusammen mit dem oben erwähnten Effekt oder anstelle des oben erwähnten Effekts zu erreichen, oder es möglich ist, andere Effekte zu erreichen, die aus dieser Patentschrift ersichtlich sind.

Figurenliste

Fig. 1 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung in der Stapelungsrichtung.

Fig. 2A ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in einem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2B ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2C ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2D ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2E ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2F ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 2G ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 3 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 5A ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 5B ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß der dritten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 5C ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß der dritten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer vierten Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 7 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung in der Stapelungsrichtung.

Fig. 8A ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in einem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 8B ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 8C ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 8D ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 8E ist eine Querschnittsansicht, die einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform veranschaulicht.

Fig. 9 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer Modifikation der Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung in der Stapelungsrichtung.

Fig. 11 ist ein schematisches Diagramm, das die Stapelungsstruktur jeder Verdrahtungsleitung der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 12 ist ein schematisches Diagramm, das die Stapelungsstruktur jeder Verdrahtungsleitung der Halbleitervorrichtung gemäß der Ausführungsform zeigt.

Fig. 13A ist eine Querschnittsansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 11** gezeigten Linie **A-AA** zeigt.

Fig. 13B ist eine Querschnittsansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 11** gezeigten Linie **B-BB** zeigt.

Fig. 13C ist eine Querschnittansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 12** gezeigten Linie **C-CC** zeigt.

Fig. 14 ist ein Diagramm, das eine Beispielkonfiguration eines endoskopischen Chirurgiesystems schematisch zeigt.

Fig. 15 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für die funktionalen Konfigurationen eines Kamerakopfes und einer CCU zeigt.

Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das eine Beispielkonfiguration eines In-Vivo-Informationserfassungssystems schematisch zeigt.

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das eine Beispielkonfiguration eines Fahrzeugsteuersystems schematisch zeigt.

Fig. 18 ist ein erklärendes Diagramm, das ein Beispiel für Installationspositionen externer Informationsdetektoren und von Bildgebungseinheiten zeigt.

AUSFÜHRUNGSWEISEN DER ERFINDUNG

[0013] Das Folgende ist eine ausführliche Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen. Es ist zu beachten, dass in dieser Patentschrift und den Zeichnungen Komponenten mit im Wesentlichen den gleichen funktionalen Konfigurationen mit den gleichen Bezugsziffern bezeichnet sind und eine Erklärung von diesen nicht wiederholt wird.

[0014] In den jeweiligen Zeichnungen, auf die in der Beschreibung unten verwiesen wird, sind die Größen mancher Komponenten in manchen Fällen zur einfachen Erklärung größer gezeigt als sie tatsächlich sind. Daher repräsentieren die relativen Größen der in den jeweiligen Zeichnungen gezeigten Komponenten nicht immer genau die Größenbeziehung zwischen den tatsächlichen Komponenten. Ferner wird die Richtung, in der Substrate oder Schichten gestapelt sind, in der Beschreibung unten manchmal als die Aufwärtsrichtung bezeichnet.

[0015] Es ist zu beachten, dass eine Erklärung in der folgenden Reihenfolge erfolgen wird.

1. Erste Ausführungsform
 - 1.1. Beispielkonfiguration
 - 1.2. Herstellungsverfahren
 - 1.3. Modifikationen
2. Zweite Ausführungsform
 - 2.1. Beispielkonfiguration
 - 2.2. Herstellungsverfahren
 - 2.3. Modifikationen

3. Dritte Ausführungsform
4. Beispielanwendungen
 - 4.1. Erste Anwendung
 - 4.2. Zweite Anwendung
 - 4.3. Dritte Anwendung

<Erste Ausführungsform>

(Beispielkonfiguration)

[0016] Zuerst unter Bezugnahme auf **Fig. 1** ist die Konfiguration einer Halbleitervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beschrieben. **Fig. 1** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß dieser Ausführungsform in der Stapelungsrichtung. Es wird angemerkt, dass **Fig. 1** einen Teil eines Querschnitts einer Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform zeigt und sich die Halbleitervorrichtung **1** natürlich in Gebiete erstreckt, die in der Zeichnung nicht gezeigt sind.

[0017] Wie in **Fig. 1** gezeigt, beinhaltet die Halbleitervorrichtung **1** eine Via-Isolationsschicht **600** und eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101**, in der ein erster bis dritter Zwischenschichtfilm **110**, **120** und **130** und ein erster bis vierter Diffusionsverhinderungsfilm **210**, **220**, **230** und **240** abwechselnd gestapelt sind.

[0018] Kontakt-Vias **610** und eine nullte Verdrahtungsleitung **620** sind in der Via-Isolationsschicht **600** gebildet und die erste bis dritte Verdrahtungsleitung **310**, **320** und **330** sind jeweils in dem ersten bis dritten Zwischenschichtfilm **110**, **120** bzw. **130** gebildet. Die erste bis dritte Verdrahtungsleitung **310**, **320** und **330** sind durch einen zweiten und dritten Durchgangs-Via **420** und **430** elektrisch miteinander verbunden.

[0019] Nachfolgend werden der erste bis dritte Zwischenschichtfilm **110**, **120** und **130** auch gemeinsam als die Zwischenschichtfilme **100** bezeichnet und werden der erste bis vierte Diffusionsverhinderungsfilm **210**, **220**, **230** und **240** auch gemeinsam als die Diffusionsverhinderungsfilme **200** bezeichnet. Ferner werden die erste bis dritte Verdrahtungsleitung **310**, **320** und **330** auch gemeinsam als die Verdrahtungsleitungen **300** bezeichnet und werden der zweite und dritte Durchgangs-Via **420** und **430** auch gemeinsam als die Durchgangs-Vias **400** bezeichnet.

[0020] Das heißt, die Halbleitervorrichtung **1** beinhaltet die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101**, in der die Zwischenschichtfilme **100** einschließlich der Verdrahtungsleitungen **300** und der Durchgangs-Vias **400** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** abwechselnd gestapelt sind.

[0021] Es wird angemerkt, dass in **Fig. 1** die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** eine Struktur aufweist, in der der erste bis dritte Zwischenschichtfilm **110**, **120** und **130** und der erste bis vierte Diffusionsverhinderungsfilm **210**, **220**, **230** und **240** abwechselnd gestapelt sind. Jedoch ist die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung nicht auf ein solches Beispiel beschränkt. Die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** kann zum Beispiel vier oder fünf oder mehr Zwischenschichtfilme **100** beinhalten. Ferner kann die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** mit Zwischenschichtfilmen **100** und Diffusionsverhinderungsfilmen **200** gebildet werden, die in der gleichen Anzahl vorhanden sind.

[0022] Die Zwischenschichtfilme **100** isolieren die Verdrahtungsleitungen **300** elektrisch voneinander und sind Hauptschichtelemente, die die Halbleitervorrichtung **1** bilden. Die Zwischenschichtfilme **100** sind mit einem Isolationsmaterial gebildet, an dem eine Ätzung einfach durchgeführt werden kann (an dem insbesondere eine Ätzung einfacher durchgeführt werden kann als an den später beschriebenen Diffusionsverhinderungsfilmen **200**), und können mit einem Isolationsmaterial, wie zum Beispiel SiO_2 , gebildet werden. Alternativ dazu können die Zwischenschichtfilme **100** mit einem organischen Harz, einem Low-k-Material, wie etwa mit Kohlenstoff dotiertes SiO_2 oder poröses Siliciumdioxid, oder dergleichen gebildet werden.

[0023] Die Diffusionsverhinderungsfilme **200** sind so angeordnet, dass sie die jeweiligen Zwischenschichtfilme **100** sandwichartig einschließen, eine Oberflächendiffusion des Metalls, das die Verdrahtungsleitungen **300** bildet, verhindern und als Stopper fungieren, wenn die Schichten darauf verarbeitet werden. Speziell sind die Diffusionsverhinderungsfilme **200** mit einem Isolationsmaterial mit einer höheren Ätzbeständigkeit (zum Beispiel einer Ätzbeständigkeit bezüglich einer Fluorverbindung) als die Zwischenschichtfilme **100** gebildet und können mit einem Isolationsmaterial, wie zum Beispiel SiN_x , SiCN , SiON oder SiC , gebildet sein.

[0024] Es wird angemerkt, dass die Materialien, die die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** bilden, nur so ausgewählt werden müssen, dass die Ätzselektivität der Zwischenschichtfilme **100** mit Bezug auf die Diffusionsverhinderungsfilme **200** erhöht wird, und es sind verschiedene Kombinationen möglich. Daher sind die Materialien, die die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** bilden, nicht auf die oben beschriebenen Materialien beschränkt und es kann eine Kombination aus anderen Materialien verwendet werden.

[0025] Die Verdrahtungsleitungen **300** übertragen Strom oder Spannung zwischen in der Halbleitervor-

richtung **1** bereitgestellten aktiven oder passiven Elementen. Die Verdrahtungsleitungen **300** sind mit einem leitfähigen Material gebildet und können mit einem ersten Metall, einer Legierung aus dem ersten Metall oder dergleichen gebildet werden. Das erste Metall ist zum Beispiel ein einfach zu verarbeitendes Metall mit einem niedrigen Widerstand, wie etwa Kupfer (Cu), Aluminium (Al), Kobalt (Co), oder eine Legierung aus diesen Metallen (wie etwa CoWB). Falls die Verdrahtungsleitungen **300** mit Cu gebildet sind, können die Verdrahtungsleitungen **300** einfach durch Verwenden einer Damascene-Technik oder dergleichen gebildet werden. Falls die Verdrahtungsleitungen **300** mit Al gebildet sind, können ferner die Verdrahtungsleitungen **300** einfach durch Trockenätzen mit einem Halogengas gebildet werden.

[0026] Die Durchgangs-Vias **400** verbinden die in den unterschiedlichen Zwischenschichtfilmen **100** gebildeten Verdrahtungsleitungen **300** elektrisch miteinander. Insbesondere verbindet der zweite Durchgangs-Via **420** die ersten Verdrahtungsleitungen **310** und die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** elektrisch und verbindet der dritte Durchgangs-Via **430** die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und die dritten Verdrahtungsleitungen **330** elektrisch. Die Durchgangs-Vias **400** sind mit einem leitfähigen Material gebildet und können mit einem ersten Metall oder einer Legierung aus dem ersten Metall, wie die Verdrahtungsleitungen **300**, gebildet werden. Zum Beispiel können die Durchgangs-Vias **400** mit Kupfer (Cu), Aluminium (Al), Kobalt (Co), einer Legierung aus diesen Metallen (wie etwa CoWB) oder dergleichen gebildet werden.

[0027] Die Via-Isolationsschicht **600** ist mit einem Isolationsmaterial auf einer Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** gebildet und isoliert jeden der Kontakt-Vias **610** elektrisch voneinander. Wie die Zwischenschichtfilme **100** kann die Via-Isolationsschicht **600** mit einem Isolationsmaterial gebildet werden, an dem eine Ätzung relativ einfach durchgeführt werden kann (an dem insbesondere eine Ätzung einfacher als an den Diffusionsverhinderungsfilmen **200** durchgeführt werden kann). Die Via-Isolationsschicht **600** kann mit einem Isolationsmaterial, wie zum Beispiel SiO_2 , gebildet werden oder kann mit einem organischen Harz, einem Low-k-Material, wie etwa mit Kohlenstoff dotiertes SiO_2 oder poröses Siliciumdioxid, oder dergleichen gebildet werden.

[0028] Die Kontakt-Vias **610** durchdringen die Via-Isolationsschicht **600** und den ersten Diffusionsverhinderungsfilm **210**, sind so gebildet, dass sie in den ersten Zwischenschichtfilm **110** hervorragen, und verbinden das (nicht gezeigte) Halbleitersubstrat elektrisch mit den ersten Verdrahtungsleitungen **310**. Insbesondere verbinden die Kontakt-Vias **610** die ersten Verdrahtungsleitungen **310** elektrisch mit dem

(nicht gezeigten) Halbleitersubstrat, das auf der anderen Oberfläche der Via-Isolationsschicht **600** gebildet ist, auf der die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** gebildet ist, oder Elektroden oder dergleichen, die auf dem Halbleitersubstrat gebildet sind. Zum Beispiel können die Kontakt-Vias **610** mit einem leitfähigen Material gebildet werden und können mit einem zweiten Metall oder einer Legierung aus dem zweiten Metall, das von dem ersten Metall, das die Verdrahtungsleitungen **300** bildet, verschieden ist, und dergleichen gebildet werden. Das zweite Metall ist ein Metall, das Charakteristiken, wie etwa eine geringere Diffusion von Metallatomen in das Halbleitersubstrat hinein, stärkere vergrabende Eigenschaften zu der Zeit der Bildung der Kontakt-Vias **610** und eine höhere Wärmebeständigkeit, aufweist. Das Metall könnte zum Beispiel Wolfram (W) oder dergleichen sein.

[0029] Es wird angemerkt, dass die Kontakt-Vias **610** in einem potentialfreien Zustand in der Via-Isolationsschicht **600** und dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet werden können, um die mechanische Festigkeit der Halbleitervorrichtung **1** sicherzustellen. In einem solchen Fall fungieren die Kontakt-Vias **610** als säulenartige Elemente, die Stützen zwischen den Schichten der Halbleitervorrichtung **1** sind.

[0030] Die nullte Verdrahtungsleitung **620** ist innerhalb des ersten Zwischenschichtfilms **110** und auf dem ersten Diffusionsverhinderungsfilm **210** gebildet und verbindet aktive Elemente oder passive Elemente, die in der Halbleitervorrichtung **1** bereitgestellt sind, elektrisch mit den Kontakt-Vias **610**. Die nullte Verdrahtungsleitung **620** ist mit einem leitfähigen Material gebildet und kann mit einem zweiten Metall oder einer Legierung aus dem zweiten Metall, wie die Kontakt-Vias **610**, gebildet werden. Zum Beispiel kann die nullte Verdrahtungsleitung **620** mit Wolfram (W), einer Wolframlegierung oder dergleichen gebildet werden.

[0031] Da die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** an Positionen näher an dem Halbleitersubstrat als die Verdrahtungsleitungen **300** angeordnet sind, können die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** mit dem zweiten Metall gebildet werden, das einen geringeren Einfluss als das erste Metall auf das Halbleitersubstrat hat. Falls die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** mit dem zweiten Metall gebildet sind, kann eine Barrieremetallschicht, die mit einem Metall mit starken Barriereigenschaften gegenüber Atomen gebildet wird, auf den Oberflächen der Kontakt-Vias **610** und der nullten Verdrahtungsleitung **620** gebildet werden. Die Barrieremetallschicht kann mit einem Metall, wie zum Beispiel Tantal (Ta), Titan (Ti), Ruthenium (Ru), Kobalt (Co) oder Mangan (Mn), oder einem Nitrid oder Oxid dieser Metalle gebildet werden.

[0032] Jedoch kann die Barrieremetallschicht zu dem Zeitpunkt des Ätzens zum Bilden des Luftspalts **530**, das später beschrieben ist, beschädigt werden. Falls die Barrieremetallschicht auf den Oberflächen der Kontakt-Vias **610** und der nullten Verdrahtungsleitung **620** gebildet wird, kann daher ein Schutzfilm, der mit einem Material ähnlich jenem der Diffusionsverhinderungsfilme **200** gebildet wird, ferner bereitgestellt werden, um die Barrieremetallschicht zu bedecken.

[0033] Die Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform beinhaltet ferner ein Durchgangsloch **510**, eine Schutzseitenwand **520** und einen Luftspalt **530**. Der Luftspalt **530** ist in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet, so dass die Kontakt-Vias **610** freigelegt werden. Das Durchgangsloch **510** ist so gebildet, dass es den vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240**, den dritten Zwischenschichtfilm **130** und den dritten Diffusionsverhinderungsfilm **230** durchdringt und den Luftspalt **530** mit dem Außenraum verbindet. Die Schutzseitenwand **520** wird auf der Seitenoberfläche innerhalb des Durchgangslochs **510** gebildet.

[0034] Es wird angemerkt, dass, obwohl dies in Fig. **1** nicht gezeigt ist, eine Versiegelungsschicht zum Bedecken der Öffnung, die durch das Durchgangsloch **510** gebildet wird, auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** angeordnet werden kann. Die Versiegelungsschicht ist zum Beispiel mit einem anorganischen Isolationsmaterial, wie etwa SiO_x , SiN_x , SiCN, SiON oder SiC, oder einem organischen Harz gebildet und kann das Eindringen von Feuchtigkeit und dergleichen in das Durchgangsloch **510** und den Luftspalt **530** verhindern.

[0035] Das Durchgangsloch **510** ist so gebildet, dass es die Zwischenschichtfilme **100**, die auf der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** gegenüber von der Oberfläche, die mit der Via-Isolationsschicht **600** versehen ist, und die Diffusionsverhinderungsfilme **200**, die die Zwischenschichtfilme **100** sandwichartig einschließen, durchdringt. Insbesondere ist das Durchgangsloch **510** so gebildet, dass es den dritten Zwischenschichtfilm **130** und den dritten und vierten Diffusionsverhinderungsfilm **230** und **240**, die den dritten Zwischenschichtfilm **130** sandwichartig einschließen, durchdringt. Die Öffnung des Durchgangslochs **510** kann in einer beliebigen planaren Form gebildet werden. Zum Beispiel kann die Öffnung des Durchgangslochs **510** in einer im Wesentlichen quadratischen Form mit einer Seite von wenigstens 50 nm bis 300 nm oder einer im Wesentlichen kreisförmigen Form mit einem Durchmesser von wenigstens 50 nm bis 300 nm gebildet werden.

[0036] Die Schutzseitenwand **520** ist auf der Seitenoberfläche innerhalb des Durchgangslochs **510** gebildet und schützt die Seitenoberfläche des dritten Zwischenschichtfilms **130**, die durch das Durchgangsloch **510** freigelegt ist. Die Schutzseitenwände **520** sind zum Beispiel mit einem Isolationsmaterial mit einer höheren Ätzbeständigkeit (zum Beispiel einer Ätzbeständigkeit bezüglich einer Fluorverbindung) als die Zwischenschichtfilme **100** gebildet und können mit einem Isolationsmaterial, wie zum Beispiel SiN_x , SiCN , SiON , SiOC oder SiC , gebildet sein. Alternativ dazu kann die Schutzseitenwand **520** mit einem High-k-Material, wie etwa Aluminiumoxid (Al_2O_3), Titanoxid (TiO_2), Ditantalpentaoxid (Ta_2O_5), Hafniumoxid (HfO_2), Zirconiumoxid (ZrO_2) oder Lanthanoxid (La_2O_3) gebildet werden oder kann mit einem metallischen Material gebildet werden. Es wird angemerkt, dass, falls die Schutzseitenwand **520** mit einem metallischen Material gebildet ist, die Schutzseitenwand **520** so gebildet ist, dass sie sich in einem potentialfreien Zustand befindet.

[0037] Die Schutzseitenwand **520** wirkt zum Schutz des dritten Zwischenschichtfilms **130** vor einer Ätzung, wenn der Luftspalt **530** gebildet wird. Insbesondere wird der Luftspalt **530** gebildet, indem eine Ätzlösung oder ein Ätzdampf über das Durchgangsloch **510** eingeführt wird und eine Ätzung (Nassätzung oder Dampfätzung) an dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** durchgeführt wird. Zu diesem Zeitpunkt schützt die Schutzseitenwand **520** den dritten Zwischenschichtfilm **130** vor der Ätzung mit der Ätzlösung oder dem Ätzdampf. Da das Durchgangsloch **510** an der Innenseitenwandoberfläche mit der Schutzseitenwand **520**, wie oben beschrieben, bedeckt ist, kann die Halbleitervorrichtung **1** den Luftspalt **530** in den Zwischenschichtfilmen **100** innerhalb der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** bilden. Es wird angemerkt, dass die Schutzseitenwand **520** zum Beispiel ein dünner Film mit einer Dicke von 5 nm bis 30 nm sein kann.

[0038] Der Luftspalt **530** wird in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme **100** der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** gebildet, so dass die Kontakt-Vias **610** freigelegt werden, und der Raum zwischen den jeweiligen Kontakt-Vias **610** oder den jeweiligen Verdrahtungsleitungen **300** ist ein hohler Raum mit einer relativen dielektrischen Konstante von 1. Insbesondere wird der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet und jeder Raum zwischen einem Teil der Kontakt-Vias **610**, der ersten Verdrahtungsleitungen **310** und der zweiten Verdrahtungsleitungen **320** ist ein hohler Raum. Mit dieser Anordnung kann der Luftspalt **530** die parasitäre Kapazität reduzieren, die zwischen den jeweiligen Kontakt-Vias **610** oder den jeweiligen Verdrahtungsleitungen **300** gebildet wird.

[0039] Bei der Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform wird der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet, um wenigstens die Kontakt-Vias **610** freizulegen. Mit dieser Konfiguration kann die Halbleitervorrichtung **1** die Kapazität zwischen den Verdrahtungsleitungen in dem Gebiet nahe dem Halbleitersubstrat reduzieren, auf dem Transistoren und dergleichen gebildet sind. Dementsprechend kann die Basisleistungsfähigkeit der Halbleitervorrichtung **1**, wie etwa Signalumwandlungseffizienz und Schaltcharakteristiken, verbessert werden.

[0040] Es wird angemerkt, dass der Luftspalt **530** zum Beispiel durch Einführen einer Ätzlösung oder eines Ätzdampfes über das Durchgangsloch **510** und Durchführen einer Ätzung an dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** unter Verwendung einer Nassätzung oder Dampfätzung gebildet werden kann.

[0041] In dieser Phase ist das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet wird, in der Stapelungsrichtung der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** auf das Gebiet beschränkt, das durch die Diffusionsverhinderungsfilme **200** umgeben ist. Dies liegt darin begründet, dass die Diffusionsverhinderungsfilme **200** eine höhere Ätzbeständigkeit als die Zwischenschichtfilme **100** aufweisen und die Ätzung kaum fortschreitet. Ferner wird das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet wird, in der ebeneninternen Richtung der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** durch das Ätzausmaß gesteuert. Insbesondere verteilt sich die Ätzlösung oder der Ätzdampf, die bzw. der von dem Durchgangsloch **510** eingeführt wird, isotrop von unmittelbar unterhalb des Durchgangslochs **510**, so dass das Ätzen an den Zwischenschichtfilmen **100** durchgeführt wird. Dementsprechend kann das Gebiet in der ebeneninternen Richtung des Luftspalts **530** mit dem Ätzausmaß gesteuert werden.

[0042] Es wird angemerkt, dass das Ätzen der Zwischenschichtfilme **100** unter der Bedingung durchgeführt wird, dass das Ätzen nicht an den Kontakt-Vias **610**, den Durchgangs-Vias **400** und den Verdrahtungsleitungen **300** durchgeführt wird. Falls die Kontakt-Vias **610**, die Durchgangs-Vias **400** oder die Verdrahtungsleitungen **300** in dem Gebiet vorhanden sind, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, können daher diese Komponenten ohne irgendeine Änderung in dem Luftspalt **530** verbleiben. Falls die Zwischenschichtfilme **100** räumlich durch die Kontakt-Vias **610**, die Durchgangs-Vias **400** oder die Verdrahtungsleitungen **300** unterteilt sind, wird ferner ein Eintritt der Ätzlösung oder des Ätzdampfes durch diese Komponenten blockiert und ist das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, begrenzt.

[0043] Falls der Luftspalt **530** in mehreren Zwischenschichtfilmen **100** gebildet wird, wird hier eine Öffnung in den Diffusionsverhinderungsfilmen **200** in

den mehreren Zwischenschichtfilmen **100** gebildet. Insbesondere falls der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet wird, wird eine Öffnung in dem zweiten Diffusionsverhinderungsfilm **220** zwischen dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet. Wenn die Ätzlösung oder der Ätzdampf von dem Durchgangsloch **510** eingeführt wird, verbreitet sich entsprechend die Ätzlösung oder der Ätzdampf von dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** über die Öffnung zu dem ersten Zwischenschichtfilm **110**. Dementsprechend wird der Luftspalt **530** über den mehreren Zwischenschichtfilmen **100** gebildet.

[0044] In dieser Phase wird die Öffnung in den Diffusionsverhinderungsfilmen **200** so gebildet, dass sie in den Luftspalt **530** hinein hervorsticht und ein Gebiet ohne das Loch auf den Verdrahtungsleitungen **300** nicht verlässt. Dementsprechend kann verhindert werden, dass die Diffusionsverhinderungsfilme **200**, die in den Luftspalt **530** hinein hervorstechen, einstürzen, nachdem der Luftspalt **530** gebildet wurde.

[0045] Obwohl **Fig. 1** einen Fall zeigt, bei dem nur ein Durchgangsloch **510** gebildet wird, ist die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung nicht auf das oben beschriebene Beispiel beschränkt. Zum Beispiel können mehrere Durchgangslöcher **510** gebildet werden. In einem solchen Fall können die mehreren Durchgangslöcher **510** den gleichen Luftspalt **530** bilden oder kann jedes der Durchgangslöcher **510** voneinander verschiedene Luftspalte **530** bilden.

[0046] Bei der oben beschriebenen Halbleitervorrichtung **1** kann jeder Raum zwischen den Verdrahtungsleitungen **300** hohl mit dem Luftspalt **530** gefertigt werden und dementsprechend kann die Kapazität zwischen den Verdrahtungsleitungen reduziert werden. Entsprechend kann die Halbleitervorrichtung **1** einen Betrieb mit höherer Geschwindigkeit und niedrigerem Leistungsverbrauch erreichen, indem Verzögerungen in den Verdrahtungsleitungen **300** reduziert werden. Ferner ragen bei der Halbleitervorrichtung **1** keine Diffusionsverhinderungsfilme **200** in den Luftspalt **530** hervor. Dementsprechend kann verhindert werden, dass die Diffusionsverhinderungsfilme **200** mit einer geringen mechanischen Festigkeit einstürzen.

(Herstellungsverfahren)

[0047] Unter Bezugnahme auf **Fig. 2A** bis **Fig. 2G** wird nun ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform beschrieben. **Fig. 2A** bis **Fig. 2G** sind Querschnittsansichten, die jeweils einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform veranschaulichen.

[0048] Zuerst werden, wie in **Fig. 2A** gezeigt, die Via-Isolationsschicht **600**, der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210**, der erste Zwischenschichtfilm **110** und der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** durch chemische Gasphasenabscheidung (CVD) sequentiell auf einem (nicht gezeigten) Halbleitersubstrat gestapelt. Ferner werden die Kontakt-Vias **610** in der Via-Isolationsschicht **600** gebildet und werden die nullte Verdrahtungsleitung **620** und die ersten Verdrahtungsleitungen **310** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet.

[0049] Insbesondere wird die Via-Isolationsschicht **600** durch CVD zuerst auf einem (nicht gezeigten) Halbleitersubstrat gebildet, das Silicium (Si) oder dergleichen beinhaltet. Als Nächstes werden, nachdem der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** durch CVD auf der Via-Isolationsschicht **600** gebildet wird, die Via-Isolationsschicht **600** und der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** durch Ätzen in vorbestimmten Gebieten entfernt. Nachdem eine Barrieremetallschicht, wie etwa eine Titannitrid(TiN)-Schicht durch eine Sputtertechnik in den durch das Ätzen gebildeten Öffnungen gebildet wird, wird Wolfram (W) in den Öffnungen vergraben, um die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** zu bilden.

[0050] Nachdem der erste Zwischenschichtfilm **110** durch CVD auf dem ersten Diffusionsverhinderungsfilm **210** gebildet wurde, wird der erste Zwischenschichtfilm **110** in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und werden die resultierenden Öffnungen mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die ersten Verdrahtungsleitungen **310** gebildet werden. Danach wird der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** durch CVD auf der gesamten Oberfläche des ersten Zwischenschichtfilms **110** und über den ersten Verdrahtungsleitungen **310** gebildet.

[0051] Es wird angemerkt, dass die Via-Isolationsschicht **600** und der erste Zwischenschichtfilm **110** mit SiO_x oder dergleichen gebildet werden können, an denen eine Ätzung mit Flusssäure leicht durchgeführt werden kann, und der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** und der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden können.

[0052] Als Nächstes wird, wie in **Fig. 2B** gezeigt, ein Teil des zweiten Diffusionsverhinderungsfilms **220** durch eine Fotolithografiertechnik oder dergleichen entfernt, so dass eine Öffnung **530A** gebildet wird. Die Öffnung **530A** fungiert als die Öffnung zum Einführen einer Ätzlösung von dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** zu dem ersten Zwischenschichtfilm **110** in dem Prozess des Bildens des Luftspalts **530** in einer späteren Phase.

[0053] Wie in **Fig. 2C** gezeigt, werden der zweite Zwischenschichtfilm **120**, der dritte Diffusionsverhinderungsfilm **230**, der dritte Zwischenschichtfilm **130** und der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** durch CVD sequentiell auf den zweiten Diffusionsverhinderungsfilm **220** gestapelt. Ferner werden die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und der zweite Durchgangs-Via **420** in dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet und werden die dritten Verdrahtungsleitungen **330** und der dritte Durchgangs-Via **430** in dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet.

[0054] Nachdem der zweite Zwischenschichtfilm **120** durch CVD auf dem zweiten Diffusionsverhinderungsfilm **220** gebildet wurde, wird insbesondere der zweite Zwischenschichtfilm **120** in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und werden die resultierenden Öffnungen mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und der zweite Durchgangs-Via **420** gebildet werden. Gleichermaßen werden der dritte Diffusionsverhinderungsfilm **230** und der dritte Zwischenschichtfilm **130** durch CVD auf den zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet. Der dritte Zwischenschichtfilm **130** wird dann in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und die resultierenden Öffnungen werden mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die dritten Verdrahtungsleitungen **330** und der dritte Durchgangs-Via **430** gebildet werden. Danach wird der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** durch CVD auf den dritten Verdrahtungsleitungen **330** und dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet.

[0055] Es wird angemerkt, dass der zweite Zwischenschichtfilm **120** und der dritte Zwischenschichtfilm **130** mit SiO_x oder dergleichen gebildet werden können, an denen eine Ätzung mit Flusssäure leicht durchgeführt werden kann, und der dritte Diffusionsverhinderungsfilm **230** und der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden können.

[0056] Als Nächstes werden, wie in **Fig. 2D** gezeigt, der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** und der dritte Zwischenschichtfilm **130** in einem Gebiet durch Ätzen oder dergleichen entfernt, so dass das Durchgangsloch **510** zum Freilegen des dritten Diffusionsverhinderungsfilms **230** gebildet wird. Es wird angemerkt, dass das Gebiet, in dem das Durchgangsloch **510** gebildet wird, zum Beispiel das Gebiet ist, in dem die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und die dritten Verdrahtungsleitungen **330** nicht gebildet werden. Die planare Form der Öffnung des Durchgangslochs **510** kann zum Beispiel ein Quadrat mit einer Seite von 50 nm bis 300 nm sein. Es wird angemerkt,

dass natürlich mehrere Durchgangslöcher **510** gebildet werden können.

[0057] Wie in **Fig. 2E** gezeigt, wird dann ein Schutzfilm **520A** durch Atomlagenabscheidung (ALD) auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** und auf der Seitenoberfläche in dem Durchgangsloch **510** gebildet. Der Schutzfilm **520A** kann mit SiC oder dergleichen gebildet werden, das eine hohe Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure aufweist und dazu in der Lage ist, zum Beispiel eine ausreichende Ätzselektivität mit Bezug auf die Zwischenschichtfilme **100** sicherzustellen, und der Schutzfilm **520A** kann eine Dicke von 5 nm bis 30 nm aufweisen. Es wird angemerkt, dass der Schutzfilm **520A**, der durch ALD gebildet wird, gleichmäßig (konform) auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** und auf der Seitenoberfläche in dem Durchgangsloch **510** gebildet wird.

[0058] Als Nächstes wird, wie in **Fig. 2F** gezeigt, eine Rückätzung an der gesamten Oberfläche des Schutzfilms **520A** durchgeführt, so dass der Schutzfilm **520A**, der auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** und dem dritten Diffusionsverhinderungsfilm **230** gebildet ist, entfernt wird, und werden der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** und der zweite Zwischenschichtfilm **120** freigelegt.

[0059] Die Rückätzung auf der gesamten Oberfläche ist das Durchführen einer Ätzung mit hoher senkrechter Anisotropie, um den Schutzfilm **520A** zu entfernen, der auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** und dem dritten Diffusionsverhinderungsfilm **230** gebildet ist, während der Schutzfilm **520A** beibehalten wird, der innerhalb des Durchgangslochs **510** gebildet ist. Infolgedessen wird die Schutzseitenwand **520** gebildet, die die Innenseitenoberfläche des Durchgangslochs **510** bedeckt. Wenn der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** auf dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet wird, kann die Schutzseitenwand **520** gebildet werden, ohne dass irgendein Schaden an dem dritten Zwischenschichtfilm **130** durch die Rückätzung auf der gesamten Oberfläche verursacht wird.

[0060] Wie in **Fig. 2G** gezeigt, wird das Ätzen dann durchgeführt, indem eine Lösung oder ein Dampf aus verdünnter Flusssäure durch das Durchgangsloch **510** in den zweiten Zwischenschichtfilm **120** und den ersten Zwischenschichtfilm **110** eingeführt wird. Dementsprechend wird der Luftspalt **530** gebildet.

[0061] Da die Schutzseitenwand **520** und der erste bis vierte Diffusionsverhinderungsfilm **210**, **220**, **230** und **240** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden, schreitet das Ätzen in dieser Phase kaum fort. Ferner werden die Kontakt-Vias **610**, die nullte Verdrahtungsleitung **620**, die erste und zweite Verdrahtungsleitung **310** und **320** und der zweite

Durchgangs-Via **420** mit einem metallischen Material, wie etwa Kupfer (Cu) oder Wolfram (W), gebildet und weisen eine hohe Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure auf. Dementsprechend schreitet das Ätzen kaum fort. Dementsprechend können nur der erste Zwischenschichtfilm **110** und der zweite Zwischenschichtfilm **120** durch das Ätzen entfernt werden und kann der Luftspalt **530** gebildet werden.

[0062] Daher ist das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** zu bilden ist, in der Stapelungsrichtung der Halbleitervorrichtung **1** auf das Gebiet begrenzt, das sandwichartig zwischen dem ersten Diffusionsverhinderungsfilm **220** und dem dritten Diffusionsverhinderungsfilm **230** eingeschlossen ist. Ferner wird das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, in der ebeneninternen Richtung der Halbleitervorrichtung **1** durch das Ätzausmaß gesteuert.

[0063] Falls die Kontakt-Vias **610**, die nullte Verdrahtungsleitung **620**, die erste und zweite Verdrahtungsleitung **310** und **320** und der zweite Durchgangs-Via **420** wie Wände gebildet werden, die ein vorbestimmtes Gebiet umgeben, kann das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, jedoch auf das vorbestimmte Gebiet begrenzt werden, das von diesen Komponenten umgeben ist. Auf diese Weise kann die Halbleitervorrichtung **1** den Luftspalt **530** aufweisen, der nur in dem Gebiet gebildet ist, in dem die Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen reduziert werden soll.

[0064] Es wird angemerkt, dass der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** in dem Gebiet gebildet wird, das sein Ende in einem Gebiet mit einer darin gebildeten ersten Verdrahtungsleitung **310** aufweist, und nicht in den Luftspalt **530** hinein hervorragt. Dementsprechend ist es bei der Halbleitervorrichtung **1** möglich, zu verhindern, dass der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** einstürzt, nachdem der Luftspalt **530** gebildet wurde.

[0065] Durch die obigen Schritte kann die Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform hergestellt werden. Es wird angemerkt, dass, um das Eindringen von Feuchtigkeit und dergleichen in den Luftspalt **530** zu verhindern, eine Versiegelungsschicht, die mit einem Isolationsmaterial gebildet wird, auf dem vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** nahe der Öffnung des Durchgangslochs **510** gebildet werden kann.

[0066] Durch das oben beschriebene Herstellungsverfahren wird Flusssäure bei dem Ätzen verwendet, werden die Zwischenschichtfilme **100** mit SiO_x als ein Material, an dem eine Ätzung mit Flusssäure leicht durchgeführt wird, gebildet und werden die Diffusionsverhinderungsfilme **200** mit SiC gebildet, das eine höhere Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure aufweist. Jedoch ist die Technologie gemäß der vorlie-

genden Offenbarung nicht auf das oben beschriebene Beispiel beschränkt. Die Kombination der Materialien, die für die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** verwendet werden sollen, kann eine Kombination beliebiger angemessener Materialien sein, so lange eine ausreichende Ätzselektivität mit Bezug auf die Diffusionsverhinderungsfilme **200** für die Zwischenschichtfilme **100** sichergestellt werden kann.

(Modifikationen)

[0067] Als Nächstes werden Modifikationen der Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 3** bis **Fig. 6** beschrieben. **Fig. 3** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung **11** gemäß einer ersten Modifikation in der Stapelungsrichtung. **Fig. 4** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung **12** gemäß einer zweiten Modifikation in der Stapelungsrichtung. **Fig. 5A** bis **Fig. 5C** sind Querschnittsansichten von Halbleitervorrichtungen **13A** bis **13C** gemäß einer dritten Modifikation in der Stapelungsrichtung. **Fig. 6** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung **14** gemäß einer vierten Modifikation in der Stapelungsrichtung. Es wird angemerkt, dass **Fig. 3** bis **Fig. 6** jeweils einen Teil eines Querschnitts einer Halbleitervorrichtung zeigen und sich die Halbleitervorrichtung natürlich in Gebiete erstreckt, die in den Zeichnungen nicht gezeigt sind.

(Erste Modifikation)

[0068] Wie in **Fig. 3** gezeigt, kann bei der Halbleitervorrichtung **11** gemäß der ersten Modifikation ein Schutzfilm **540** auf der Oberfläche gebildet werden, die durch den Luftspalt **530** freigelegt ist. Insbesondere kann der Schutzfilm **540** auf den jeweiligen Oberflächen der Kontakt-Vias **610**, der nullten Verdrahtungsleitung **620**, der Zwischenschichtfilme **100**, der Diffusionsverhinderungsfilme **200**, der Verdrahtungsleitungen **300** und der Durchgangs-Vias **400** gebildet werden, die durch den Luftspalt **530** freigelegt sind. Es wird angemerkt, dass die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen sind und daher eine Erklärung von ihnen hier nicht erfolgt.

[0069] Der Schutzfilm **540** ist zum Beispiel mit einem beliebigen passenden Isolationsmaterial gebildet und kann mit einem Isolationsmaterial, wie zum Beispiel SiO_x , SiN_x , SiCN, SiON, SiOC oder SiC, gebildet werden. Die Dicke des Schutzfilms **540** kann zum Beispiel 2 nm bis 50 nm betragen. Der Schutzfilm **540** kann die Verdrahtungszuverlässigkeit verbessern, indem eine Elektromigration oder ein zeitabhängiger Dielektrikumsdurchbruch (TDDB: Time Dependant Dielectric Breakdown) in den Verdrahtungsleitungen **300** und den Durchgangs-Vias **400** verhindert wird. Es ist möglich, einen solchen Schutzfilm

540 durch zum Beispiel Einführen eines Quellengases über das Durchgangsloch **510** in den Luftspalt **530** und Durchführen einer ALD zu bilden.

(Zweite Modifikation)

[0070] Als Nächstes können, wie in **Fig. 4** gezeigt, bei der Halbleitervorrichtung **12** gemäß der zweiten Modifikation, die Zwischenschichtfilme **100** mit mehreren unterschiedlichen Materialien gebildet werden. Insbesondere können die Via-Isolationsschicht **600**, der erste Zwischenschichtfilm **110** und der zweite Zwischenschichtfilm **120** mit einem ersten Material gebildet werden und kann ein dritter Zwischenschichtfilm **131** mit einem von dem ersten Material verschiedenen zweiten Material gebildet werden. Zum Beispiel können die Via-Isolationsschicht **600**, der erste Zwischenschichtfilm **110** und der zweite Zwischenschichtfilm **120** mit einem ersten Material, wie etwa SiO_x , gebildet werden, und kann der dritte Zwischenschichtfilm **131** mit einem zweiten Material mit einer niedrigeren relativen dielektrischen Konstante als SiO_x des ersten Materials gebildet werden (dieses zweite Material ist ein oben beschriebenes sogenanntes Low-k-Material). Es wird angemerkt, dass die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben sind und daher eine Erklärung von ihnen hier nicht erfolgt.

[0071] Der Luftspalt **530** wird in den Zwischenschichtfilmen **100**, die mit dem ersten Material mit einer höheren relativen dielektrischen Konstante als das zweite Material gebildet werden, gebildet, so dass die parasitäre Kapazität, die zwischen den Verdrahtungsleitungen **300** gebildet wird, effektiv reduziert werden kann. Jedoch ist es selbstverständlich, dass der Luftspalt **530** in dem (den) Zwischenschichtfilm(en) **100** mit einem zweiten Material mit einer höheren relativen dielektrischen Konstante als das erste Material gebildet werden kann.

[0072] Ferner kann, falls eine Kombination aus dem ersten Material und dem zweiten Material derart ausgewählt wird, dass die Ätzselektivität des ersten Materials mit Bezug auf das zweite Material (das oben beschriebene sogenannte Low-k-Material) höher wird, der Luftspalt **530** selbst dann gebildet werden, wenn die Schutzseitenwand **520** nicht gebildet wird. Insbesondere wird es, da keine Ätzung an dem dritten Zwischenschichtfilm **131**, der mit dem zweiten Material gebildet wird, während der Ätzung zum Bilden des Luftspalts **530** durchgeführt wird, möglich, den Luftspalt **530** ohne Bilden der Schutzseitenwand **520** zu bilden.

(Dritte Modifikation)

[0073] Als Nächstes können, wie in **Fig. 5A** bis **Fig. 5C** gezeigt, bei den Halbleitervorrichtungen **13A**

bis **13C** gemäß der dritten Modifikation vier oder mehr Zwischenschichtfilme **100** und vier oder mehr Diffusionsverhinderungsfilme **200** gestapelt werden und kann der Luftspalt **530** in einem bis drei Zwischenschichtfilmen **100** gebildet werden.

[0074] Hier kann ein vierter Zwischenschichtfilm **140** mit einem Material ähnlich jenem des ersten bis dritten Zwischenschichtfilms **110**, **120** und **130** gebildet werden. Ein fünfter Diffusionsverhinderungsfilm **250** kann mit einem Material ähnlich jenem des ersten bis vierten Diffusionsverhinderungsfilms **210**, **220**, **230** und **240** gebildet werden. Vierte Verdrahtungsleitungen **340** können mit einem Material ähnlich jenem der ersten bis dritten Verdrahtungsleitung **310**, **320** und **330** gebildet werden. Ein vierter Durchgangs-Via **440** kann mit einem Material ähnlich jenem des zweiten und dritten Durchgangs-Vias **420** und **430** gebildet werden. Ferner sind die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben und daher erfolgt eine Erklärung von ihnen hier nicht.

[0075] Wie in **Fig. 5A** gezeigt, kann der Luftspalt **530** in einem einzigen Zwischenschichtfilm **100** gebildet werden. Insbesondere kann der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet werden. In einem solchen Fall wird das Durchgangsloch **510** so gebildet, dass es den zweiten bis fünften Diffusionsverhinderungsfilm **220**, **230**, **240** und **250** und den zweiten bis vierten Zwischenschichtfilm **120**, **130** und **140** durchdringt.

[0076] Alternativ dazu kann, wie in **Fig. 5B** gezeigt, der Luftspalt **530** in zwei Zwischenschichtfilmen **100** gebildet werden. Insbesondere kann der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet werden. In einem solchen Fall wird das Durchgangsloch **510** so gebildet, dass es den dritten bis fünften Diffusionsverhinderungsfilm **230**, **240** und **250** und den dritten und vierten Zwischenschichtfilm **130** und **140** durchdringt.

[0077] Ferner kann, wie in **Fig. 5C** gezeigt, der Luftspalt **530** in drei Zwischenschichtfilmen **100** gebildet werden. Insbesondere kann der Luftspalt **530** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110**, dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** und dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet werden. In einem solchen Fall wird das Durchgangsloch **510** so gebildet, dass es den vierten und fünften Diffusionsverhinderungsfilm **240** und **250** und den vierten Zwischenschichtfilm **140** durchdringt.

[0078] Jedoch wird in jedem der Fälle mit den Halbleitervorrichtungen **13A** bis **13C** gemäß dieser Modifikation der Luftspalt **530** wenigstens in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet, um die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** freizulegen. Mit dieser Konfiguration können die Halb-

leitervorrichtungen **13A** bis **13C** die Kapazität zwischen den Verdrahtungsleitungen in dem Gebiet nahe dem Halbleitersubstrat reduzieren, auf dem Transistoren und dergleichen gebildet sind. Dementsprechend kann die Basisleistungsfähigkeit der Halbleitervorrichtung **1**, wie etwa Signalumwandlungseffizienz und Schaltcharakteristiken, verbessert werden.

[0079] Es wird angemerkt, dass die Anzahl an gestapelten Schichten, die die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** sind, in der Halbleitervorrichtung **1** gemäß dieser Ausführungsform auf keine spezielle Anzahl beschränkt ist. Das heißt, die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** kann durch Stapeln von sechs oder mehr Zwischenschichtfilmen **100** und sechs oder mehr Diffusionsverhinderungsfilmen **200** gebildet werden. Je größer die Anzahl an Zwischenschichtfilmen **100** ist, in denen der Luftspalt **530** gebildet wird, desto mehr kann die Kapazität zwischen Verdrahtungsleitungen in der gesamten Halbleitervorrichtung **1** reduziert werden. Je kleiner jedoch die Anzahl an Zwischenschichtfilmen **100** ist, in denen der Luftspalt **530** gebildet wird, desto mehr kann die mechanische Festigkeit in der gesamten Halbleitervorrichtung **1** beibehalten werden. Daher kann die Anzahl an Zwischenschichtfilmen **100**, in denen der Luftspalt **530** gebildet werden soll, gegebenenfalls angepasst werden, wobei das Gleichgewicht zwischen der Zwischendrahtkapazität und der mechanischen Festigkeit berücksichtigt wird.

(Vierte Modifikation)

[0080] Ferner kann, wie in **Fig. 6** gezeigt, bei der Halbleitervorrichtung **14** gemäß der vierten Modifikation, ein Diffusionsverhinderungsfilm **211** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet werden. Insbesondere kann der Diffusionsverhinderungsfilm **211** ferner zwischen den ersten Verdrahtungsleitungen **310** und den Kontakt-Vias **610** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet werden.

[0081] Es wird angemerkt, dass der Diffusionsverhinderungsfilm **211** mit einem Material ähnlich jenem des ersten bis vierten Diffusionsverhinderungsfilms **210**, **220**, **230** und **240** gebildet werden kann. Ferner sind die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben und daher erfolgt eine Erklärung von ihnen hier nicht.

[0082] Bei dieser Konfiguration kann das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, auf eine genauere Weise mit dem Diffusionsverhinderungsfilm **211** gesteuert werden. Zum Beispiel ist es möglich, das planare Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, zwischen den ersten Verdrahtungsleitungen **310** und den Kontakt-Vias **610** zu ändern.

<Zweite Ausführungsform>

(Beispielkonfiguration)

[0083] Nun wird unter Bezugnahme auf **Fig. 7** die Konfiguration einer Halbleitervorrichtung **2** gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beschrieben. **Fig. 7** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß dieser Ausführungsform in der Stapelungsrichtung. Es wird angemerkt, dass **Fig. 7** einen Teil eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform zeigt und sich die Halbleitervorrichtung **2** natürlich in Gebiete erstreckt, die in der Zeichnung nicht gezeigt sind.

[0084] Wie in **Fig. 7** gezeigt, liegt bei der Halbleitervorrichtung **2** eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101**, in der Isolationsfilme **100** und Diffusionsverhinderungsfilme **200** abwechselnd gestapelt sind, zwischen einem Paar von Substraten **710** und **720** und ist ein Durchgangsloch **510** gebildet, um das Substrat **710** und eine Via-Isolationsschicht **600** zu erzeugen.

[0085] Hier kann ein vierter Zwischenschichtfilm **140** mit einem Material ähnlich jenem des ersten bis dritten Zwischenschichtfilms **110**, **120** und **130** gebildet werden. Ferner sind die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschrieben und daher erfolgt eine Erklärung von ihnen hier nicht.

[0086] Bei der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform liegt die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101**, in der die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** abwechselnd gestapelt sind, zwischen dem Paar von Substraten **710** und **720**, so dass die mechanische Festigkeit der gesamten Halbleitervorrichtung **2** erhöht werden kann.

[0087] Das Substrat **710** ist ein Halbleitersubstrat und kann zum Beispiel ein Silicium(Si)-Substrat sein. Insbesondere ist das Substrat **710** ein Substrat, in dem verschiedene passive Elemente oder aktive Elemente zum Realisieren der Hauptfunktionen der Halbleitervorrichtung **1** angeordnet sind. Zum Beispiel kann ein Speicherschaltkreis, ein Logikschaltkreis, ein Verstärkerschaltkreis, ein Farbsensor oder dergleichen in dem Substrat **710** angeordnet sein.

[0088] Ein Substrat aus einem beliebigen Material kann als das Substrat **720** verwendet werden, so lange die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101**, in der die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** abwechselnd gestapelt sind, mit diesem zusammengefügt werden kann. Das Substrat **720** kann zum Beispiel ein Glassubstrat, wie etwa Quarz, ein Harzsubstrat, wie etwa Polyimid oder

Polyester, oder ein Halbleitersubstrat, wie etwa Silicium (Si), sein.

[0089] Ferner können die Substrate **710** und **720** durch chemisch-mechanisches Polieren (CMP) oder dergleichen gedünnt werden. Die Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform kann die mechanische Festigkeit als Ganzes beibehalten, selbst wenn der Luftspalt **530** gebildet wird. Dementsprechend kann eine ausreichende mechanische Festigkeit beibehalten werden, selbst wenn die Substrate **710** und **720** gedünnt werden.

[0090] Wie bei der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform gezeigt, können die Durchgangslöcher **510** von einer beliebigen der Oberflächen der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** gebildet werden, in der die Zwischenschichtfilme **100** und die Diffusionsverhinderungsfilme **200** abwechselnd gestapelt sind. Das heißt, dass das Durchgangsloch **510** von der Seite des vierten Zwischenschichtfilms **140** gebildet werden kann oder von der Seite des ersten Zwischenschichtfilms **110** (die die Seite der Via-Isolationsschicht **600** ist) gebildet werden kann. In beiden Fällen kann bei der Halbleitervorrichtung **2** der Luftspalt **530**, der die Kontakt-Vias **610** oder die nullte Verdrahtungsleitung **620** freilegt, über das Durchgangsloch **510**, wie bei der ersten Ausführungsform, in der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **101** gebildet werden.

(Herstellungsverfahren)

[0091] Nun wird unter Bezugnahme auf **Fig. 8A** bis **Fig. 8E** ein Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform beschrieben. **Fig. 8A** bis **Fig. 8E** sind Querschnittsansichten, die jeweils einen Schritt in dem Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform veranschaulichen.

[0092] Zuerst werden, wie in **Fig. 8A** gezeigt, die Via-Isolationsschicht **600**, der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210**, der erste Zwischenschichtfilm **110** und der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** durch CVD sequentiell gestapelt. Ferner werden die Kontakt-Vias **610** in der Via-Isolationsschicht **600** gebildet und werden die nullte Verdrahtungsleitung **620** und die ersten Verdrahtungsleitungen **310** in dem ersten Zwischenschichtfilm **110** gebildet.

[0093] Insbesondere wird die Via-Isolationsschicht **600** zuerst durch CVD gebildet. Als Nächstes werden, nachdem der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** durch CVD auf der Via-Isolationsschicht **600** gebildet wird, die Via-Isolationsschicht **600** und der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** durch Ätzen in vorbestimmten Gebieten entfernt. Danach wird eine Barrieremetallschicht, wie etwa eine Titanitrid(TiN)-Schicht, durch eine Sputtertechnik in den durch das

Ätzen gebildeten Öffnungen gebildet und wird Wolfram (W) dann in den Öffnungen vergraben, um die Kontakt-Vias **610** und die nullte Verdrahtungsleitung **620** zu bilden.

[0094] Nachdem der erste Zwischenschichtfilm **110** durch CVD auf dem ersten Diffusionsverhinderungsfilm **210** gebildet wurde, wird der erste Zwischenschichtfilm **110** in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und werden die resultierenden Öffnungen mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die ersten Verdrahtungsleitungen **310** gebildet werden. Danach wird der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** durch CVD auf den gesamten Oberflächen des ersten Zwischenschichtfilms **110** und der ersten Verdrahtungsleitungen **310** gebildet.

[0095] Es wird angemerkt, dass die Via-Isolationsschicht **600** und der erste Zwischenschichtfilm **110** mit SiO_x oder dergleichen gebildet werden können, an denen eine Ätzung mit Flusssäure leicht durchgeführt werden kann, und der erste Diffusionsverhinderungsfilm **210** und der zweite Diffusionsverhinderungsfilm **220** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden können.

[0096] Als Nächstes wird, wie in **Fig. 8B** gezeigt, ein Teil des zweiten Diffusionsverhinderungsfilms **220** durch eine Fotolithografiertechnik oder dergleichen entfernt, so dass eine Öffnung **530A** gebildet wird. Die Öffnung **530A** fungiert als die Öffnung zum Einführen einer Ätzlösung von dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** zu dem ersten Zwischenschichtfilm **110** in dem Prozess des Bildens des Luftspalts **530** in einer späteren Phase.

[0097] Wie in **Fig. 8C** gezeigt, werden der zweite Zwischenschichtfilm **120**, der dritte Diffusionsverhinderungsfilm **230**, der dritte Zwischenschichtfilm **130** und der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** durch CVD sequentiell auf den zweiten Diffusionsverhinderungsfilm **220** gestapelt. Ferner werden die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und der zweite Durchgangs-Via **420** in dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet und werden die dritten Verdrahtungsleitungen **330** und der dritte Durchgangs-Via **430** in dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet.

[0098] Nachdem der zweite Zwischenschichtfilm **120** durch CVD auf dem zweiten Diffusionsverhinderungsfilm **220** gebildet wurde, wird insbesondere der zweite Zwischenschichtfilm **120** in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und werden die resultierenden Öffnungen mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und der zweite Durchgangs-Via **420** gebildet werden. Gleichermaßen werden der dritte Diffusionsverhinderungsfilm

230 und der dritte Zwischenschichtfilm **130** durch CVD auf den zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** gebildet. Der dritte Zwischenschichtfilm **130** wird dann in vorbestimmten Gebieten durch Ätzen entfernt und die resultierenden Öffnungen werden mit Kupfer (Cu) oder dergleichen durch eine Damascene-Technik gefüllt, so dass die dritten Verdrahtungsleitungen **330** und der dritte Durchgangs-Via **430** gebildet werden. Danach wird der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** durch CVD auf den dritten Verdrahtungsleitungen **330** und dem dritten Zwischenschichtfilm **130** gebildet.

[0099] Es wird angemerkt, dass der zweite Zwischenschichtfilm **120** und der dritte Zwischenschichtfilm **130** mit SiO_x oder dergleichen gebildet werden können, an denen eine Ätzung mit Flusssäure leicht durchgeführt werden kann, und der dritte Diffusionsverhinderungsfilm **230** und der vierte Diffusionsverhinderungsfilm **240** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden können.

[0100] Als Nächstes wird, wie in Fig. 8D gezeigt, nachdem der vierte Zwischenschichtfilm **140** durch CVD auf den vierten Diffusionsverhinderungsfilm **240** gestapelt wird, das Substrat **720** mit der Oberfläche des vierten Zwischenschichtfilms **140** verbunden und wird das Substrat **710** auch mit der Seite der Via-Isolationsschicht **600** verbunden. Infolgedessen liegt die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** zwischen den Substraten **710** und **720**. Danach werden das Durchgangsloch **510** und der Schutzfilm **521** auf der Seite des Substrats **710** gebildet.

[0101] Der vierte Zwischenschichtfilm **140** kann mit SiO_x oder dergleichen gebildet werden, an dem eine Ätzung mit Flusssäure einfach durchgeführt wird. Der fünfte Diffusionsverhinderungsfilm **250** kann mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden. Ferner können die Substrate **710** und **720** Silicium(Si)-Substrate sein. Die Substrate **710** und **720** können durch CMP oder dergleichen gedünnt werden, nachdem die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **101** mit diesen zusammengefügt wurde.

[0102] Das Durchgangsloch **510** wird durch Entfernen mancher der Gebiete des Substrats **710** und der Via-Isolationsschicht **600** durch Ätzen gebildet. Ferner wird der Schutzfilm **520A** durch ALD gleichmäßig (konform) auf dem Substrat **710** und innerhalb des Durchgangslochs **510** gebildet. Es wird angemerkt, dass die planare Form der Öffnung des Durchgangslochs **510** ein Quadrat mit einer Seite von 50 nm bis 300 nm sein kann. Der Schutzfilm **520A** kann mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden und wird

so gestaltet, dass er zum Beispiel eine Dicke von 5 nm bis 30 nm aufweist.

[0103] Als Nächstes wird, wie in Fig. 8E gezeigt, eine Rückätzung an der gesamten Oberfläche durchgeführt, um den Schutzfilm **520A** auf dem Substrat **710** und den Schutzfilm **520A** und den ersten Diffusionsverhinderungsfilm **210** auf dem ersten Zwischenschichtfilm **110** zu entfernen. Danach wird eine Ätzlösung oder ein Ätzdampf über das Durchgangsloch **510** eingeführt, so dass eine Ätzung an dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** durchgeführt wird, um den Luftspalt **530** zu bilden. Es wird angemerkt, dass das Zurückätzen an der gesamten Oberfläche durchgeführt werden kann, indem zum Beispiel eine Ätzung mit hoher senkrechter Anisotropie durchgeführt wird.

[0104] Hier kann das Ätzen an dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** durch Nassätzen oder Dampfätzen unter Verwendung von verdünnter Flusssäure durchgeführt werden. Da die Schutzseitenwand **520** und der erste bis dritte Diffusionsverhinderungsfilm **210**, **220** und **230** mit SiC oder dergleichen mit einer hohen Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure gebildet werden, schreitet das Ätzen in dieser Phase kaum fort. Ferner werden die Kontakt-Vias **610**, die nullte Verdrahtungsleitung **620**, die ersten Verdrahtungsleitungen **310**, die zweiten Verdrahtungsleitungen **320** und ein erster Durchgangs-Via **410** mit einem metallischen Material, wie etwa Kupfer (Cu) oder Wolfram (W), gebildet und weisen eine hohe Ätzbeständigkeit gegenüber Flusssäure auf. Dementsprechend schreitet das Ätzen kaum fort. Mit dieser Anordnung in der Halbleitervorrichtung **2** kann selektives Ätzen an dem ersten Zwischenschichtfilm **110** und dem zweiten Zwischenschichtfilm **120** durchgeführt werden, um den Luftspalt **530** zu bilden.

[0105] Durch die obigen Schritte kann die Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform hergestellt werden. Es wird angemerkt, dass, um das Eindringen von Feuchtigkeit und dergleichen in den Luftspalt **530** zu verhindern, eine Versiegelungsschicht, die mit einem Isolationsmaterial gebildet wird, auf dem Substrat **710** nahe der Öffnung des Durchgangslochs **510** gebildet werden kann.

[0106] Durch das Verfahren zum Herstellen der Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform kann der Luftspalt **530** gebildet werden, nachdem die Substrate **710** und **720** durch CMP gedünnt wurden. Dementsprechend kann die Halbleitervorrichtung **2** eine Bildung von Rissen und dergleichen aufgrund des Luftspalts **530** in dem CMP-Schritt, in dem eine mechanische Belastung auf die Halbleitervorrichtung **2** ausgeübt wird, reduzieren.

(Modifikation)

Ferner wird eine Modifikation der

[0107] Halbleitervorrichtung **2** gemäß dieser Ausführungsform unter Bezugnahme auf **Fig. 9** beschrieben. **Fig. 9** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung **21** gemäß dieser Modifikation in der Stapelungsrichtung. Es wird angemerkt, dass **Fig. 9** einen Teil eines Querschnitts der Halbleitervorrichtung zeigt und sich die Halbleitervorrichtung natürlich in Gebiete erstreckt, die in der Zeichnung nicht gezeigt sind.

[0108] Wie in **Fig. 9** gezeigt, können bei der Halbleitervorrichtung **21** gemäß dieser Modifikation, die Zwischenschichtfilme **100** mit mehreren unterschiedlichen Materialien gebildet werden. Insbesondere werden die Via-Isolationsschicht **600** und ein Teil des ersten Zwischenschichtfilms **110** mit einem ersten Material gebildet und werden der verbleibende Teil **111** des ersten Zwischenschichtfilms, ein zweiter Zwischenschichtfilm **121** und ein dritter Zwischenschichtfilm **131** mit einem von dem ersten Material verschiedenen zweiten Material gebildet. Zum Beispiel können die Via-Isolationsschicht **600** und ein Teil des ersten Zwischenschichtfilms **110** mit einem ersten Material, wie etwa SiO_x , gebildet werden, und können der verbleibende Teil **111** des ersten Zwischenschichtfilms, der zweite Zwischenschichtfilm **121** und der dritte Zwischenschichtfilm **131** mit einem zweiten Material mit einer niedrigeren relativen dielektrischen Konstante als SiO_x des ersten Materials gebildet werden (dieses zweite Material ist ein oben beschriebenes sogenanntes Low-k-Material). Es wird angemerkt, dass die anderen Komponenten die gleichen wie jene unter Bezugnahme auf **Fig. 7** beschrieben sind und daher eine Erklärung von ihnen hier nicht erfolgt.

[0109] Der Luftspalt **530** wird in den Zwischenschichtfilmen **100**, die mit dem ersten Material mit einer höheren relativen dielektrischen Konstante als das zweite Material gebildet werden, gebildet, so dass die Kapazität zwischen den Verdrahtungsleitungen **300** effektiv reduziert werden kann. Jedoch ist es selbstverständlich, dass der Luftspalt **530** in dem (den) Zwischenschichtfilm(en) **100** mit einem zweiten Material mit einer höheren relativen dielektrischen Konstante als das erste Material gebildet werden kann.

[0110] Ferner kann, falls eine Kombination aus dem ersten Material und dem zweiten Material derart ausgewählt wird, dass die Ätzselektivität des ersten Materials mit Bezug auf das zweite Material höher wird, der Luftspalt **530** nur in dem (den) mit dem ersten Material gebildeten Zwischenschichtfilm(en) **100** gebildet werden. Insbesondere kann der Luftspalt **530** durch das Ätzen zum Bilden des Luftspalts **530** nur in

dem Teil des ersten Zwischenschichtfilms **110** gebildet werden, der mit dem ersten Material gebildet ist. In einem solchen Fall kann das Gebiet, in dem der Luftspalt **530** gebildet werden soll, einfacher in der Halbleitervorrichtung **21** gesteuert werden.

<Dritte Ausführungsform>

[0111] Nun unter Bezugnahme auf **Fig. 10** bis **Fig. 13C** ist die Konfiguration einer Halbleitervorrichtung **3** gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung beschrieben. **Fig. 10** ist eine Querschnittsansicht einer Halbleitervorrichtung gemäß dieser Ausführungsform in der Stapelungsrichtung.

[0112] Wie in **Fig. 10** gezeigt, ist die Halbleitervorrichtung **3** eine gestapelte Festkörperbildgebungs- vorrichtung, die durch Stapeln eines ersten Substrats **1100** und eines zweiten Substrats **1200** gebildet wird. Die gestrichelte Linie in **Fig. 10** gibt die Bondebene zwischen dem ersten Substrat **1100** und dem zweiten Substrat **1200** an.

[0113] Das erste Substrat **1100** ist ein Pixelsubstrat, in dem eine Pixeleinheit angeordnet ist, und das zweite Substrat **1200** ist ein Logiksubstrat, in dem zum Beispiel Schaltkreise zum Durchführen verschiedener Arten von Signalverarbeitung in Bezug auf einen Betrieb der Halbleitervorrichtung **3** angeordnet sind. Die Halbleitervorrichtung **3** wandelt Licht, das von einer Oberfläche des ersten Substrats **1100** bei der Pixeleinheit eintritt, fotoelektrisch um und wandelt die fotoelektrisch umgewandelten Signalladungen in Pixelsignale in dem zweiten Substrat **1200** um. Die Halbleitervorrichtung **3** kann ein sogenannter rückseitig beleuchteter Komplementärer-Metall-Oxid-Halbleiter(CMOS)-Bildsensor sein.

[0114] Das erste Substrat **1100** wird primär mit einem Halbleitersubstrat **1170**, das zum Beispiel Silicium (Si) beinhaltet, und einer mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1101**, die auf dem Halbleitersubstrat **1170** gebildet wird, gebildet. Eine Pixeleinheit, in der Pixel in einem vorbestimmten Array angeordnet sind, und ein Pixelsignalverarbeitungsschaltkreis zum Verarbeiten von Pixelsignalen sind in dem Halbleitersubstrat **1170** angeordnet. Ein Pixel ist primär mit einer Fotodiode (PD), die Licht (Beobachtungslicht) von einem Beobachtungsziel empfängt und eine fotoelektrische Umwandlung durchführt, und einem Ansteuerungsschaltkreis gebildet, der einen Transistor und dergleichen zum Lesen eines Pixelsignals beinhaltet, das dem durch die PD erfassten Beobachtungslicht entspricht. In dem Pixelsignalverarbeitungsschaltkreis werden zum Beispiel verschiedene Arten einer Signalverarbeitung, wie etwa einer Analog-Digital-Umsetzung (AD-Umsetzung), an dem geliesenen Pixelsignal durchgeführt.

[0115] Die Zwischenschichtfilme **1110** und die Diffusionsverhinderungsfilme **1120** sind abwechselnd auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrats **1170** gestapelt, in dem die Pixeleinheit und der Pixelsignalverarbeitungsschaltkreis gebildet sind. Die Verdrahtungsleitungen **1130** zum Übertragen verschiedener Arten von Signalen, wie etwa eines Ansteuerungssignals zum Ansteuern des Transistors eines Ansteuerungsschaltkreises und eines Pixelsignals, werden in den Zwischenschichtfilmen **1110** gebildet. Auf diese Weise wird die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **1101** gebildet. Die Verdrahtungsleitungen in der untersten Schicht (die Schicht am Nächsten zu der Seite des Halbleitersubstrats **1170**) der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1101** sind durch Kontakt-Vias **1160**, die zum Beispiel mit Wolfram (W) oder dergleichen gebildet sind, elektrisch mit Elektroden **1180** oder dergleichen verbunden, die Signale von der Pixeleinheit oder dem Pixelsignalverarbeitungsschaltkreis extrahieren. Bei der Halbleitervorrichtung **3** gemäß dieser Ausführungsform werden Luftspalte **1153** und Durchgangslöcher **1151** zum Bilden der Luftspalte **1153** in den Gebieten gebildet, zu denen die Kontakt-Vias **1160** freigelegt sind.

[0116] Das zweite Substrat **1200** wird primär mit einem Halbleitersubstrat **1270**, das zum Beispiel Silicium beinhaltet, und einer mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1201**, die auf dem Halbleitersubstrat **1270** gebildet wird, gebildet. Ein Logikschaltkreis, der verschiedene Arten einer Signalverarbeitung in Bezug auf einen Betrieb der Halbleitervorrichtung **3** durchführt, wird in dem Halbleitersubstrat **1270** gebildet. Zum Beispiel können in dem Logikschaltkreis eine Steuerung an einem Ansteuerungssignal zum Ansteuern der Pixeleinheit des ersten Substrats **1100** (die eine Steuerung an dem Ansteuern der Pixeleinheit ist) und eine Steuerung an einem Signalaus-tausch mit dem Außenbereich durchgeführt werden.

[0117] Die Zwischenschichtfilme **1210** und die Diffusionsverhinderungsfilme **1220** sind abwechselnd auf einer Oberfläche des Halbleitersubstrats **1270** gestapelt, in dem der Logikschaltkreis gebildet ist. Die Verdrahtungsschichten **1230** zum Übertragen verschiedener Arten von Signalen in Bezug auf einen Betrieb des Logikschaltkreises werden in den Zwischenschichtfilmen **1210** gebildet. Auf diese Weise wird die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **1201** gebildet. Die Verdrahtungsleitungen in der untersten Schicht (die Schicht am Nächsten zu der Seite des Halbleitersubstrats **1270**) der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1201** sind durch Kontakt-Vias **1260**, die zum Beispiel mit Wolfram (W) oder dergleichen gebildet sind, elektrisch mit Elektroden **1280** oder dergleichen verbunden, die Signale von dem Logikschaltkreis extrahieren.

[0118] Es wird angemerkt, dass Pads **1290**, die als externe Eingabe/Ausgabe-Einheiten (E/A-Einheiten)

zum Austauschen verschiedener Arten von Signalen mit dem Außenbereich fungieren, in der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1201** gebildet werden können. Die Pads **1290** können zum Beispiel mit Aluminium (Al) oder dergleichen gebildet werden.

[0119] Hier werden Elektroden in der obersten Schicht (der Schicht am weitesten von dem Halbleitersubstrat **1170** entfernt) der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1101** gebildet, so dass eine Metalloberfläche durch die Zwischenschichtfilme **1110** freigelegt wird. Elektroden werden auch in der obersten Schicht (der Schicht am weitesten von dem Halbleitersubstrat **1270** entfernt) der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht **1201** gebildet, so dass eine Metalloberfläche auf eine ähnliche Weise durch die Zwischenschichtfilme **1210** freigelegt wird. Diese Elektroden stellen eine Elektrodenvereinigungsstruktur **1340** zum elektrischen Verbinden von Signalleitungen, Masseleitungen und Leistungsversorgungsleitungen, die in den jeweiligen Substraten gebildet werden, dar, wenn das erste Substrat **1100** und das zweite Substrat **1200** aneinander gebondet werden.

[0120] In einer solchen Stapelstruktur aus dem ersten Substrat **1100** und dem zweiten Substrat **1200** sind eine Farbfilterschicht **1310** und ein Mikrolinsenarray **1330** über einen Isolationsfilm oder dergleichen auf der anderen Oberfläche des Halbleitersubstrats **1170** auf der gegenüberliegenden Seite von der Oberfläche angeordnet, auf der die mehrschichtige Verdrahtungsschicht **1101** angeordnet ist.

[0121] Die Farbfilterschicht **1310** ist mit mehreren Farbfiltern gebildet, die so angeordnet sind, dass sie Pixeln entsprechen. Das Mikrolinsenarray **1330** ist mit mehreren Mikrolinsen gebildet, die so angeordnet sind, dass sie den Pixeln entsprechen. Die Farbfilterschicht **1310** und das Mikrolinsenarray **1330** sind unmittelbar oberhalb der Pixeleinheit gebildet und ein Farbfilter und eine Mikrolinse sind für die PD eines Pixels bereitgestellt. Es wird angemerkt, dass die Pixel durch einen lichtblockierenden Pixeldefinitions-film **1320** voneinander separiert sind.

[0122] Jedes Farbfilter der Farbfilterschicht **1310** weist zum Beispiel eine rote, grüne oder blaue Farbe auf. Beobachtungslight, das ein Farbfilter durchlaufen hat, tritt in die Fotodiode des Pixels ein und ein Pixelsignal wird erfasst. Dementsprechend werden Pixelsignale der jeweiligen Farbkomponenten des Beobachtungsziels erfasst. Es wird angemerkt, dass ein Pixel, das einem Farbfilter entspricht, als ein Subpixel fungieren kann und ein Pixel mit mehreren Subpixeln gebildet sein kann. Zum Beispiel können vier Farbsubpixel, die ein rotes Pixel, das mit einem roten Farbfilter versehen ist, ein grünes Pixel, das mit einem grünen Farbfilter versehen ist, ein blaues Pixel, das mit einem blauen Farbfilter versehen ist, und ein

weißes Pixel, das mit keinem Farbfilter versehen ist, sind, ein Pixel bilden.

[0123] Das Mikrolinsenarray **1330** ist so gebildet, dass sich die jeweiligen Mikrolinsen unmittelbar oberhalb der jeweiligen Farbfilter befinden. Wenn das Mikrolinsenarray **1330** bereitgestellt wird, tritt das durch die Mikrolinsen gesammelte Beobachtungslicht über die Farbfilter in die Fotodioden der Pixel ein. Dementsprechend kann das Mikrolinsenarray **1330** eine Lichtsammleeffizienz für das Beobachtungslicht verbessern und die Empfindlichkeit der Festkörperbildungsvorrichtung erhöhen.

[0124] Nun unter Bezugnahme auf **Fig. 11** bis **Fig. 13C** werden spezielle Positionen, bei denen die Luftspalte **1153** in der Halbleitervorrichtung **3** gebildet werden, die eine wie oben beschriebene Festkörperbildungsvorrichtung ist, erklärt. **Fig. 11** und **Fig. 12** sind schematische Diagramme, die die Stapelstrukturen zeigen, die mit den jeweiligen Verdrahtungsleitungen der Halbleitervorrichtung **3** gebildet sind, die eine Festkörperbildungsvorrichtung ist. Es wird angemerkt, dass in **Fig. 11** und **Fig. 12** die abgewandte Seite der Zeichnung die Seite des Halbleitersubstrats **1170** ist und die in **Fig. 12** gezeigte planare Konfiguration auf der in **Fig. 11** gezeigten planaren Konfiguration angeordnet ist.

[0125] Ferner ist **Fig. 13A** eine Querschnittansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 11** gezeigten Linie **A-AA** zeigt. **Fig. 13B** ist eine Querschnittansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 11** gezeigten Linie **B-BB** zeigt. **Fig. 13C** ist eine Querschnittansicht, die einen Querschnitt entlang der in **Fig. 12** gezeigten Linie **C-CC** zeigt.

[0126] Wie in **Fig. 11** gezeigt, ist eine Fotodiode PD für jedes Pixel in dem Halbleitersubstrat **1170** bereitgestellt. Ein Verstärkungstransistor AMP, ein Auswahltransistor SEL und ein (nicht gezeigter) Rücksetztransistor sind auch für jede vorbestimmte Anzahl von Pixeln in dem Halbleitersubstrat **1170** bereitgestellt und die Signalladungen, die durch die Fotodioden PD fotoelektrisch umgewandelt werden, werden in Pixelsignale umgewandelt.

[0127] Insbesondere ist ein Transfer-Gate **3080** auf jeder Fotodiode PD angeordnet. Das Transfer-Gate **3080** transferiert die Signalladung, die durch die Fotodiode PD fotoelektrisch umgewandelt wird, an ein Floating-Diffusion(FD)-Gebiet **3083**. Die an das Floating-Diffusion(FD)-Gebiet **3083** transferierte Signalladung wird weiter an eine FD-Verdrahtungsleitung **3033** übertragen und steuert die Gate-Spannung des Verstärkungstransistors AMP in einer späteren Phase. Es wird angemerkt, dass das Transfer-Gate **3080** als die Gate-Elektrode eines vertikalen Transistors fungiert und das Ein- und Ausschalten des Transfer-Gates **3080** durch eine TG-Steuerleitung **3032** durch

einen Via **3061**, eine Verdrahtungsleitung **3031** und einen Via **3062** gesteuert wird.

[0128] Der Verstärkungstransistor AMP beinhaltet eine Gate-Elektrode **3081**, deren Ein- und Aus-Zustände durch die in der FD-Verdrahtungsleitung **3033** akkumulierte Signalladung gesteuert werden. Der Verstärkungstransistor AMP wandelt die in der FD-Verdrahtungsleitung **3033** gespeicherte Signalladung in einen Strom um, der zwischen der Source und dem Drain fließt. Der umgewandelte Strom wird zum Beispiel durch eine Verdrahtungsleitung **3034**, einen Via **3064**, eine Verdrahtungsleitung **3035** und einen Via **3065** an eine vertikale Signalleitung oder eine Leistungsversorgungsleitung **3036**, die in **Fig. 12** gezeigt ist, übertragen.

[0129] Der Auswahltransistor SEL beinhaltet eine Gate-Elektrode **3082**, deren Ein- und Aus-Zustände durch ein Signal von einer Signalleitung zum Steuern einer Auswahl jedes Pixels gesteuert werden. Der Auswahltransistor SEL ist in Reihe mit dem Verstärkungstransistor AMP angeordnet und steuert den Strom, der zwischen der Source und dem Drain des Verstärkungstransistors AMP fließt. Das Signal für die Gate-Elektrode **3082** des Auswahltransistors SEL wird zum Beispiel durch eine Verdrahtungsleitung **3038**, einen Via **3067**, eine Verdrahtungsleitung **3037** und einen Via **3066** übertragen.

[0130] Hier kann, wie in **Fig. 13A** gezeigt, der Luftspalt **1153** um die FD-Verdrahtungsleitung **3033** herum gebildet werden, an die die Signalladung übertragen wird, die durch die Fotodiode PD fotoelektrisch umgewandelt wird. In einem solchen Fall kann der Luftspalt **1153** auch um den Via **3061** herum gebildet werden, der Ein- und Aus-Zustände des Transfer-Gates **3080** steuert. Wenn der Luftspalt **1153** in einem solchen Gebiet gebildet wird, wird die Zwischendrahtkapazität der FD-Verdrahtungsleitung **3033** reduziert und dementsprechend kann die Halbleitervorrichtung **3** die Umwandlungseffizienz beim Umwandeln von Signalladungen in Pixelsignale erhöhen.

[0131] Ferner kann, wie in **Fig. 13B** gezeigt, der Luftspalt **1153** um die TG-Steuerleitung **3032** herum gebildet werden, die Ein- und Aus-Zustände des Transfer-Gates **3080** steuert. Wenn jeder Luftspalt **1153** in einem solchen Gebiet gebildet wird, wird die Zwischendrahtkapazität der TG-Steuerleitung **3032** reduziert und dementsprechend kann die Halbleitervorrichtung **3** die Rate einer Analogsignalübertragung erhöhen.

[0132] Ferner können, wie in **Fig. 13C** gezeigt, die Luftspalte **1153** um die vertikale Signalleitung oder die Leistungsversorgungsleitung **3036**, die mit den jeweiligen Pixeln verbunden ist, herum gebildet werden. Wenn die Luftspalte **1153** in solchen Gebieten gebildet werden, wird die Zwischendrahtkapazi-

tät der vertikalen Signalleitung oder der Leistungsversorgungsleitung **3036** reduziert und dementsprechend kann die Halbleitervorrichtung **3** die Rate einer Analogsignalübertragung erhöhen.

[0133] Es wird angemerkt, dass die Luftspalte **1153** wenigstens in den Gebieten gebildet werden, die die Kontakt-Vias freilegen, die elektrisch mit dem Halbleitersubstrat **1170** oder den Elektroden verbinden, die auf dem Halbleitersubstrat **1170** angeordnet sind. In dieser Phase können die Kontakt-Vias, die gegenüber den Luftspalten **1153** freigelegt sind, mehrere Kontakt-Vias zum Übertragen desselben Signals sein. Das heißt, die Kontakt-Vias können Dummy-Kontakt-Vias beinhalten, die zum Beibehalten einer Redundanz bereitgestellt sind. Da die Gebiete, in denen die Luftspalte **1153** gebildet sind, eine niedrigere mechanische Festigkeit als die anderen Gebiete aufweisen, kann in solchen Gebieten eine größere Anzahl an Kontakt-Vias als in den anderen Gebieten angeordnet werden, so dass die Kontakt-Vias als Stützelemente fungieren, die Räume zwischen Schichten stützen. Beispiele für solche Gebiete beinhalten zum Beispiel die Gebiete um die FD-Verdrahtungsleitungen **3033** herum, die Gebiete, die mit den Transfer-Gates **3080** verbunden sind, und dergleichen.

<Beispielanwendungen>

(Erste Anwendung)

[0134] Die Technologie (die vorliegende Technologie) gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf verschiedene Produkte angewandt werden. Zum Beispiel kann die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf ein endoskopisches Chirurgiesystem angewandt werden.

[0135] Fig. 14 ist ein Diagramm, das eine Beispielkonfiguration eines endoskopischen Chirurgiesystems schematisch zeigt, auf das die Technologie (die vorliegende Technologie) gemäß der vorliegenden Offenbarung angewandt werden kann.

[0136] Fig. 15 zeigt eine Situation, in der ein Chirurg (Arzt) **11131** eine Operation an einem Patienten **11132** auf einem Patientenbett **11133** unter Verwendung eines endoskopischen Chirurgiesystems **11000** durchführt. Wie in der Zeichnung gezeigt, beinhaltet das endoskopische Chirurgiesystem **11000** ein Endoskop **11100** und andere chirurgische Werkzeuge **11110**, wie etwa einen Pneumoperitoneumschlauch **11111** und ein Energiebehandlungswerkzeug **11112**, eine Stützarmvorrichtung **11120**, die das Endoskop **11100** stützt, und einen Wagen **11200**, auf dem verschiedene Arten von Vorrichtungen für eine endoskopische Operation montiert sind.

[0137] Das Endoskop **11100** beinhaltet einen Linsentubus **11101**, der ein Gebiet einer vorbestimmten

Länge von dem oberen Ende aufweist, das in einen Körperhohlraum des Patienten **11132** einzuführen ist, und einen Kamerakopf **11102**, der mit dem Basisende des Linsentubus **11101** verbunden ist. Bei dem in der Zeichnung gezeigten Beispiel ist das Endoskop **11100** als ein sogenanntes starres Endoskop mit einem starren Linsentubus **11101** gestaltet. Das Endoskop **11100** kann jedoch als ein sogenanntes flexibles Endoskop mit einem flexiblen Linsentubus gestaltet sein.

[0138] An dem oberen Ende des Linsentubus **11101** ist eine Öffnung bereitgestellt, in die eine Objektivlinse eingesetzt ist. Eine Lichtquellenvorrichtung **11203** ist mit dem Endoskop **11100** verbunden und das Licht, das durch die Lichtquellenvorrichtung **11203** erzeugt wird, wird zu dem oberen Ende des Linsentubus durch einen Lichtleiter geleitet, der sich innerhalb des Linsentubus **11101** erstreckt, und wird mittels der Objektivlinse zu dem aktuellen Beobachtungsziel in dem Körperhohlraum des Patienten **11132** hin emittiert. Es wird angemerkt, dass das Endoskop **11100** ein Vorwärtssichtendoskop, ein Schrägsichtendoskop oder ein Seitensichtendoskop sein kann.

[0139] Ein optisches System und eine Bildgebungsvorrichtung sind innerhalb des Kamerakopfes **11102** bereitgestellt und von dem aktuellen Beobachtungsziel reflektiertes Licht (Beobachtungslicht) wird durch das optische System auf die Bildgebungsvorrichtung gebündelt. Das Beobachtungslicht wird durch die Bildgebungsvorrichtung fotoelektrisch umgewandelt und ein elektrisches Signal, das dem Beobachtungslicht entspricht und das ein Bildsignal ist, das dem Beobachtungsbild entspricht, wird erzeugt. Das Bildsignal wird als RAW-Daten an eine Kamerasteuereinheit (CCU: Camera Control Unit) **11201** übertragen.

[0140] Die CCU **11201** ist mit einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU), einer Grafikverarbeitungseinheit (GPU) oder dergleichen gebildet und steuert kollektiv Vorgänge des Endoskops **11100** und einer Anzeigeeinrichtung **11202**. Ferner empfängt die CCU **11201** ein Bildsignal von dem Kamerakopf **11102** und unterzieht das Bildsignal verschiedenen Arten von Bildverarbeitung, wie etwa zum Beispiel einem Entwicklungsprozess (Demosaiicing-Prozess), um ein Bild basierend auf dem Bildsignal anzuzeigen.

[0141] Die Anzeigevorrichtung **11202** zeigt unter der Steuerung der CCU **11201** ein Bild basierend auf dem Bildsignal an, das der Bildverarbeitung durch die CCU **11201** unterzogen wurde.

[0142] Die Lichtquellenvorrichtung **11203** wird mit einer Lichtquelle, wie zum Beispiel eine Leuchtdiode (LED), gebildet und versorgt das Endoskop **11100** mit Beleuchtungslicht zur bildlichen Erfassung der Operationsstelle oder dergleichen.

[0143] Eine Eingabevorrichtung **11204** ist eine Eingabeschnittstelle zu dem endoskopischen Chirurgiesystem **11000**. Der Benutzer kann verschiedene Arten von Informationen und Anweisungen über die Eingabevorrichtung **11204** in das endoskopische Chirurgiesystem **11000** eingeben. Zum Beispiel gibt der Benutzer eine Anweisung oder dergleichen zum Ändern von Bildgebungsbedingungen (wie etwa des Typs des Beleuchtungslichts, der Vergrößerung und der Brennweite) für das Endoskop **11100** ein.

[0144] Eine Behandlungswerkzeugsteuervorrichtung **11205** steuert eine Ansteuerung für das Energiebehandlungswerkzeug **11112** zur Kauterisation von Gewebe, Inzision, Versiegelung von Blutgefäßen oder dergleichen. Eine Pneumoperitoneumvorrichtung **11206** injiziert ein Gas über den Pneumoperitoneumschlauch **11111** in einen Körperhohlraum des Patienten **11132**, um den Körperhohlraum aufzublasen, um das Sichtfeld des Endoskops **11100** und den Arbeitsraum für den Chirurgen sicherzustellen. Ein Aufzeichnungsgerät **11207** ist eine Vorrichtung, die zum Aufzeichnen verschiedener Arten von Informationen über die Operation in der Lage ist. Ein Drucker **11208** ist eine Vorrichtung, die zum Drucken verschiedener Arten von Informationen in Bezug auf die Operation in verschiedenen Formaten, wie etwa als Text, Bilder, Grafiken und dergleichen, in der Lage ist.

[0145] Es wird angemerkt, dass die Lichtquellenvorrichtung **11203**, die das Endoskop **11100** mit dem Beleuchtungslicht zur bildlichen Erfassung der Operationsstelle versorgt, zum Beispiel mit einer LED, einer Laserlichtquelle oder einer Weißlichtquelle, die eine Kombination aus einer LED und einer Laserlichtquelle ist, gebildet werden kann. Falls eine Weißlichtquelle mit einer Kombination von RGB-Laserlichtquellen gebildet wird, können die Ausgabeintensität und das Ausgabetimeing jeder Farbe (Wellenlänge) mit hoher Genauigkeit gesteuert werden. Entsprechend kann der Weißabgleich eines Bildes, das durch die Lichtquellenvorrichtung **11203** erfasst wird, angepasst werden. Alternativ dazu kann in diesem Fall Laserlicht von jeder der RGB-Laserlichtquellen auf das aktuelle Beobachtungsziel auf eine zeitlich aufgeteilte Weise emittiert werden und kann eine Ansteuerung der Bildgebungsvorrichtung des Kamerakopfes **11102** in Synchronisation mit dem Timing der Lichtemission angesteuert werden. Dementsprechend können Bilder, die den jeweiligen RGB-Farben entsprechen, auf eine zeitlich aufgeteilte Weise erfasst werden. Gemäß dem Verfahren kann ein Farbbild erhalten werden, ohne dass irgendein Farbfilter in der Bildgebungsvorrichtung bereitgestellt ist.

[0146] Ferner kann die Ansteuerung der Lichtquellenvorrichtung **11203** auch so gesteuert werden, dass die Intensität von Licht, das auszugeben ist, in vorbestimmten Zeitintervallen geändert wird. Die Ansteuerung der Bildgebungsvorrichtung des Kamerakopfes

11102 wird in Synchronisation mit dem Timing der Änderung der Intensität des Lichts gesteuert und Bilder werden auf eine zeitlich aufgeteilte Weise erfasst und werden dann kombiniert. Dementsprechend kann ein Bild mit hohem Dynamikumfang erzeugt werden, das keine schwarzen Teile und keine weißen Flecken aufweist.

[0147] Ferner kann die Lichtquellenvorrichtung **11203** auch so gestaltet sein, dass sie dazu in der Lage ist, Licht eines vorbestimmten Wellenlängenbandes, das mit einer Speziallichtbeobachtung kompatibel ist, bereitzustellen. Bei einer Speziallichtbeobachtung wird Licht mit einem schmalen Band als das Beleuchtungslicht (oder Weißlicht) zu der Zeit einer normalen Beobachtung emittiert, wobei zum Beispiel die Wellenlängenabhängigkeit der Lichtabsorption in Körpergewebe ausgenutzt wird. Infolgedessen wird eine sogenannte Schmalbandbildgebung durchgeführt, um ein vorbestimmtes Gewebe, wie etwa ein Blutgefäß in einer Schleimhautoberflächenschicht oder dergleichen, mit hohem Kontrast bildlich zu erfassen. Alternativ dazu kann bei der Speziallichtbeobachtung eine Fluoreszenzbeobachtung zum Erhalten eines Bildes mit Fluoreszenz, die durch Emission von Anregungslicht erzeugt wird, durchgeführt werden. Bei einer Fluoreszenzbeobachtung wird Anregungslicht zu dem Körpergewebe emittiert, so dass die Fluoreszenz von dem Körpergewebe beobachtet werden kann (Autofluoreszenzbeobachtung). Alternativ dazu wird zum Beispiel ein Reagenz, wie etwa Indocyaningrün (ICG), lokal in das Körpergewebe injiziert und wird Anregungslicht, das der Fluoreszenzwellenlänge des Reagenzes entspricht, zu dem Körpergewebe emittiert, so dass ein Fluoreszenzbild erhalten kann. Die Lichtquellenvorrichtung **11203** kann so gestaltet sein, dass sie dazu in der Lage ist, schmalbandiges Licht und/oder Anregungslicht, das mit einer solchen Speziallichtbeobachtung kompatibel ist, bereitzustellen.

[0148] Fig. 15 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel für die funktionalen Konfigurationen des Kamerakopfes **11102** und der CCU **11201**, die in Fig. 14 gezeigt sind, zeigt.

[0149] Der Kamerakopf **11102** beinhaltet eine Linseneinheit **11401**, eine Bildgebungseinheit **11402**, eine Antriebseinheit **11403**, eine Kommunikationseinheit **11404** und eine Kamerakopfsteuereinheit **11405**. Die CCU **11201** beinhaltet eine Kommunikationseinheit **11411**, eine Bildverarbeitungseinheit **11412** und eine Steuereinheit **11413**. Der Kamerakopf **11102** und die CCU **11201** sind durch ein Übertragungskabel **11400** mit Kommunikationsmöglichkeit miteinander verbunden.

[0150] Die Linseneinheit **11401** ist ein optisches System, das bei dem Verbindungsteil mit dem Linsentubus **11101** bereitgestellt ist. Beobachtungslicht, das

von dem oberen Ende des Linsentubus **11101** erfasst wird, wird zu dem Kamerakopf **11102** geleitet und tritt in die Linseneinheit **11401** ein. Die Linseneinheit **11401** ist mit einer Kombination mehrerer Linsen einschließlich einer Zoomlinse und einer Fokusslinse gebildet.

[0151] Die Bildgebungseinheit **11402** kann mit einer Bildgebungsvorrichtung (einem sogenannten Einzelplattentyp) gebildet sein oder kann mit mehreren Bildgebungsvorrichtungen (einem sogenannten Mehrfachplattentyp) gebildet sein. Falls die Bildgebungseinheit **11402** zum Beispiel einen Mehrfachplattentyp aufweist, können Bildgebungssignale, die den jeweiligen RGB-Farben entsprechen, durch die jeweiligen Bildgebungsvorrichtungen erzeugt werden und dann kombiniert werden, um ein Farbbild zu erhalten. Alternativ dazu kann die Bildgebungseinheit **11402** so gestaltet sein, dass sie ein Paar von Bildgebungsvorrichtungen zum Erfassen von Bildsignalen für das rechte Auge und Bildsignalen für das linke Auge, die mit einer dreidimensionalen (3D-) Anzeige kompatibel sind, beinhalten. Wenn die 3D-Anzeige durchgeführt wird, kann der Chirurg **11131** die Tiefe des Körpergewebes an der Operationsstelle genauer erfassen. Es ist zu beachten, dass, falls die Bildgebungseinheit **11402** einen Mehrplattentyp aufweist, mehrere Linseneinheiten **11401** für die jeweiligen Bildgebungsvorrichtungen bereitgestellt sind.

[0152] Ferner ist die Bildgebungseinheit **11402** nicht notwendigerweise in dem Kamerakopf **11102** bereitgestellt. Zum Beispiel kann die Bildgebungseinheit **11402** unmittelbar hinter der Objektlinse in dem Linsentubus **11101** bereitgestellt sein.

[0153] Die Antriebseinheit **11403** ist mit einem Aktor gebildet und bewegt die Zoomlinse und die Fokusslinse der Linseneinheit **11401** unter Steuerung durch die Kamerakopfsteuereinheit **11405** um eine gewisse Entfernung entlang der optischen Achse. Mit dieser Anordnung können die Vergrößerung und der Fokuspunkt des durch die Bildgebungseinheit **11402** erfassten Bildes angemessen angepasst werden.

[0154] Die Kommunikationseinheit **11404** ist mit einer Kommunikationsvorrichtung zum Übertragen und Empfangen verschiedener Arten von Informationen an die und von der CCU **11201** gebildet. Die Kommunikationseinheit **11404** überträgt das als RAW-Daten von der Bildgebungseinheit **11402** erhaltene Bildsignal über das Übertragungskabel **11400** an die CCU **11201**.

[0155] Ferner empfängt die Kommunikationseinheit **11404** auch ein Steuersignal zum Steuern der Ansteuerung des Kamerakopfes **11102** von der CCU **11201** und liefert das Steuersignal an die Kamerakopfsteuereinheit **11405**. Das Steuersignal weist Informationen über die Bildbildungsbedingungen

auf, wie etwa zum Beispiel Informationen zum Spezifizieren der Bildwiederholrate erfasster Bilder, Informationen zum Spezifizieren des Belichtungswertes zu der Zeit der Bildgebung und/oder Informationen zum Spezifizieren der Vergrößerung und des Fokuspunktes erfasster Bilder.

[0156] Es wird angemerkt, dass die obigen Bildgebungsbedingungen, wie etwa die Bildwiederholrate, der Belichtungswert, die Vergrößerung und der Fokuspunkt, angemessen durch den Benutzer spezifiziert werden können oder automatisch durch die Steuereinheit **11413** der CCU **11201** basierend auf einem erfassten Bildsignal eingestellt werden können. In dem letzteren Fall weist das Endoskop **11100** eine sogenannte Autobelichtung(AE: Auto Exposure)-Funktion, eine Autofokus(AF)-Funktion und eine Autoweißabgleich(AWB: Auto White Balance)-Funktion auf.

[0157] Die Kamerakopfsteuereinheit **11405** steuert die Ansteuerung des Kamerakopfes **11102** basierend auf einem Steuersignal, das von der CCU **11201** über die Kommunikationseinheit **11404** empfangen wird.

[0158] Die Kommunikationseinheit **11411** ist mit einer Kommunikationsvorrichtung zum Übertragen und Empfangen verschiedener Arten von Informationen an den und von dem Kamerakopf **11102** gebildet. Die Kommunikationseinheit **11411** empfängt ein Bildsignal, das von dem Kamerakopf **11102** übertragen wird, über das Übertragungskabel **11400**.

[0159] Ferner überträgt die Kommunikationseinheit **11411** auch ein Steuersignal zum Steuern der Ansteuerung des Kamerakopfes **11102** an den Kamerakopf **11102**. Das Bildsignal und das Steuersignal können durch elektrische Kommunikation, optische Kommunikation oder dergleichen übertragen werden.

[0160] Die Bildverarbeitungseinheit **11412** führt verschiedene Arten einer Bildverarbeitung an einem Bildsignal durch, das aus RAW-Daten besteht, die von dem Kamerakopf **11102** übertragen werden.

[0161] Die Steuereinheit **11413** führt verschiedene Arten einer Steuerung in Bezug auf eine Anzeige eines Bildes des Operationsgebiets oder dergleichen, das durch das Endoskop **11100** erfasst wird, und eines erfassten Bildes durch, das durch Bildgebung der Operationsstelle oder dergleichen erhalten wird. Zum Beispiel erzeugt die Steuereinheit **11413** ein Steuersignal zum Steuern der Ansteuerung des Kamerakopfes **11102**.

[0162] Ferner bewirkt die Steuereinheit **11413** auch, dass die Anzeigevorrichtung **11202** ein erfasstes Bild, das die Operationsstelle oder dergleichen zeigt, basierend auf dem Bildsignal anzeigt, das der Bildverarbeitung durch die Bildverarbeitungseinheit **11412**

unterzogen wurde. Dadurch kann die Steuereinheit **11413** die jeweiligen Objekte, die in dem erfassten Bild gezeigt sind, unter Verwendung verschiedener Bildererkennungstechniken erkennen. Zum Beispiel kann die Steuereinheit **11413** die Form, die Farbe und dergleichen der Kanten eines Objekts, das in dem erfassten Bild gezeigt ist, detektieren, um das chirurgische Werkzeug, wie etwa eine Pinzette, eine spezielle Körperstelle, eine Blutung, die Vernebelung zu der Zeit des Verwendens des Energiebehandlungswerkzeugs **11112** oder dergleichen zu erkennen. Wenn bewirkt wird, dass die Anzeigevorrichtung **11202** das erfasste Bild anzeigt, kann die Steuereinheit **11413** bewirken, dass die Anzeigevorrichtung **11202** verschiedene Arten von Chirurgiehilfsinformationen auf dem Bild der Operationsstelle auf der Anzeige unter Verwendung des Erkennungsergebnisses überlagert und anzeigt. Wenn die Chirurgiehilfsinformationen überlagert und angezeigt werden und dementsprechend dem Chirurgen **11131** präsentiert werden, wird es möglich, die Last des Chirurgen **11131** zu reduzieren und zu ermöglichen, dass der Chirurg **11131** mit der Operation auf eine zuverlässige Weise fortfährt.

[0163] Das Übertragungskabel **11400**, das den Kamerakopf **11102** und die CCU **11201** verbindet, ist ein elektrisches Signalkabel, das mit einer Kommunikation elektrischer Signale kompatibel ist, eine optische Faser, die mit einer optischen Kommunikation kompatibel ist, oder ein Kompositkabel daraus.

[0164] Bei dem in der Zeichnung gezeigten Beispiel wird hier eine Kommunikation auf eine drahtgebundene Weise unter Verwendung des Übertragungskabels **11400** durchgeführt. Eine Kommunikation zwischen dem Kamerakopf **11102** und der CCU **11201** kann jedoch auf eine drahtlose Weise durchgeführt werden.

[0165] Ein Beispiel für ein endoskopisches Chirurgiesystem, auf das die Technik gemäß der vorliegenden Offenbarung angewandt werden kann, wurde oben beschrieben. Die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung kann zum Beispiel auf die Bildgebungseinheit **11402** des Kamerakopfes **11102** und dergleichen in der oben beschriebenen Konfiguration angewandt werden. Insbesondere kann die Halbleitervorrichtung (eine Festkörperbildgebungsvorrichtung) gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **11402** des Kamerakopfes **11102** und dergleichen angewandt werden. Wenn die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **11402** des Kamerakopfes **11102** angewandt wird, ist es möglich, ein klareres Operationsstellenbild mit weniger Rauschen zu erhalten. Dementsprechend kann der Chirurg die Operationsstelle ohne Scheitern überprüfen. Ferner ist es möglich, da das Operationsstellenbild mit niedrigerer Latenz erhalten wird, dass der

Chirurg eine Behandlung mit einem Gefühl ähnlich jenem in einem Fall durchführt, in dem der Chirurg die Operationsstelle berührt und beobachtet.

[0166] Es wird angemerkt, dass das endoskopische Chirurgiesystem hier als ein Beispiel beschrieben wurde, aber die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf zum Beispiel ein mikroskopisches Chirurgiesystem oder dergleichen angewandt werden kann.

(Zweite Anwendung)

[0167] Die Technologie (die vorliegende Technologie) gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf verschiedene Produkte angewandt werden. Zum Beispiel kann die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf ein endoskopisches Chirurgiesystem angewandt werden.

[0168] Fig. 16 ist ein Blockdiagramm, das schematisch eine Beispielkonfiguration für ein In-Vivo-Informationserfassungssystem für einen Patienten zeigt, das ein Kapselendoskop verwendet, auf das die Technologie (die vorliegende Technologie) gemäß der vorliegenden Offenbarung angewandt werden kann.

[0169] Ein In-Vivo-Informationserfassungssystem **10001** beinhaltet ein Kapselendoskop **10100** und eine externe Steuervorrichtung **10200**.

[0170] Das Kapselendoskop **10100** wird von dem Patienten zur Zeit der Untersuchung heruntergeschluckt. Das Kapselendoskop **10100** weist eine Bildgebungsfunktion und eine Drahtloskommunikationsfunktion auf. Bevor es auf natürliche Weise von dem Patienten ausgeschieden wird, bewegt sich das Kapselendoskop **10100** innerhalb der inneren Organe, wie etwa des Magens und des Darms durch peristaltische Bewegung oder dergleichen, erfasst sequentiell Bilder des Inneren der inneren Organe (diese Bilder werden nachfolgend als In-Vivo-Bilder bezeichnet) in vorbestimmten Intervallen und überträgt sequentiell Informationen über die In-Vivo-Bilder auf drahtlose Weise an die externe Steuervorrichtung **10200** außerhalb des Körpers.

[0171] Die externe Steuervorrichtung **10200** steuert den Gesamtbetrieb des In-Vivo-Informationserfassungssystems **10001**. Die externe Steuervorrichtung **10200** empfängt auch die Informationen über die In-Vivo-Bilder, die von dem Kapselendoskop **10100** übertragen werden, und erzeugt Bilddaten zum Anzeigen der In-Vivo-Bilder auf einer (nicht gezeigten) Anzeige basierend auf den empfangenen In-Vivo-Informationen.

[0172] Auf diese Weise kann das In-Vivo-Informationserfassungssystem **10001** In-Vivo-Bilder erfassen,

die die Zustände des Inneren des Körpers des Patienten zu einer beliebigen geeigneten Zeit zeigen, bis das heruntergeschluckte Kapselendoskop **10100** ausgeschieden wird.

[0173] Die Konfigurationen und die Funktionen des Kapselendoskops **10100** und der externen Steuervorrichtung **10200** werden nun ausführlicher beschrieben.

[0174] Das Kapselendoskop **10100** weist ein kapselartiges Gehäuse **10101** auf und das Gehäuse **10101** beherbergt eine Lichtquelleneinheit **10111**, eine Bildgebungseinheit **10112**, eine Bildverarbeitungseinheit **10113**, eine Drahtloskommunikationseinheit **10114**, eine Leistungszuführungseinheit **10115**, eine Leistungsversorgungseinheit **10116** und eine Steuereinheit **10117**.

[0175] Die Lichtquelleneinheit **10111** ist mit einer Lichtquelle, wie zum Beispiel eine Leuchtdiode (LED), gebildet und emittiert Licht zu dem Bildgebungsfeld der Bildgebungseinheit **10112**.

[0176] Die Bildgebungseinheit **10112** ist mit einer Bildgebungsvorrichtung und einem optischen System einschließlich mehrerer Linsen gebildet, die vor der Bildgebungsvorrichtung bereitgestellt sind. Reflektiertes Licht von dem Licht, das zu Körpergewebe als das aktuelle Beobachtungsziel emittiert wird (dieses reflektierte Licht wird nachfolgend als das Beobachtungslicht bezeichnet), wird durch das optische System gesammelt und tritt in die Bildgebungsvorrichtung ein. In der Bildgebungseinheit **10112** wird das Beobachtungslicht, das auf die Bildgebungsvorrichtung einfällt, fotoelektrisch umgewandelt und ein Bildgebungssignal, das dem Beobachtungslicht entspricht, wird erzeugt. Das durch die Bildgebungseinheit **10112** erzeugte Bildsignal wird an die Bildverarbeitungseinheit **10113** geliefert.

[0177] Die Bildverarbeitungseinheit **10113** ist mit einem Prozessor, wie etwa einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU: Central Processing Unit) oder einer Grafikverarbeitungseinheit (GPU: Graphics Processing Unit), gebildet und führt verschiedene Arten einer Signalverarbeitung an dem durch die Bildgebungseinheit **10112** erzeugten Bildsignal durch. Die Bildverarbeitungseinheit **10113** liefert das Bildsignal, das der Signalverarbeitung unterzogen wird, als RAW-Daten an die Drahtloskommunikationseinheit **10114**.

[0178] Die Drahtloskommunikationseinheit **10114** führt ferner eine vorbestimmte Verarbeitung, wie etwa eine Modulationsverarbeitung, an dem Bildsignal durch, das der Signalverarbeitung durch die Bildverarbeitungseinheit **10113** unterzogen wird, und überträgt das Bildsignal an die externe Steuervorrichtung **10200** über eine Antenne **10114A**. Die Drahtloskom-

munikationseinheit **10114** empfängt auch ein Steuersignal in Bezug auf die Steuerung der Ansteuerung des Kapselendoskops **10100** von der externen Steuervorrichtung **10200** über die Antenne **10114A**. Die Drahtloskommunikationseinheit **10114** liefert das Steuersignal, das von der externen Steuervorrichtung **10200** empfangen wird, an die Steuereinheit **10117**.

[0179] Die Leistungszuführungseinheit **10115** beinhaltet eine Antennenspule zum Leistungsempfang, einen Leistungsregenerationsschaltkreis, der Leistung aus dem Strom regeneriert, der in der Antennenspule erzeugt wird, einen Booster-Schaltkreis und dergleichen. In der Leistungszuführungseinheit **10115** wird elektrische Leistung gemäß einem sogenannten Prinzip des kontaktlosen Ladens erzeugt.

[0180] Die Leistungsversorgungseinheit **10116** ist mit einer Sekundärbatterie gebildet und speichert die elektrische Leistung, die durch die Leistungszuführungseinheit **10115** erzeugt wird. Um eine Verkomplizierung der Zeichnung zu vermeiden, ist in **Fig. 16** ein Pfeil oder dergleichen nicht gezeigt, der das Ziel der Leistungsversorgung von der Leistungsversorgungseinheit **10116** angibt. Jedoch wird die elektrische Leistung, die in der Leistungsversorgungseinheit **10116** gespeichert wird, an die Lichtquelleneinheit **10111**, die Bildgebungseinheit **10112**, die Bildverarbeitungseinheit **10113**, die Drahtloskommunikationseinheit **10114** und die Steuereinheit **10117** geliefert und kann zur Ansteuerung dieser Komponenten verwendet werden.

[0181] Die Steuereinheit **10117** ist mit einem Prozessor, wie etwa einer CPU, gebildet und steuert die Lichtquelleneinheit **10111**, die Bildgebungseinheit **10112**, die Bildverarbeitungseinheit **10113**, die Drahtloskommunikationseinheit **10114** und die Leistungszuführungseinheit **10115** wie angemessen gemäß einem Steuersignal an, das von der externen Steuervorrichtung **10200** übertragen wird.

[0182] Die externe Steuervorrichtung **10200** ist mit einem Prozessor, wie etwa einer CPU oder einer GPU oder einem Mikrocomputer, einer Steuerplatine oder dergleichen, auf der ein Prozessor und ein Speicherselement, wie etwa ein Speicher, zusammen montiert sind, gebildet. Die externe Steuervorrichtung **10200** steuert einen Betrieb des Kapselendoskops **10100**, indem ein Steuersignal über eine Antenne **10200A** an die Steuereinheit **10117** des Kapselendoskops **10100** übertragen wird. In dem Kapselendoskop **10100** können die Bedingungen zum Emittieren von Licht an das aktuelle Beobachtungsziel in der Lichtquelleneinheit **10111** zum Beispiel gemäß dem Steuersignal von der externen Steuervorrichtung **10200** geändert werden. Ferner können die Bildgebungsbedingungen (wie zum Beispiel die Bildwiederholrate und der Belichtungswert in der Bildge-

bungseinheit **10112**) auch gemäß dem Steuersignal von der externen Steuervorrichtung **10200** geändert werden. Ferner können die Inhalte der Verarbeitung in der Bildverarbeitungseinheit **10113** und die Bedingungen (wie etwa zum Beispiel die Übertragungsintervalle und die Anzahl an Bildern, die zu übertragen sind) für die Drahtloskommunikationseinheit **10114** zum Übertragen von Bildsignalen gemäß dem Steuersignal von der externen Steuervorrichtung **10200** geändert werden.

[0183] Ferner führt die externe Steuervorrichtung **10200** auch verschiedene Arten einer Bildverarbeitung an dem Bildsignal durch, das von dem Kapselendoskop **10100** übertragen wird, und erzeugt Bilddaten zum Anzeigen eines erfassten In-Vivo-Bildes auf der Anzeigevorrichtung. Beispiele für die Bildverarbeitung beinhalten zum Beispiel verschiedene Arten von Signalverarbeitung, wie etwa einen Entwicklungsprozess (einen Demosaicing-Prozess), einen Bildqualitätsverbesserungsprozess (einen Bandhervorhebungsprozess, einen Superauflösungsprozess, einen Rauschreduzierung(NR)-Prozess, einen Kameraverwackelungskorrekturprozess und/oder dergleichen) und/oder einen Vergrößerungsprozess (einen elektronischen Zoom-Prozess). Die externe Steuervorrichtung **10200** steuert die Ansteuerung der Anzeigevorrichtung, um die Anzeigevorrichtung zum Anzeigen eines erfassten In-Vivo-Bildes basierend auf den erzeugten Bilddaten zu veranlassen. Alternativ dazu kann die externe Steuervorrichtung **10200** bewirken, dass eine Aufzeichnungsvorrichtung (nicht gezeigt) die erzeugten Bilddaten aufzeichnet, oder bewirken, dass eine Druckvorrichtung (nicht gezeigt) die erzeugten Bilddaten ausdrückt.

[0184] Ein Beispiel für ein In-Vivo-Informationserfassungssystem, auf das die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung angewandt werden kann, wurde oben beschrieben. Die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf die Bildgebungseinheit **10112** in der oben beschriebenen Konfiguration angewandt werden. Insbesondere kann die Halbleitervorrichtung (eine Festkörperbildungsvorrichtung) gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **10112** und dergleichen angewandt werden. Wenn die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **10112** angewandt wird, kann ein klareres Operationsstellenbild erhalten werden und dementsprechend wird die Genauigkeit einer Untersuchung erhöht.

(Dritte Anwendung)

[0185] Die Technologie (die vorliegende Technologie) gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf verschiedene Produkte angewandt werden. Zum Beispiel kann die Technologie gemäß der vorliegenden

Offenbarung als eine Vorrichtung ausgeführt werden, die auf einer beliebigen Art eines sich bewegenden Objekts, wie etwa einem Automobil, einem Elektrofahrzeug, einem Hybridelektrofahrzeug, einem Motorrad, einem Fahrrad, einer „Personal Mobility“-Vorrichtung, einem Flugzeug, einer Drohne, einem Schiff und einem Roboter, montiert ist.

[0186] Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das eine Beispielkonfiguration eines Fahrzeugsteuersystems schematisch veranschaulicht, das ein Beispiel für ein Bewegungsobjektsteuersystem ist, auf das die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung angewandt werden kann.

[0187] Ein Fahrzeugsteuersystem **12000** beinhaltet mehrere elektronische Steuereinheiten, die über ein Kommunikationsnetz **12001** verbunden sind. Bei dem in Fig. 17 gezeigten Beispiel beinhaltet das Fahrzeugsteuersystem **12000** eine Fahrsystemsteuereinheit **12010**, eine Karosseriesystemsteuereinheit **12020**, eine Außeninformationsdetektionseinheit **12030**, eine Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** und eine Gesamtsteuereinheit **12050**. Ferner sind ein Mikrocomputer **12051**, eine Ton/Bild-Ausgabe-Einheit **12052** und eine fahrzeuginterne Netzchnittstelle (SST) **12053** auch als die funktionalen Komponenten der Gesamtsteuereinheit **12050** gezeigt.

[0188] Die Fahrsystemsteuereinheit **12010** steuert Vorgänge der Vorrichtungen mit Bezug auf das Fahrsystem des Fahrzeugs gemäß verschiedenen Programmen. Zum Beispiel fungiert die Fahrsystemsteuereinheit **12010** als Steuervorrichtungen, wie etwa eine Antriebskrafterzeugungsvorrichtung zum Erzeugen einer Antriebskraft des Fahrzeugs, wie etwa eines Verbrennungsmotors oder eines Antriebsmotors, ein Antriebskraftübertragungsmechanismus zum Übertragen der Antriebskraft an die Räder, ein Lenkmechanismus zum Anpassen des Lenkwinkels des Fahrzeugs und eine Bremsvorrichtung zum Erzeugen einer Bremskraft des Fahrzeugs.

[0189] Die Karosseriesystemsteuereinheit **12020** steuert Vorgänge der verschiedenen Vorrichtungen, die auf der Fahrzeugkarosserie montiert sind, gemäß verschiedenen Programmen. Zum Beispiel fungiert die Karosseriesystemsteuereinheit **12020** als ein schlüsselloses Zugangssystem, ein Smart-Schlüssel-System, eine elektrische Fensterhebevorrichtung oder eine Steuervorrichtung für verschiedene Lampen, wie etwa einen Scheinwerfer, eine Rückleuchte, ein Bremslicht, ein Fahrtrichtungssignal, ein Nebellicht oder dergleichen. In diesem Fall kann die Karosseriesystemsteuereinheit **12020** Funkwellen, die von einer portablen Vorrichtung übertragen werden, die einen Schlüssel ersetzt, oder Signale von verschiedenen Schaltern empfangen. Die Karosseriesystemsteuereinheit **12020** empfängt Einga-

ben dieser Funkwellen oder Signale und steuert die Türverriegelungsvorrichtung, die elektrische Fensterhebevorrichtung, die Lampen und dergleichen des Fahrzeugs.

[0190] Die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** detektiert Informationen außerhalb des Fahrzeugs, das mit dem Fahrzeugsteuersystem **12000** ausgerüstet ist. Zum Beispiel ist eine Bildgebungseinheit **12031** mit der Außeninformationsdetektionseinheit **12030** verbunden. Die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** bewirkt, dass die Bildgebungseinheit **12031** ein Bild des Außenbereichs des Fahrzeugs erfasst, und empfängt das erfasste Bild. Basierend auf dem empfangenen Bild kann die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** einen Objektdetektionsprozess zum Detektieren einer Person, eines Fahrzeugs, eines Hindernisses, eines Schilds, eines Symbols auf der Straßenoberfläche oder dergleichen durchführen oder einen Entfernungsverarbeitungsprozess durchführen.

[0191] Die Bildgebungseinheit **12031** ist ein optischer Sensor, der Licht empfängt, und gibt ein elektrisches Signal aus, das der Menge an empfangenem Licht entspricht. Die Bildgebungseinheit **12031** kann ein elektrisches Signal als ein Bild ausgeben oder ein elektrisches Signal als Abstandsmessungsinformationen ausgeben. Ferner kann das Licht, das durch die Bildgebungseinheit **12031** empfangen werden soll, sichtbares Licht sein oder kann nicht sichtbares Licht, wie etwa Infrarotstrahlen, sein.

[0192] Die Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** detektiert Informationen über den Innenbereich des Fahrzeugs. Zum Beispiel ist ein Fahrerzustandsdetektor **12041**, der den Zustand des Fahrers detektiert, mit der Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** verbunden. Der Fahrerzustandsdetektor **12041** beinhaltet zum Beispiel eine Kamera, die ein Bild des Fahrers erfasst, und die Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** kann, basierend auf detektierten Informationen, die von dem Fahrerzustandsdetektor **12041** eingegeben werden, den Ermüdungsgrad oder den Konzentrationsgrad des Fahrers berechnen oder kann bestimmen, ob der Fahrer eindöst.

[0193] Der Mikrocomputer **12051** kann, basierend auf den externen/internen Informationen, die durch die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** oder die Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** erfasst werden, den Steuersollwert der Antriebskraftherzeugungsvorrichtung, des Lenkmechanismus oder der Bremsvorrichtung berechnen und einen Steuerbefehl an die Fahrtsystemsteuereinheit **12010** ausgeben. Zum Beispiel kann der Mikrocomputer **12051** eine kooperative Steuerung durchführen, um die Funktionen eines Fahrassistenzsystems (FAS) einschließlich einer Fahrzeugkollisions-

vermeidung oder Aufprallabschwächung, einer Folgefahrt basierend auf der Entfernung zwischen Fahrzeugen, einer Fahrt mit Geschwindigkeitsbeibehaltung, einer Fahrzeugkollisionswarnung, einer Fahrzeugspurverlassenswarnung oder dergleichen zu erreichen.

[0194] Ferner kann der Mikrocomputer **12051** auch eine kooperative Steuerung durchführen, um automatisches Fahren oder dergleichen durchzuführen, damit das Fahrzeug autonom ohne Abhängigkeit von der Bedienung des Fahrers betrieben wird, indem die Antriebskraftherzeugungsvorrichtung, der Lenkmechanismus, die Bremsvorrichtung oder dergleichen basierend auf Informationen über die Umgebung des Fahrzeugs gesteuert werden, wobei die Informationen durch die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** oder die Fahrzeuginneninformationsdetektionseinheit **12040** erfasst wurden.

[0195] Ferner kann der Mikrocomputer **12051** auch einen Steuerbefehl an die Karosseriesystemsteuereinheit **12020** basierend auf den Außeninformationen ausgeben, die durch die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** erfasst werden. Zum Beispiel steuert der Mikrocomputer **12051** den Scheinwerfer gemäß der Position des vorausfahrenden Fahrzeugs oder des entgegenkommenden Fahrzeugs, die durch die Außeninformationsdetektionseinheit **12030** detektiert werden, und führt eine kooperative Steuerung durch, um einen Blendschutzeffekt zu erreichen, indem von einem Fernlicht auf ein Abblendlicht oder dergleichen umgeschaltet wird.

[0196] Die Ton/Bild-Ausgabeeinheit **12052** überträgt ein Audioausgabesignal und/oder ein Bildausgabesignal an eine Ausgabevorrichtung, die dazu in der Lage ist, den (die) Insassen des Fahrzeuges oder den Außenbereich des Fahrzeuges visuell oder akustisch über Informationen zu benachrichtigen. Bei dem in **Fig. 17** gezeigten Beispiel sind ein Audiolautsprecher **12061**, eine Anzeigeeinheit **12062** und ein Instrumentenfeld **12063** als Ausgabevorrichtung gezeigt. Die Anzeigeeinheit **12062** kann zum Beispiel eine On-Board-Anzeige und/oder eine Head-Up-Anzeige beinhalten.

[0197] **Fig. 18** ist ein Diagramm, das ein Beispiel für Installationspositionen der Bildgebungseinheiten **12031** zeigt.

[0198] In **Fig. 18** sind die Bildgebungseinheiten **12101**, **12102**, **12103**, **12104** und **12105** als die Bildgebungseinheit **12031** enthalten.

[0199] Bildgebungseinheiten **12101**, **12102**, **12103**, **12104** und **12105** sind zum Beispiel an den folgenden Positionen bereitgestellt: dem Vorderendrand eines Fahrzeugs **12100**, einem Seitenspiegel, der hinteren Stoßstange, einer Hecktür, einem obe-

ren Teil der vorderen Windschutzscheibe innerhalb des Fahrzeugs und dergleichen. Die Bildgebungseinheit **12101**, die auf dem Vorderendrand bereitgestellt ist, und die Bildgebungseinheit **12105**, die auf dem oberen Teil der vorderen Windschutzscheibe innerhalb des Fahrzeugs bereitgestellt ist, erfassen hauptsächlich Bilder vor dem Fahrzeug **12100**. Die Bildgebungseinheiten **12102** und **12103**, die auf den Seitenspiegeln bereitgestellt sind, erfassen hauptsächlich Bilder auf den Seiten des Fahrzeugs **12100**. Die Bildgebungseinheit **12104**, die auf der hinteren Stoßstange oder einer Hecktür bereitgestellt ist, erfasst hauptsächlich Bilder hinter dem Fahrzeug **12100**. Die Bildgebungseinheit **12105**, die auf dem oberen Teil der vorderen Windschutzscheibe im Inneren des Fahrzeugs bereitgestellt ist, wird hauptsächlich zur Detektion eines vor dem Fahrzeug vorausfahrenden Fahrzeugs, eines Fußgängers, eines Hindernisses, eines Verkehrssignals, eines Verkehrszeichens, einer Fahrbahn oder dergleichen verwendet.

[0200] Es wird angemerkt, dass **Fig. 18** ein Beispiel für die Bildgebungsbereiche der Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** zeigt. Ein Bildgebungsbereich **12111** gibt den Bildgebungsbereich der Bildgebungseinheit **12101** an, die in dem Vorderendrand bereitgestellt ist, die Bildgebungsbereiche **12112** und **12113** geben die Bildgebungsbereiche der Bildgebungseinheiten **12102** und **12103** an, die an den jeweiligen Seitenspiegeln bereitgestellt sind, und ein Bildgebungsbereich **12114** gibt den Bildgebungsbereich der Bildgebungseinheit **12104** an, die an der hinteren Stoßstange oder einer Hecktür bereitgestellt ist. Zum Beispiel werden Bilddaten, die durch die Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** erfasst werden, miteinander überlagert, sodass ein Overhead-Bild des Fahrzeugs **12100**, wie von oberhalb gesehen, erhalten wird.

[0201] Wenigstens eine der Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** kann eine Funktion des Erfassens von Abstandsinformationen aufweisen. Zum Beispiel kann wenigstens eine der Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** eine Stereokamera einschließlich mehrerer Bildgebungsvorrichtungen sein oder kann eine Bildgebungsvorrichtung mit Pixeln zur Phasendifferenzdetektion sein.

[0202] Zum Beispiel berechnet der Mikrocomputer **12051**, basierend auf Entfernungsinformationen, die von den Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** erhalten werden, die Entfernungen zu den jeweiligen dreidimensionalen Objekten innerhalb der Bildgebungsbereiche **12111** bis **12114** und zeitliche Änderungen der Entfernungen (die Geschwindigkeiten relativ zu dem Fahrzeug **12100**). Auf diese Weise kann das dreidimensionale Objekt, das das nächste dreidimensionale Objekt auf dem Bewegungspfad des Fahrzeugs **12100** ist und sich mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit (zum Beispiel 0 km/h

oder mehr) in im Wesentlichen der gleichen Richtung wie das Fahrzeug **12100** bewegt, als das Fahrzeug extrahiert werden, das dem Fahrzeug **12100** vorausfährt. Ferner kann der Mikrocomputer **12051** im Voraus einen beizubehaltenden Zwischenfahrzeugabstand vorneweg zu dem dem Fahrzeug **12100** vorausfahrenden Fahrzeug einstellen und kann eine automatische Bremssteuerung (einschließlich einer Folgestoppsteuerung), eine automatische Beschleunigungssteuerung (einschließlich einer Folgestartsteuerung) und dergleichen durchführen. Auf diese Weise ist es möglich, eine kooperative Steuerung zum Ausführen des automatischen Fahrens oder dergleichen durchzuführen, um unabhängig von der Bedienung des Fahrers autonom zu fahren.

[0203] Beispielsweise kann der Mikrocomputer **12051**, auf Basis der von den Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** erhaltenen Entfernungsinformationen, dreidimensionale Objektdaten, die dreidimensionale Objekte in den Kategorien von zweirädrigen Fahrzeugen, regulären Fahrzeugen, großen Fahrzeugen, Fußgängern, Strommasten und dergleichen betreffen, extrahieren und die dreidimensionalen Objektdaten beim automatischen Vermeiden von Hindernissen verwenden. Zum Beispiel klassifiziert der Mikrocomputer **12051** die Hindernisse in der Nähe des Fahrzeugs **12100** in Hindernisse, die für den Fahrer des Fahrzeugs **12100** sichtbar sind, und Hindernisse, die visuell schwierig zu erkennen sind. Der Mikrocomputer **12051** bestimmt dann Kollisionsrisiken, die die Risiken für eine Kollision mit den jeweiligen Hindernissen angeben. Falls ein Kollisionsrisiko gleich einem oder höher als ein festgelegter Wert ist und es die Möglichkeit einer Kollision gibt, kann der Mikrocomputer **12051** eine Warnung an den Fahrer über den Audiolautsprecher **12061** und die Anzeigeeinheit **12062** ausgeben oder kann eine Fahrunterstützung zum Vermeiden einer Kollision durch Durchführen einer erzwungenen Verlangsamung oder einer Ausweichenlenkung über die Fahrtsystemsteuerung **12010** durchführen.

[0204] Wenigstens eine der Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** kann eine Infrarotkamera sein, die Infrarotstrahlen detektiert. Zum Beispiel kann der Mikrocomputer **12051** einen Fußgänger erkennen, indem er bestimmt, ob ein Fußgänger in durch die Bildgebungseinheiten **12101** zu **12104** erfassten Bildern existiert oder nicht. Eine solche Fußgängererkennung wird zum Beispiel durch einen Prozess des Extrahierens von Merkmalspunkten aus den Bildern, die durch die als Infrarotkameras dienenden Bildgebungseinheiten **12101** bis **12104** erfasst werden, und einen Prozess des Durchführens eines Musterabgleichs an der Reihe von Merkmalspunkten, die Umrisse von Objekten angeben, und einer Bestimmung, ob ein Fußgänger vorhanden ist oder nicht, ausgeführt. Falls der Mikrocomputer **12051** bestimmt, dass ein Fußgänger in den durch die Bildgebungseinhei-

ten **12101** bis **12104** erfassten Bildern existiert, und einen Fußgänger erkennt, steuert die Ton/Bild-Ausgabereinheit **12052** die Anzeigeeinheit **12062** dazu, eine rechteckige Konturlinie zur Hervorhebung des erkannten Fußgängers auf eine Überlagerungsweise anzuzeigen. Ferner kann die Ton/Bild-Ausgabereinheit **12052** auch die Anzeigeeinheit **12062** zum Anzeigen eines Symbols oder dergleichen, das den Fußgänger bei einer gewünschten Position angibt, steuern.

[0205] Ein Beispiel für ein Fahrzeugsteuersystem, auf das die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung angewendet werden kann, wurde oben beschrieben. Die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung kann auf die Bildgebungseinheit **12031** und dergleichen in der oben beschriebenen Konfiguration angewandt werden. Insbesondere kann die Halbleitervorrichtung (eine Festkörperbildgebungsvorrichtung) gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **12031** angewandt werden. Wenn die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung auf die Bildgebungseinheit **12031** angewandt wird, kann ein erfasstes Bild, das einfacher zu betrachten ist, erhalten werden und dementsprechend kann eine Ermüdung des Fahrers reduziert werden. Ferner kann, da das erfasste Bild mit niedrigerer Latenz erhalten wird, das Fahrzeug mit einem Gefühl ähnlich jenem in einem Fall gefahren werden, in dem der Fahrer die Umgebung direkt betrachtet.

[0206] Obwohl bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung oben unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben wurden, ist der technische Umfang der vorliegenden Offenbarung nicht auf diese Beispiele beschränkt. Es ist offensichtlich, dass ein Fachmann auf dem Gebiet der vorliegenden Offenbarung verschiedene Änderungen oder Modifikationen innerhalb des Schutzzumfangs der hier beanspruchten technischen Idee vornehmen kann, und es versteht sich, dass diese Änderungen oder Modifikationen innerhalb des technischen Schutzzumfangs der vorliegenden Offenbarung liegen.

[0207] Des Weiteren sind die in der vorliegenden Beschreibung offenbarten Effekte lediglich veranschaulichend oder beispielhaft und nicht beschränkend. Das heißt, die Technologie gemäß der vorliegenden Offenbarung kann andere Effekte, die einem Fachmann aus der Beschreibung der vorliegenden Beschreibung offensichtlich werden, zusätzlich zu den oder anstelle der oben beschriebenen Effekte aufweisen.

[0208] Es wird angemerkt, dass die unten beschriebenen Konfigurationen ebenfalls innerhalb des technischen Schutzzumfangs der vorliegenden Offenbarung liegen.

(1)
Eine Halbleitervorrichtung, die Folgendes beinhaltet:

eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht, in der mehrere Zwischenschichtfilme und mehrere Diffusionsverhinderungsfilme abwechselnd gestapelt sind und eine Verdrahtungsleitung in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist;

einen Kontakt-Via, der eine Via-Isolationsschicht durchdringt, die auf einer Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht gebildet ist, und elektrisch mit der Verdrahtungsleitung der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht verbunden ist;

ein Durchgangsloch, das wenigstens einen der Zwischenschichtverdrahtungsfilme und der Diffusionsverhinderungsfilme von der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht auf der gegenüberliegenden Seite von der einen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht durchdringt; und

einen Luftspalt, der mit dem Durchgangsloch verbunden ist und der in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme gebildet ist, um den Kontakt-Via freizulegen.

(2)
Die Halbleitervorrichtung gemäß (1), wobei ein Halbleitersubstrat ferner auf der anderen Oberfläche der Via-Isolationsschicht auf der gegenüberliegenden Seite von einer Oberfläche angeordnet ist, auf der die mehrschichtige Verdrahtungsschicht gebildet ist.

(3)
Die Halbleitervorrichtung gemäß (2), wobei eine Fotodiode in dem Halbleitersubstrat angeordnet ist.

(4)
Die Halbleitervorrichtung gemäß (3), wobei der Luftspalt in einem Gebiet in Kontakt mit einer FD-Verdrahtungsleitung gebildet ist, die eine von der Fotodiode gelesene Signalladung speichert.

(5)
Die Halbleitervorrichtung gemäß (3) oder (4), wobei der Luftspalt ferner in einem Gebiet in Kontakt mit einer TG-Steuerleitung gebildet ist, die elektrisch mit einem Gate eines Transfer-Transistors verbunden ist, der ein Lesen einer Signalladung von der Fotodiode steuert.

(6)
Die Halbleitervorrichtung gemäß (5), wobei der Kontakt-Via elektronisch mit dem Gate des Transfer-Transistors verbunden ist.

(7)
Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (3) bis (6), wobei der Luftspalt ferner in einem Ge-

biet in Kontakt mit einer vertikalen Signalleitung oder einer Leistungsversorgungsleitung gebildet ist, die mit einem Pixelschaltkreis verbunden ist, der eine von der Fotodiode gelesene Signalladung in ein Pixelsignal umwandelt.

(8)

Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (2) bis (7), wobei ein Substrat gegenüber dem Halbleitersubstrat ferner auf einer Seite der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht angeordnet ist.

(9)

Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (1) bis (8), wobei der Kontakt-Via so gebildet ist, dass er in den Zwischenschichtfilm hervorragt, der auf einer Seite der Via-Isolationsschicht der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht angeordnet ist.

(10)

Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (1) bis (9), wobei der Luftspalt ferner in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme gebildet ist.

(11)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (10), wobei der Luftspalt ferner in mehreren der Zwischenschichtfilme gebildet ist, und eine Öffnung in einem Teil des Diffusionsverhinderungsfilms zwischen den Zwischenschichtfilmen gebildet ist, in dem der Luftspalt gebildet ist.

(12)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (11), wobei jeder der Zwischenschichtfilme mit einem ersten Material oder einem zweiten Material mit einer niedrigeren relativen dielektrischen Konstante als das erste Material gebildet ist, und der Luftspalt in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist, die mit dem ersten Material gebildet sind.

(13)

Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (1) bis (12), wobei die Verdrahtungsleitung mit einem ersten Metall gebildet ist und der Kontakt-Via mit einem von dem ersten Metall verschiedenen zweiten Metall gebildet ist.

(14)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (13), wobei eine Verdrahtungsleitung, die mit dem Kontakt-Via verbunden ist und mit dem zweiten Metall gebildet ist, ferner in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist.

(15)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (13) oder (14), wobei das erste Metall Kupfer ist und das zweite Metall Wolfram ist.

(16)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (14) oder (15), wobei Oberflächen des Kontakt-Via und der Ver-

drahtungsleitung, die mit dem zweiten Metall gebildet sind, mit einer Schutzschicht bedeckt sind.

(17)

Die Halbleitervorrichtung gemäß einem von (1) bis (16), wobei eine Schutzseitenwand ferner innerhalb des Durchgangslochs gebildet ist. (18)

Die Halbleitervorrichtung gemäß (17), wobei die Diffusionsverhinderungsfilme und die Schutzseitenwand jeweils mit einem Material mit einer höheren Ätzbeständigkeit gegenüber einer Fluorverbindung als die Zwischenschichtfilme gebildet sind.

Bezugszeichenliste

1, 2, 3, 11, 12, 13A, 13B, 13C, 14, 21	Halbleitervorrichtung
100	Zwischenschichtfilm
101	Mehrschichtige Verdrahtungsschicht
200	Diffusionsverhinderungsfilm
300	Verdrahtungsleitung
400	Durchgangs-Via
510	Durchgangsloch
520	Schutzseitenwand
530	Luftspalt
600	Via-Isolationsschicht
610	Kontakt-Via
620	Nullte Verdrahtungsleitung
710, 720	Substrat

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- JP 200619401 [0006]

Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung, die Folgendes umfasst:
 eine mehrschichtige Verdrahtungsschicht, in der mehrere Zwischenschichtfilme und mehrere Diffusionsverhinderungsfilme abwechselnd gestapelt sind und eine Verdrahtungsleitung in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist;
 einen Kontakt-Via, der eine Via-Isolationsschicht durchdringt, die auf einer Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht gebildet ist, und elektrisch mit der Verdrahtungsleitung der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht verbunden ist;
 ein Durchgangsloch, das wenigstens einen der Zwischenschichtverdrahtungsfilme und der Diffusionsverhinderungsfilme von der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht auf der gegenüberliegenden Seite von der einen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht durchdringt; und
 einen Luftspalt, der mit dem Durchgangsloch verbunden ist und der in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme gebildet ist, um den Kontakt-Via freizulegen.

2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Halbleitersubstrat ferner auf der anderen Oberfläche der Via-Isolationsschicht auf der gegenüberliegenden Seite von einer Oberfläche angeordnet ist, auf der die mehrschichtige Verdrahtungsschicht gebildet ist.

3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei eine Fotodiode in dem Halbleitersubstrat angeordnet ist.

4. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Luftspalt in einem Gebiet in Kontakt mit einer FD-Verdrahtungsleitung gebildet ist, die eine von der Fotodiode gelesene Signalladung speichert.

5. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Luftspalt ferner in einem Gebiet in Kontakt mit einer TG-Steuerleitung gebildet ist, die elektrisch mit einem Gate eines Transfer-Transistors verbunden ist, der ein Lesen einer Signalladung von der Fotodiode steuert.

6. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 5, wobei der Kontakt-Via elektronisch mit dem Gate des Transfer-Transistors verbunden ist.

7. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 3, wobei der Luftspalt ferner in einem Gebiet in Kontakt mit einer vertikalen Signalleitung oder einer Leistungsverorgungsleitung gebildet ist, die mit einem Pixel Schaltkreis verbunden ist, der eine von der Fotodiode gelesene Signalladung in ein Pixelsignal umwandelt.

8. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 2, wobei ein Substrat gegenüber dem Halbleitersubstrat ferner auf einer Seite der anderen Oberfläche der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht angeordnet ist.

9. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Kontakt-Via so gebildet ist, dass er in den Zwischenschichtfilm hervorsticht, der auf einer Seite der Via-Isolationsschicht der mehrschichtigen Verdrahtungsschicht angeordnet ist.

10. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei der Luftspalt ferner in wenigstens einem der Zwischenschichtfilme gebildet ist.

11. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 10, wobei der Luftspalt ferner in mehreren der Zwischenschichtfilme gebildet ist, und eine Öffnung in einem Teil des Diffusionsverhinderungsfilms zwischen den Zwischenschichtfilmen gebildet ist, in dem der Luftspalt gebildet ist.

12. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 11, wobei jeder der Zwischenschichtfilme mit einem ersten Material oder einem zweiten Material mit einer niedrigeren relativen dielektrischen Konstante als das erste Material gebildet ist, und der Luftspalt in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist, die mit dem ersten Material gebildet sind.

13. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Verdrahtungsleitung mit einem ersten Metall gebildet ist und der Kontakt-Via mit einem von dem ersten Metall verschiedenen zweiten Metall gebildet ist.

14. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 13, wobei eine Verdrahtungsleitung, die mit dem Kontakt-Via verbunden ist und mit dem zweiten Metall gebildet ist, ferner in den Zwischenschichtfilmen gebildet ist.

15. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 13, wobei das erste Metall Kupfer ist und das zweite Metall Wolfram ist.

16. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 14, wobei Oberflächen des Kontakt-Via und der Verdrahtungsleitung, die mit dem zweiten Metall gebildet sind, mit einer Schutzschicht bedeckt sind.

17. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, wobei eine Schutzseitenwand ferner innerhalb des Durchgangslochs gebildet ist.

18. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 17, wobei die Diffusionsverhinderungsfilme und die Schutzseitenwand jeweils mit einem Material mit einer höheren Ätzbeständigkeit gegenüber einer Fluorverbindung als die Zwischenschichtfilme gebildet sind.

Es folgen 32 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

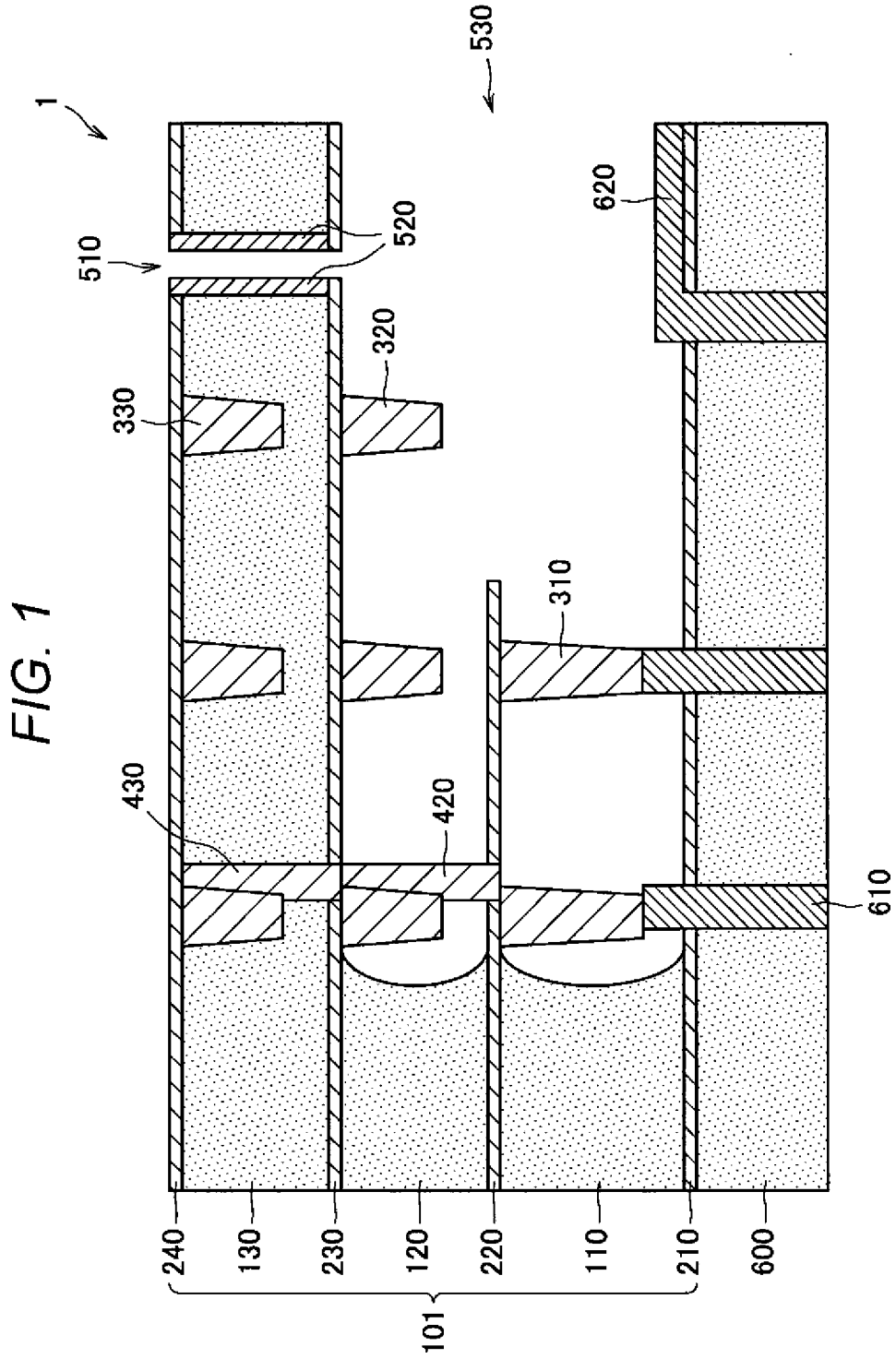


FIG. 2A

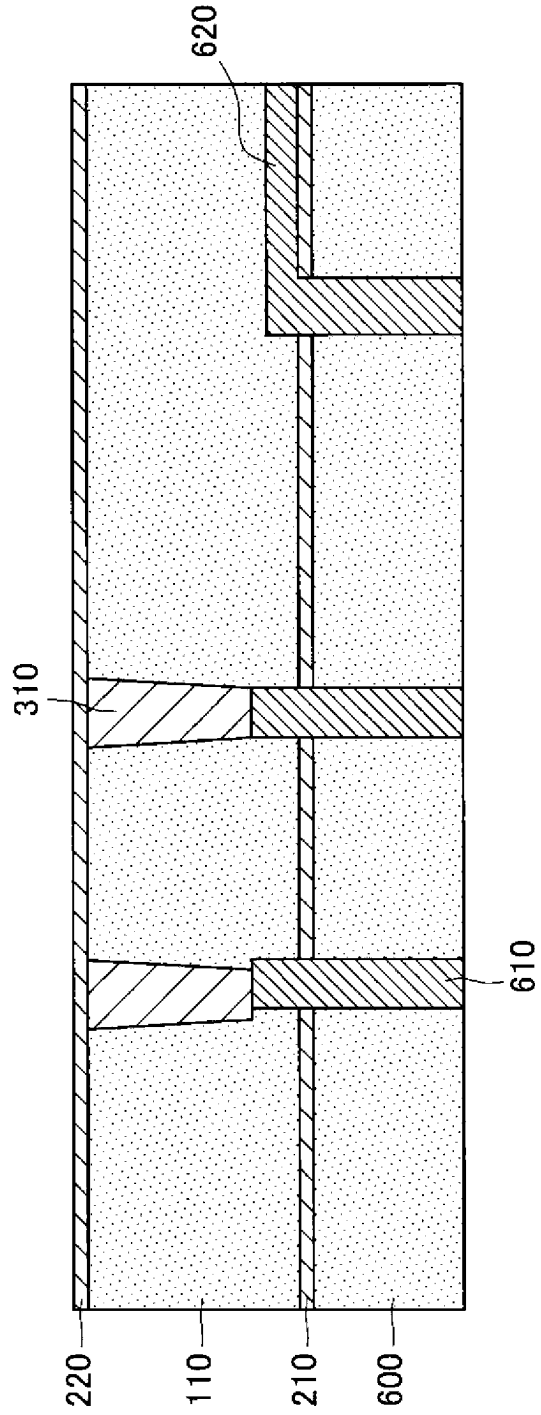


FIG. 2B

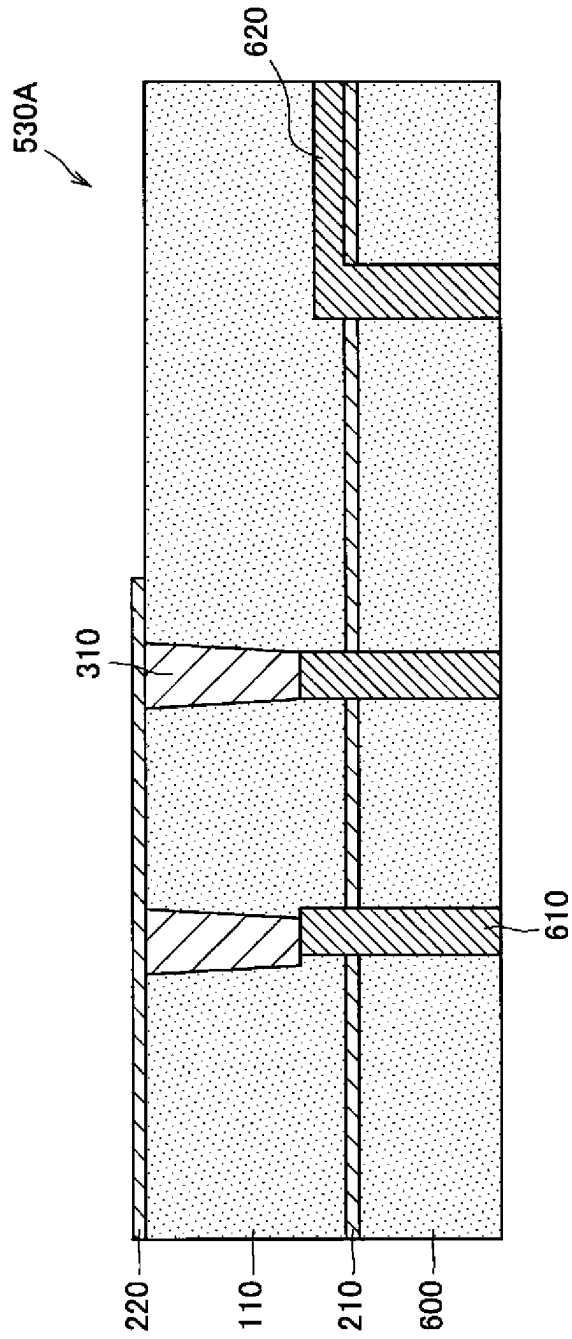


FIG. 2C

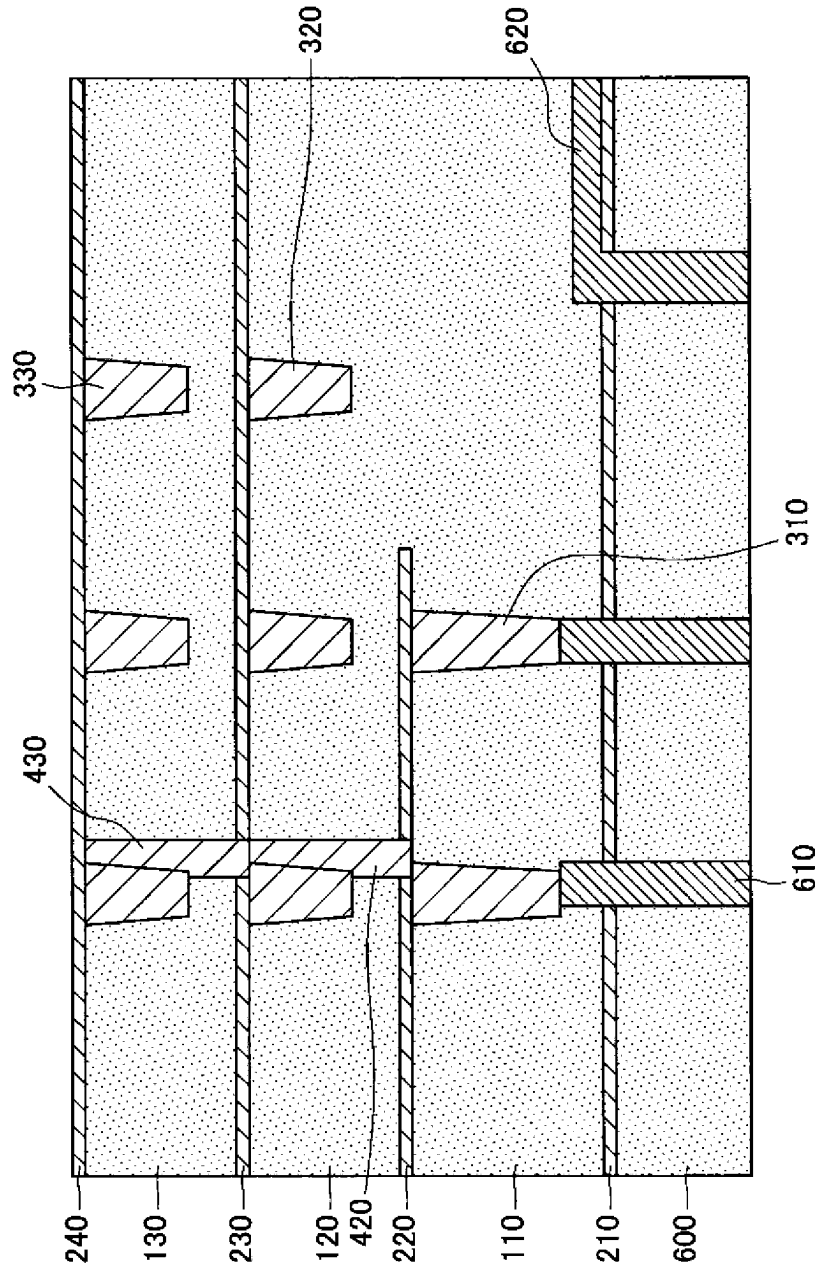


FIG. 2D

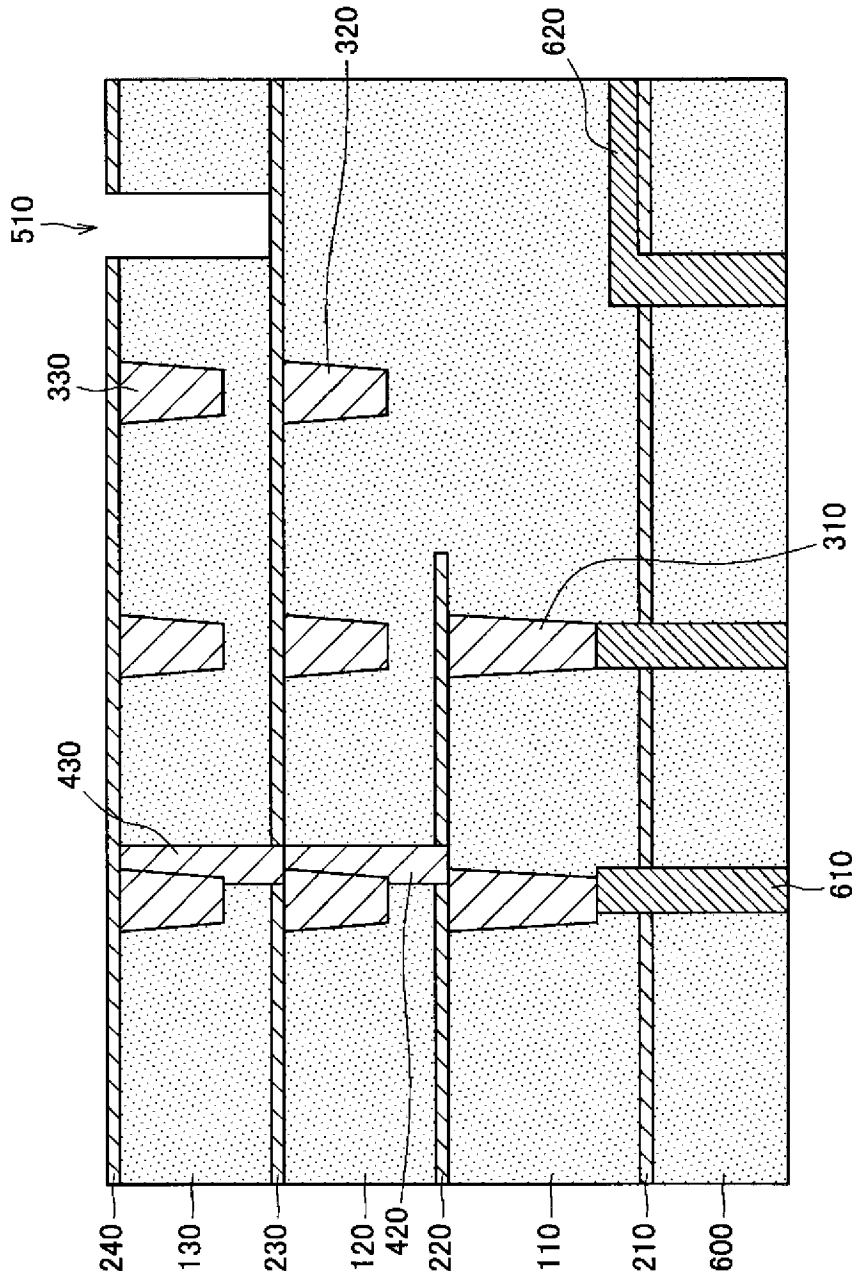


FIG. 2E

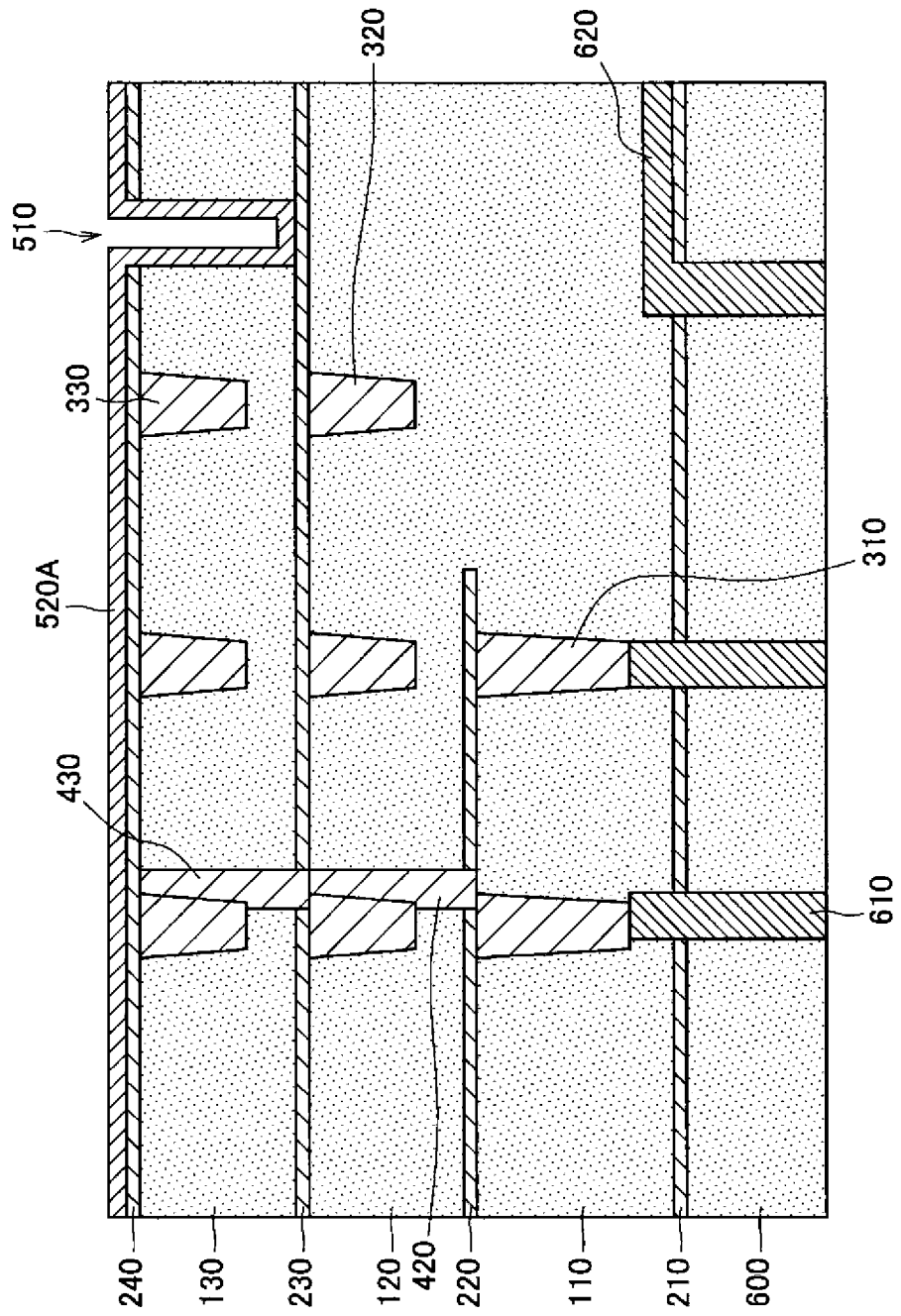
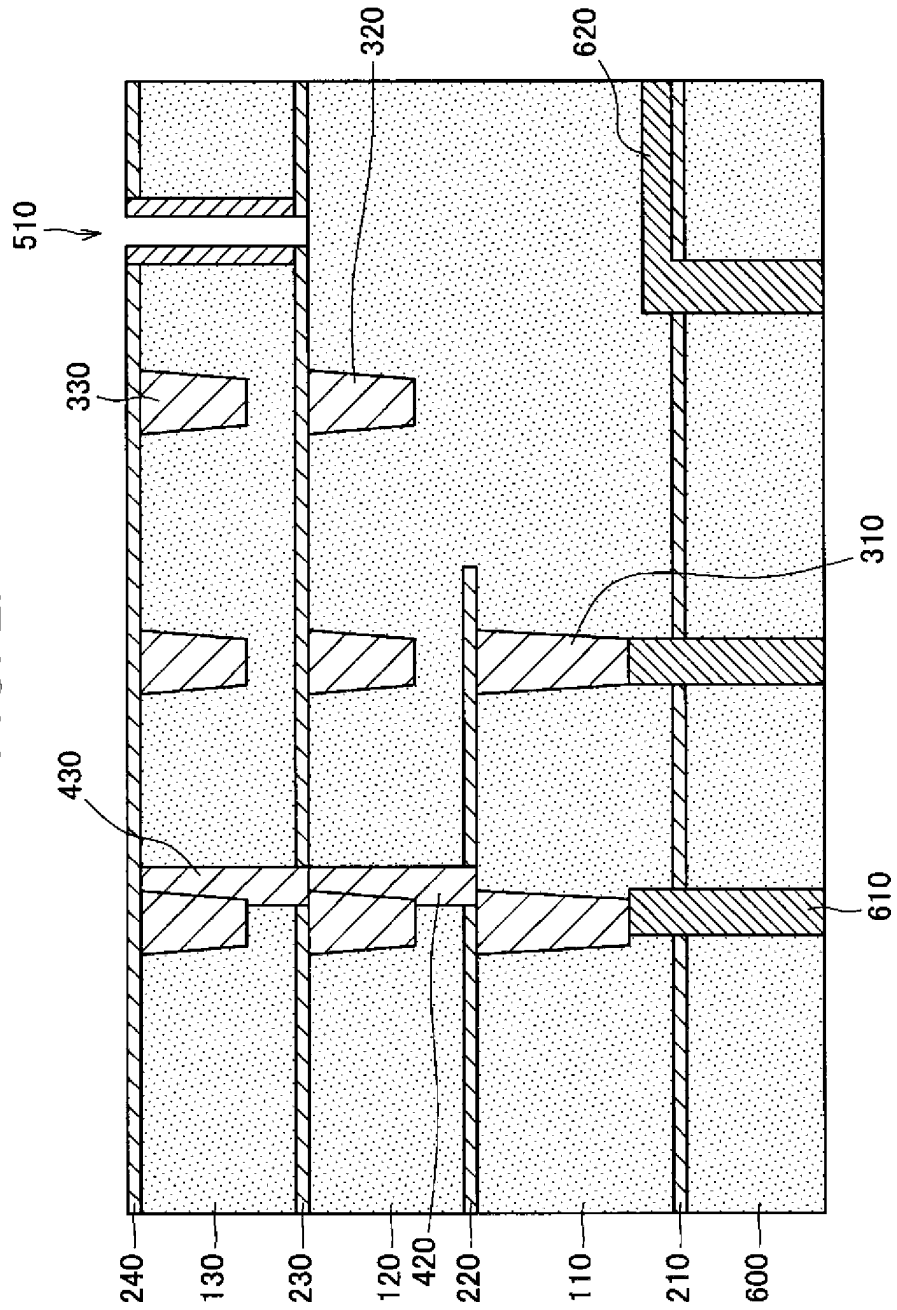


FIG. 2F



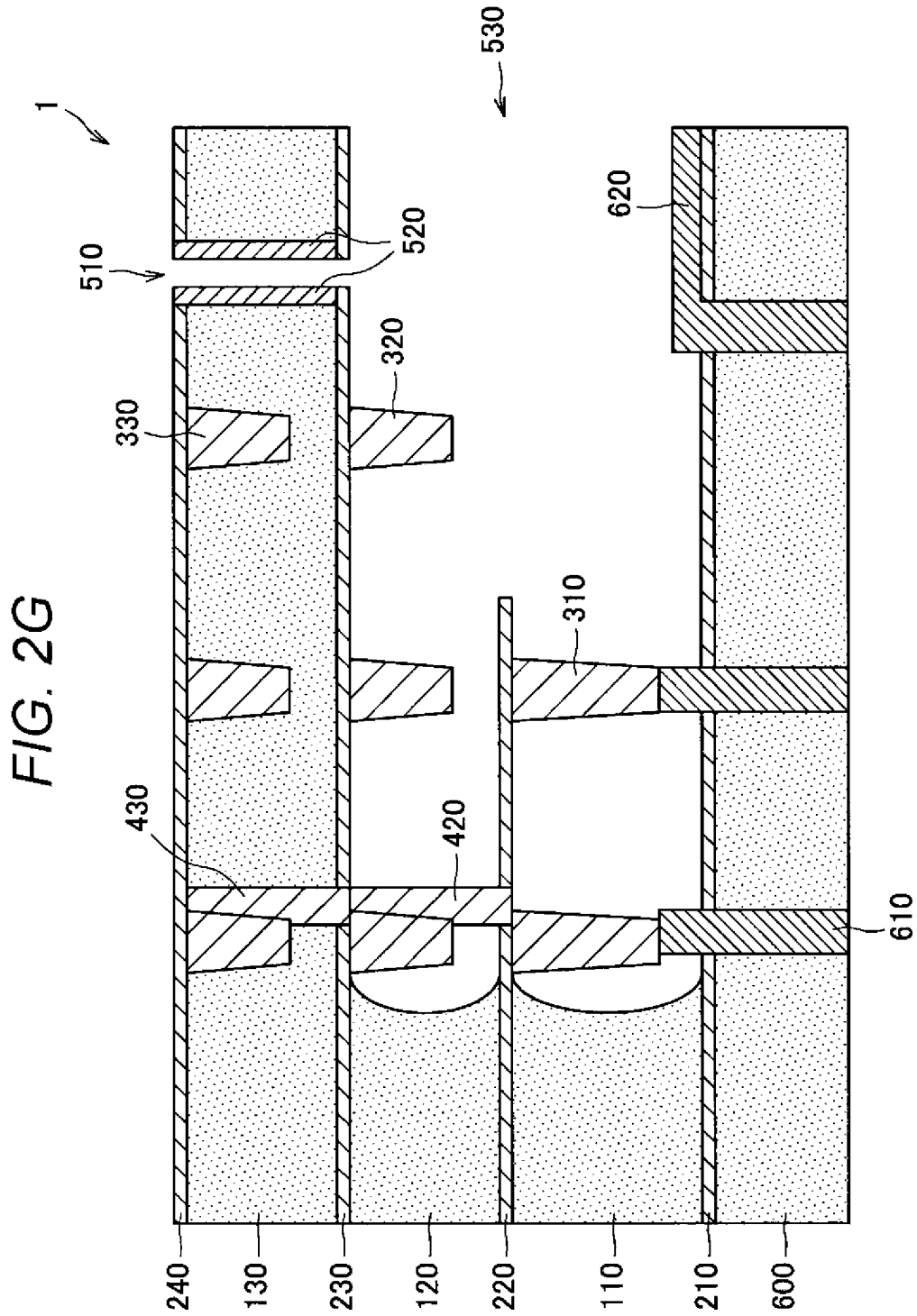
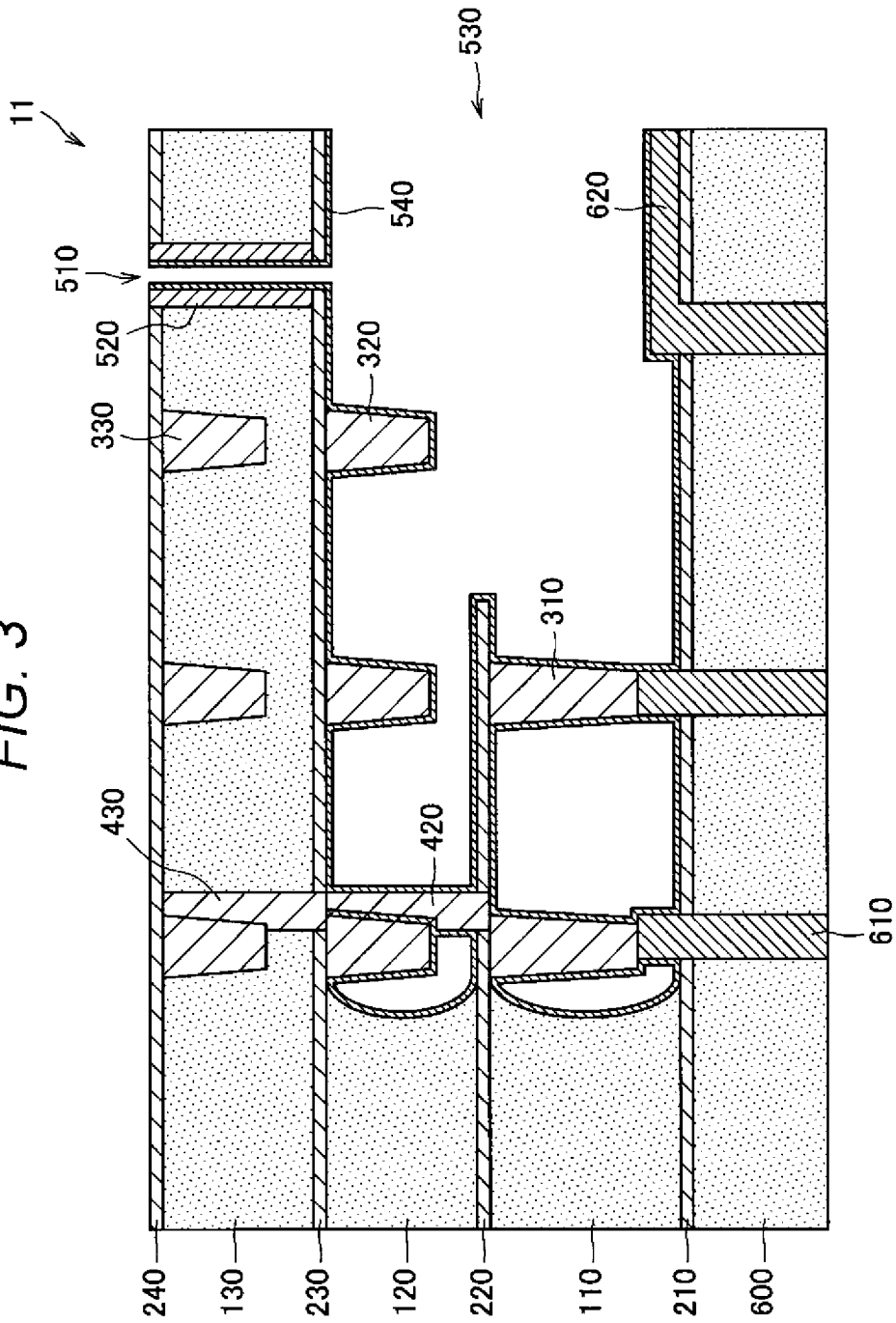
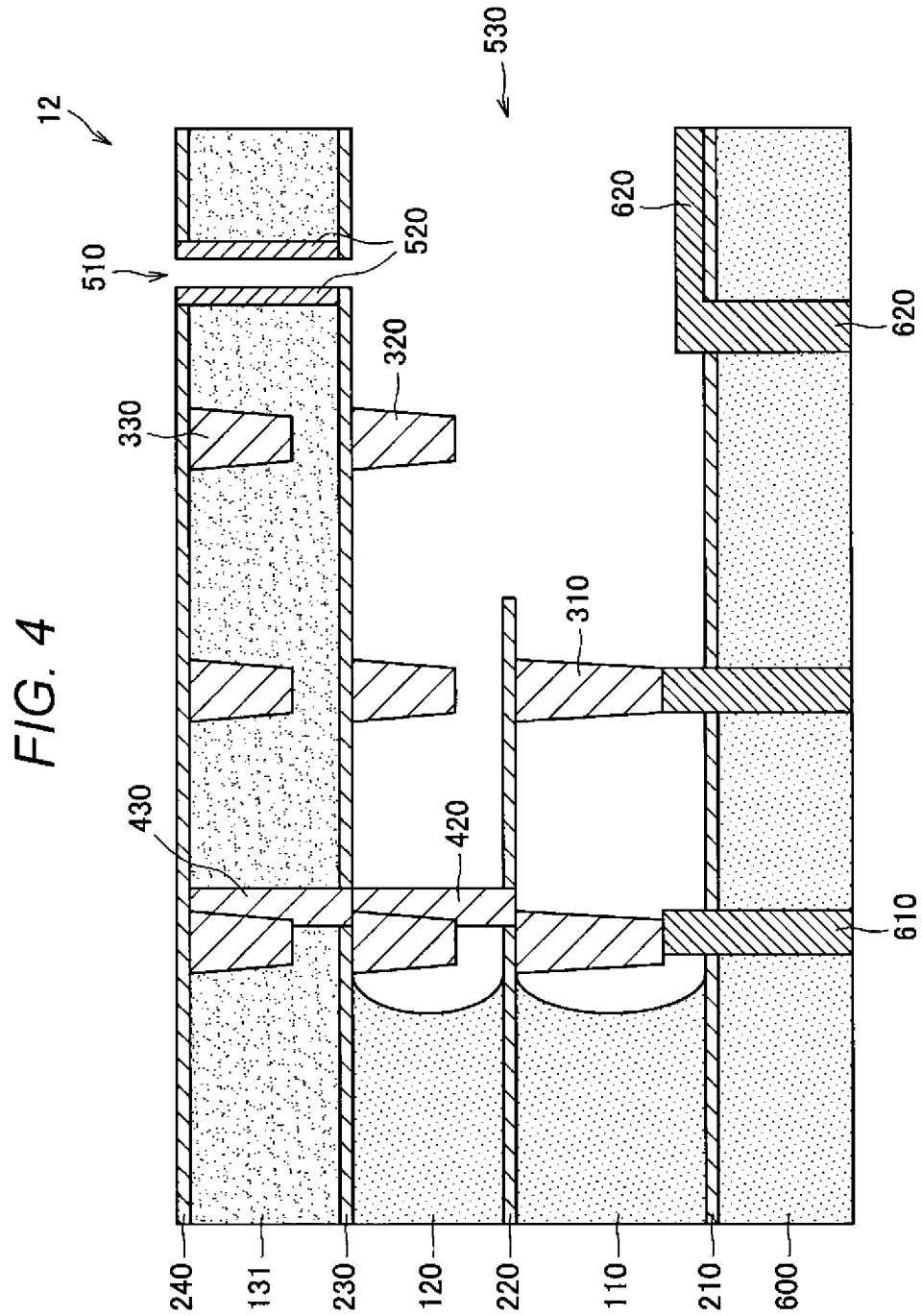
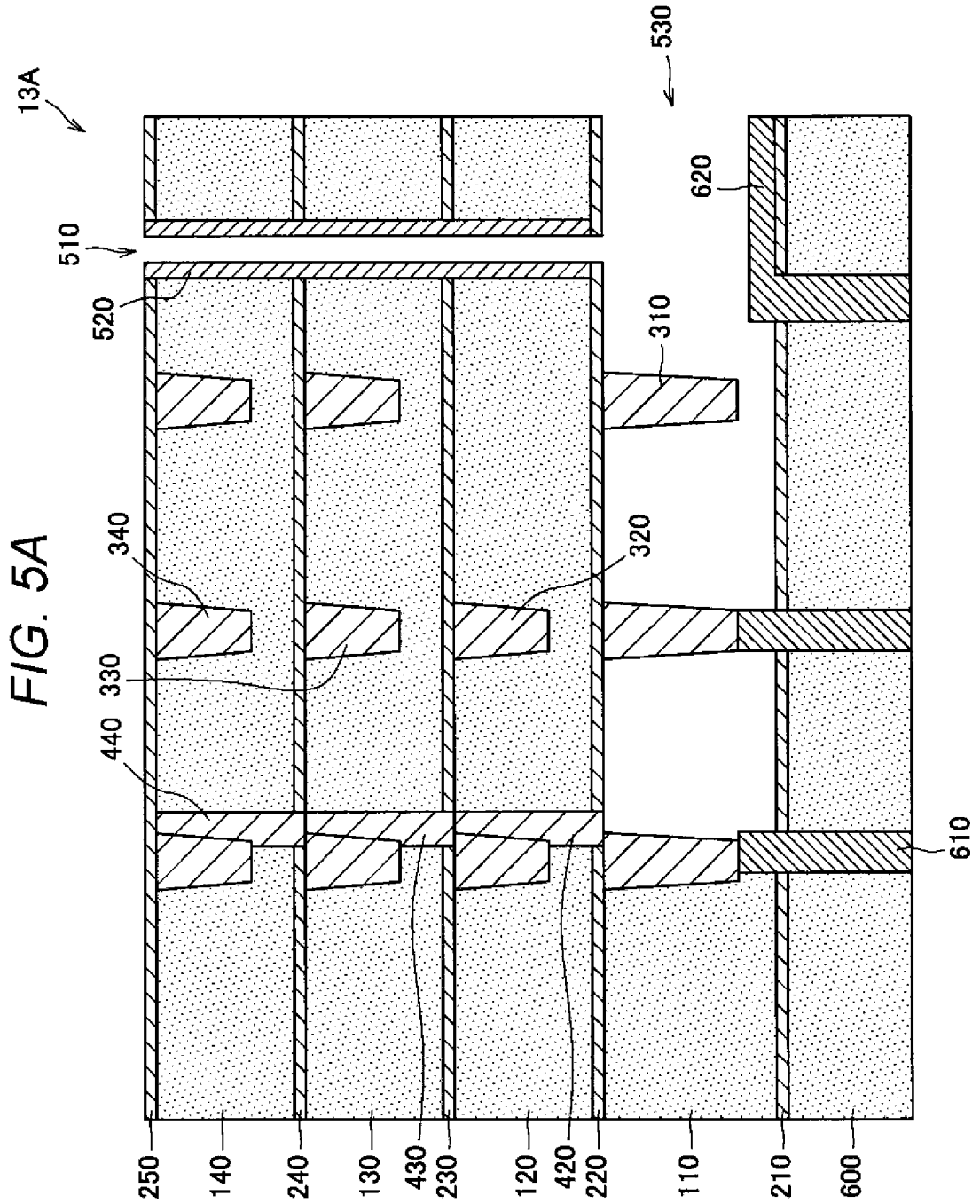
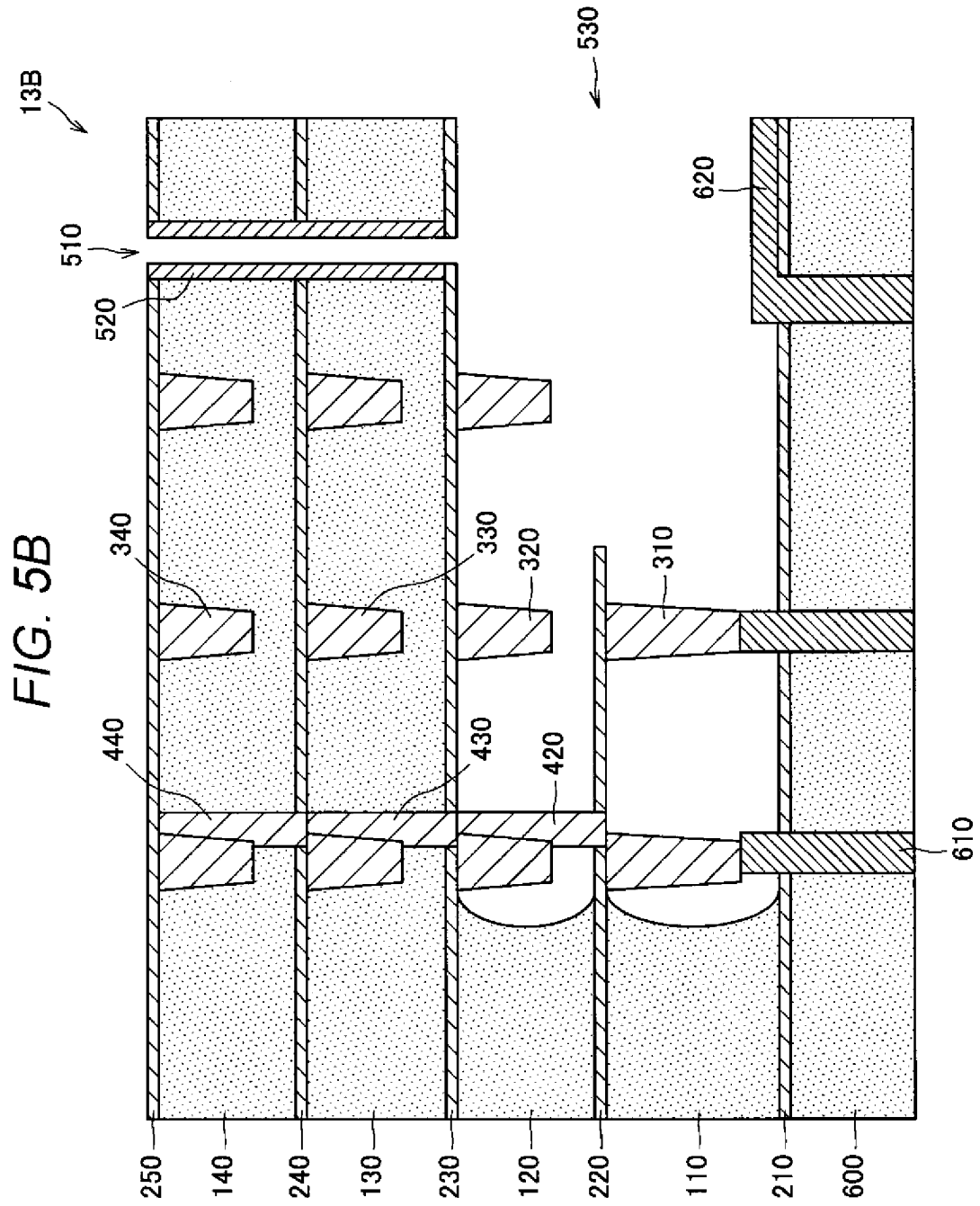


FIG. 3









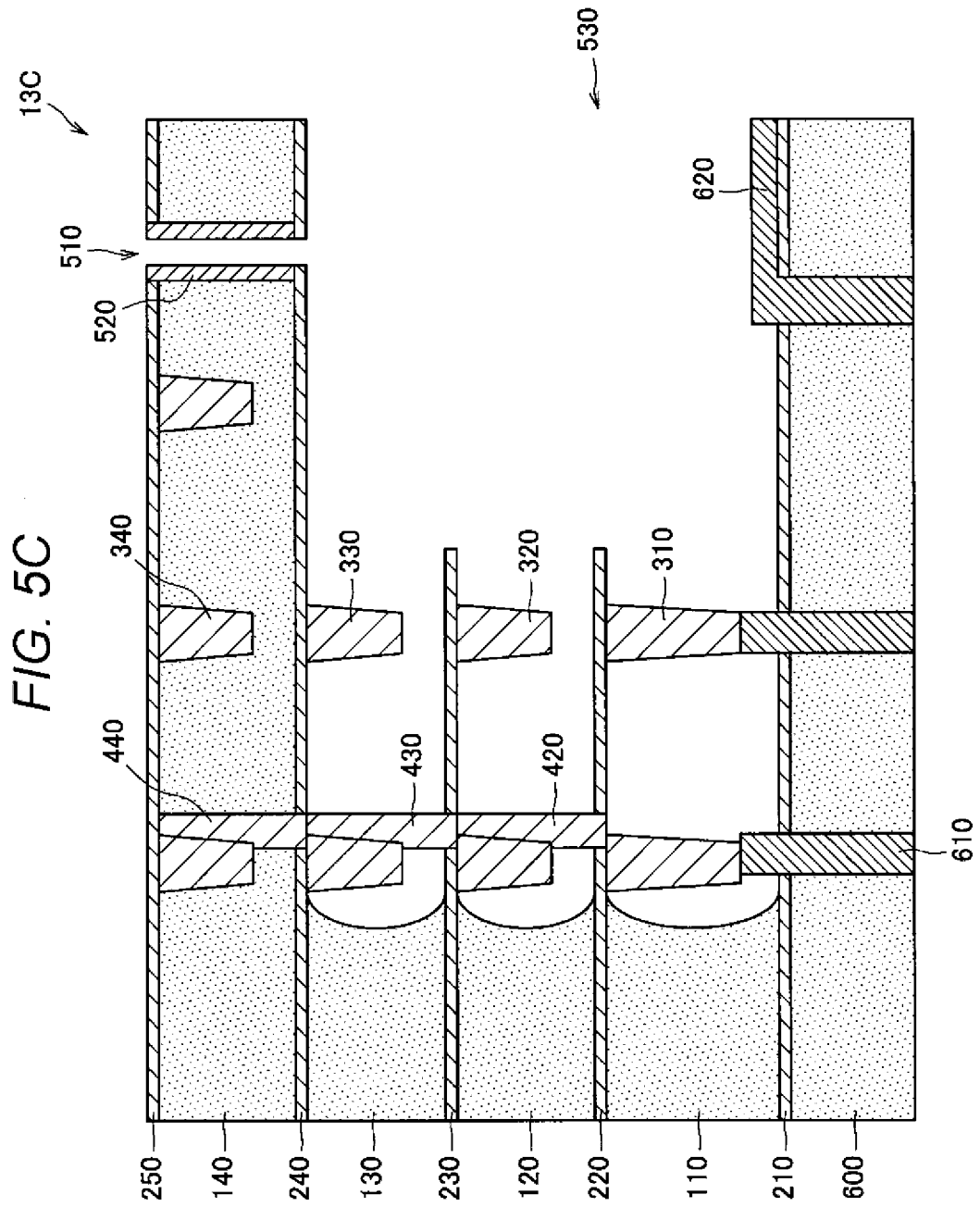
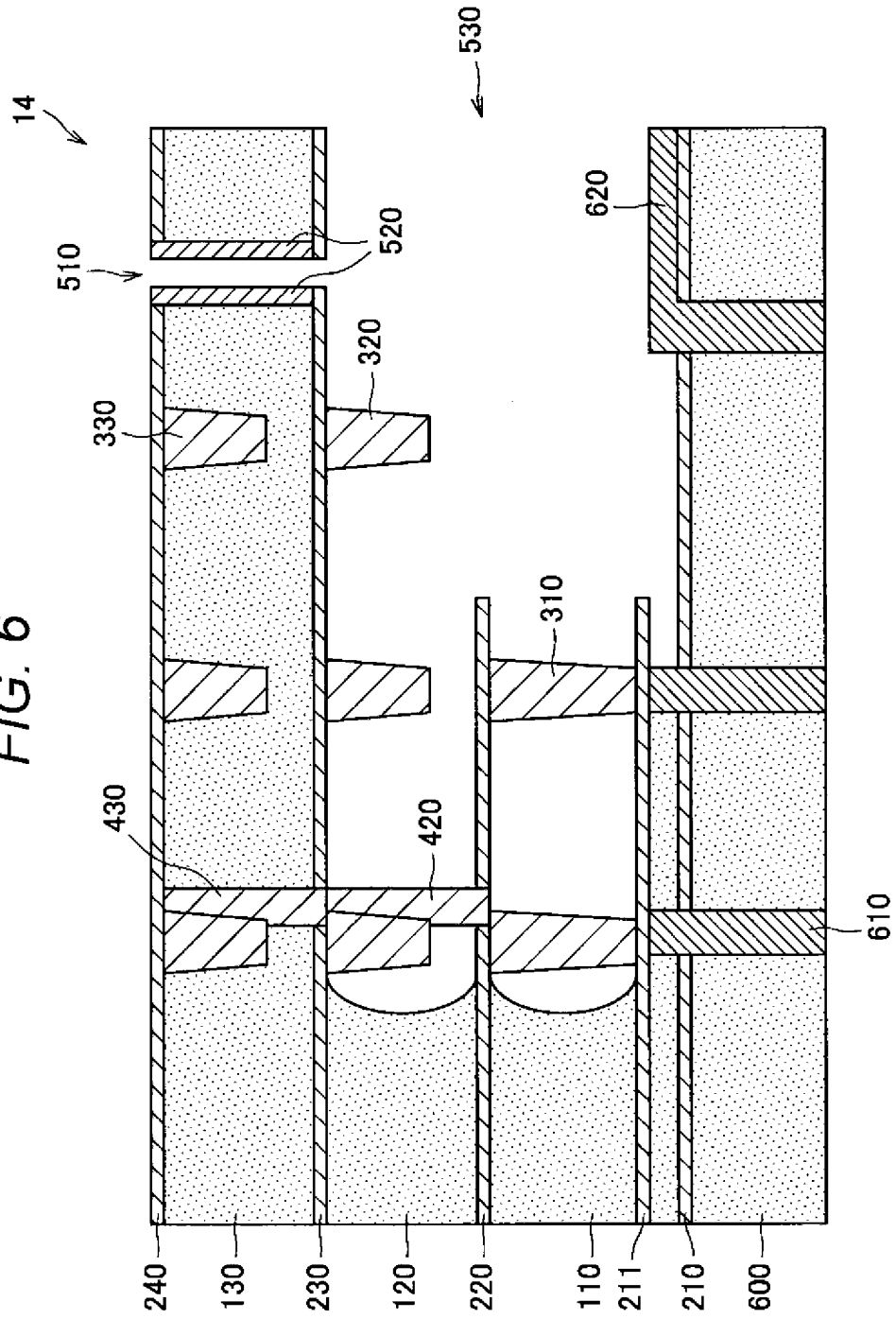


FIG. 6



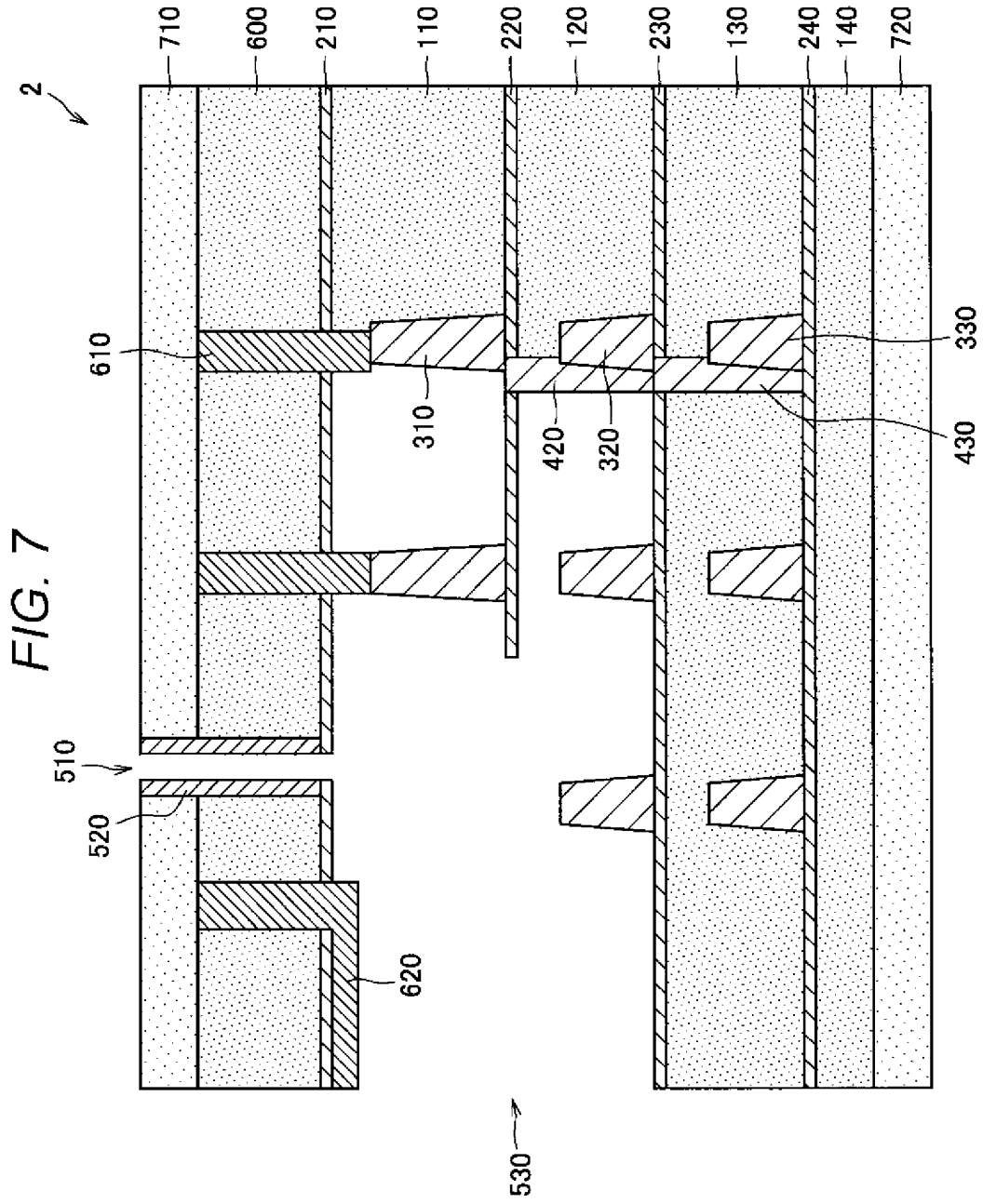


FIG. 8A

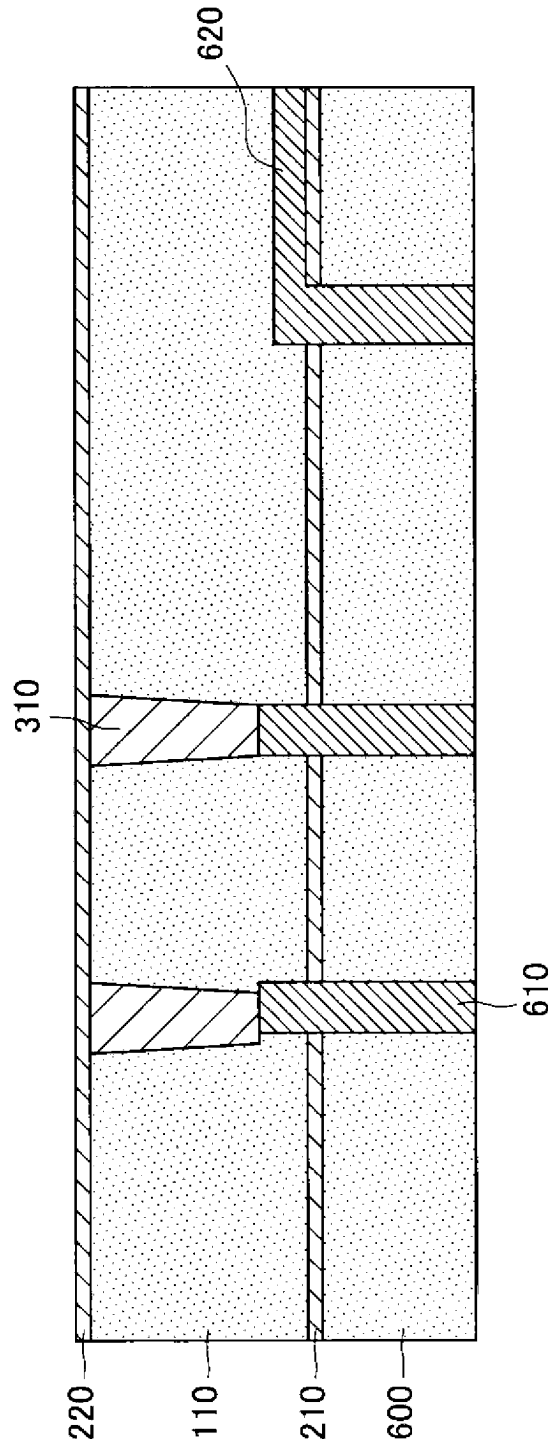


FIG. 8B

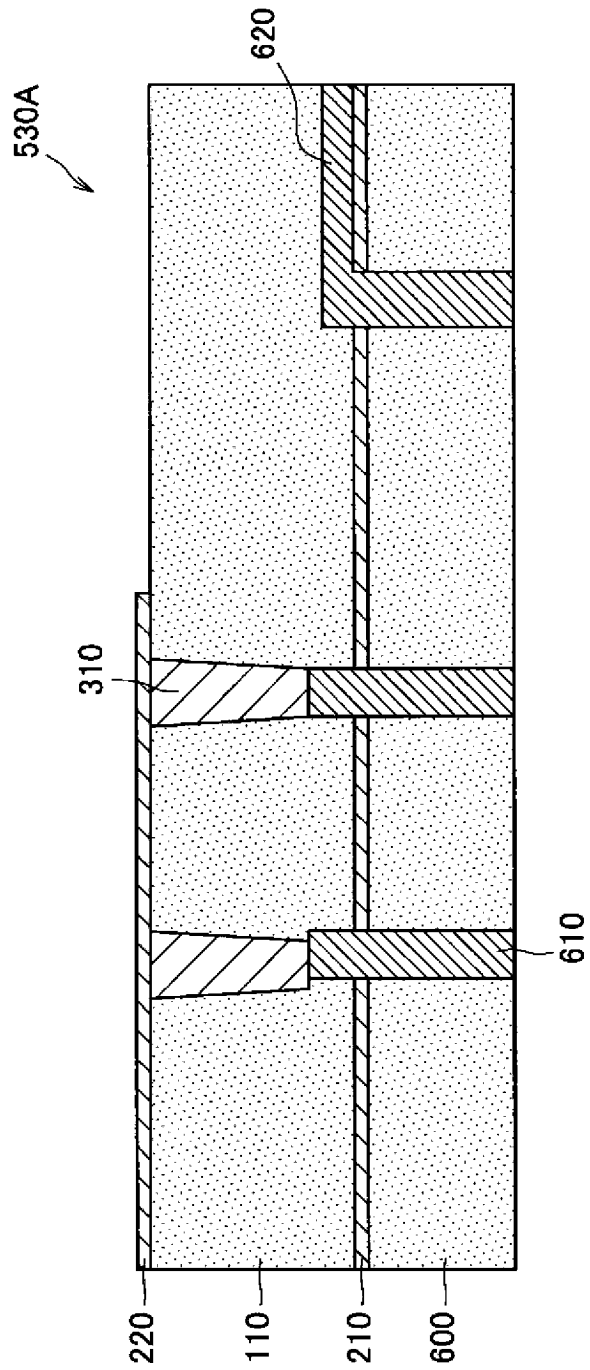
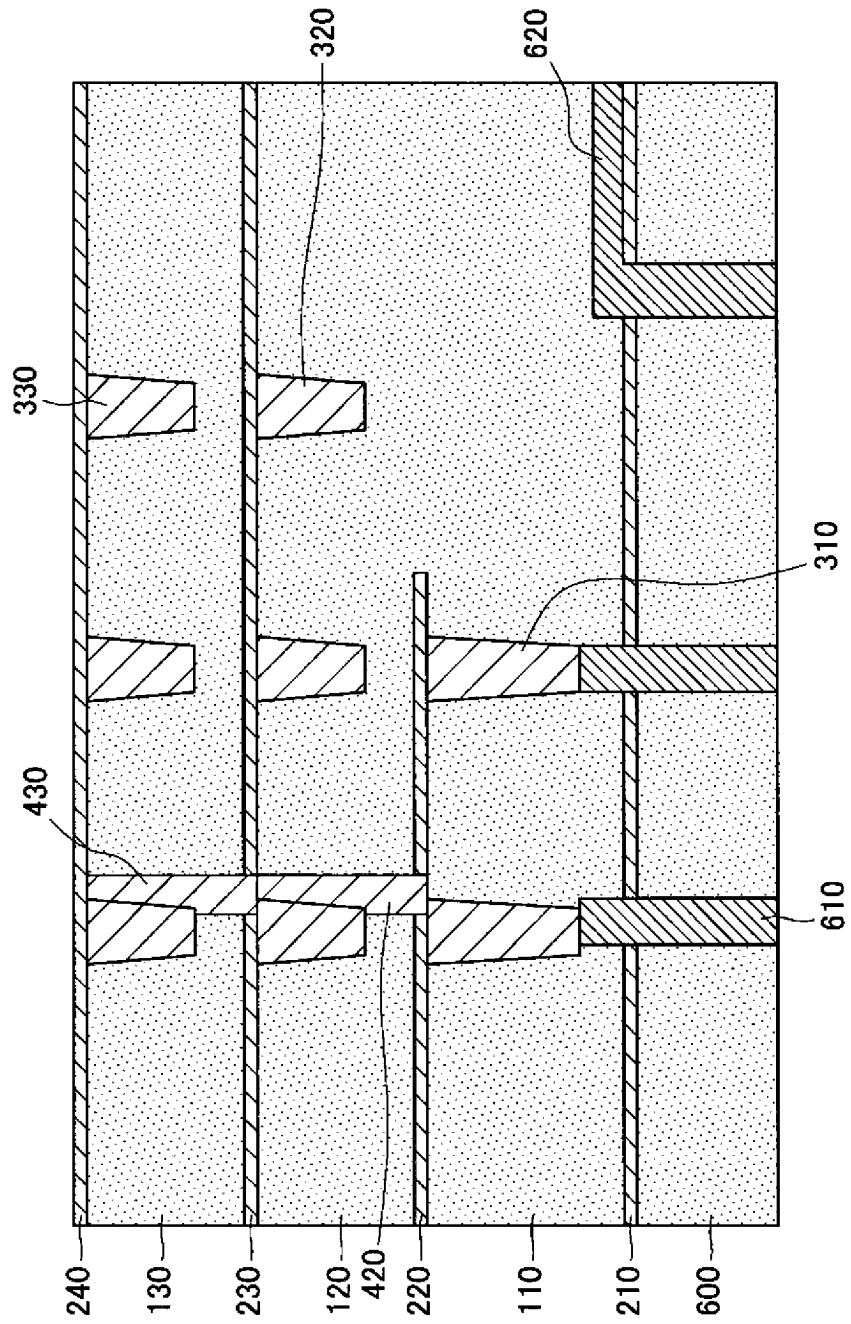
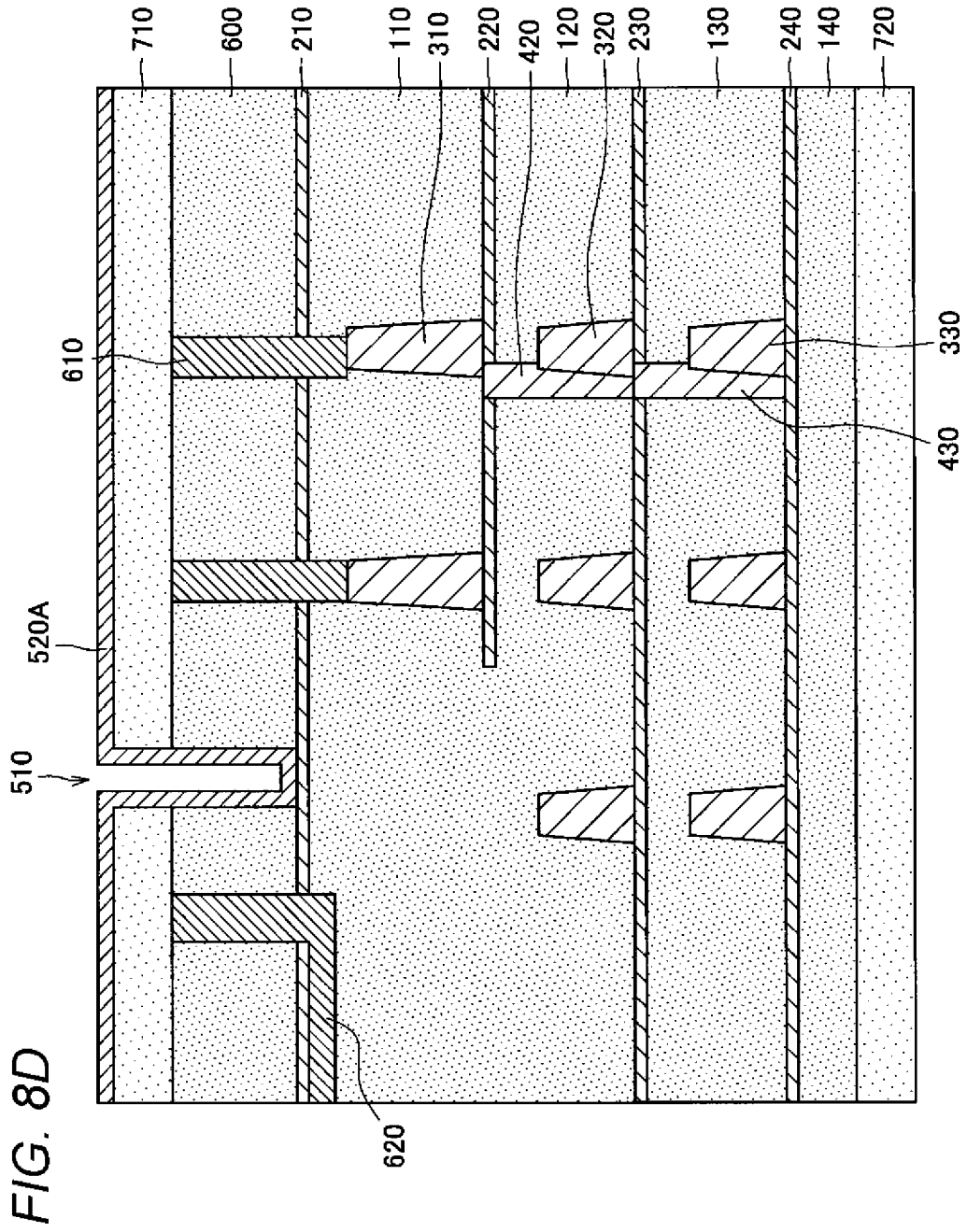


FIG. 8C





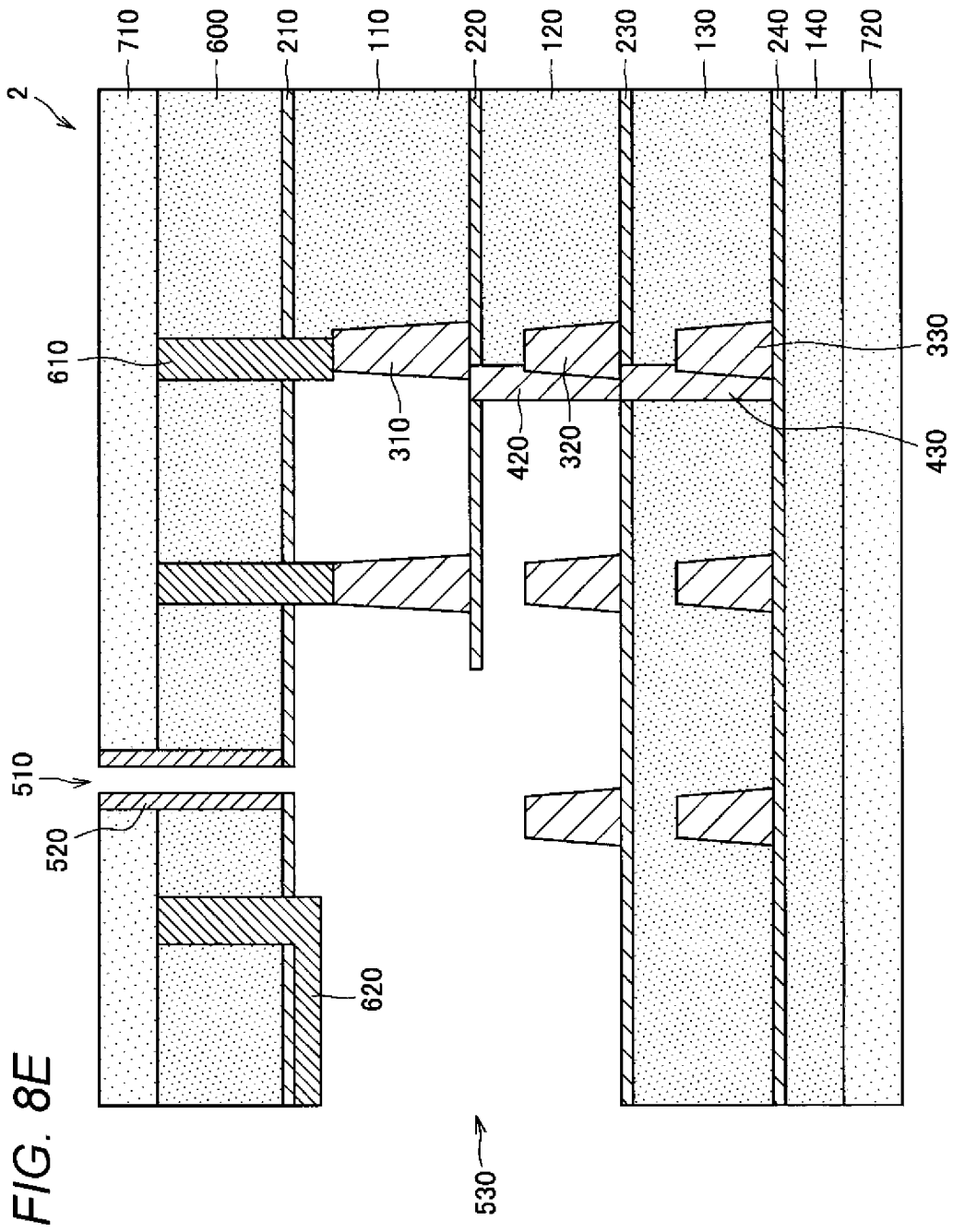


FIG. 8E

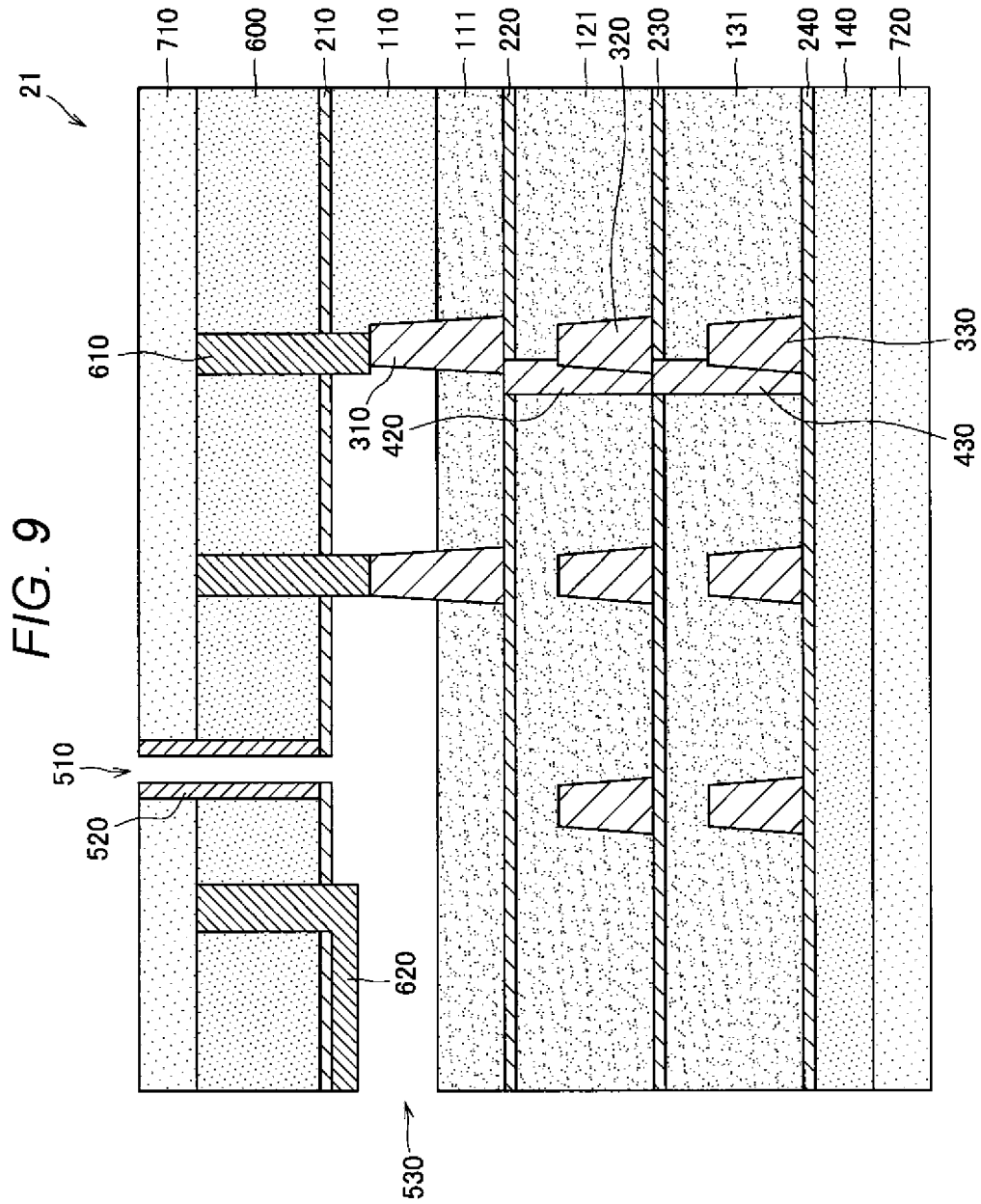
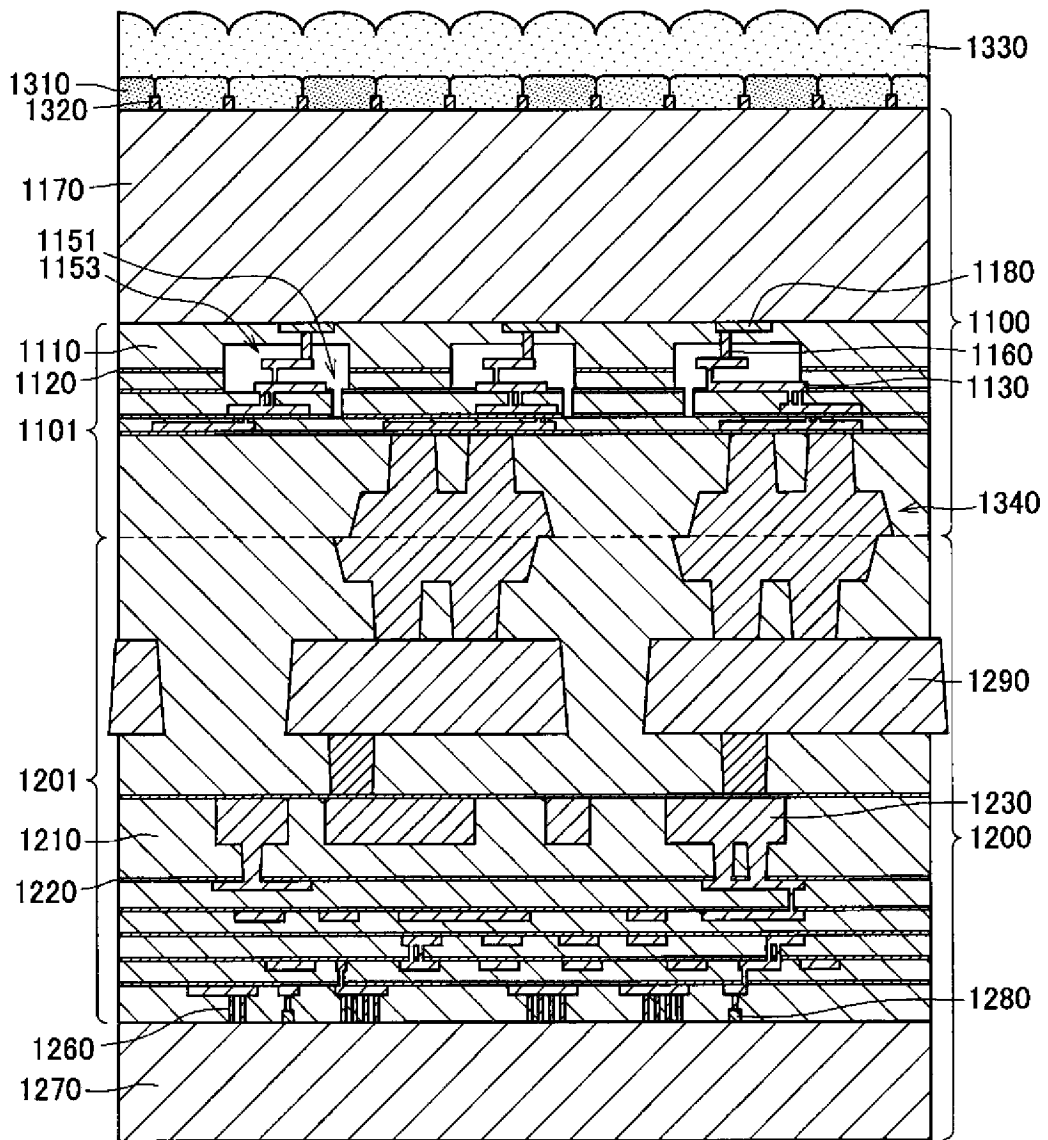


FIG. 10

3



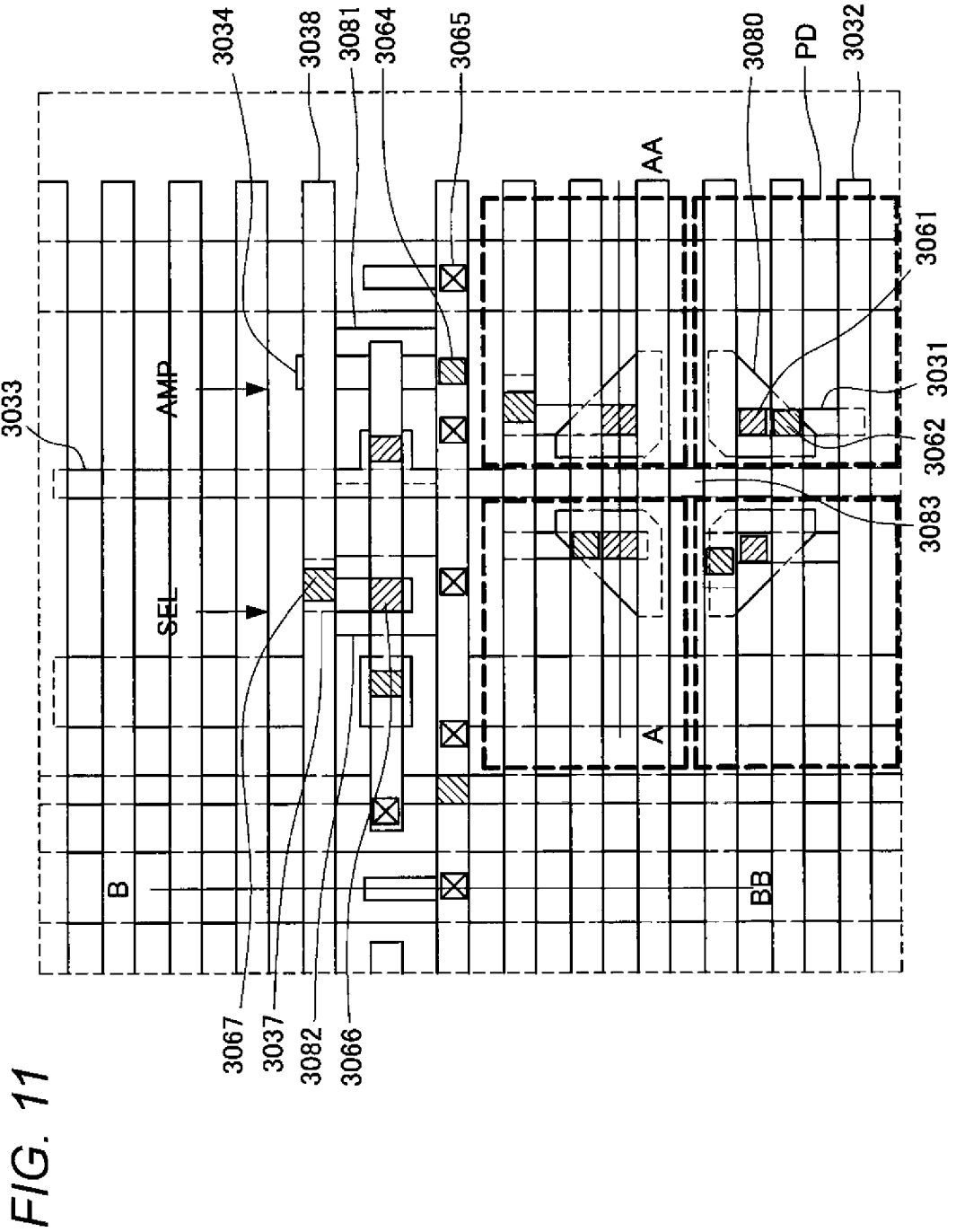


FIG. 12

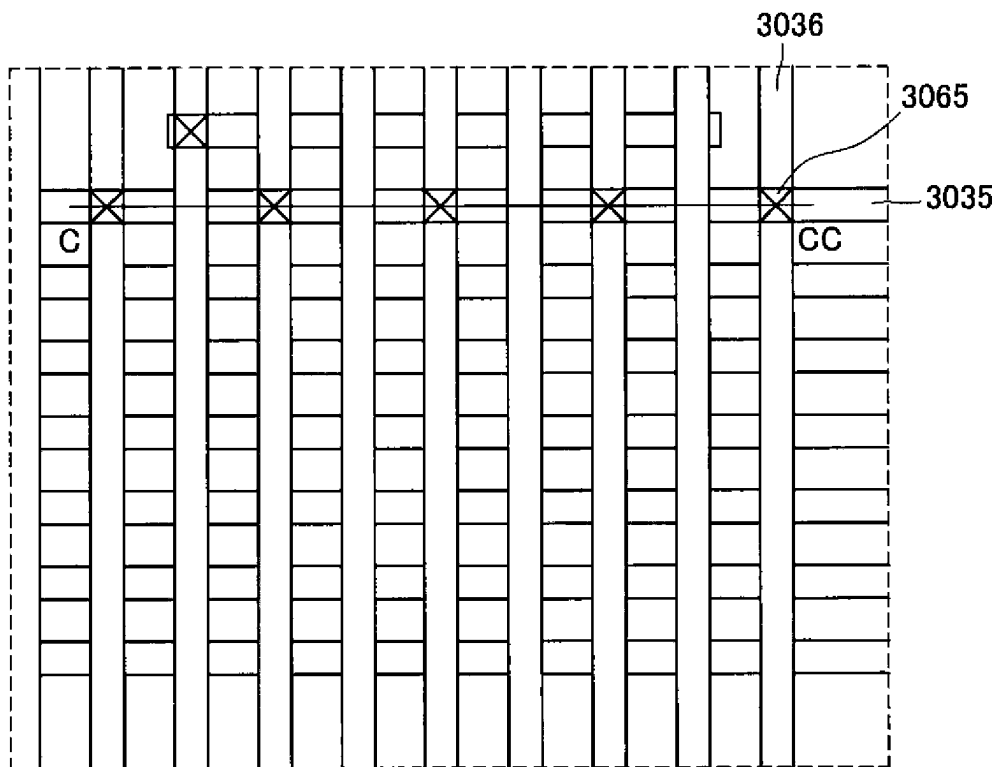


FIG. 13A

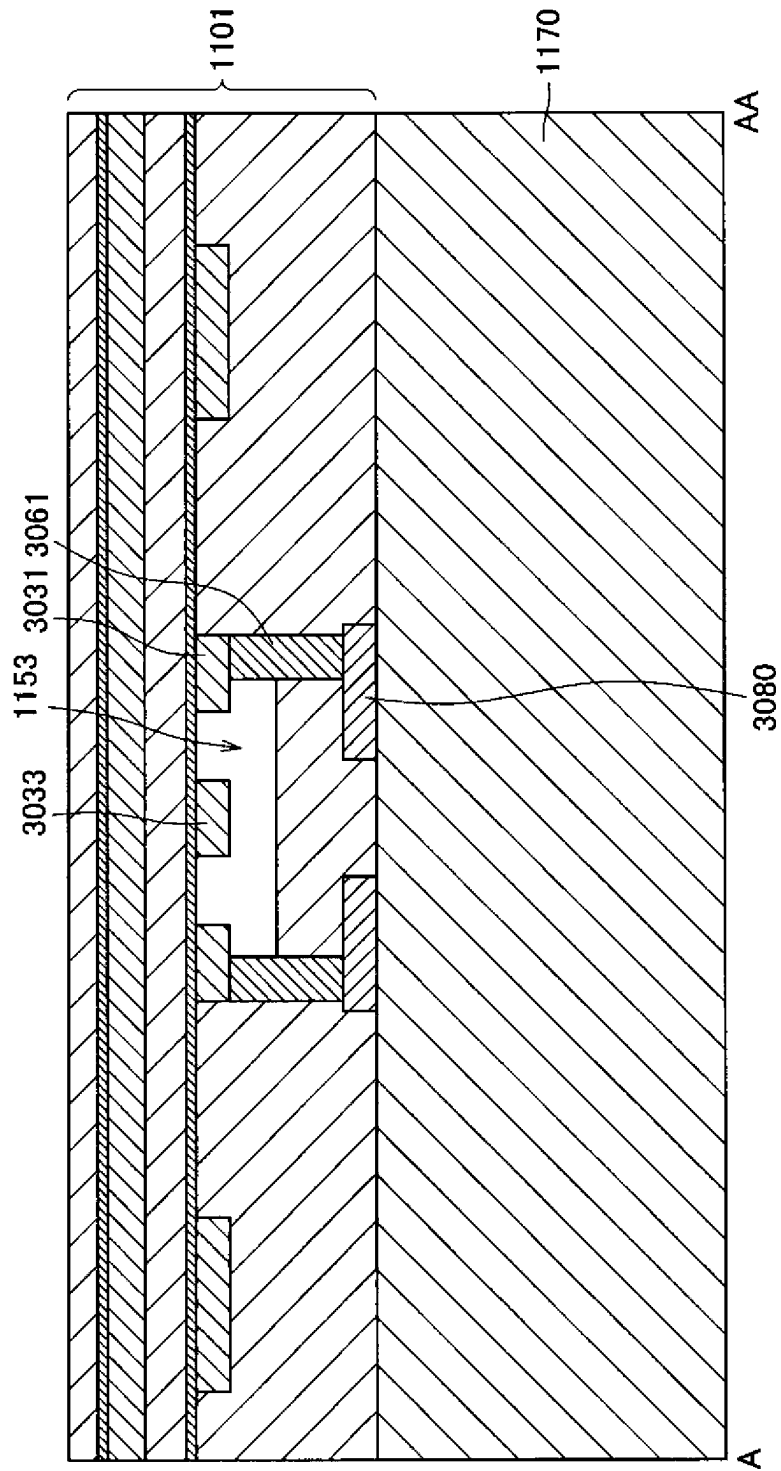


FIG. 13B

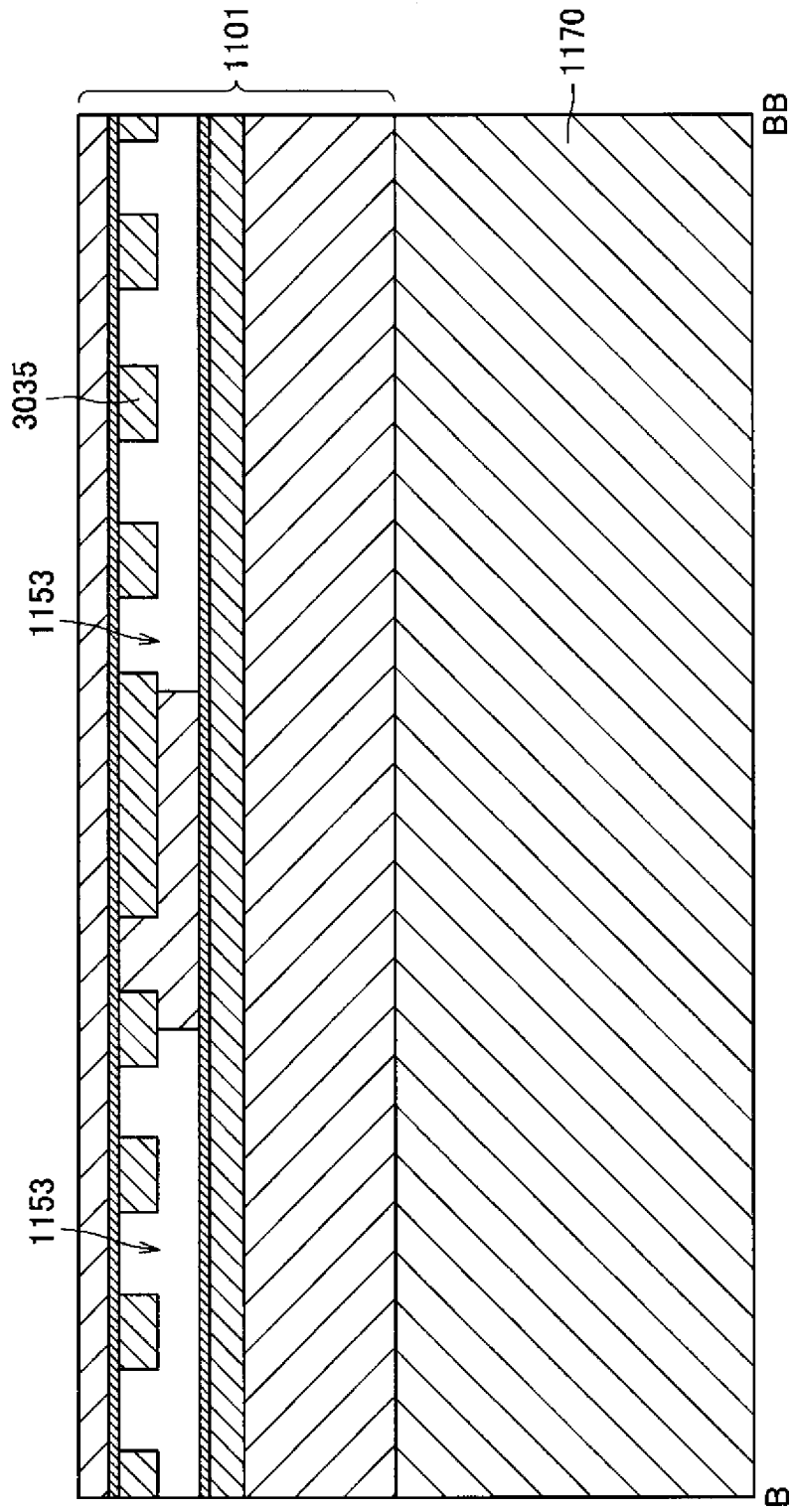


FIG. 13C

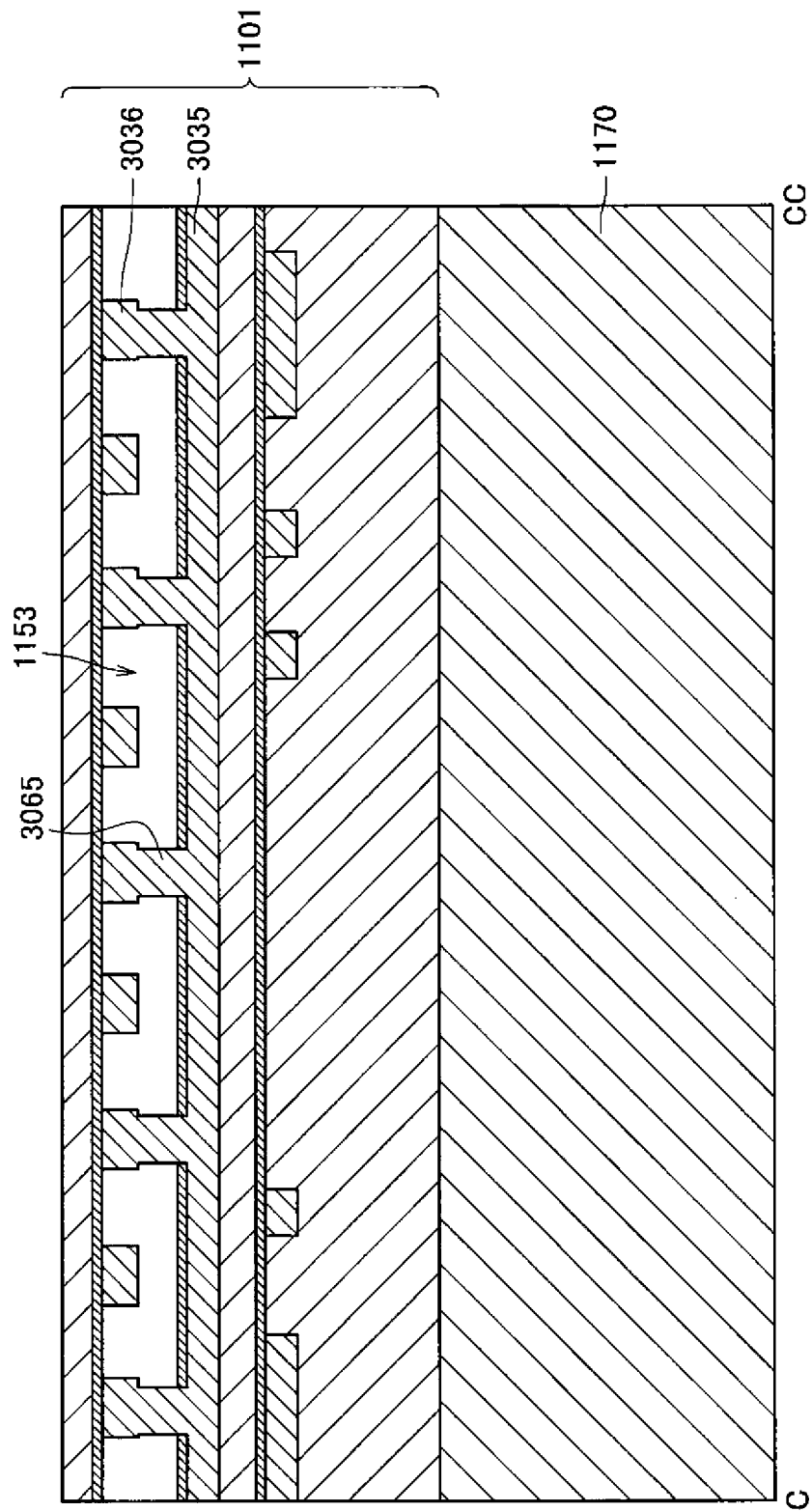


FIG. 14

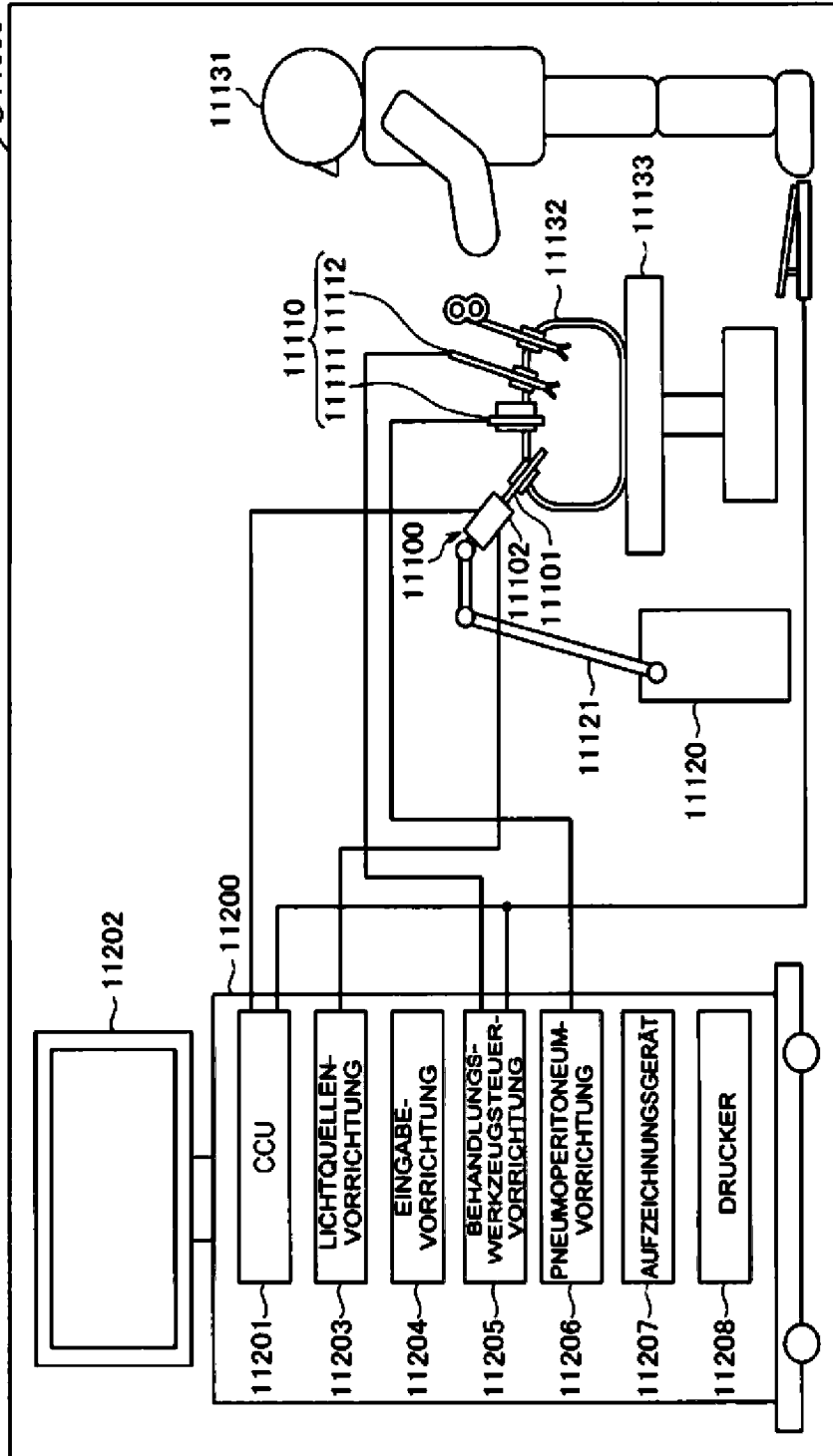


FIG. 15

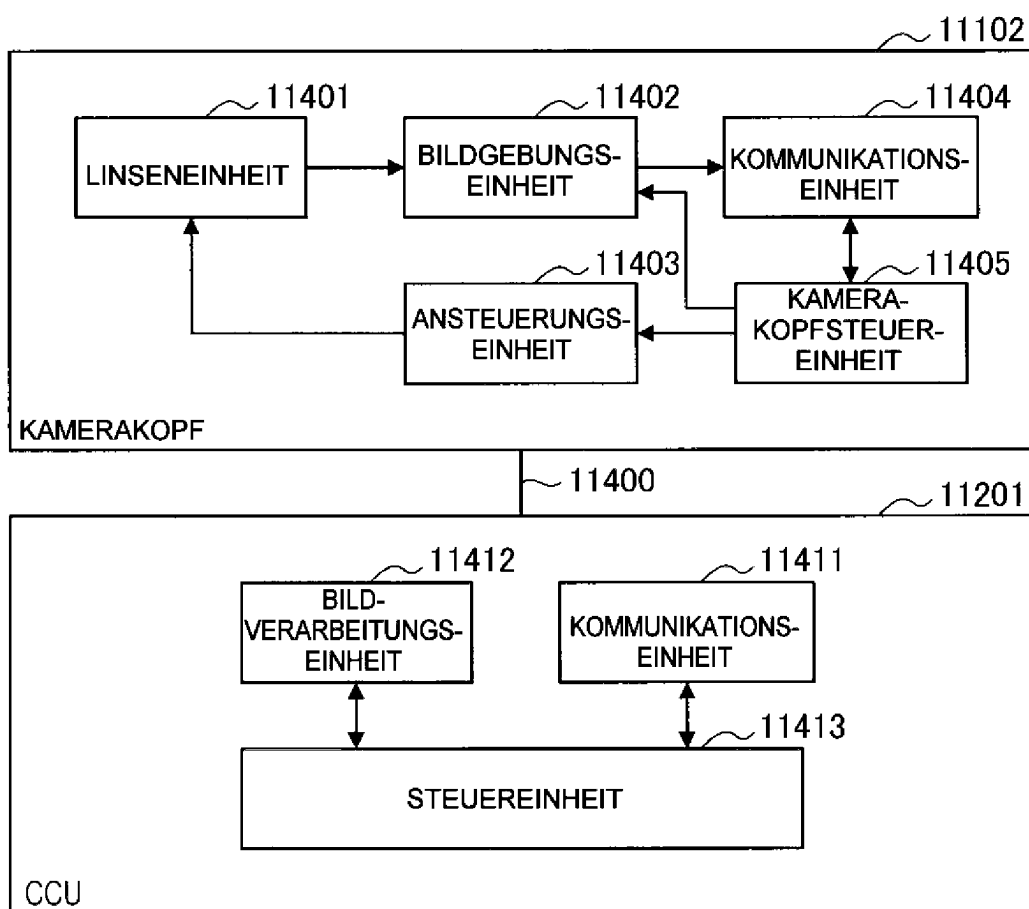


FIG. 16

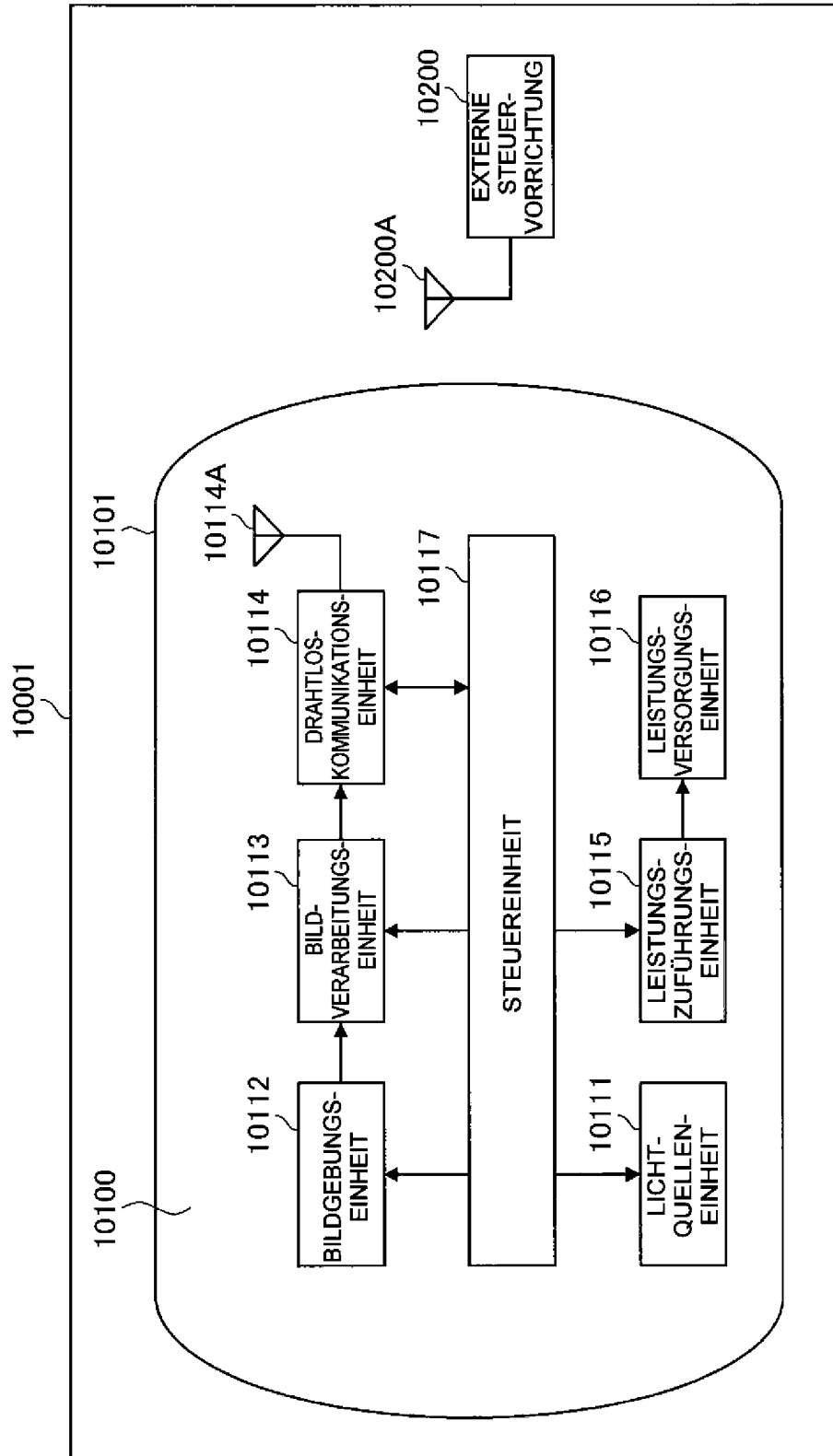


FIG. 17

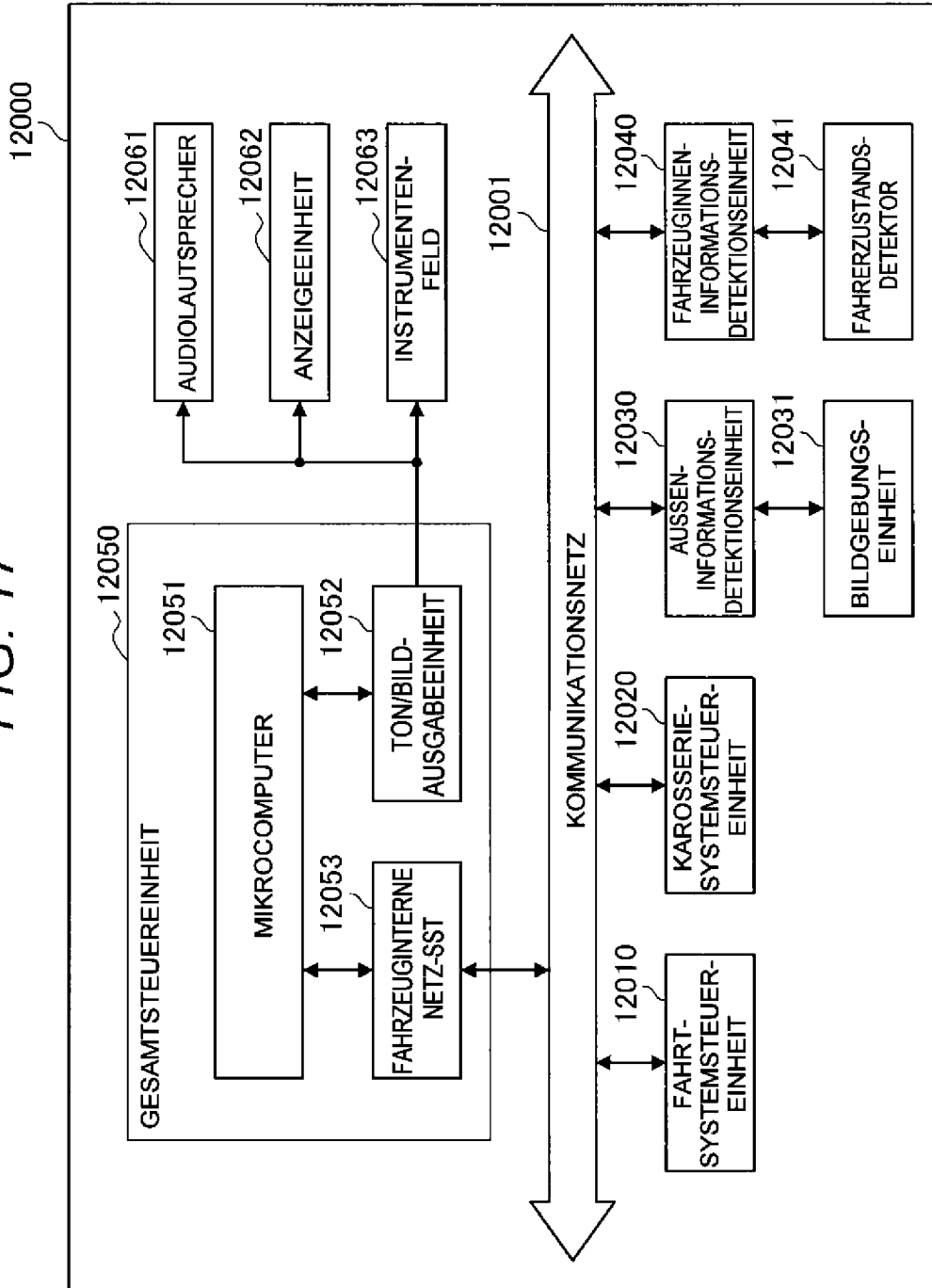


FIG. 18

