



(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2020 100 097.9**  
(22) Anmeldetag: **06.01.2020**  
(43) Offenlegungstag: **08.07.2021**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **06.07.2023**

(51) Int Cl.: **H01L 27/146** (2006.01)  
**H04N 25/00** (2023.01)  
**H01L 31/10** (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**16/733,433**                      **03.01.2020**      **US**

(73) Patentinhaber:  
**Taiwan Semiconductor Manufacturing Co. Ltd.,  
Hsinchu, TW**

(74) Vertreter:  
**BOEHMERT & BOEHMERT Anwaltspartnerschaft  
mbB - Patentanwälte Rechtsanwälte, 28209  
Bremen, DE**

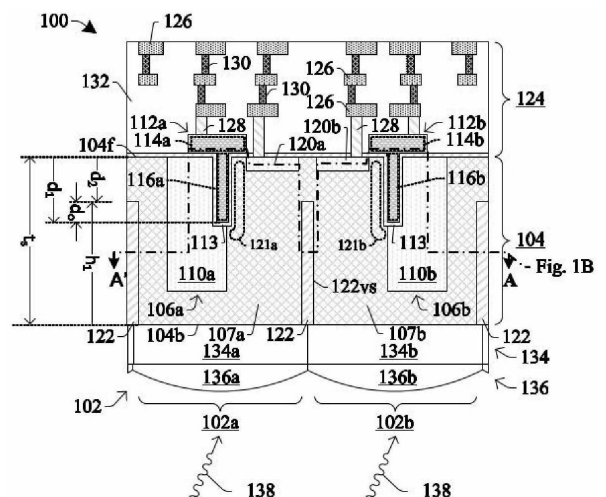
(72) Erfinder:  
**Hung, Feng-Chi, Hsinchu, TW; Yang, Dun-Nian,  
Hsinchu, TW; Liu, Jen-Cheng, Hsinchu, TW; Wu,  
Wei Chuang, Hsinchu, TW; Chen, Yen-Yu,  
Hsinchu, TW; Yu, Chih-Kuan, Hsinchu, TW**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

<b>US</b>	<b>2013 / 0 221 410</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2016 / 0 343 752</b>	<b>A1</b>

(54) Bezeichnung: **BILDSENSOR MIT EINER ÜBERLAPPUNG EINER RÜCKSEITIGEN GRABENISOLATIONSSTRUKTUR MIT EINEM VERTIKALEN TRANSFERGATE**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung mit:  
einem Halbleitersubstrat (104, 1406) mit einer Vorderseite (104f) und einer Rückseite (104b);  
einem Fotodetektor (106, 106a-d), der in dem Halbleitersubstrat (104, 1406) angeordnet ist;  
einem Transfergate, das über dem Fotodetektor (106, 106a-d) angeordnet ist, wobei das Transfergate einen seitlichen Teil (114, 114a-d), der sich über der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) erstreckt, und einen vertikalen Teil (116, 116a-d) aufweist, der sich von dem seitlichen Teil bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt;  
einem Gatedielektrikum, das den seitlichen Teil (114, 114a-d) und den vertikalen Teil (116, 116a-d) des Transfergates von dem Halbleitersubstrat (104, 1406) trennt;  
einer rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122), die sich von einer Rückseite (104b) des Halbleitersubstrats (104, 1406) bis in eine zweite Tiefe unter der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats erstreckt, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) den Fotodetektor (106, 106a-d) und das Transfergate seitlich umschließt und die zweite Tiefe kleiner als die erste Tiefe ist, sodass ein oberster Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des Transfergates aufweist; und  
einen dotierten Bereich (202), der über der rückseitigen Grabenisolation liegt und sich von der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) in Richtung der rückseitigen Grabenisolation erstreckt.



## Beschreibung

### Hintergrund

**[0001]** CMOS-Bildsensoren (CMOS: komplementärer Metalloxidhalbleiter) werden in einer breiten Palette von modernen elektronischen Geräten verwendet, wie zum Beispiel Kameras, Tablets, Smartphones und dergleichen. CMOS-Bildsensoren können vorderseitig beleuchtet (FSI) oder rückseitig beleuchtet (BSI) sein. BSI-CMOS-Bildsensoren haben eine höhere Empfindlichkeit, eine höhere Winkelempfindlichkeit und eine bessere Metalltrassierungsflexibilität als FSI-CMOS-Bildsensoren.

**[0002]** Die US 2016 / 0 343 752 A1 beschreibt einen rückseitig beleuchteten Bildsensor mit einem lichtempfindlichen Element in einem Substrat, einer Gate-Struktur mit einem Stöpselabschnitt, der sich von der Oberfläche des Substrats in das Substrat hinein erstreckt, und mit einer flachen Grabenisolation, die das Gate umgibt. Auf der Rückseite Substrats kann eine weitere Grabenisolation vorgesehen sein. Weiterer Stand der Technik ist bekannt aus der US 2013 / 0 221 410 A1.

### Figurenliste

**[0003]** Aspekte der vorliegenden Erfindung lassen sich am besten anhand der nachstehenden detaillierten Beschreibung in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen verstehen. Es ist zu beachten, dass entsprechend der üblichen Praxis in der Branche verschiedene Elemente nicht maßstabsgetreu gezeichnet sind. Vielmehr können der Übersichtlichkeit der Erörterung halber die Abmessungen der verschiedenen Elemente beliebig vergrößert oder verkleinert sein.

**Fig. 1A** zeigt eine Schnittansicht einiger Ausführungsformen eines Halbleiter-auf-Isolator-Bildsensors.

**Fig. 1B** zeigt eine vereinfachte Draufsicht einiger Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 1A**, wobei jedes Pixel einen Transfertransistor mit nur einem vertikalen Gate-Elektroden teil aufweist.

**Fig. 1C** zeigt eine vereinfachte Draufsicht einiger weiterer Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 1A**, wobei jedes Pixel einen Transfertransistor mit mehreren vertikalen Gate-Elektroden teilen aufweist.

**Fig. 2A** zeigt eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors.

**Fig. 2B** zeigt eine vereinfachte Draufsicht einiger Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 2A**, wobei jedes Pixel einen Transfertransistor mit nur einem vertikalen Gate-Elektroden teil aufweist.

**Fig. 3A** zeigt eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors.

**Fig. 3B** zeigt eine vereinfachte Draufsicht einiger Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 3A**.

**Fig. 4A** zeigt eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors, der einen Verarmungstransistor mit einem vertikalen Transfergate aufweist, der bei einer Gate-Source-Spannung von null selbstleitend ist.

Die **Fig. 4B** und **Fig. 4C** zeigen eine vereinfachte Draufsicht einiger Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 4A**.

**Fig. 5** zeigt ein Schaltbild einiger Ausführungsformen eines Bildsensors.

**Fig. 6** zeigt eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors.

**Fig. 7** zeigt eine vereinfachte Draufsicht, die einigen Ausführungsformen des Bildsensors von **Fig. 6** entspricht.

**Fig. 8** zeigt ein Schaltbild eines Bildsensors gemäß einigen Ausführungsformen, das den **Fig. 6** und **Fig. 7** entspricht.

Die **Fig. 9** bis **Fig. 17** zeigen eine Reihe von Schnittansichten einiger Ausführungsformen eines Verfahrens zum Herstellen eines Bildsensors.

**Fig. 18** zeigt ein Blockdiagramm einiger Ausführungsformen des Verfahrens der **Fig. 9** bis **Fig. 17**.

### Detaillierte Beschreibung

**[0004]** Die nachstehende Beschreibung liefert viele verschiedene Ausführungsformen oder Beispiele zum Implementieren verschiedener Merkmale der vorliegenden Erfindung. Nachstehend werden spezielle Beispiele für Komponenten und Anordnungen beschrieben, um die vorliegende Erfindung zu vereinfachen. Zum Beispiel kann die Herstellung eines ersten Elements über oder auf einem zweiten Element in der nachstehenden Beschreibung Ausführungsformen umfassen, bei denen das erste und das zweite Element in direktem Kontakt hergestellt werden, und sie kann auch Ausführungsformen umfassen, bei denen zusätzliche Elemente zwischen dem ersten und dem zweiten Element so hergestellt werden können, dass das erste und das zweite Element nicht in direktem Kontakt sind. Darüber hinaus können in der vorliegenden Erfindung Bezugswahlen und/oder -buchstaben in den verschiedenen Beispielen wiederholt werden. Diese Wiederholung dient der Einfachheit und Übersichtlichkeit und schreibt an sich keine Beziehung zwischen den verschiedenen

erörterten Ausführungsformen und/oder Konfigurationen vor.

**[0005]** Darüber hinaus können hier räumlich relative Begriffe, wie etwa „darunter befindlich“, „unter“, „untere(r)“, „unteres“, „darüber befindlich“, „obere(r)“, „oberes“ und dergleichen, zur einfachen Beschreibung der Beziehung eines Elements oder einer Struktur zu einem oder mehreren anderen Elementen oder Strukturen verwendet werden, die in den Figuren dargestellt sind. Die räumlich relativen Begriffe sollen zusätzlich zu der in den Figuren dargestellten Orientierung andere Orientierungen der in Gebrauch oder in Betrieb befindlichen Vorrichtung umfassen. Die Vorrichtung kann anders ausgerichtet werden (um 90 Grad gedreht oder in einer anderen Orientierung), und die räumlich relativen Deskriptoren, die hier verwendet werden, können ebenso entsprechend interpretiert werden.

**[0006]** CMOS-Bildsensoren werden in einer breiten Palette von modernen elektronischen Geräten verwendet, wie zum Beispiel Kameras, Tablets, Smartphones und dergleichen. CMOS-Bildsensoren weisen eine Matrix von Pixeln auf, die in Zeilen und Spalten auf einem Halbleitersubstrat angeordnet sind. Wenn Licht auf die Pixel auftrifft, erzeugen die Intensität und/oder die Farbe des Lichts jeweilige elektrische Signale für die jeweiligen Pixel, und diese elektrischen Signale werden zum Erzeugen eines digitalen Bilds verwendet. Idealerweise würden die elektrischen Signale von jedem Pixel exakt nur dem Licht entsprechen, das auf das Pixel auftrifft, aber ein Teil des Lichts von einem Pixel kann durch Reflexion oder Brechung zu anderen Pixeln „übertreten“, und/oder elektrische Träger, die an einem Pixel entstehen, können durch das Substrat zu einem anderen Pixel „übertreten“. Diese und weitere Probleme können sich auf unterschiedliche Weise zeigen und können in einigen Zusammenhängen als Kreuzkopplung, Blooming usw. bezeichnet werden.

**[0007]** Um diese Effekte zu begrenzen, weisen Bildsensoren rückseitige Isolationsstrukturen zwischen benachbarten Pixeln auf. Einige rückseitige Isolationsstrukturen können sich von einer Rückseite des Halbleitersubstrats durch seine gesamte Dicke erstrecken. Diese Isolationsstrukturen bieten zwar eine gute Isolation, aber es ist festgestellt worden, dass diese Strukturen den resultierenden Bildsensor für Rissbildung anfällig machen. Dementsprechend erstreckt sich bei einigen Aspekten der vorliegenden Erfindung die rückseitige Isolationsstruktur von der Rückseite des Substrats in Richtung seiner Vorderseite, ohne sich vollständig durch das Substrat zu erstrecken (d. h., die rückseitige Isolationsstruktur erstreckt sich nur teilweise in das Halbleitersubstrat hinein). Außerdem weisen bei diesen Ausführungsformen ein oder mehrere der Transistoren eines Pixels eine Gate-Elektrode auf, die einen vertikalen

Teil hat, der sich nach unten in die Vorderseite des Substrats erstreckt. Die rückseitige Isolationsstruktur hat eine vertikale Überlappung mit dem vertikalen Teil der Gate-Elektrode. Diese vertikale Überlappung ermöglicht eine einigermaßen gute Isolation zwischen benachbarten Pixeln und verringert die Gefahr der Rissbildung, sodass der Bildsensor eine hohe optische und elektrische Isolation zwischen Fotodetektoren haben kann und mit einer hohen Ausbeute hergestellt werden kann.

**[0008]** Die **Fig. 1A** und **Fig. 1B**, auf die nun gleichzeitig Bezug genommen wird, zeigen einige Ausführungsformen eines Bildsensors 100. Insbesondere zeigt **Fig. 1A** eine Schnittansicht des Bildsensors 100 und **Fig. 1B** zeigt eine entsprechende Draufsicht des Bildsensors 100, die durch Schnittlinien A und A' dargestellt ist. Es ist klar, dass die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** vereinfachte Zeichnungen sind und bei realen Implementierungen oft andere nicht-dargestellte Elemente vorhanden sind. **Fig. 1B** zeigt zwar vier Pixel, die radial um einen Mittelpunkt angeordnet sind, aber bei anderen Ausführungsformen können andere Anordnungen verwendet werden, zum Beispiel können drei Pixel, fünf Pixel usw. um einen Mittelpunkt angeordnet werden, oder bei anderen Ausführungsformen können die Pixel keinen Mittelpunkt haben.

**[0009]** Der Bildsensor 100 weist eine Mehrzahl von Pixeln auf, die in oder auf einem Halbleitersubstrat 104 angeordnet sind. In dem dargestellten Beispiel umfassen Pixel 102 erste Pixel 102a, zweite Pixel 102b, dritte Pixel 102c und vierte Pixel 102d, die rasterartig angeordnet sind, aber im Allgemeinen kann jede Anzahl von Pixeln vorhanden sein. Da die Pixel 102 in der Regel jeweils die gleichen Strukturelemente aufweisen, bezieht sich (statt jedes Element jedes einzelnen Pixels getrennt zu benennen) die nachstehende Beschreibung nur auf das erste Pixel 102a, wobei klar ist, dass das jeweils beschriebene Element des ersten Pixels 102a auch für jedes der anderen einzelnen Pixel verwendet werden kann. Außerdem dürfte wohlverstanden sein, dass zwar im Allgemeinen die Pixel 102 jeweils die gleichen Elemente haben, aber ein oder mehrere der Pixel (z. B. das erste Pixel 102a) ein Layout haben kann, das in Bezug zu den anderen Pixeln (z. B. dem zweiten Pixel 102b, dem dritten Pixel 102c und dem vierten Pixel 102d) geringfügig gedreht und/oder abgewandelt werden kann, um zum Beispiel die Pixel 102 zusammen in dem Raster zu „tilen“ („bedecken“).

**[0010]** Das erste Pixel 102a weist einen ersten Fotodetektor 106a auf. Der erste Fotodetektor 106a wird von einem Fotoübergang definiert, an dem ein erster Volumenbereich 107a des Substrats 104 mit einem ersten Kollektorbereich 110a zusammentrifft. Der erste Volumenbereich 107a und der erste Kollektorbereich 110a haben entgegengesetzte Dotierungsar-

ten, sodass der Fotoübergang zum Beispiel ein pn-Übergang oder ein anderer geeigneter Fotoübergang sein kann. Zum Beispiel kann der erste Volumenbereich 107a p-leitend sein, und der erste Kollektorbereich 110a kann n-leitend sein. Das zweite Pixel 102b, das dritte Pixel 102c und das vierte Pixel 102d weisen einen zweiten Fotodetektor 106b, einen dritten Fotodetektor 106c bzw. einen vierten Fotodetektor 106d auf, die einen zweiten Volumenbereich 107b, einen dritten Volumenbereich 107c bzw. einen vierten Volumenbereich 107d sowie einen zweiten Kollektorbereich 110b, einen dritten Kollektorbereich 110c bzw. einen vierten Kollektorbereich 110d aufweisen.

**[0011]** Das erste Pixel 102a weist weiterhin einen ersten Transfertransistor 112a auf, der über dem ersten Fotodetektor 106a angeordnet ist. Der erste Transfertransistor 112a weist eine Transferelektrode auf, die einen ersten seitlichen Teil 114a, der sich über eine Vorderseite 104f des Halbleitersubstrats 104 erstreckt, und einen ersten vertikalen Teil 116a umfasst, der sich bis in eine erste Tiefe  $d_1$  unter der Vorderseite 104f des Halbleitersubstrats 104 erstreckt. Der erste vertikale Teil 116a ragt in den ersten Kollektorbereich 110a hinein, ist aber durch eine dielektrische Transferelektrodenabschicht 113 von dem ersten Kollektorbereich 110a getrennt. Die Transferelektrodenabschicht 113 kann zum Beispiel Siliziumdioxid, ein High-k-Dielektrikum und/oder ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika sein oder aufweisen. Ein erster Floating Node (floatender Knoten) 120a hat die gleiche Dotierungsart wie der erste Kollektorbereich 110a und eine Dotierungsart, die der des ersten Volumenbereichs 107a entgegengesetzt ist, sodass sich ein erster Kanalbereich 121a in dem ersten Volumenbereich 107a entlang dem ersten vertikalen Teil 116a der ersten Transferelektrode erstreckt. Die erste Transferelektrode kann zum Beispiel dotiertes Polysilizium und/oder ein oder mehrere andere geeignete leitfähige Materialien sein oder aufweisen, wie etwa ein Metall, z. B. Kupfer, Wolfram, Aluminium oder dergleichen. Die dargestellte Ausführungsform weist außerdem einen zweiten Transfertransistor 112b, einen dritten Transfertransistor 112c bzw. einen vierten Transfertransistor 112d auf, die zweite seitliche und vertikale Teile 114b und 116b, dritte seitliche und vertikale Teile 114c und 116c bzw. vierte seitliche und vertikale Teile 114b und 116d haben.

**[0012]** Eine rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 erstreckt sich von einer Rückseite 104b des Halbleitersubstrats 104 bis in eine zweite Tiefe  $d_2$  unter der Vorderseite 104f des Halbleitersubstrats 104 und umschließt seitlich die einzelnen Volumenbereiche der einzelnen Pixel, um die Fotodetektoren elektrisch und optisch voneinander zu trennen. Somit erstreckt sich die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 von der Rückseite 104b des Substrats 104

teilweise in Richtung der Vorderseite 104f des Substrats 104, aber sie geht nicht durch eine Gesamtdicke  $t_s$  des Substrats 104 hindurch. Die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 kann zum Beispiel Siliziumdioxid und/oder ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika sein oder aufweisen. Die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 weist eine Anzahl von ringförmigen Strukturen auf, wobei jede ringförmige Struktur den Volumenbereich eines entsprechenden Pixels seitlich umschließt und die ringförmigen Strukturen miteinander verschmelzen, um der rückseitigen Grabenisolationsstruktur eine rasterartige Geometrie zu verleihen.

**[0013]** Die zweite Tiefe  $d_2$  ist kleiner als die erste Tiefe  $d_1$ , sodass ein unterster Teil des ersten vertikalen Teils 116a der ersten Transfertransistor-Elektrode eine vertikale Überlappungsstrecke  $d_o$  mit einem obersten Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 hat. Bei einigen Ausführungsformen beträgt ein Verhältnis der ersten Tiefe  $d_1$  zu der zweiten Tiefe  $d_2$  etwa 1,05 bis 2,0, und/oder die vertikale Überlappungsstrecke  $d_o$  beträgt 5 % bis 50 % der ersten Tiefe  $d_1$  und/oder 5 % bis 50 % der zweiten Tiefe  $d_2$ . Bei einigen Ausführungsformen beträgt die erste Tiefe  $d_1$  525 nm bis 1200 nm (und beträgt bei einigen Ausführungsformen etwa 600 nm), die zweite Tiefe  $d_2$  beträgt 500 nm bis 1000 nm (und beträgt bei einigen Ausführungsformen etwa 500 nm), und die vertikale Überlappungsstrecke  $d_o$  beträgt 25 nm bis 700 nm (und beträgt bei einigen Ausführungsformen etwa 100 nm). Außerdem beträgt bei einigen Ausführungsformen eine Höhe  $h_1$  der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 etwa 25 % bis etwa 95 % der Gesamtdicke  $t_s$  des Substrats 104, und die vertikale Überlappungsstrecke  $d_o$  kann bei einigen Ausführungsformen etwa 5 % bis etwa 50 % von  $h_1$  betragen.

**[0014]** Über der Vorderseite 104f des Substrats 104 ist eine Verbindungsstruktur 124 angeordnet. Die Verbindungsstruktur 124 umfasst eine Mehrzahl von Drähten 126, eine Mehrzahl von Kontakten 128 und eine Mehrzahl von Durchkontaktierungen 130, die über den Transfertransistoren aufeinandergestapelt sind. Die Drähte 126 und/oder die Durchkontaktierungen 130 können das gleiche Material, Aluminium-Kupfer, Aluminium, Kupfer, ein oder mehrere andere geeignete leitfähige Materialien oder eine Kombination davon sein oder aufweisen. Die Kontakte 128 können zum Beispiel Wolfram, Kupfer, Aluminium-Kupfer, ein oder mehrere andere geeignete leitfähige Materialien oder eine Kombination davon sein oder aufweisen. Eine vorderseitige dielektrische Schicht 132 umschließt die Drähte 126, die Kontakte 128, die Durchkontaktierungen 130 und andere Strukturen auf der Vorderseite des Substrats 104. Die vorderseitige dielektrische Schicht 132 kann zum Beispiel Siliziumdioxid, ein Low-k-Dielektrikum, Siliziumcarbid, Siliziumnitrid, ein oder mehrere

andere geeignete Dielektrika oder eine Kombination davon sein oder aufweisen.

**[0015]** Bei einigen Ausführungsformen sind die Pixel 102 so konfiguriert, dass sie unterschiedliche Wellenlängen von einfallendem Licht, wie zum Beispiel von rotem Licht, grünem Licht und blauem Licht, detektieren. Um diese Detektion zu erleichtern, weisen die Pixel Farbfilter 134 (z. B. ein erstes Farbfilter 134a über dem ersten Pixel 102a und ein zweites Farbfilter 134b über dem zweiten Pixel 102b) und jeweilige Mikrolinsen 136 (eine erste Mikrolinse 136a über dem ersten Pixel 102a und eine zweite Mikrolinse 136b über dem zweiten Pixel 102b) auf. Die verschiedenen Farbfilter 134 filtern unterschiedliche Wellenlängen des Lichts, zum Beispiel entsprechend einem Bayer-Filtermuster, sodass die Pixel 102 unterschiedliche Wellenlängen des Lichts detektieren. Somit trifft zum Beispiel einfallendes Licht 138 während des Betriebs auf die erste Mikrolinse 136a auf, wird durch das erste Farbfilter 134a, in dem das einfallende Licht 138 gefiltert wird, geleitet, und dann breitet sich das gefilterte Licht zu dem ersten Fotodetektor 106a des ersten Pixels 102a aus. Das gefilterte Licht interagiert dann mit dem ersten Fotodetektor 106a, um in ein elektrisches Signal umgewandelt zu werden, das von einer Schaltungsanordnung der Pixel (mit dem ersten Transfertransistor 112a und der Verbindungsstruktur 124) verarbeitet wird. Somit können die Pixel 102 kollektiv digitale Bilddaten mittels dieser elektrischen Signale erzeugen.

**[0016]** Da die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 die vertikale Überlappung  $d_0$  mit dem ersten vertikalen Teil 116a der Transfergate-Elektrode hat, kann der Bildsensor 100 eine hohe optische und elektrische Isolation zwischen dem ersten, zweiten, dritten und vierten Fotodetektor 106a bis 106d haben. Die hohe optische Isolation kann zu einer niedrigen Kreuzkopplung zwischen dem ersten, zweiten, dritten und vierten Fotodetektor 106a bis 106d und zu einer hohen Kontrastübertragungsfunktion führen. Die hohe elektrische Isolation kann zu einer hohen Full Well Capacity und somit zu einem hohen Anti-Blooming führen, und dabei ist eine effiziente Herstellung möglich. Und obwohl sich die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 im Prinzip vollständig durch das Substrat 104 erstrecken könnte, wird durch Begrenzen des Umfangs der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 die Gefahr der Rissbildung in dem Substrat 104 begrenzt, sodass mit der dargestellten Implementierung höhere Ausbeuten als mit anderen Ansätzen erzielt werden können.

**[0017]** Fig. 1B zeigt zwar ein Beispiel, in dem jedes Pixel einen Transfertransistor mit nur einem vertikalen Gate-Elektrodenteil aufweist, aber die Transfertransistoren können auch mehrere vertikale Gate-Elektrodenteile aufweisen. Fig. 1C zeigt daher ein weiteres Beispiel, in dem jedes Pixel einen Transfert-

ransistor mit zwei vertikalen Gate-Elektrodenteilen aufweist. Zum Beispiel weist das erste Pixel einen ersten Transfertransistor mit einer Gate-Elektrode mit zwei ersten vertikalen Teilen 116a auf, die mit einem Abstand unter einem ersten seitlichen Teil 114a der ersten Gate-Elektrode angeordnet sind. Das Vorhandensein von weiteren vertikalen Gate-Elektrodenteilen kann zu einer schnelleren Ladungsübertragung von dem Fotodetektor auf einen Floating Node beitragen. Ausführungsformen mit nur einem vertikalen Gate-Elektrodenteil, wie sie vorstehend in Fig. 1B dargestellt sind, können jedoch in einigen Fällen Pixel mit einer kleineren Grundfläche ermöglichen.

**[0018]** In Fig. 2A ist eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors 200 gezeigt. Fig. 2B zeigt ein Beispiel für eine Draufsicht, die Fig. 2A entspricht. Der Bildsensor 200 weist einige Aspekte des Bildsensors 100 der Fig. 1A bis Fig. 1C auf (und umgekehrt), und somit können die Strukturelemente, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 1A bis Fig. 1C erläutert worden sind, auch für den Bildsensor 200 in den Fig. 2A und Fig. 2B verwendet werden.

**[0019]** Wie in den Fig. 2A und Fig. 2B gezeigt ist, kann statt der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 mit vertikalen Seitenwänden 122vs (siehe auch Fig. 1A) die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 bei einigen Ausführungsformen abgewinkelte und/oder sich verjüngende Seitenwände 122as haben, die näher an der Vorderseite 104f des Substrats schmaler sind und näher an der Rückseite 104b des Substrats breiter sind. Außerdem kann auch der erste vertikale Teil 116a der ersten Transfergate-Elektrode abgewinkelt oder verjüngt sein, sodass der unterste Teil des ersten vertikalen Teils 116a Seitenwände hat, die schmaler sind, während ein oberer Teil des ersten vertikalen Teils 116a Seitenwände hat, die breiter sind. Anstatt dass der erste Volumenbereich 107a das erste Farbfilter 134a (das vorstehend in Fig. 1A dargestellt ist) direkt kontaktiert, kann bei einigen Ausführungsformen die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 einen horizontalen Teil 122h haben, der die Rückseite 104b des Substrats 104 bedeckt, um den Volumenbereich 107a des Substrats 104 von dem ersten Farbfilter 134a zu trennen. Somit weist in Fig. 2A die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 vertikale Segmente 122v, die eine rasterartige Struktur bilden, um die Pixel 102 voneinander zu trennen, sowie den horizontalen Teil 122h auf, der die Rückseite 104b des Substrats 104 bedeckt.

**[0020]** Außer den Strukturelementen, die vorstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 1A bis Fig. 1C erläutert worden sind, weist der Bildsensor 200 der Fig. 2A und Fig. 2B weiterhin einen dotierten Bereich 202 auf, der vertikale Segmente 202v

umfasst, die sich von der Vorderseite 104f des Substrats 104 bis in eine dritte Tiefe  $d_3$  erstrecken. Der dotierte Bereich 202 ist über der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 angeordnet und umschließt die Volumenbereiche 107 seitlich, um eine rasterartige Struktur zu erzeugen, die der der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 ähnlich ist, was dazu beiträgt, den ersten, zweiten, dritten und vierten Fotodetektor 106a bis 106d der Pixel weiter gegeneinander zu isolieren. Bei einigen Ausführungsformen ist die dritte Tiefe  $d_3$  gleich der zweiten Tiefe  $d_2$ , sodass der dotierte Bereich mit dem obersten Teil der vertikalen Segmente 122v der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 zusammentrifft. Somit erstrecken sich bei einigen Ausführungsformen der dotierte Bereich 202 und die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 gemeinsam über die Gesamtdicke  $t_s$  des Substrats 104. Der dotierte Bereich 202 hat eine Dotierungsart, die die Gleiche wie die der Volumenbereiche 107 ist und der der Floating Nodes 120 und der Kollektorbereiche 110 entgegengesetzt ist. Zum Beispiel können bei einigen Ausführungsformen die Floating Nodes 120 und die Kollektorbereiche 110 jeweils ein n-Halbleitermaterial sein, und die Volumenbereiche 107 und der dotierte Bereich 202 sind jeweils ein p-Halbleitermaterial. Bei einigen Ausführungsformen kann der dotierte Bereich 202 eine Dotierungskonzentration haben, die größer als die der Volumenbereiche 107 ist. Zum Beispiel kann der dotierte Bereich 202 eine erste Dotierungskonzentration von  $1e16 \text{ cm}^{-3}$  bis  $1e18 \text{ cm}^{-3}$  haben, und die Volumenbereiche 107 können eine zweite Dotierungskonzentration von  $1e16 \text{ cm}^{-3}$  bis  $1e18 \text{ cm}^{-3}$  haben.

**[0021]** Bei einigen Ausführungsformen haben die vertikalen Segmente 122v der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 jeweils eine erste Breite, und die vertikalen Segmente 202v des dotierten Bereichs 202 haben jeweils eine zweite Breite, die gleich der ersten Breite ist, obwohl die zweite Breite auch kleiner oder größer als die erste Breite sein kann. Auf Grund der Art und Weise, in der der dotierte Bereich 202 und die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 hergestellt werden, kann der dotierte Bereich 202 so verlaufen, dass die vertikalen Segmente 202v seiner rasterartigen Struktur Mittelachsen haben, die einer ersten Achse oder Ebene 202a entsprechen, und die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 kann so verlaufen, dass die vertikalen Segmente 122v ihrer rasterartigen Struktur Mittelachsen haben, die einer zweiten Achse oder Ebene 122a entsprechen, die zu der ersten Achse oder Ebene 202a geringfügig versetzt ist. Diese Versetzung kann durch eine geringfügige Fehljustierung entstehen, die während des fotolithografischen Prozesses auftritt, der zum Herstellen dieser Strukturen verwendet wird, was dazu führt, dass Seitenwände und/oder Mittelachsen der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 und Seitenwände und/oder Mittelachsen des dotierten Bereichs

202 falsch ausgerichtet / versetzt sind. Außerdem kann auf Grund der Art und Weise, in der der dotierte Bereich 202 und die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 hergestellt werden, der dotierte Bereich 202 eine unterste Fläche haben, die sich nach unten über eine oberste Fläche der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 hinaus erstreckt, sodass die dritte Tiefe  $d_3$  geringfügig größer als die zweite Tiefe  $d_2$  ist, sodass ein stufenartiges Strukturelement 204 in dem unteren Teil des dotierten Bereichs 202 entsteht.

**[0022]** Auch hier ermöglicht die vertikale Überlappung  $d_0$  zwischen der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 und dem vertikalen Teil 116 der Transfergate-Elektrode einen Bildsensor 200 mit einer hohen optischen und elektrischen Isolation zwischen den Fotodetektoren 106. Die hohe optische Isolation kann zu einer niedrigen Kreuzkopplung zwischen dem ersten, zweiten, dritten und vierten Fotodetektor 106a bis 106d und zu einer hohen Kontrastübertragungsfunktion führen. Die hohe elektrische Isolation kann zu einer hohen Full Well Capacity und somit zu einem hohen Anti-Blooming führen, und dabei ist auch eine effiziente Herstellung möglich.

**[0023]** In **Fig. 3A** ist eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors 300 gezeigt, während **Fig. 3B** eine Draufsicht zeigt, die **Fig. 3A** entspricht. Der Bildsensor 300 kann einige Aspekte des Bildsensors 100 der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** (und umgekehrt) und/oder des Bildsensors 200 der **Fig. 2A** und **Fig. 2B** (und umgekehrt) aufweisen, und somit können die Strukturelemente, die vorstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** erläutert worden sind, auch für den Bildsensor 300 in den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** verwendet werden.

**[0024]** Außer den bereits erörterten Strukturelementen weisen die Transfertransistoren in den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** außerdem Seitenwand-Abstandshalter 312 auf, die auf Seitenwänden der Transfergate-Elektroden angeordnet sind. Die Seitenwand-Abstandshalter 312 können zum Beispiel Siliziumdioxid, Siliziumnitrid, ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika oder eine Kombination davon sein oder aufweisen.

**[0025]** Außerdem wird die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 des Bildsensors 300 von einer rückseitigen dielektrischen Auskleidung oder einem Belag 302 und einer rückseitigen dielektrischen Schicht 304 definiert. Die rückseitige dielektrische Auskleidung 302 belegt eine Rückseite des Substrats 104 und trennt die rückseitige dielektrische Schicht 304 der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 von den Volumenbereichen 107 des Substrats 104. Die rückseitige Auskleidung 302 kann zum Beispiel eine dielektrische High-k-Schicht

und/oder ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika sein oder aufweisen. Die rückseitige dielektrische Schicht 304 kann zum Beispiel Siliziumdioxid und/oder ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika sein oder aufweisen. Die rückseitige dielektrische Schicht 304 bedeckt die rückseitige dielektrische Auskleidung 302 auf der Rückseite des Substrats 104 und enthält eine Abschirmung 306.

**[0026]** Die Abschirmung 306 verhindert, dass Strahlung, die von der Rückseite des Substrats 104 empfangen wird, auf die rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 auftrifft. Außerdem reflektieren Seitenwände der Abschirmung 306 Strahlung, die von der Rückseite des Substrats 104 empfangen wird, zu dem ersten, zweiten, dritten und vierten Fotodetektor 106a bis 106d, um die Kreuzkopplung zu verringern und die Quantenausbeute des Bildsensors zu verbessern. Die Abschirmung 306 umfasst eine Mehrzahl von Segmenten, die für Segmente der rückseitigen Grabenisolationsstruktur 122 verschieden sind und jeweils unter diesen Segmenten angeordnet sind. Die Abschirmung 306 kann zum Beispiel Metall und/oder ein oder mehrere andere geeignete Reflexionsmaterialien sein oder aufweisen.

**[0027]** Die Verbindungsstruktur 124 umfasst eine Mehrzahl von Drähten 126, eine Mehrzahl von Kontakten 128 und eine Mehrzahl von Durchkontaktierungen 130, die in Zwischenmetall-Dielektrikumschichten (IMD-Schichten) 132 angeordnet sind, die auf der Vorderseite 104f des Substrats 104 aufeinander gestapelt sind und durch eine Mehrzahl von Ätzstoppschichten 308 voneinander getrennt sind. Die IMD-Schichten 132 und die Ätzstoppschichten 308 definieren gemeinsam eine vorderseitige dielektrische Schicht auf der Vorderseite des Substrats 104. Die IMD-Schichten 132 können zum Beispiel Siliziumdioxid, ein Low-k-Dielektrikum, ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika oder eine Kombination davon sein oder aufweisen. Die Ätzstoppschichten 308 können zum Beispiel Siliziumnitrid, Siliziumcarbid, ein oder mehrere andere geeignete Ätzstoppmaterialien oder eine Kombination davon sein oder aufweisen.

**[0028]** In **Fig. 4A** ist eine Schnittansicht einiger detaillierterer Ausführungsformen eines Bildsensors 400 gezeigt, während **Fig. 4B** eine Draufsicht zeigt, die **Fig. 4A** entspricht. Der Bildsensor 400 kann einige Aspekte des Bildsensors 100 der **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** (und umgekehrt), und/oder des Bildsensors 300 der **Fig. 3A** und **Fig. 3B** (und umgekehrt) aufweisen, und somit können die Strukturelemente, die vorstehend unter Bezugnahme auf die **Fig. 1A** bis **Fig. 1C** und/oder die **Fig. 3A** und **Fig. 3B** erläutert worden sind, auch für den Bildsensor 400 in den **Fig. 4A** und **Fig. 4B** verwendet werden.

**[0029]** Die **Fig. 4A** bis **Fig. 4C** zeigen gemeinsam ein Beispiel, in dem der vertikale Transfertransistor ein Verarmungstransistor ist. Somit kann, wie in **Fig. 4C** gezeigt ist, unter einigen Teilen der Gate-Elektrode der Kollektorbereich 110a n-leitend sein und kann sich zusammenhängend zwischen dem ersten Floating Node 120a und dem ersten Kollektor 110a erstrecken. Wenn eine positive Gate-Source-Spannung fehlt, ist der Transfertransistor „eingeschaltet“ (leitend), und zum Ausschalten des Transistors wird eine Gate-Source-Spannung angelegt, um Träger aus dem Kollektorbereich 110a unter der Gate-Elektrode zu verarmen, wodurch der Transistor abgeschnürt wird und der erste Floating Node 120a von dem Kollektorbereich 110a getrennt wird.

**[0030]** In **Fig. 5** ist ein Schaltplan 500 einiger Ausführungsformen mit dem Bildsensor 100 der **Fig. 1A** und **Fig. 1B** gezeigt.

**[0031]** Wie gezeigt ist, weist der Bildsensor von **Fig. 5** ein oder mehrere Pixel 102 mit einem oder mehreren entsprechenden Fotodetektoren 106 auf, die mittels eines Transfertransistors 112 elektrisch verbunden sind. Der Fotodetektor 106 speichert eine Ladung (z. B. Elektronen) von Photonen, die auf den Fotodetektor 106 auftreffen. Der Transfertransistor 112 überträgt die Ladung selektiv von dem Fotodetektor 106 auf den Bildsensor. Ein Rücksetztransistor 502 ist elektrisch zwischen einer Stromquelle 504 und den Floating Node geschaltet, um die Ladung selektiv an dem Floating Node zu entfernen. Ein Sourcefolgertransistor 506 ist elektrisch zwischen der Stromquelle 504 und einem Ausgang 508 geschaltet, damit die Ladung an dem Floating Node 120 beobachtet werden kann, ohne sie entfernen. Ein Zeilenauswahltransistor 510 ist elektrisch zwischen dem Sourcefolgertransistor 506 und dem Ausgang 508 geschaltet, um eine Spannung selektiv auszugeben, die proportional zu der Spannung an dem Floating Node 120 ist.

**[0032]** Während des Gebrauchs des Bildsensors von **Fig. 5** wird das Pixel 102 für eine festgelegte Integrationsdauer mit einem optischen Bild belichtet. In diesem Zeitraum registriert das Pixel 102 die Intensität des Lichts, das auf dem Fotodetektor 106 auftrifft, durch Speichern einer Ladung, die proportional zu der Lichtintensität in Kollektorbereichen (nicht dargestellt) der Fotodetektoren 106 ist. Nach der festgelegten Integrationsdauer wird die Menge der gespeicherten Ladung für jeden der Fotodetektoren 106 abgelesen. Bei einigen Ausführungsformen wird die Menge der gespeicherten Ladung für einen Fotodetektor 106 durch vorübergehendes Aktivieren des Rücksetztransistors 502 abgelesen, um die an dem Floating Node 120 gespeicherte Ladung zu entfernen. Anschließend wird der Zeilenauswahltransistor 510 aktiviert, und die gespeicherte Ladung des Fotodetektors 106 wird dadurch auf den Floating Node

120 übertragen, dass der Transfertransistor 112 für eine festgelegte Übertragungsdauer aktiviert wird. Während der festgelegten Übertragungsdauer wird die Spannung an dem Ausgang 508 überwacht. Nach der festgelegten Übertragungsdauer ist die Änderung der Spannung, die an dem Ausgang 508 überwacht wird, proportional zu der an dem Fotodetektor 106 registrierten Lichtintensität.

**[0033]** Die **Fig. 6** und **Fig. 7**, auf die nun gleichzeitig Bezug genommen wird, zeigen einige Ausführungsformen eines Bildsensors 600. Insbesondere zeigt **Fig. 6** eine Schnittansicht des Bildsensors 600, und **Fig. 7** zeigt eine entsprechende Draufsicht des Bildsensors 600, die durch eine Schnittlinie A - A' dargestellt ist. Die **Fig. 6** und **Fig. 7** sind den **Fig. 1A** und **Fig. 1B** ähnlich, aber während die **Fig. 1A** und **Fig. 1B** einen Fall zeigen, in dem jedes Pixel einen gesonderten Floating Diffusion Node hat, zeigen die **Fig. 6** und **Fig. 7** einen Fall, in dem ein einziger Floating Node 120 von allen Pixeln gemeinsam verwendet wird. In den **Fig. 6** und **Fig. 7** hat der einzige Floating Node 120 eine Unterseite, die einen Übergang mit einer obersten Fläche eines vertikalen Segments 302v direkt unter dem einzigen Floating Node 120 bildet.

**[0034]** **Fig. 8** zeigt einen Schaltplan 800 des Bildsensors 600 gemäß einigen Ausführungsformen, der den **Fig. 6** und **Fig. 7** entspricht. Wie gezeigt ist, weist der Bildsensor 600 einen oder mehrere Fotodetektoren 106a bis 106d auf, die durch entsprechende Transfertransistoren 112a bis 112d jeweils mit einem Floating Node 120 verbunden sind. Die Fotodetektoren 106a bis 106d speichern eine Ladung (z. B. Elektronen) von Photonen, die auf den Fotodetektor 106 auftreffen. Die Transfertransistoren 112a bis 112d übertragen die Ladung selektiv von den Fotodetektoren 106a bis 106d jeweils auf den Floating Node 120. Ein Rücksetztransistor 502 ist elektrisch zwischen eine Stromquelle 504 und den Floating Node 120 geschaltet, um die Ladung selektiv an dem Floating Node 120 zu entfernen. Ein Sourcefolgertransistor 506 ist elektrisch zwischen die Stromquelle 504 und einen Ausgang 508 geschaltet und wird von dem Floating Node 120 gesteuert, damit die Ladung an dem Floating Node 120 beobachtet werden kann, ohne sie entfernen. Ein Zeilenauswahltransistor 510 ist elektrisch zwischen den Sourcefolgertransistor 506 und den Ausgang 508 geschaltet, um selektiv eine Spannung auszugeben, die proportional zu der Spannung an dem Floating Node 120 ist.

**[0035]** Während des Gebrauchs des Bildsensors 600 wird der Bildsensor 600 für eine festgelegte Integrationsdauer mit einem optischen Bild belichtet. In diesem Zeitraum registriert der Bildsensor 600 die Intensität des Lichts, das auf die Fotodetektoren 106a bis 106d auftrifft, durch Speichern einer

Ladung, die proportional zu der Lichtintensität in Kollektorbereichen (nicht dargestellt) der Fotodetektoren 106a bis 106d ist. Nach der festgelegten Integrationsdauer wird die Menge der gespeicherten Ladung für jeden der Fotodetektoren 106a bis 106d abgelesen. Bei einigen Ausführungsformen wird die Menge der gespeicherten Ladung für einen Fotodetektor durch vorübergehendes Aktivieren des Rücksetztransistors 502 abgelesen, um die an dem Floating Node 120 gespeicherte Ladung zu entfernen. Anschließend wird der Zeilenauswahltransistor 510 aktiviert, und die gespeicherte Ladung des Fotodetektors (z. B. des ersten Fotodetektors 106a) wird dadurch auf den Floating Node 120 übertragen, dass ein Transfertransistor (z. B. der erste Transfertransistor 112a) des entsprechenden Fotodetektors (z. B. des ersten Fotodetektors 106a) für eine festgelegte Übertragungsdauer aktiviert wird. Während der festgelegten Übertragungsdauer wird die Spannung an dem Ausgang 508 überwacht. Wenn die Ladung übertragen wird, ändert sich die Spannung an dem Ausgang 508. Nach der festgelegten Übertragungsdauer ist die Änderung der Spannung, die an dem Ausgang 508 überwacht wird, proportional zu der an dem Fotodetektor registrierten Lichtintensität. Die Intensität des Lichts, das auf die anderen Fotodetektoren (z. B. 106b bis 106d) auftrifft, kann dann in ähnlicher Weise gemessen werden.

**[0036]** In den **Fig. 9** bis **Fig. 17** ist eine Reihe von Schnittansichten 900 bis 1700 einiger Ausführungsformen eines Verfahrens zum Herstellen eines Bildsensors gezeigt.

**[0037]** Wie in der Schnittansicht 900 von **Fig. 9** gezeigt ist, wird eine Reihe von selektiven Dotierungsprozessen an einem Substrat 104 durchgeführt, um Kollektorbereiche 110a und 110b und einen dotierten Bereich 202 herzustellen. Das Substrat 104 hat eine Vorderseite 104f und eine Rückseite 104b und kann zum Beispiel ein massives monokristallines Siliziumsubstrat, ein Halbleiter-auf-Isolator (SOI)-Substrat oder ein anderes geeignetes Halbleitersubstrat sein.

**[0038]** Die Kollektorbereiche 110a und 110b sind für die Pixel individuell und haben eine gemeinsame Dotierungsart, die der eines Volumenbereichs 107 und des Bereichs 202 entgegengesetzt ist. Zum Beispiel können die Volumenbereiche 107 und der dotierte Bereich 202 eine p-Dotierung haben, und die Kollektorbereiche 110a und 110b können eine n-Dotierung haben. Der dotierte Bereich 202 kann zum Beispiel eine Dotierungskonzentration von  $1e16 \text{ cm}^{-3}$  bis  $1e18 \text{ cm}^{-3}$  haben, die Volumenbereiche 107 können eine Dotierungskonzentration von  $1e16 \text{ cm}^{-3}$  bis  $1e18 \text{ cm}^{-3}$  haben, und die Kollektorbereiche 110a und 110b können eine Dotierungskonzentration von  $1e16 \text{ cm}^{-3}$  bis  $1e18 \text{ cm}^{-3}$  haben.



**[0039]** Bei einigen Ausführungsformen werden die selektiven Dotierungsprozesse durch selektive Ionenimplantationen oder mit anderen geeigneten selektiven Dotierungsprozessen durchgeführt. Zum Beispiel kann eine erste selektive Ionenimplantation durchgeführt werden, um die Kollektorbereiche 110a und 110b herzustellen, und anschließend kann eine zweite selektive Ionenimplantation durchgeführt werden, um den dotierten Bereich 202 herzustellen. Eine selektive Ionenimplantation kann zum Beispiel Folgendes umfassen: Herstellen einer Fotoresistmaske durch Fotolithografie; Durchführen einer Ionenimplantation in das Substrat 104, wenn die Fotoresistmaske an der richtigen Stelle ist; und Entfernen der Fotoresistmaske.

**[0040]** Wie in der Schnittansicht 1000 von **Fig. 10** gezeigt ist, wird eine Graben-Hartmaske 1002 auf der Vorderseite 104f des Halbleitersubstrats 104 hergestellt. Die Graben-Hartmaske 1002 hat ein Layout für Gräben von Transferrate-Elektroden, die gerade hergestellt werden. Die Graben-Hartmaske 1002 kann zum Beispiel durch Abscheiden einer Hartmaskenschicht und anschließendes Strukturieren der Hartmaskenschicht zu der Graben-Hartmaske 1002 hergestellt werden. Die Graben-Hartmaske 1002 kann zum Beispiel Siliziumnitrid und/oder ein anderes geeignetes Hartmaskenmaterial sein oder aufweisen.

**[0041]** Wie außerdem in der Schnittansicht 1000 von **Fig. 10** gezeigt ist, wird eine Ätzung in die Vorderseite 104f des Halbleitersubstrats 104 durchgeführt. Die Ätzung wird durchgeführt, wenn die Graben-Hartmaske 1002 an der richtigen Stelle ist, und es werden Gräben 1004 individuell für die Pixel 102 und jeweils an diesen erzeugt. Bei einigen Ausführungsformen werden bei der ersten Ätzung die Gräben 1004 mit einer Tiefe  $D_T$  von etwa 250 nm bis 450 nm, etwa 250 nm bis 350 nm, etwa 350 nm bis 450 nm oder mit anderen geeigneten Werten erzeugt. Außerdem werden bei einigen Ausführungsformen bei der ersten Ätzung die Gräben 1004 mit einer Breite  $W_T$  von etwa 80 bis 150 nm, etwa 80 nm bis 105 nm, etwa 105 nm bis 150 nm oder mit anderen geeigneten Werten erzeugt.

**[0042]** Wie in der Schnittansicht 1100 von **Fig. 11** gezeigt ist, wird eine dielektrische Transferrate-Schicht 113 auf dem Substrat 104 hergestellt. Die dielektrische Transferrate-Schicht 113 kann zum Beispiel Siliziumdioxid und/oder ein anderes geeignetes Dielektrikum sein oder aufweisen. Außerdem kann die dielektrische Transferrate-Schicht 113 zum Beispiel durch In-situ-Dampferzeugung (ISSG), Aufdampfung oder mit einem anderen geeigneten Aufwachs- und/oder Abscheidungsprozess hergestellt werden.

**[0043]** Wie außerdem in der Schnittansicht 1100 von **Fig. 11** gezeigt ist, wird eine Transferrate-Schicht 1102 über der dielektrischen Transferrate-Schicht 113 hergestellt. Die Transferrate-Schicht 1102 kann zum Beispiel dotiertes Polysilizium und/oder ein oder mehrere andere geeignete leitfähige Materialien sein oder aufweisen. Die Transferrate-Schicht 1102 kann zum Beispiel durch Aufdampfung und/oder mit einem anderen geeigneten Abscheidungsprozess hergestellt werden.

**[0044]** Wie in der Schnittansicht 1200 von **Fig. 12** gezeigt ist, wird die Transferrate-Schicht 1102 (siehe **Fig. 11**) strukturiert, um Transferrate-Elektroden individuell für die Pixel 102a und 102b und jeweils an diesen herzustellen. Die Transferrate-Elektroden können zum Beispiel Draufsichten haben, wie sie in **Fig. 1B** und/oder **Fig. 2B** und/oder **Fig. 3B** und/oder **Fig. 4A** gezeigt sind. Bei einigen Ausführungsformen umfasst ein Prozess zum Strukturieren der Transferrate-Schicht 1102 Folgendes: 1) Abscheiden eines Antireflexbelags (ARC); 2) Strukturieren des ARC und der Transferrate-Schicht 1102 mit einem fotolithografischen/Ätzprozess; und 3) Entfernen des ARC. Andere Prozesse sind jedoch ebenfalls möglich.

**[0045]** Wie außerdem in der Schnittansicht 1200 von **Fig. 12** gezeigt ist, werden Floating Nodes 120 in den Volumenbereichen 107 hergestellt. Die Floating Nodes 120 können für die Pixel 102a und 102b individuell sein und jeweils an diesen angeordnet sein. Die Floating Nodes 120 können zum Beispiel Draufsichten haben, wie sie in **Fig. 1B** und/oder **Fig. 2B** und/oder **Fig. 3B** und/oder **Fig. 4A** gezeigt sind. Die Floating Nodes 120 können zum Beispiel durch selektive Ionenimplantation und/oder mit einem anderen geeigneten selektiven Dotierungsprozess hergestellt werden. Die selektive Ionenimplantation kann zum Beispiel Folgendes umfassen: Herstellen einer Fotoresistmaske durch Fotolithografie; Durchführen einer Ionenimplantation, wenn die Fotoresistmaske an der richtigen Stelle ist; und Entfernen der Fotoresistmaske.

**[0046]** Wie in der Schnittansicht 1300 von **Fig. 13** gezeigt ist, wird eine vorderseitige dielektrische Schicht 132 über den Transferrate-Elektroden hergestellt. Die vorderseitige dielektrische Schicht 132 kann zum Beispiel Siliziumdioxid, ein Low-k-Dielektrikum und/oder ein oder mehrere andere geeignete Dielektrika sein oder aufweisen. Bei einigen Ausführungsformen umfasst ein Prozess zum Herstellen der vorderseitigen dielektrischen Schicht 132 Folgendes: 1) Abscheiden der vorderseitigen dielektrischen Schicht 132; und 2) Durchführen einer Planarisierung in die Oberseite der vorderseitigen dielektrischen Schicht 132. Wie außerdem in der Schnittansicht 1300 von **Fig. 13** gezeigt ist, wird eine Verbindungsstruktur 124 in und/oder über der vor-

derseitigen dielektrischen Schicht 132 hergestellt. Die Verbindungsstruktur 124 umfasst eine Mehrzahl von Drähten 126, eine Mehrzahl von Kontakten 128 und eine Mehrzahl von Durchkontaktierungen 130.

**[0047]** Wie in der Schnittansicht 1400 von **Fig. 14** gezeigt ist, wird die Struktur von **Fig. 13** vertikal gewendet und an einen IC-Chip 1402 (IC: integrierter Schaltkreis) gebondet. Die Bondung kann zum Beispiel durch Hybridbondung oder eine andere geeignete Bondung erfolgen. Der IC-Chip 1402 ist nur teilweise dargestellt und weist ein Halbleitersubstrat 1406 und eine Mehrzahl von Drähten 1404 entlang einer Oberseite auf. Die Drähte 1404 des IC-Chips 1402 sind komplementär zu den Drähten 126 der Verbindungsstruktur 124 und stellen eine elektrische Verbindung zwischen der Verbindungsstruktur 124 und dem IC-Chip 1402 her.

**[0048]** Wie in der Schnittansicht 1500 von **Fig. 15** gezeigt ist, wird eine Maske 1502 auf der Rückseite des Substrats hergestellt, und eine Ätzung wird durchgeführt, wenn die Maske an der richtigen Stelle ist, um eine rückseitige Grabenstruktur 1504 herzustellen. Bei einigen Ausführungsformen ist die Ätzung eine Trockenätzung, durch die die rückseitige Grabenstruktur 1504 im Wesentlichen vertikale Seitenwände erhält, während bei anderen Ausführungsformen die Ätzung eine horizontale Komponente hat, durch die die Seitenwände ein konisches Profil erhalten (das z. B. breiter in der Nähe der Rückseite des Substrats ist und näher an der Vorderseite des Substrats schmaler ist).

**[0049]** Wie in der Schnittansicht 1600 von **Fig. 16** gezeigt ist, wird ein Dielektrikum zum Einfüllen in die rückseitige Grabenstruktur 1504 abgeschieden, wodurch eine rückseitige Grabenisolationsstruktur 122 entsteht. Bei einigen Ausführungsformen wird das Dielektrikum zum Beispiel mit einem CVD-Prozess (CVD: chemische Aufdampfung), einem PECVD-Prozess (PECVD: plasmaunterstützte chemische Aufdampfung) oder einem Aufschleuderprozess abgeschieden. Das Dielektrikum trifft mit dem dotierten Bereich 202 zusammen, sodass eine elektrische und optische Isolation zwischen benachbarten Pixeln entsteht. Bei der Herstellung hat ein oberster Teil des Dielektrikums eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des vertikalen Teils der Gate-Elektroden. Diese Konfiguration trägt dazu bei, die Gefahr einer Entstehung von unerwünschten Rissen in dem Substrat 104 zu begrenzen, und sie ermöglicht eine gute elektrische und optische Isolation zwischen benachbarten Pixeln.

**[0050]** Wie in der Schnittansicht 1700 von **Fig. 17** gezeigt ist, werden anschließend Farbfilter 134a und 134b und Mikrolinsen 136a und 136b auf der Rückseite des Substrats hergestellt.

**[0051]** Die **Fig. 9** bis **Fig. 17** werden zwar für ein Verfahren beschrieben, aber es dürfte wohlverstanden sein, dass die in diesen Figuren gezeigten Strukturen nicht auf das Verfahren beschränkt sind, sondern als Strukturen eigenständig und unabhängig von dem Verfahren verwendet werden können. Die **Fig. 9** bis **Fig. 17** werden zwar als eine Reihe von Schritten beschrieben, aber es dürfte wohlverstanden sein, dass diese Schritte nicht insofern beschränkend sind, als die Reihenfolge dieser Schritte bei anderen Ausführungsformen geändert werden kann, und die offenbarten Verfahren können auch für andere Strukturen verwendet werden. Bei anderen Ausführungsformen können einige Schritte, die dargestellt und/oder beschrieben sind, vollständig oder teilweise weggelassen werden.

**[0052]** In **Fig. 18** ist ein Blockdiagramm 1800 einiger Ausführungsformen des Verfahrens der **Fig. 9** bis **Fig. 17** dargestellt.

**[0053]** In einem Schritt 1802 werden Fotodetektoren, die Pixeln entsprechen, in einem Halbleitersubstrat hergestellt, und ein dotierter Bereich wird so hergestellt, dass er die Fotodetektoren seitlich umschließt und benachbarte Fotodetektoren voneinander trennt (siehe z. B. **Fig. 9**).

**[0054]** In einem Schritt 1804 werden Gräben in der Vorderseite des Substrats erzeugt. Die Gräben erstrecken sich in die Fotodetektoren hinein (siehe z. B. **Fig. 10**).

**[0055]** In einem Schritt 1806 werden ein Gatedielektrikum und ein Gate-Elektrodenmaterial abgeschieden, um die Gräben zu füllen. Das Gate-Elektrodenmaterial wird strukturiert, um Transfergate-Elektroden über entsprechenden Pixeln herzustellen (siehe z. B. **Fig. 11** und **Fig. 12**).

**[0056]** In einem Schritt 1808 wird eine Verbindungsstruktur über der Vorderseite des Halbleitersubstrats hergestellt (siehe z. B. **Fig. 13**).

**[0057]** In einem Schritt 1810 wird ein integrierter Chip an eine Oberseite der Verbindungsstruktur gebondet (siehe z. B. **Fig. 14**).

**[0058]** In einem Schritt 1812 wird eine rückseitige Grabenstruktur so hergestellt, dass sie sich in die Rückseite des Halbleitersubstrats hinein erstreckt. Die rückseitige Grabenstruktur wird im Wesentlichen zu dem dotierten Bereich ausgerichtet und kontaktiert diesen und erstreckt sich weniger als vollständig durch das Substrat (siehe z. B. **Fig. 15**).

**[0059]** In einem Schritt 1814 wird die rückseitige Grabenstruktur mit einem Dielektrikum gefüllt, um eine rückseitige Grabenisolationsstruktur herzustellen. Der oberste Teil der rückseitigen Grabenisola-

tionsstruktur hat eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des dotierten Bereichs (siehe z. B. **Fig. 16**).

**[0060]** In einem Schritt 1816 werden Farbfilter und Mikrolinsen auf einer Rückseite des Substrats hergestellt (siehe z. B. **Fig. 17**).

**[0061]** Das Ablaufdiagramm 1800 von **Fig. 18** wird hier zwar als eine Reihe von Schritten oder Ereignissen dargestellt und beschrieben, aber es dürfte wohlverstanden sein, dass die dargestellte Reihenfolge dieser Schritte oder Ereignisse nicht in einem beschränkenden Sinn ausgelegt werden darf. Zum Beispiel können einige Schritte in anderen Reihenfolgen und/oder gleichzeitig mit anderen Schritten oder Ereignissen als den hier dargestellten und/oder beschriebenen stattfinden. Darüber hinaus brauchen hier nicht alle dargestellten Schritte einen oder mehrere Aspekte oder Ausführungsformen der Beschreibung zu implementieren, und ein oder mehrere der hier beschriebenen Schritte können in einem oder mehreren gesonderten Schritten und/oder Phasen ausgeführt werden.

**[0062]** Bei einigen Ausführungsformen ist die vorliegende Anmeldung auf eine Bildsensor-Vorrichtung gerichtet. In einem Halbleitersubstrat ist ein Fotodetektor angeordnet, und über dem Fotodetektor ist ein Transfertransistor angeordnet. Der Transfertransistor weist ein Transfergate mit einem seitlichen Teil, der sich über einer Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt, und mit einem vertikalen Teil auf, der sich bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt. Ein Gatedielektrikum trennt den seitlichen Teil und den vertikalen Teil von dem Halbleitersubstrat. Eine rückseitige Grabenisolationsstruktur erstreckt sich von einer Rückseite des Halbleitersubstrats bis in eine zweite Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats. Die rückseitige Grabenisolationsstruktur umschließt den Fotodetektor seitlich, und die zweite Tiefe ist kleiner als die erste Tiefe, sodass ein unterster Teil des vertikalen Teils des Transfertransistors eine vertikale Überlappung mit einem obersten Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur hat.

**[0063]** Bei einigen Ausführungsformen stellt die vorliegende Anmeldung ein Verfahren bereit. Bei dem Verfahren wird eine Mehrzahl von Fotodetektoren, die jeweils einer Mehrzahl von Pixeln entsprechen, in einem Halbleitersubstrat hergestellt. Ein dotierter Bereich wird so hergestellt, dass er benachbarte Fotodetektoren seitlich umschließt und voneinander trennt. Über entsprechenden Pixeln werden Transfergate-Elektroden hergestellt, wobei eine Transfergate-Elektrode einen seitlichen Teil, der sich über einer Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt, und einen vertikalen Teil aufweist, der sich bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleiter-

substrats erstreckt. Eine rückseitige Grabenstruktur wird so hergestellt, dass sie sich in eine Rückseite des Halbleitersubstrats hinein erstreckt, wobei die rückseitige Grabenstruktur im Wesentlichen zu dem dotierten Bereich ausgerichtet wird und diesen kontaktiert und sich weniger als vollständig durch das Halbleitersubstrat erstreckt. Die rückseitige Grabenstruktur wird mit einem Dielektrikum gefüllt, um eine rückseitige Grabenisolationsstruktur herzustellen, wobei ein oberster Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des vertikalen Teils der Transfergate-Elektrode aufweist.

**[0064]** Bei einigen Ausführungsformen stellt die vorliegende Anmeldung eine Vorrichtung bereit. Die Vorrichtung weist ein Halbleitersubstrat mit einer Vorderseite und einer Rückseite auf. Ein dotierter Bereich ist in dem Halbleitersubstrat angeordnet und umschließt einen Pixelbereich des Halbleitersubstrats seitlich. Der dotierte Bereich erstreckt sich von der Vorderseite des Halbleitersubstrats bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats. Über dem Pixelbereich des Halbleitersubstrats ist ein Transfergate angeordnet. Das Transfergate weist einen seitlichen Teil, der sich über der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt, und einen vertikalen Teil auf, der sich bis in eine zweite Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt. Ein Gatedielektrikum trennt den seitlichen Teil und den vertikalen Teil des Transfergates von dem Halbleitersubstrat. In dem Pixelbereich und in dem Halbleitersubstrat ist ein Fotodetektor angeordnet. Der Fotodetektor weist einen Kollektorbereich mit einer ersten Dotierungsart auf, der sich unter dem seitlichen Teil des Transfergates erstreckt und auf einer ersten Seite des vertikalen Teils des Transfergates angeordnet ist. In dem Pixelbereich und in dem Halbleitersubstrat ist ein floatender Diffusionsbereich angeordnet. Der floatende Diffusionsbereich hat eine erste Dotierungsart und ist auf einer zweiten Seite des vertikalen Teils des Transfergates angeordnet. Der floatende Diffusionsbereich ist durch einen Kanalbereich, der sich entlang der zweiten Seite des vertikalen Teils des Transfergates erstreckt, von dem Kollektorbereich beabstandet. Eine rückseitige Grabenisolationsstruktur erstreckt sich von der Rückseite des Halbleitersubstrats bis in eine dritte Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats. Die rückseitige Grabenisolationsstruktur umschließt den Fotodetektor seitlich, wobei die dritte Tiefe kleiner als die erste Tiefe ist, sodass ein unterster Teil des vertikalen Teils des Transfergates eine vertikale Überlappung mit einem obersten Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur hat.

**Patentansprüche**

1. Vorrichtung mit:  
 einem Halbleitersubstrat (104, 1406) mit einer Vorderseite (104f) und einer Rückseite (104b);  
 einem Fotodetektor (106, 106a-d), der in dem Halbleitersubstrat (104, 1406) angeordnet ist;  
 einem Transfergate, das über dem Fotodetektor (106, 106a-d) angeordnet ist, wobei das Transfergate einen seitlichen Teil (114, 114a-d), der sich über der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) erstreckt, und einen vertikalen Teil (116, 116a-d) aufweist, der sich von dem seitlichen Teil bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt;  
 einem Gatedielektrikum, das den seitlichen Teil (114, 114a-d) und den vertikalen Teil (116, 116a-d) des Transfergates von dem Halbleitersubstrat (104, 1406) trennt;  
 einer rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122), die sich von einer Rückseite (104b) des Halbleitersubstrats (104, 1406) bis in eine zweite Tiefe unter der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats erstreckt, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) den Fotodetektor (106, 106a-d) und das Transfergate seitlich umschließt und die zweite Tiefe kleiner als die erste Tiefe ist, sodass ein oberster Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des Transfergates aufweist; und  
 einen dotierten Bereich (202), der über der rückseitigen Grabenisolation liegt und sich von der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) in Richtung der rückseitigen Grabenisolation erstreckt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei ein Verhältnis der ersten Tiefe zu der zweiten Tiefe 1,05 bis 2 beträgt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Tiefe 525 nm bis 1200 nm beträgt und die zweite Tiefe 500 nm bis 1000 nm beträgt.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der dotierte Bereich (202) sich von der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) bis in die zweite Tiefe erstreckt, um den obersten Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122) zu kontaktieren.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) ein vertikales Isolationssegment mit einer ersten Breite um eine Mittelachse des vertikalen Isolationssegments aufweist, und der dotierte Bereich (202) ein vertikales dotiertes Segment mit einer zweiten Breite um eine Mittelachse des vertikalen dotierten Segments aufweist, wobei die Mittelachse des vertikalen Isolationsseg-

ments zu der Mittelachse des vertikalen dotierten Segments versetzt ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, wobei der dotierte Bereich (202) eine unterste Fläche hat, die sich nach unten bis in eine dritte Tiefe unter der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) erstreckt, wobei sich der dotierte Bereich über eine oberste Fläche der rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122) hinaus erstreckt, sodass die dritte Tiefe geringfügig größer als die zweite Tiefe ist, wodurch ein stufenförmiges Element in einem unteren Teil des dotierten Bereichs (202) entsteht.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) eine ringförmige Struktur aus dielektrischem Material umfasst, die das Halbleitersubstrat (104, 1406) direkt kontaktiert.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, wobei das Transfergate zwei vertikale Teile (116, 116a-d) umfasst, die sich von dem seitlichen Teil (114, 114a-d) bis in die erste Tiefe unter der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) erstrecken, wobei die zwei vertikalen Teile seitlich von der ringförmigen Struktur aus dielektrischem Material umschlossen sind und seitlich voneinander beabstandet sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) eine ringförmige Struktur aus dielektrischem Material umfasst, wobei die Vorrichtung weiterhin Folgendes aufweist:  
 eine Auskleidung (302), die die ringförmige Struktur aus dielektrischem Material von dem Halbleitersubstrat (104, 1406) trennt.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, die weiterhin einen dotierten Bereich (202) aufweist, der sich von der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) bis in die zweite Tiefe erstreckt, um einen obersten Teil der Auskleidung (302) zu kontaktieren.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Auskleidung (302) eine erste Breite hat und der dotierte Bereich (202) eine zweite Breite hat, die gleich der ersten Breite ist.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) ein vertikales Isolationssegment mit einer ersten Breite um eine Mittelachse des vertikalen Isolationssegments aufweist, und der dotierte Bereich (202) ein vertikales dotiertes Segment mit einer zweiten Breite um eine Mittelachse des vertikalen dotierten Segments aufweist,

wobei die Mittelachse des vertikalen Isolationssegments zu der Mittelachse des vertikalen dotierten Segments versetzt ist.

13. Verfahren mit den folgenden Schritten:  
Herstellen einer Mehrzahl von Fotodetektoren (106, 106a-d), die jeweils einer Mehrzahl von Pixeln entsprechen, in einem Halbleitersubstrat (104, 1406);  
Herstellen eines dotierten Bereichs (202) so, dass er ein Pixel seitlich umschließt und einen Fotodetektor des Pixels (102a) von Fotodetektoren (106, 106a-d) benachbarter Pixel trennt;  
Herstellen von Transfergate-Elektroden über entsprechenden Pixeln, wobei eine Transfergate-Elektrode des Pixels (102a) einen seitlichen Teil (114, 114a-d), der sich über einer Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) erstreckt, und einen vertikalen Teil (116, 116a-d) aufweist, der sich von dem seitlichen Teil bis in eine erste Tiefe unter der Vorderseite des Halbleitersubstrats erstreckt;  
Herstellen einer rückseitigen Grabenstruktur (1504) so, dass sie sich in eine Rückseite (104b) des Halbleitersubstrats (104, 1406) hinein erstreckt und das Pixel seitlich umschließt, wobei die rückseitige Grabenstruktur (1504) zu dem dotierten Bereich (202) ausgerichtet wird und diesen kontaktiert und sich weniger als vollständig durch das Halbleitersubstrat erstreckt; und  
Füllen der rückseitigen Grabenstruktur (1504) mit einem Dielektrikum, um eine rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) herzustellen, wobei ein oberster Teil der rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122) eine vertikale Überlappung mit einem untersten Teil des vertikalen Teils (116, 116a-d) der Transfergate-Elektrode aufweist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Herstellen der Transfergate-Elektroden Folgendes umfasst:  
Erzeugen von Gräben (1004) in einer Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406), wobei sich die Gräben in die Fotodetektoren (106, 106a-d) hinein erstrecken;  
Herstellen eines Gatedielektrikum-Belags, der die Gräben (1004) belegt;  
Abscheiden eines Gate-Elektrodenmaterials über dem Gatedielektrikum, um die Gräben (1004) zu füllen; und  
Strukturieren des Gate-Elektrodenmaterials, um die Transfergate-Elektroden herzustellen.

15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, das weiterhin Folgendes umfasst:  
Herstellen einer Verbindungsstruktur (124) über der Vorderseite (104f) des Halbleitersubstrats (104, 1406) und über den Transfergate-Elektroden.

16. Verfahren nach Anspruch 15, das weiterhin Folgendes umfasst:  
Bonden eines integrierten Chips an eine Oberseite

der Verbindungsstruktur (124) vor dem Herstellen der rückseitigen Grabenstruktur (1504).

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 16, das weiterhin Folgendes umfasst:  
nach dem Herstellen der rückseitigen Grabenisolationsstruktur (122) Herstellen eines Farbfilters (134, 134a, 134b) auf der Rückseite (104b) des Halbleitersubstrats (104, 1406); und  
Herstellen von Mikrolinsen auf dem Farbfilter (134, 134a, 134b) gegenüber der Rückseite (104b) des Halbleitersubstrats (104, 1406).

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12:  
wobei der Fotodetektor einen Kollektorbereich (110, 110a-d) mit einer ersten Dotierungsart aufweist, der sich unter dem seitlichen Teil (114, 114a-d) des Transfergates erstreckt und auf einer ersten Seite des vertikalen Teils (116, 116a-d) des Transfergates angeordnet ist; und mit einem floatenden Diffusionsbereich, der in dem Pixelbereich und in dem Halbleitersubstrat (104, 1406) angeordnet ist, wobei der floatende Diffusionsbereich eine erste Dotierungsart hat und auf einer zweiten Seite des vertikalen Teils (116, 116a-d) des Transfergates angeordnet ist, wobei der floatende Diffusionsbereich durch einen Kanalbereich (121a), der sich entlang der zweiten Seite des vertikalen Teils des Transfergates erstreckt, von dem Kollektorbereich (110, 110a-d) beabstandet ist.

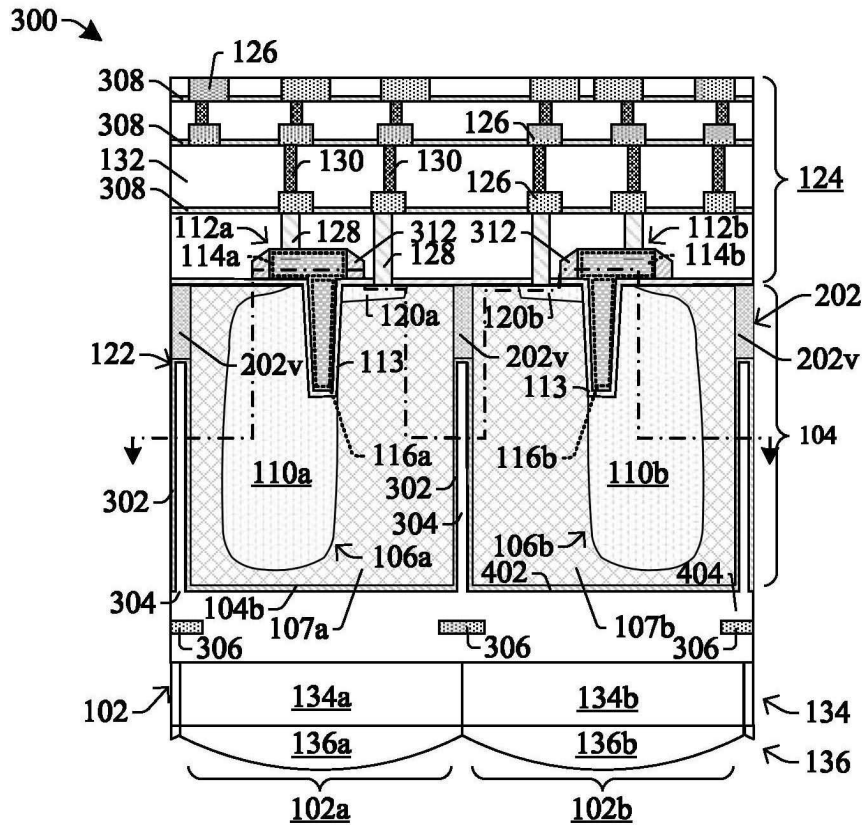
19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) eine ringförmige Struktur aus dielektrischem Material ist und ein Belag die ringförmige Struktur aus dielektrischem Material von dem Halbleitersubstrat (104, 1406) trennt.

20. Vorrichtung nach Anspruch 18 oder 19, wobei  
die rückseitige Grabenisolationsstruktur (122) ein vertikales Isolationssegment mit einer ersten Breite um eine Mittelachse des vertikalen Isolationssegments aufweist, und  
der dotierte Bereich (202) ein vertikales dotiertes Segment mit einer zweiten Breite um eine Mittelachse des vertikalen dotierten Segments aufweist, wobei die Mittelachse des vertikalen Isolationssegments zu der Mittelachse des vertikalen dotierten Segments versetzt ist.

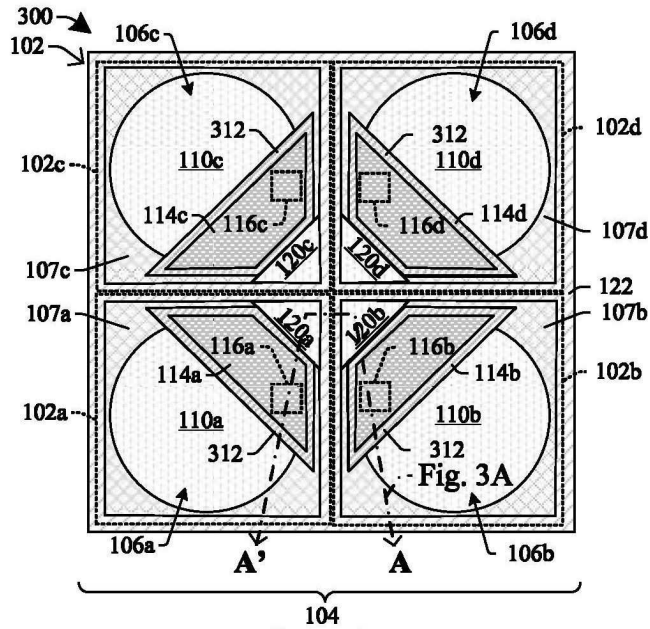
Es folgen 14 Seiten Zeichnungen





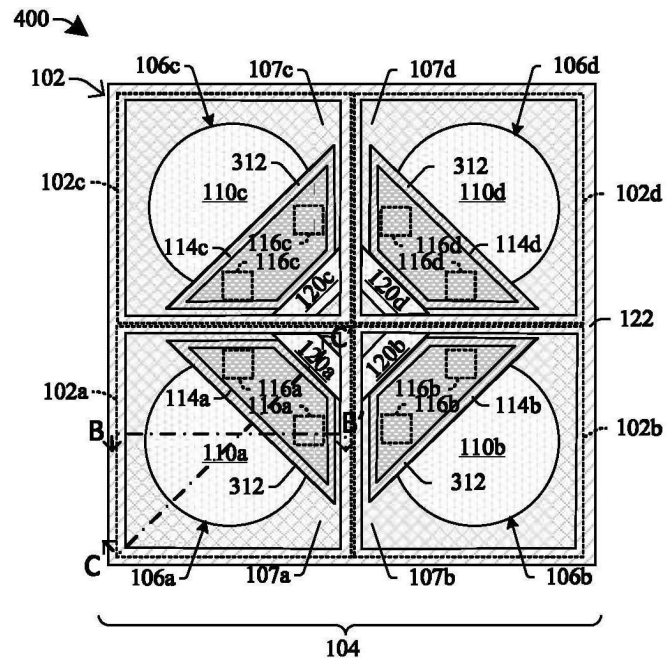


**Fig. 3A**

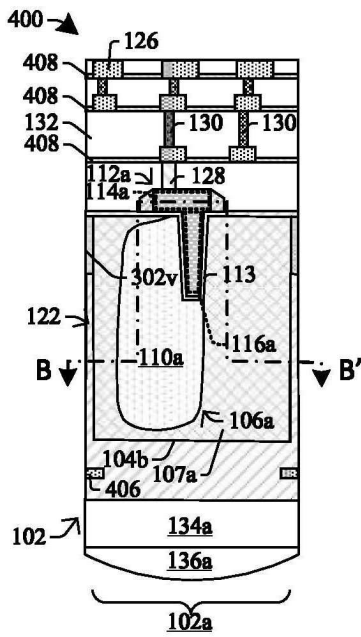


**Fig. 3B**

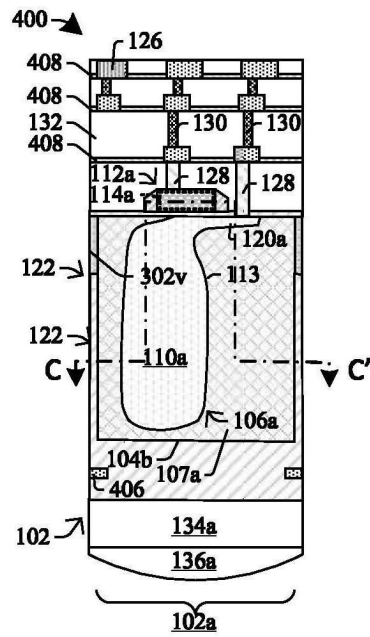




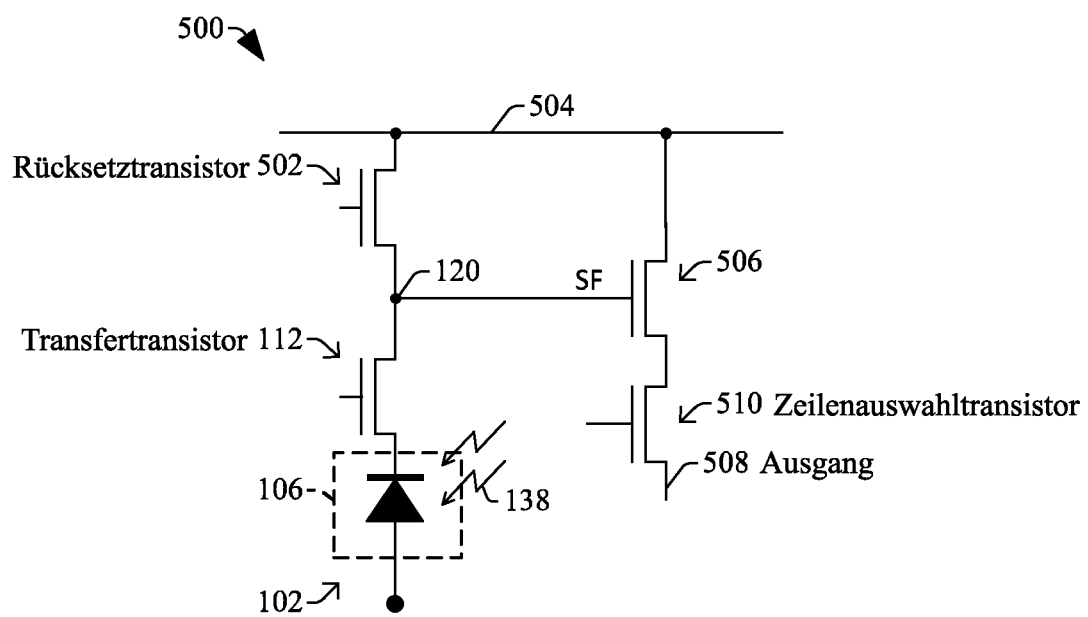
**Fig. 4A**



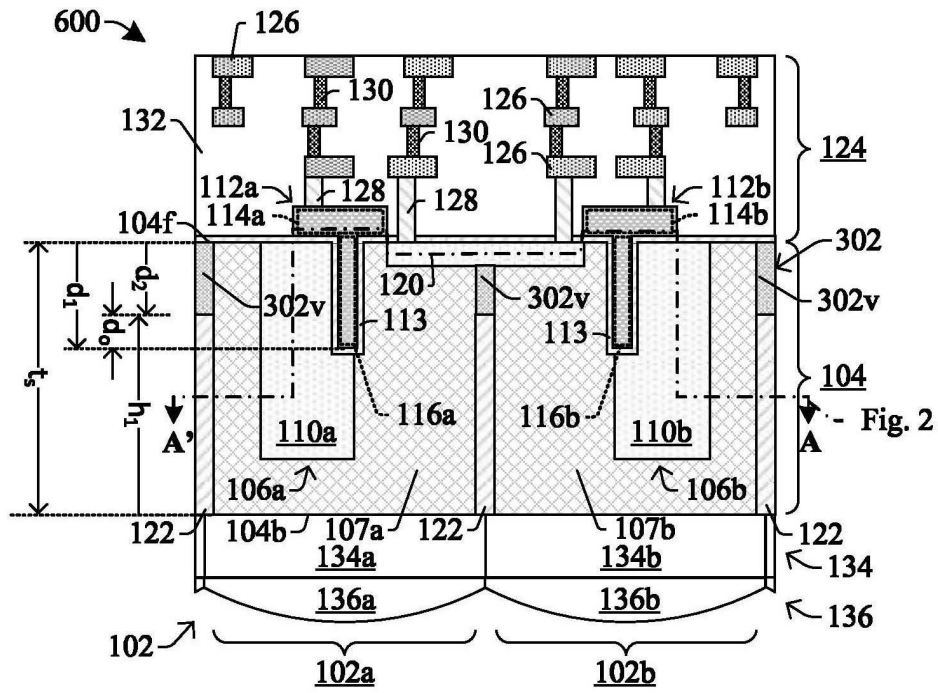
**Fig. 4B**



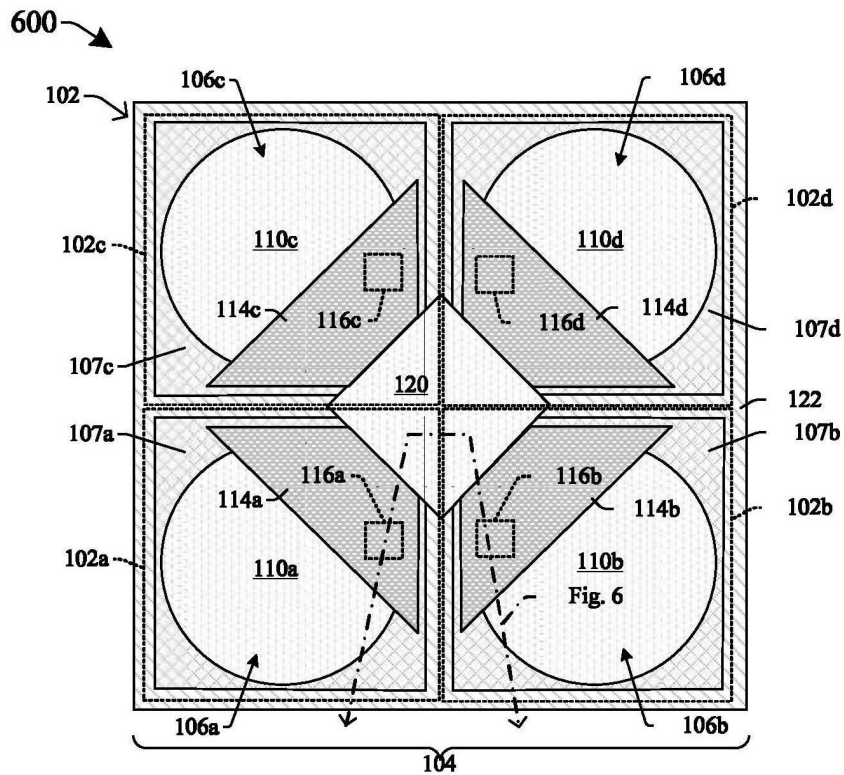
**Fig. 4C**



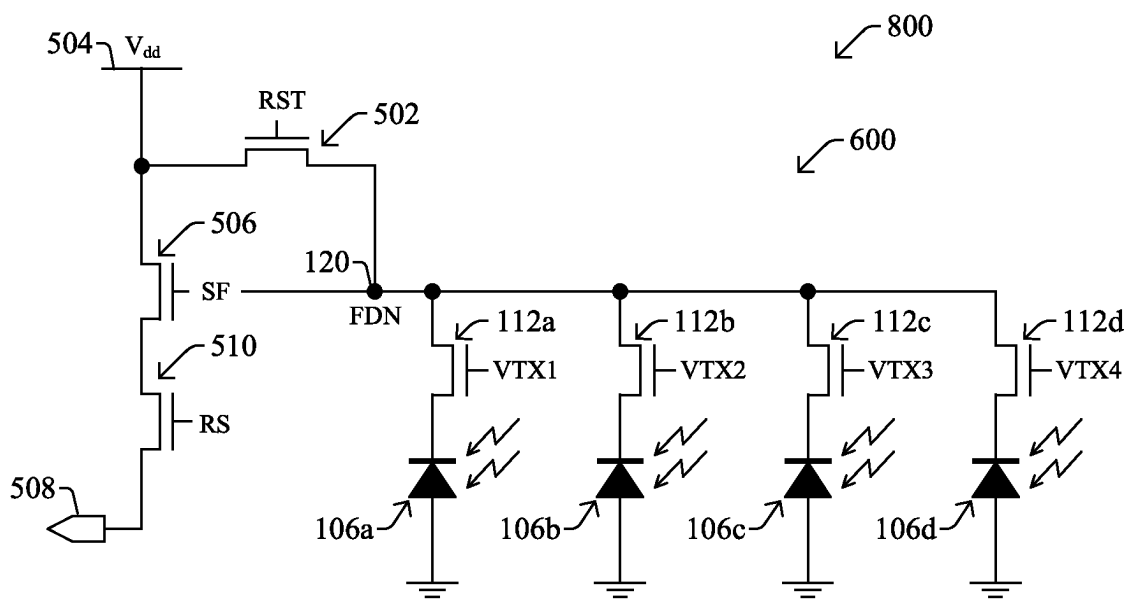
**Fig. 5**



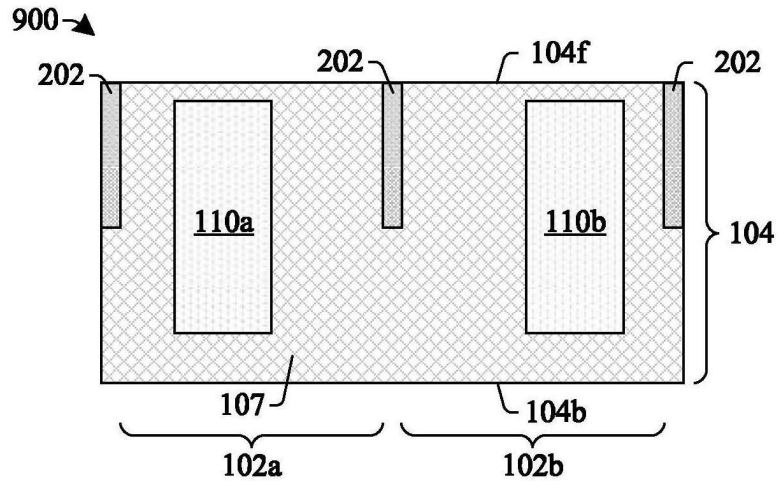
**Fig. 6**



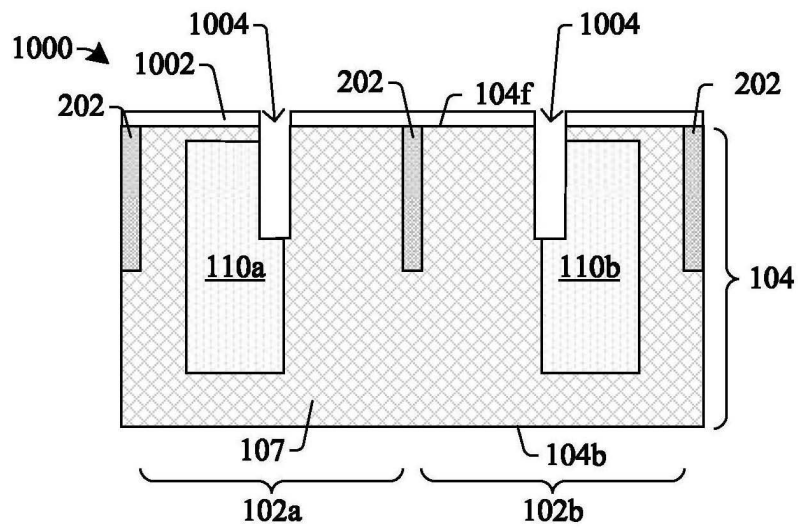
**Fig. 7**



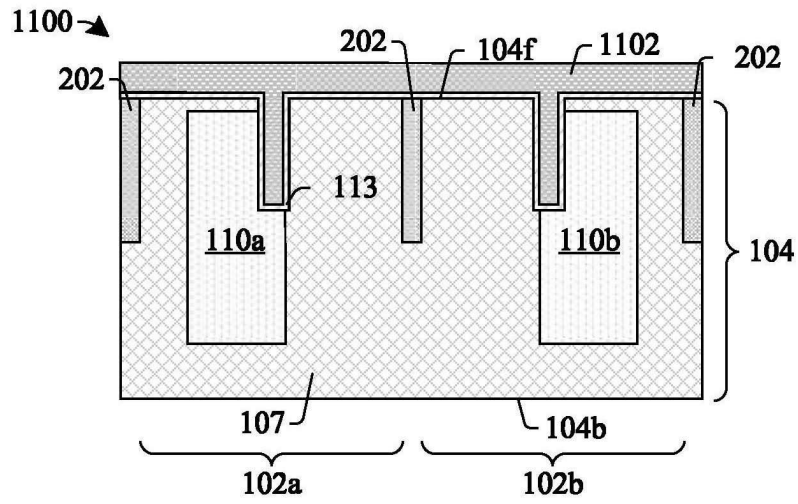
**Fig. 8**



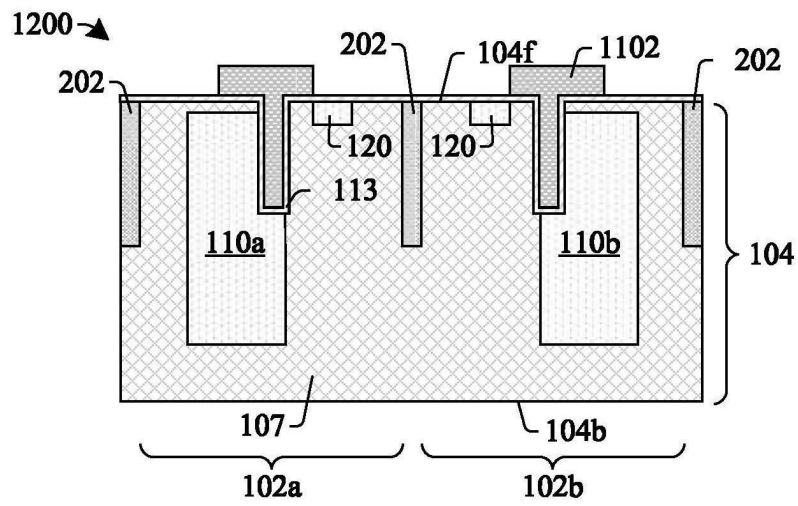
**Fig. 9**



**Fig. 10**

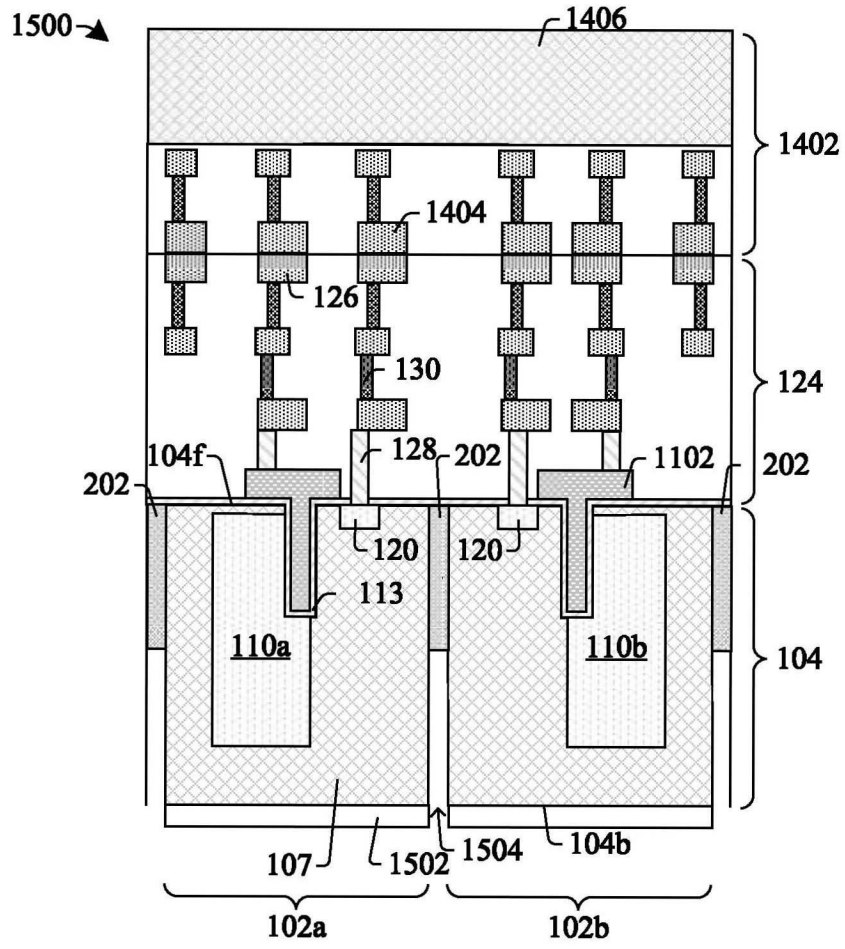


**Fig. 11**



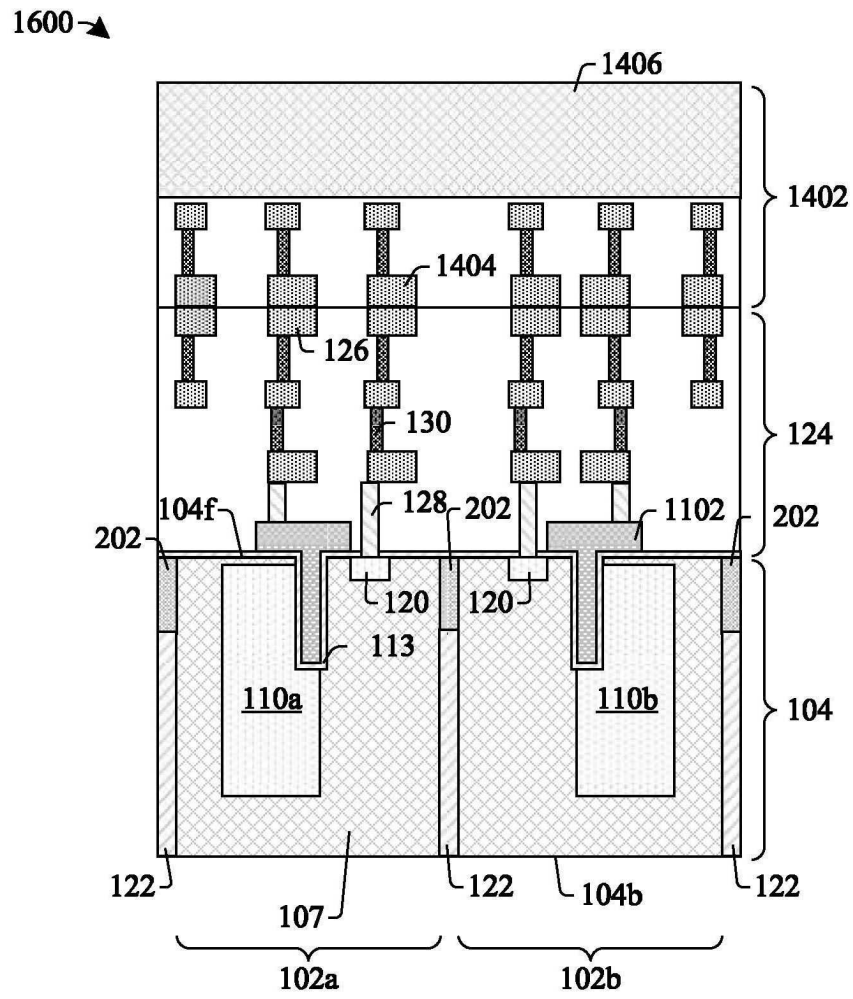
**Fig. 12**



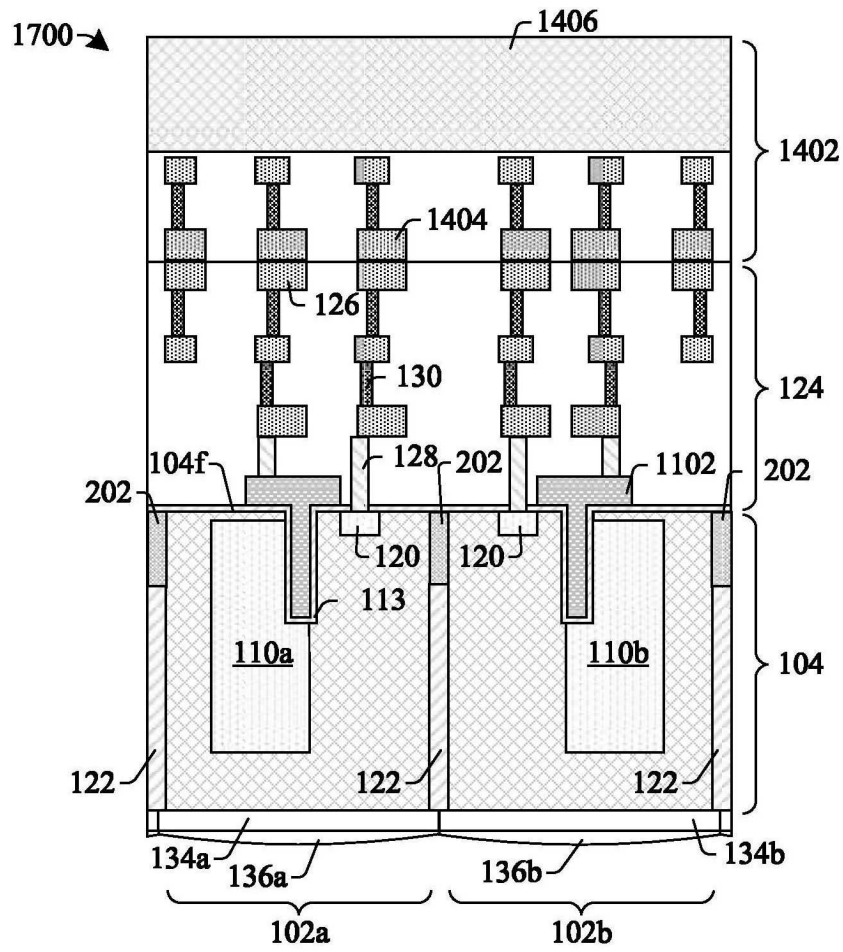


**Fig. 15**

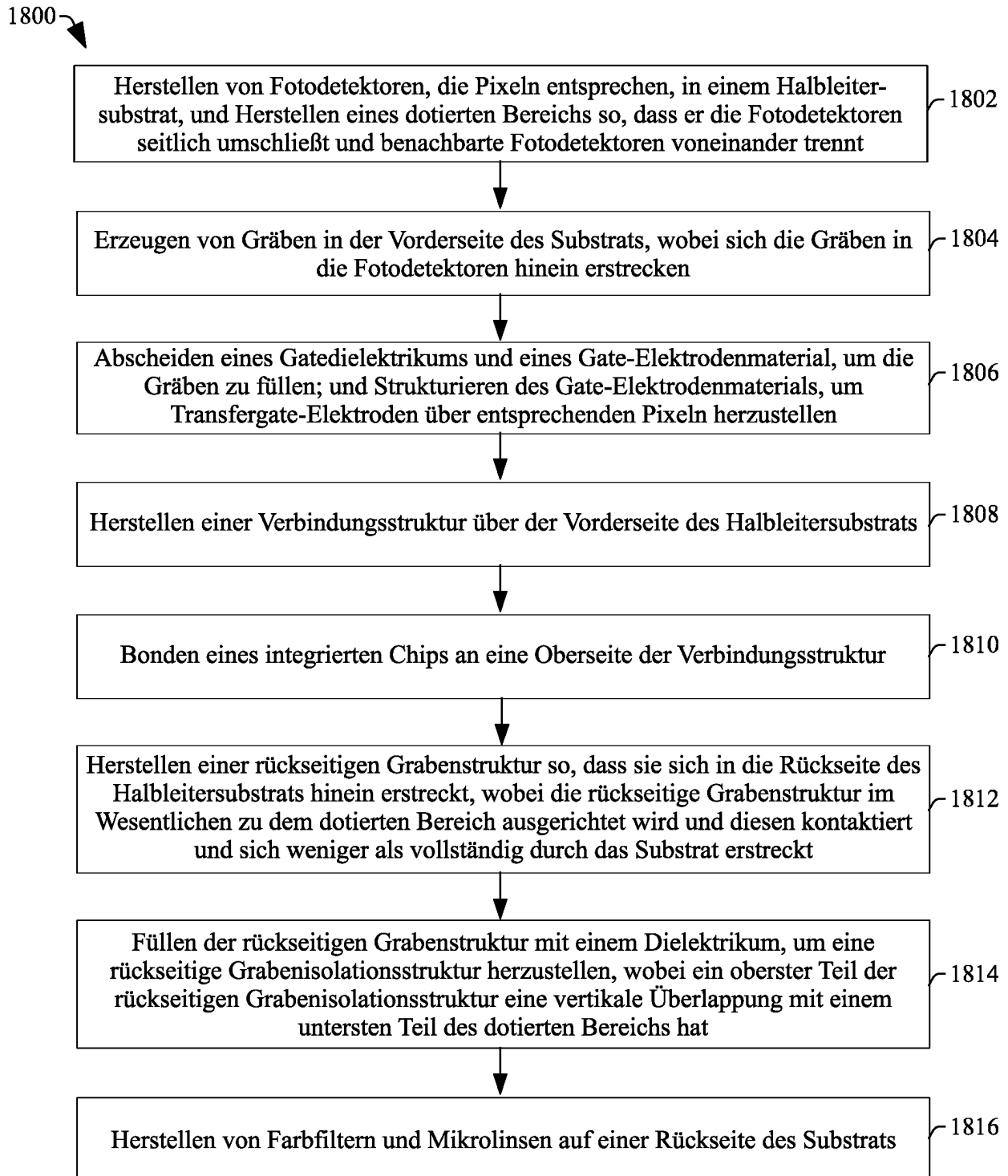




**Fig. 16**



**Fig. 17**

**Fig. 18**