



(10) **DE 10 2014 019 674 A1** 2015.08.06

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 019 674.7**

(22) Anmeldetag: **22.12.2014**

(43) Offenlegungstag: **06.08.2015**

(51) Int Cl.: **H01L 21/027 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**14/154,439**                      **14.01.2014**    **US**

(71) Anmelder:  
**Taiwan Semiconductor Manufacturing Co., Ltd.,  
Hsin-Chu, TW**

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

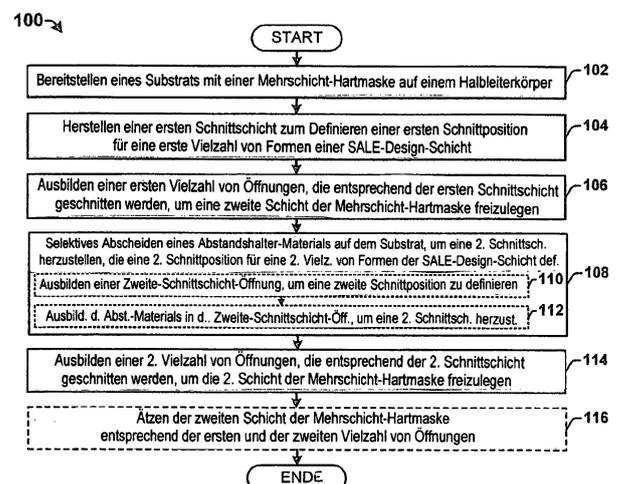
(72) Erfinder:  
**Huang, Kuan-Wei, c/o Taiwan Semiconductor  
Man., Hsinchu, TW; Lee, Chia-Ying, c/o Taiwan  
Semiconductor Man., Hsinchu, TW; Liang, Ming-  
Chung, c/o Taiwan Semiconductor Man, Hsinchu,  
TW**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **SELBSTJUSTIERTE CUT-FIRST-STRUKTURIERUNG DURCH LITHOGRAFIE UND ÄTZEN**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses (SALE-Prozesses). Bei einigen Ausführungsformen wird das Verfahren dadurch durchgeführt, dass eine erste Schnittschicht auf einem Substrat hergestellt wird, das eine Mehrschicht-Hartmaske mit einer ersten Schicht und einer darunter liegenden zweiten Schicht hat. Eine erste Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der ersten Schnittschicht geschnitten werden, wird so ausgebildet, dass sie die zweite Schicht an einer ersten Vielzahl von Positionen freilegen, die einer ersten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entspricht. Ein Abstandshalter-Material wird auf Seitenwände der Mehrschicht-Hartmaske abgeschieden, um eine zweite Schnittschicht herzustellen. Eine zweite Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der zweiten Schnittschicht geschnitten werden, wird so ausgebildet, dass sie die zweite Schicht an einer zweiten Vielzahl von Positionen freilegen, die einer zweiten Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht entspricht. Die zweite Schicht wird entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen geätzt.



## Beschreibung

### Hintergrund der Erfindung

**[0001]** Die Halbleiter-Branche hat die Geschwindigkeit und Leistung von integrierten Schaltungen (ICs) durch Verringern der Größe von Komponenten (z. B. Transistor-Bausteinen) in den ICs ständig verbessert. Zum großen Teil wird das Vermögen, die Größe von Komponenten in einem integrierten Chip zu verringern, von der lithografischen Auflösung angetrieben. Bei der modernen Technologie sind Anbieter von Knotenwerkzeugen jedoch noch nicht in der Lage, die Wellenlänge von fotolithografischen Belichtungsanlagen (z. B. zum erfolgreichen Implementieren der EUV-Lithografie) zu verringern, sodass Entwicklungstechnologieknoten oft minimale Strukturgrößen haben, die kleiner als die Wellenlänge der in den fotolithografischen Anlagen verwendeten Beleuchtung ist.

**[0002]** Die Doppelstrukturierungslithografie (double patterning lithography; DPL) ist zu einer der aussichtsreichsten Lithografie-Technologien zum Drucken von Schichten mit kritischen Designs (z. B. Polysilicium, Thin Metal Routing usw.) bei Knoten in der Unter-22-nm-Technologie geworden. Bei einigen Doppelstrukturierungs-Technologien (z. B. Strukturierung durch Lithografie und Ätzen) gibt es jedoch Probleme mit Justierfehlern und der Überdeckung, die die Leistung von integrierten Chips mindern. In den letzten Jahren ist die selbstjustierte Doppelstrukturierung (self-aligned double patterning; SADP) als eine Doppelstrukturierungs-Technologie aufgekommen, die solche Justier- und Überdeckungsfehler vermeiden kann.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0003]** Fig. 1 zeigt einige Ausführungsformen für ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses (SALE-Prozess) in einem Ablaufdiagramm.

**[0004]** Fig. 2 zeigt einige Ausführungsformen eines integrierten Chips, der nach dem Verfahren zur Durchführung eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses hergestellt wird.

**[0005]** Fig. 3 zeigt einige Ausführungsformen für ein Verfahren zur Durchführung eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses in einem Ablaufdiagramm.

**[0006]** Die Fig. 4–Fig. 11 zeigen einige Ausführungsformen für beispielhafte Substrate, die ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses aufzeigen.

**[0007]** Fig. 12 zeigt einige alternative Ausführungsformen für ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses in einem Ablaufdiagramm.

**[0008]** Die Fig. 13–Fig. 20 zeigen einige Ausführungsformen für beispielhafte Substrate, die ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses aufzeigen.

**[0009]** Fig. 21 zeigt ein Blockdiagramm einiger Ausführungsformen einer Maskenherstellungsanlage, die so konfiguriert ist, dass sie einen selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozess durchführt.

### Detaillierte Beschreibung

**[0010]** Nachstehend erfolgt die Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in denen in der Regel gleiche Bezugssymbole durchgängig zum Bezeichnen von gleichen Elementen verwendet werden und die verschiedenen Strukturen nicht unbedingt maßstabsgetreu gezeichnet sind. In der nachstehenden Beschreibung werden zur Erläuterung zahlreiche spezielle Einzelheiten zum Erleichtern des Verständnisses dargelegt. Fachleuten dürfte jedoch klar sein, dass ein oder mehrere Aspekte, die hier beschrieben werden, auch mit einem geringeren Umfang an diesen speziellen Einzelheiten praktiziert werden können. In anderen Fällen sind bekannte Strukturen und Vorrichtungen in Form eines Blockdiagramms dargestellt, um das Verständnis zu erleichtern.

**[0011]** Technologien der selbstjustierten Doppelstrukturierung (SADP) sind bisher bei der Herstellung von Wiederholungsstrukturen zweckmäßig gewesen, wie etwa Speicher-Arrays (z. B. SRAM-Speicher-Arrays). Zum Beispiel kann durch die Wiederholungsstruktur von Bitleitungen von SRAM-Speicher-Arrays und/oder -Steuerleitungen eine Abstandsschicht an Seitenwänden von Öffnungen mit minimalen Abständen in einer strukturierten Fotoresist-Schicht hergestellt werden, die auf einem Substrat in einem ersten fotolithografischen Prozess ausgebildet wird. Nach der Herstellung der Abstandsschicht auf den Seitenwänden kann die strukturierte Fotoresist-Schicht unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses entfernt werden, wodurch Abstandshalter zurückbleiben, die durch einen Abstand voneinander getrennt sind, der kleiner als der ist, der mit dem ersten fotolithografischen Prozess erzielt werden kann (z. B. da es zwei Abstandshalter in einer Leitung gibt). Das Substrat kann entsprechend der Abstandsschicht selektiv so strukturiert werden, dass ein dichtes Leitungs-Array entsteht.

**[0012]** Zum Herstellen von Abständen von einem Leitungsende zu einem anderen in dem dichten Leitungs-Array kann eine Schnittmaske verwendet werden. Gängige SADP-Verfahren sehen jedoch Ende-

zu-Ende-Abstände zwischen unter Verwendung des zweiten fotolithografischen Prozesses hergestellten Formen vor, die größer als die Ende-zu-Ende-Abstände zwischen Formen sind, die unter Verwendung des ersten fotolithografischen Prozesses hergestellt werden. Das ist darauf zurückzuführen, dass Schnitte von Formen, die mit dem ersten fotolithografischen Prozess hergestellt werden, durchgeführt werden, bevor die Formen lithografisch hergestellt werden, wodurch ein Abstand ermöglicht wird, der von einem Abstandshalter-Material definiert werden kann. Im Gegensatz dazu werden Schnitte, die mit dem zweiten fotolithografischen Prozess hergestellt werden, von dem fotolithografischen Prozess bestimmt und werden daher von dem Profil des Fotorésists mit dem schlechteren oberen Verlust begrenzt. Um die Größe eines IC-Layouts, wie etwa einer SRAM-Zelle, weiter zu verringern, sollte der Ende-zu-Ende-Abstand verringert werden, der mit dem zweiten fotolithografischen Prozess erzielt wird.

**[0013]** Daher betreffen einige Aspekte der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses, der einen kleinen Leitungsende-zu-Leitungsende-Abstand ermöglicht. Bei einigen Ausführungsformen weist das Verfahren das Bereitstellen eines Substrats mit einer Mehrschicht-Hartmaske auf, die eine erste Schicht und eine darunter liegende zweite Schicht hat. Auf dem Substrat wird eine erste Schnittschicht hergestellt. Eine erste Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der ersten Schnittschicht geschnitten werden, wird so ausgebildet, dass sie die zweite Schicht an einer ersten Vielzahl von Positionen freilegen, die einer ersten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entsprechen. Auf Seitenwände der Mehrschicht-Hartmaske wird ein Abstandshalter-Material so abgeschieden, dass eine zweite Schnittschicht entsteht. Eine zweite Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der zweiten Schnittschicht geschnitten werden, wird so ausgebildet, dass sie die zweite Schicht an einer zweiten Vielzahl von Positionen freilegen, die einer zweiten Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht entsprechen. Die zweite Schicht wird entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen geätzt. Durch Herstellen der ersten und der zweiten Schnittschicht vor der Durchführung von fotolithografischen Prozessen, mit denen die erste und die zweite Vielzahl von Öffnungen ausgebildet werden, können die Ende-zu-Ende-Abstände der ersten und der zweiten Vielzahl von Formen verringert werden, da die Ende-zu-Ende-Abstände nicht durch die fotolithografische Auflösung begrenzt werden.

**[0014]** Fig. 1 zeigt einige Ausführungsformen für ein Verfahren **100** zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses (SALE-Prozesses) in einem Ablaufdiagramm. Das Verfahren **100** ist ein

„Cut-first“-Verfahren („Schnitt-zuerst“-Verfahren), da es einen Leitungsende-Abstand vergrößert, der von einer ersten Schnittschicht definiert wird, die vor dem Ausbilden von Öffnungen in einer Mehrschicht-Hartmaske hergestellt wird, die einer ersten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entsprechen.

**[0015]** Im Schritt **102** wird ein Substrat bereitgestellt. Bei einigen Ausführungsformen kann das Substrat eine oder mehrere dielektrische Schichten aufweisen, die auf einem Halbleiterkörper angeordnet sind. Bei einigen Ausführungsformen weist das Substrat weiterhin eine Mehrschicht-Hartmaske auf, die auf der einen oder den mehreren dielektrischen Schichten angeordnet ist. Die Mehrschicht-Hartmaske kann eine erste Schicht und eine darunter liegende zweite Schicht aufweisen.

**[0016]** Im Schritt **104** wird eine erste Schnittschicht auf dem Substrat selektiv so hergestellt, dass sie eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer Schicht mit einem selbstjustierten Lithografie- und Ätz-Design (SALE-Design-Schicht) definiert. Die erste Schnittschicht ist so konfiguriert, dass sie Abstände oder „Schnitte“ in der ersten Vielzahl von Formen entlang einem Leitungsende definiert, um einen Ende-zu-Ende-Abstand zwischen Leitungen zu erzielen, der von der ersten Vielzahl von Formen definiert wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die erste Schnittschicht durch Abscheiden einer Sperrschicht auf der Mehrschicht-Hartmaske hergestellt.

**[0017]** Im Schritt **106** wird eine erste Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der ersten Schnittschicht geschnitten werden, so hergestellt, dass die zweite Schicht der Mehrschicht-Hartmaske freigelegt wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend einer ersten strukturierten Fotorésist-Schicht und der ersten Schnittschicht geätzt, um die erste Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

**[0018]** Im Schritt **108** wird ein Abstandshalter-Material selektiv auf dem Substrat abgeschieden, um eine zweite Schnittschicht herzustellen, die eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht definiert. Die zweite Schnittschicht ist so konfiguriert, dass sie die zweite Vielzahl von Formen entlang einem Leitungsende so „schneidet“, dass ein Ende-zu-Ende-Abstand zwischen Leitungen entsteht, der von der zweiten Vielzahl von Formen definiert wird. Bei einigen Ausführungsformen ist die erste Vielzahl von Formen mit der zweiten Vielzahl von Formen verschränkt.

**[0019]** Bei einigen Ausführungsformen wird im Schritt **110** die zweite Schnittschicht durch Ausbilden einer Zweite-Schnittschicht-Öffnung in der Mehrschicht-Hartmaske hergestellt. Dann wird im

Schritt **112** ein Abstandshalter-Material in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung so geformt, dass die zweite Schnittschicht entsteht.

**[0020]** Im Schritt **114** wird eine zweite Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der zweiten Schnittschicht geschnitten werden, so ausgebildet, dass sie die zweite Schicht der Mehrschicht-Hartmaske freilegen. Bei einigen Ausführungsformen wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend einer zweiten strukturierten Fotoresist-Schicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, geätzt, um die zweite Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

**[0021]** Im Schritt **116** kann die zweite Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten Vielzahl von Öffnungen und der zweiten Vielzahl von Öffnungen selektiv geätzt werden. Bei einigen Ausführungsformen können anschließend eine oder mehrere der dielektrischen Schichten des Substrats entsprechend der zweiten Schicht der Mehrschicht-Hartmaske geätzt werden.

**[0022]** Somit werden durch Herstellen einer ersten und einer zweiten Schnittschicht vor dem Durchführen von fotolithografischen Prozessen, mit denen die erste und die zweite Vielzahl von Öffnungen ausgebildet werden, bei dem Verfahren **100** Ende-zu-Ende-Abstände der ersten und der zweiten Vielzahl von Formen bereitgestellt, die nicht durch die fotolithografische Auflösung begrenzt werden.

**[0023]** Fig. 2 zeigt einige Ausführungsformen eines integrierten Chips **200**, der nach dem Verfahren zur Durchführung eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses hergestellt wird.

**[0024]** Der integrierte Chip **200** weist eine erste Vielzahl von Formen **204** und eine zweite Vielzahl von Formen **206** auf, die auf einer integrierten Chipmatrize **202** angeordnet sind. Die erste Vielzahl von Formen **204** und die zweite Vielzahl von Formen **206** sind in einer SALE-Design-Schicht (d. h., einer Design-Schicht, die unter Verwendung des lithografischen SALE-Verfahrens hergestellt wird) enthalten. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Vielzahl von Formen **204** unter Verwendung eines ersten fotolithografischen Prozesses eines SALE-Verfahrens hergestellt werden, während die zweite Vielzahl von Formen **206** unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt werden kann. Bei einigen Ausführungsformen kann die SALE-Design-Schicht zum Beispiel eine Gate-Schicht oder eine Back-end-of-the-line-Metallisierungsschicht sein.

**[0025]** Formen der ersten Vielzahl von Formen **204** und der zweiten Vielzahl von Formen **206** können in einer ersten Richtung **208** durch einen Abstand  $S$  voneinander getrennt sein, der kleiner als der kleins-

te Abstand ist, der unter Verwendung einer einzelnen Fotomaske erzielt werden kann (d. h. ein G0-Abstand). Bei einem integrierten Chip **200** ist zum Beispiel eine Form **204a** der ersten Vielzahl von Formen **204** entlang einer ersten Leiterbahn **205** angeordnet, die in einer zweiten Richtung **210** verläuft, und benachbarte Formen **206a** und **206b** der zweiten Vielzahl von Formen **206** sind entlang einer zweiten Leiterbahn **207** angeordnet, die ebenfalls in der zweiten Richtung **210** verläuft. Die Formen **206a** und **206b** sind von der Form **204a** in der ersten Richtung **208** durch einen Abstand  $S$  getrennt, der kleiner als der G0-Abstand ist.

**[0026]** Zwei oder mehr der ersten Vielzahl von Formen **204**, die in der zweiten Richtung **210** ausgerichtet sind, sind in einer Struktur angeordnet, die einen ersten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_1$  hat. Zwei oder mehr der zweiten Vielzahl von Formen **206**, die in der zweiten Richtung **210** ausgerichtet sind, sind in einer Struktur angeordnet, die einen zweiten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_2$  hat. Das Verhältnis des ersten zu dem zweiten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_1:S_2$  ist etwa gleich 2,5:1.

**[0027]** Bei einigen Ausführungsformen kann der integrierte Chip **200** ein SRAM-Array (SRAM: statischer Speicher mit direktem Zugriff) aufweisen, wobei die erste Vielzahl von Formen **204** und die zweite Vielzahl von Formen **206** eine Vielzahl von Bitleitungen haben. Bei anderen Ausführungsformen kann der integrierte Chip **200** ein SRAM-Array aufweisen, wobei die erste Vielzahl von Formen **204** und die zweite Vielzahl von Formen **206** eine Vielzahl von Steuerleitungen haben. Bei weiteren Ausführungsformen kann der integrierte Chip **200** einen Back-end-of-the-line-Routing-Abschnitt oder einen Transistor-Gate-Abschnitt aufweisen.

**[0028]** Fig. 3 zeigt einige Ausführungsformen für ein Verfahren **300** zur Durchführung eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses in einem Ablaufdiagramm.

**[0029]** Die beschriebenen Verfahren (z. B. die Verfahren **100**, **300** und/oder **1200**) sind nachstehend 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 soll. Einige Schritte können zum Beispiel in anderen Reihenfolgen als denen, die hier dargestellt und/oder beschrieben sind, durchgeführt werden und/oder sie können gleichzeitig mit anderen Schritten oder Ereignissen ablaufen. Darüber hinaus brauchen hier nicht alle dargestellten Schritte einen oder mehrere Aspekte oder Ausführungsformen der Beschreibung zu implementieren. Außerdem können eine oder mehrere Schritte, die hier beschrieben sind, in einem oder mehreren

einzelnen Schritten und/oder Phasen ausgeführt werden.

**[0030]** Im Schritt **302** wird ein Substrat mit einer Mehrschicht-Hartmaske auf einem Halbleiterkörper bereitgestellt. Bei einigen Ausführungsformen ist die Mehrschicht-Hartmaske eine Dreischicht-Hartmaske, die eine obere Schicht, eine mittlere Schicht und eine untere Schicht hat.

**[0031]** Im Schritt **304** wird eine erste Schnittschicht selektiv so auf der Mehrschicht-Hartmaske hergestellt, dass sie eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht definiert, die unter Verwendung eines ersten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt wird. Die erste Schnittschicht entspricht einer ersten Schnittschicht, die so konfiguriert ist, dass die erste Vielzahl von Formen entlang einem Leitungsende so geschnitten werden kann, dass ein Ende-zu-Ende-Abstand zwischen Leitungen entsteht, der von der ersten Vielzahl von Formen definiert wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht eine Sperrschicht aufweisen, die auf der Mehrschicht-Hartmaske angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen kann die SALE-Design-Schicht ein SRAM-Array aufweisen.

**[0032]** Im Schritt **306** wird eine zweite Schnittschicht selektiv so in der Mehrschicht-Hartmaske hergestellt, dass sie eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht definiert, die unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt wird. Die Zweite-Schnittschicht-Öffnung definiert eine Position einer zweiten Schnittschicht, die so konfiguriert ist, dass die zweite Vielzahl von Formen entlang einem Leitungsende so geschnitten werden kann, dass ein Ende-zu-Ende-Abstand zwischen Leiterbahnen entsteht, der von der zweiten Vielzahl von Formen definiert wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die Zweite-Schnittschicht-Öffnung eine Öffnung in der oberen Schicht der Mehrschicht-Hartmaske sein.

**[0033]** Im Schritt **308** wird eine erste Strukturübertragungsschicht auf der ersten Schnittschicht und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung hergestellt.

**[0034]** Im Schritt **310** wird eine erste Maskenschicht auf der ersten Strukturübertragungsschicht hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Maskenschicht eine erste strukturierte Fotoresist-Schicht sein.

**[0035]** Im Schritt **312** wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten Maskenschicht und der ersten Schnittschicht selektiv so geätzt, dass eine erste Vielzahl von Öffnungen in der Mehrschicht-Hartmaske entsteht, die der ersten Vielzahl von For-

men entspricht. Bei einigen Ausführungsformen wird die obere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten Maskenschicht und der ersten Schnittschicht über die erste Strukturübertragungsschicht selektiv geätzt, um die erste Vielzahl von Öffnungen in der oberen Schicht auszubilden.

**[0036]** Im Schritt **314** werden die erste Maskenschicht, die erste Strukturübertragungsschicht und die erste Schnittschicht entfernt.

**[0037]** Im Schritt **316** wird ein Abstandshalter-Material selektiv so geformt, dass es die Zweite-Schnittschicht-Öffnung in der Mehrschicht-Hartmaske füllt, um eine zweite Schnittschicht herzustellen, und es wird auf die Seitenwände der geätzten Mehrschicht-Hartmaske aufgebracht.

**[0038]** Im Schritt **318** wird eine zweite Strukturübertragungsschicht auf dem Abstandshalter-Material hergestellt.

**[0039]** Im Schritt **320** wird eine zweite Maskenschicht an einer Position über der zweiten Strukturübertragungsschicht hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen kann die zweite Maskenschicht eine zweite strukturierte Fotoresist-Schicht sein.

**[0040]** Im Schritt **322** wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Maskenschicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, selektiv geätzt, um eine zweite Vielzahl von Öffnungen auszubilden, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht. Die zweite Vielzahl von Öffnungen wird von der Mehrschicht-Hartmaske und dem Abstandshalter-Material definiert, das sich auf den Seitenwänden der geätzten Mehrschicht-Hartmaske befindet. Bei einigen Ausführungsformen wird die obere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Maskenschicht über die zweite Strukturübertragungsschicht selektiv geätzt, um die zweite Vielzahl von Öffnungen in der oberen Schicht auszubilden.

**[0041]** Im Schritt **324** wird die mittlere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen selektiv geätzt.

**[0042]** Bei einigen Ausführungsformen kann die untere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der mittleren Schicht der Mehrschicht-Hartmaske selektiv geätzt werden, und das darunter liegende Substrat (z. B. eine oder mehrere dielektrische Schichten) kann entsprechend der unteren Schicht weiter geätzt werden (z. B. um Öffnungen für eine dünne Metallschicht auszubilden).

**[0043]** Die **Fig. 4–Fig. 11** zeigen einige Ausführungsformen für Substrate, die das Verfahren **300**

zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses aufzeigen. Es dürfte wohlverstanden sein, dass die Erläuterungen nicht auf das Verfahren **300** beschränkt sind, auch wenn die **Fig. 4–Fig. 11** für das Verfahren **300** dargestellt sind.

**[0044]** **Fig. 4** zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **400** (entlang einer Schnittlinie A-A') und in einer entsprechenden Draufsicht **418**, die den Schritten **302–308** entsprechen.

**[0045]** Wie in der Schnittansicht **400** gezeigt ist, ist eine Dreischicht-Hartmaske **403** auf einem Halbleiterkörper **402** angeordnet. Die Dreischicht-Hartmaske **403** weist eine untere Schicht **404**, eine mittlere Schicht **406** und eine obere Schicht **408** auf. Bei einigen Ausführungsformen ist die untere Schicht **404** eine Titannidrid(TiN)-Schicht, die auf dem Halbleiterkörper **402** angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die mittlere Schicht **406** eine TEOS-Schicht, die auf der TiN-Schicht angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die obere Schicht **408** eine Siliciumschicht, die auf der TEOS-Schicht angeordnet ist.

**[0046]** Eine erste Schnittschicht **410** wird selektiv auf der Dreischicht-Hartmaske **403** hergestellt, um eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht zu definieren, die unter Verwendung eines ersten fotolithografischen Prozesses des lithografischen SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die erste Schnittschicht **410** dadurch hergestellt, dass eine Schicht aus dem Hartmaskenmaterial auf die obere Schicht **408** der Dreischicht-Hartmaske **403** abgeschieden wird. Die Schicht aus Hartmaskenmaterial wird dann selektiv so geätzt, dass das Hartmaskenmaterial in allen Bereichen außer der ersten Schnittschicht **410** entfernt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann das Hartmaskenmaterial unter Verwendung eines Mehrschritt-Ätzverfahrens geätzt werden. Das Hartmaskenmaterial kann zum Beispiel unter Verwendung einer Hauptätzung mit einer ersten Ätzselektivität und einer Überätzung mit einer viel größeren Ätzselektivität geätzt werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht **410** durch ein Aufdampfverfahren (z. B. chemische Aufdampfung, physikalische Aufdampfung usw.) abgeschieden werden.

**[0047]** Bei einigen Ausführungsformen wird das Hartmaskenmaterial unter Verwendung eines Ätzmittels selektiv geätzt, das eine Ätzselektivität hat, die bewirkt, dass das Hartmaskenmaterial schneller als die obere Schicht **408** der Dreischicht-Hartmaske **403** geätzt wird. Durch die Ätzselektivität kann das Hartmaskenmaterial strukturiert werden, ohne die darunter liegende obere Schicht **408** der Dreischicht-Hartmaske **403** zu entfernen. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht **410** zum Beispiel

Titannidrid (TiN) enthalten. Bei einigen Ausführungsformen beträgt bei einem Hauptätzschritt die Ätzselektivität von TiN zu einer darunter liegenden Schicht **2, 3** (d. h., die TiN-Schicht wird 2,3-mal schneller als die Si-Schicht geätzt). Bei anderen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht **410** Titanoxid (TiO) oder eine andere Schicht sein, die eine Ätzselektivität von mehr als 6 für die obere Schicht **408** (z. B. Silicium) der Dreischicht-Hartmaske **403** zeigt (d. h., sie wird 6-mal schneller als die obere Schicht **408** geätzt).

**[0048]** In der Dreischicht-Hartmaske **403** wird eine Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** selektiv ausgebildet, um eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht zu definieren, die unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses des lithografischen SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** durch selektives Ätzen der oberen Schicht **408** der Dreischicht-Hartmaske **403** so hergestellt, dass eine Öffnung entsteht, die die darunter liegende mittlere Schicht **406** freilegt.

**[0049]** Über der ersten Schnittschicht **410** und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** wird eine erste Strukturübertragungsschicht **413** hergestellt. Die erste Strukturübertragungsschicht **413** ist so konfiguriert, dass sie eine Struktur von einer darüber liegenden ersten Fotoresist-Schicht auf die obere Schicht **408** der Dreischicht-Hartmaske **403** überträgt. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Strukturübertragungsschicht **413** eine untere Schicht **414**, die über der ersten Schnittschicht **410** und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** hergestellt wird, und eine mittlere Schicht **416** umfassen, die auf der unteren Schicht **414** hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die untere Schicht **414** eine Kohlenstoffschicht oder eine Wasserstoffschicht sein, die unter Verwendung eines Aufdampfverfahrens oder eines Aufschleuderverfahrens abgeschieden wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die mittlere Schicht **416** Siliciumoxid enthalten.

**[0050]** **Fig. 5** zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **500**, die dem Schritt **310** entspricht.

**[0051]** Wie in der Schnittansicht **500** gezeigt ist, wird auf der ersten Strukturübertragungsschicht **413** eine erste strukturierte Fotoresist-Schicht **502** hergestellt. Die erste strukturierte Fotoresist-Schicht **502** weist Öffnungen **504** auf, die Positionen der ersten Vielzahl von Design-Formen auf der SALE-Design-Schicht entsprechen. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste strukturierte Fotoresist-Schicht **502** mit einem Schleuderbeschichtungsverfahren abgeschieden werden. Anschließend wird die erste strukturierte Fotoresist-Schicht **502** mit einem fotolithografischen

Verfahren strukturiert, bei dem die erste strukturierte Fotoresist-Schicht **502** selektiv bestrahlt wird, sodass sie eine Struktur hat, die einer Fotomaske entspricht. Dann werden selektive Bereiche der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** mit einem Entwickler entfernt, um die Öffnungen **504** auszubilden.

**[0052]** Fig. 6 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **600** und in einer entsprechenden Draufsicht **606**, die dem Schritt **312** entsprechen.

**[0053]** Wie in der Schnittansicht **600** gezeigt ist, wird eine obere Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** und der ersten Schnittschicht **410** geätzt, um eine erste Vielzahl von Öffnungen **604** in der oberen Schicht **602** auszubilden, die der ersten Vielzahl von Formen entspricht. Durch Ätzen der Dreischicht-Hartmaske **403** werden Teile der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** selektiv entfernt, um die erste Vielzahl von Öffnungen **604** auszubilden, die die mittlere Schicht **406** freilegen. Da die erste Schnittschicht **410** eine Sperrschicht aufweist, die über der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** angeordnet ist, wird die darunter liegende mittlere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** in dem Bereich der ersten Schnittschicht **410** nicht belichtet. Da die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** eine Öffnung in der oberen Schicht **602** ist, wird die darunter liegende mittlere Schicht **406** in dem Bereich der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** belichtet.

**[0054]** Bei einigen Ausführungsformen wird die obere Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** unter Verwendung eines Ätzmittels geätzt, das eine Ätzselektivität hat, die bewirkt, dass die obere Schicht **602** schneller als die erste Schnittschicht **410** geätzt wird. Durch diese Ätzselektivität kann die obere Schicht **602** in Bereichen strukturiert werden, die nicht von der ersten Schnittschicht **410** bedeckt sind. Zum Beispiel kann bei einigen Ausführungsformen die erste Schnittschicht **410** Titanidrid (TiN) enthalten und die obere Schicht **602** kann Silicium enthalten. Bei diesen Ausführungsformen beträgt bei einem Hauptätzschritt die Ätzselektivität des TiN zu dem darunter liegenden Silicium etwa 6 bis 20 (d. h., das Silicium wird 6- bis 20-mal schneller als die TiN-Schicht geätzt). Bei einigen Ausführungsformen kann das Silicium unter Verwendung eines Mehrschritt-Ätzverfahrens geätzt werden (z. B. mit einer Hauptätzung mit einer ersten Ätzselektivität und einem Überätzschritt, bei dem eine viel größere Ätzselektivität verwendet wird).

**[0055]** Bei einigen Ausführungsformen kann die obere Schicht **602** über die erste Strukturübertragungsschicht **413** geätzt werden. Zum Beispiel kann die mittlere Schicht **416** entsprechend der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** selektiv geätzt

werden, um die Struktur der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** auf die mittlere Schicht **416** zu übertragen. Ebenso wird die untere Schicht **414** entsprechend der mittleren Schicht **416** selektiv geätzt, um die Struktur der mittleren Schicht **416** auf die untere Schicht **414** zu übertragen. Durch Übertragen der Struktur der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** auf die obere Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** verbessert die erste Strukturübertragungsschicht **413** die Kontrolle kritischer Abmessungen der oberen Schicht **602** (z. B. werden Rauheit und Vertikalität der Resiststruktur verringert, die die Einheitlichkeit der kritischen Abmessungen der endgültigen Struktur beeinträchtigen könnten).

**[0056]** Wie in der Draufsicht **606** gezeigt ist, schneiden die erste Vielzahl von Öffnungen **604**, die durch Ätzen der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **502** ausgebildet werden, und die erste Schnittschicht die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412**, sodass eine H-förmige Öffnung in der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsteht. Die erste Vielzahl von Öffnungen **604** grenzt weiterhin so an die erste Schnittschicht **410** an, dass die erste Schnittschicht **410** Öffnungen **604a** und **604b** voneinander trennt.

**[0057]** Fig. 7 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **700** und in einer entsprechenden Draufsicht **702**, die dem Schritt **314** entsprechen.

**[0058]** Wie in der Schnittansicht **700** gezeigt ist, wird die erste Schnittschicht **410** entfernt. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht **410** mit einem Ätzmittel entfernt werden, das eine Ätzselektivität hat, mit der die erste Schnittschicht **410** schneller als die obere Schicht **602** der Mehrschicht-Hartmaske geätzt wird.

**[0059]** Wie in der Draufsicht **702** gezeigt ist, führt das Entfernen der ersten Schnittschicht **410** dazu, dass sich die obere Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** zwischen den Öffnungen **604a** und **604b** erstreckt. Die Breite der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** zwischen den Öffnungen **604a** und **604b** ist  $S_0$ .

**[0060]** Fig. 8 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **800** und in einer entsprechenden Draufsicht **808**, die dem Schritt **314** entsprechen.

**[0061]** Wie in der Schnittansicht **800** gezeigt ist, wird ein Abstandshalter-Material **802** auf die Seitenwände der Öffnungen in der geätzten oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403** aufgebracht. Das Abstandshalter-Material **802** füllt die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **412** der Mehrschicht-Hartmaske **403**

so, dass eine zweite Schnittschicht **806** entsteht. Bei einigen Ausführungsformen kann das Abstandshalter-Material **802** durch Abscheiden auf dem Substrat ausgebildet werden. Anschließend wird das Abstandshalter-Material geätzt, um es von den horizontalen Flächen zu entfernen. Das resultierende Abstandshalter-Material **802** verbleibt auf den Seitenwänden der geätzten oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403**, sodass Öffnungen **804** mit einer verringerten Breite zurückbleiben, die die darunter liegende mittlere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** an Positionen freilegen, die die erste Vielzahl von Formen definieren.

**[0062]** Wie in der Draufsicht **808** gezeigt ist, bildet das Abstandshalter-Material **802** einen Saum um die Öffnungen **804** in der oberen Schicht **602** der Dreischicht-Hartmaske **403**, wodurch die Breite der Öffnungen **804** verringert wird, die die mittlere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** freilegen. Das Abstandshalter-Material **802** bildet einen ersten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_1$  zwischen Öffnungen **804a** und **804b**.

**[0063]** Fig. 9 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **900**, die den Schritten **318** bis **320** entspricht.

**[0064]** Wie in der Schnittansicht **900** gezeigt ist, wird auf dem Abstandshalter-Material **802** eine zweite Strukturübertragungsschicht **901** hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen weist die zweite Strukturübertragungsschicht **901** eine untere Schicht **902**, die auf dem Abstandshalter-Material **802** abgeschieden wird, und eine mittlere Schicht **904** auf, die auf der unteren Schicht **902** abgeschieden wird. Auf der zweiten Strukturübertragungsschicht **901** wird eine zweite strukturierte Fotoresist-Schicht **906** hergestellt. Die zweite strukturierte Fotoresist-Schicht **906** hat Öffnungen **908**, die Positionen der zweiten Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht entsprechen.

**[0065]** Fig. 10 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1000** und in einer entsprechenden Draufsicht **1006**, die dem Schritt **322** entsprechen.

**[0066]** Wie in der Schnittansicht **1000** gezeigt ist, wird eine obere Schicht **1002** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der zweiten strukturierten Fotoresist-Schicht **906** und dem Abstandshalter-Material **802**, das die zweite Schnittschicht **806** bildet, selektiv geätzt, um eine zweite Vielzahl von Öffnungen **1004** auszubilden, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht. Durch Ätzen der oberen Schicht **1002** werden Teile der oberen Schicht **1002** der Dreischicht-Hartmaske **403** entfernt, um die zweite Vielzahl von Öffnungen **1004** auszubilden, die die mittlere Schicht **406** freilegen. Wie in der Draufsicht **1006** gezeigt ist, bildet die zweite Schnittschicht **806** einen

zweiten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_2$  zwischen Öffnungen **1004a** und **1004b**. Das Verhältnis des ersten Ende-zu-Ende-Abstands  $S_1$  zu dem zweiten Ende-zu-Ende-Abstand  $S_2$  beträgt etwa 2,5:1.

**[0067]** Fig. 11 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1100** und in einer entsprechenden Draufsicht **1108**, die dem Schritt **324** entsprechen.

**[0068]** Wie in der Schnittansicht **1100** und der Draufsicht **1108** gezeigt ist, wird eine mittlere Schicht **1102** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen **604** und **1004**, die von der oberen Schicht **1002** und dem Abstandshalter-Material **802** definiert werden, selektiv geätzt, um Öffnungen **1104** bzw. **1106** in der mittleren Schicht **1102** auszubilden.

**[0069]** Fig. 12 zeigt einige alternative Ausführungsformen eines Verfahrens **1200** zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses in einem Ablaufdiagramm.

**[0070]** Im Schritt **1202** wird ein Substrat bereitgestellt, das eine Schnittdefinitionsschicht aufweist, die auf einer Mehrschicht-Hartmaske über einem Halbleiterkörper angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die Mehrschicht-Hartmaske eine Dreischicht-Hartmaske mit einer oberen Schicht, einer mittleren Schicht und einer unteren Schicht. Bei einigen Ausführungsformen kann die Schnittdefinitionsschicht eine untere Schicht, eine mittlere Schicht, eine Hartmaskenschicht und eine Sperrschicht haben. Bei einigen Ausführungsformen können die mittlere Schicht und die Sperrschicht eine erste Niedrigtemperaturschicht aufweisen, während die Hartmaskenschicht eine andere, zweite Niedrigtemperaturschicht aufweisen kann.

**[0071]** Im Schritt **1204** wird eine erste Schnittschicht auf der Schnittdefinitionsschicht selektiv so hergestellt, dass sie eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht definiert, die unter Verwendung eines ersten fotolithografischen Prozesses eines SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Schnittschicht eine Sperrschicht aufweisen, die auf die Hartmaskenschicht aufgebracht wird.

**[0072]** Im Schritt **1206** wird eine Zweite-Schnittschicht-Öffnung in der Schnittdefinitionsschicht selektiv ausgebildet, um eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht zu definieren, die unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die Zweite-Schnittschicht-Öffnung eine Öffnung in der Hartmaskenschicht sein.

**[0073]** Im Schritt **1208** wird eine erste Strukturübertragungsschicht auf der ersten Schnittschicht und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung hergestellt.

**[0074]** Im Schritt **1210** wird eine erste Maskenschicht auf der ersten Strukturübertragungsschicht hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Maskenschicht eine erste strukturierte Fotoreist-Schicht sein.

**[0075]** Im Schritt **1212** wird die Schnittdefinitionsschicht entsprechend der ersten Maskenschicht und der ersten Schnittschicht selektiv geätzt. Bei einigen Ausführungsformen wird die Schnittdefinitionsschicht über die erste Strukturübertragungsschicht selektiv geätzt.

**[0076]** Im Schritt **1214** werden die erste Maskenschicht und die erste Strukturübertragungsschicht entfernt.

**[0077]** Im Schritt **1216** wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der Schnittdefinitionsschicht und der zweiten Schnittschicht selektiv geätzt, um eine erste Vielzahl von Öffnungen in der Mehrschicht-Hartmaske auszubilden, die der ersten Vielzahl von Formen entspricht. Durch Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Schnittschicht wird eine Zweite-Schnittschicht-Öffnung mit mehreren Schichten in der Mehrschicht-Hartmaske hergestellt.

**[0078]** Im Schritt **1218** wird die Schnittdefinitionsschicht entfernt.

**[0079]** Im Schritt **1220** wird ein Abstandshalter-Material selektiv ausgebildet, um die mehrschichtige Zweite-Schnittschicht-Öffnung zu füllen, um eine zweite Schnittschicht herzustellen, und es wird auch auf die Seitenwände der geätzten Mehrschicht-Hartmaske aufgebracht.

**[0080]** Im Schritt **1222** wird eine zweite Strukturübertragungsschicht auf dem Abstandshalter-Material hergestellt.

**[0081]** Im Schritt **1224** wird eine zweite Maskenschicht auf der zweiten Strukturübertragungsschicht hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen kann die zweite Maskenschicht eine zweite strukturierte Fotoreist-Schicht sein.

**[0082]** Im Schritt **1226** wird die Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Maskenschicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, selektiv geätzt, um eine zweite Vielzahl von Öffnungen auszubilden, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht. Die zweite Vielzahl von Öffnungen wird von der Hartmaskenschicht und dem Abstandshalter-Material definiert, das auf die Sei-

tenwände der geätzten Mehrschicht-Hartmaske aufgebracht wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die Mehrschicht-Hartmaske über die zweite Strukturübertragungsschicht selektiv geätzt, um die zweite Vielzahl von Öffnungen in der oberen Schicht herzustellen.

**[0083]** Im Schritt **1228** wird die mittlere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen selektiv geätzt.

**[0084]** Bei einigen Ausführungsformen kann die untere Schicht der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der mittleren Schicht der Mehrschicht-Hartmaske selektiv geätzt werden. Bei einigen Ausführungsformen kann das darunter liegende Substrat (z. B. eine oder mehrere dielektrische Schichten) weiter entsprechend der unteren Schicht geätzt werden (z. B. um Öffnungen für eine dünne Metallschicht auszubilden).

**[0085]** Die **Fig. 13–Fig. 20** zeigen einige Ausführungsformen für Substrate, die das Verfahren **1200** zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses erläutern. Es dürfte wohlverstanden sein, dass die Erläuterungen nicht auf das Verfahren **1200** beschränkt sind, auch wenn die **Fig. 13–Fig. 20** für das Verfahren **1200** beschrieben werden.

**[0086]** **Fig. 13** zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1300** und in einer entsprechenden Draufsicht **1408**, die den Schritten **1202–1206** entsprechen.

**[0087]** Wie in der Schnittansicht **1300** gezeigt ist, wird eine Dreischicht-Hartmaske **403** auf einem Halbleiterkörper **402** angeordnet. Die Dreischicht-Hartmaske **403** weist eine untere Schicht **404**, eine mittlere Schicht **406** und eine obere Schicht **1302** auf. Bei einigen Ausführungsformen ist die untere Schicht **404** eine Titannidrid(TiN)-Schicht, die auf dem Halbleiterkörper **402** angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die mittlere Schicht **406** eine TEOS-Schicht, die auf der TiN-Schicht angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen ist die obere Schicht **1302** eine Siliciumschicht, die auf der TEOS-Schicht angeordnet ist.

**[0088]** Auf der Dreischicht-Hartmaske **403** wird eine Schnittdefinitionsschicht **1301** angeordnet. Die Schnittdefinitionsschicht **1301** weist eine untere Schicht **1304**, eine mittlere Schicht **1306**, eine Hartmaskenschicht **1308** und eine Sperrschicht **1310** auf. Bei einigen Ausführungsformen ist die untere Schicht **1304** eine Kohlenstoffschicht. Bei einigen Ausführungsformen können die mittlere Schicht **1306** und die Sperrschicht **1310** eine erste Niedrigtemperaturschicht aufweisen, während die Hartmaskenschicht

**1308** eine andere, zweite Niedrigtemperaturschicht aufweist.

**[0089]** Bei einigen Ausführungsformen ist die erste Niedrigtemperaturschicht der mittleren Schicht **1306** und der Sperrschicht **1310** eine Niedrigtemperatur-Oxidschicht. Bei einigen Ausführungsformen ist die zweite Niedrigtemperaturschicht der Hartmaskenschicht **1308** eine Niedrigtemperatur-TiN-Schicht. Bei einigen Ausführungsformen werden die Niedrigtemperatur-Oxidschicht und die Niedrigtemperatur-TiN-Schicht bei einer Temperatur in dem Bereich von etwa 100°C bis etwa 200°C hergestellt. Bei anderen Ausführungsformen können die erste Niedrigtemperaturschicht und die zweite Niedrigtemperaturschicht andere Materialien mit einer Ätzselektivität enthalten, die größer als 6 ist (d. h., die erste Niedrigtemperaturschicht wird mehr als 6-mal schneller als die zweite Niedrigtemperaturschicht geätzt).

**[0090]** Die Sperrschicht wird selektiv geätzt, um eine erste Schnittschicht auf der Hartmaskenschicht **1308** herzustellen. Die erste Schnittschicht definiert eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht, die unter Verwendung eines ersten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt wird. Eine Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** wird in der Hartmaskenschicht **1308** selektiv ausgebildet, um eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht zu definieren, die unter Verwendung eines zweiten fotolithografischen Prozesses des SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen wird die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** durch selektives Ätzen der Hartmaskenschicht **1308** ausgebildet, um eine Öffnung herzustellen.

**[0091]** Fig. 14 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1400**, die den Schritten **1208–1210** entspricht.

**[0092]** Wie in der Schnittansicht **1400** gezeigt ist, wird eine erste Strukturübertragungsschicht **1401** auf der ersten Schnittschicht **1310** und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** hergestellt. Auf der ersten Strukturübertragungsschicht **1401** wird eine erste strukturierte Fotoresist-Schicht **1406** hergestellt. Die erste strukturierte Fotoresist-Schicht **1406** weist Öffnungen **1408** auf, die Positionen der ersten Vielzahl von Formen entsprechen.

**[0093]** Die erste Strukturübertragungsschicht **1401** ist so konfiguriert, dass sie eine Struktur von der darüber liegenden ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **1406** auf die Hartmaskenschicht **1308** überträgt. Bei einigen Ausführungsformen kann die erste Strukturübertragungsschicht **1401** eine untere Schicht **1402**, die über der ersten Schnittschicht **1310** und der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** herge-

stellt wird, und eine mittlere Schicht **1404** umfassen, die auf der unteren Schicht **1402** hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die untere Schicht **1402** eine Kohlenstoffschicht oder eine Wasserstoffschicht sein, die unter Verwendung eines Aufdampfverfahrens oder eines Aufschleuderverfahrens abgedichtet wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die mittlere Schicht **1404** eine Siliciumoxidschicht sein.

**[0094]** Fig. 15 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1500** und in einer entsprechenden Draufsicht **1506**, die dem Schritt **1212** entsprechen.

**[0095]** Wie in der Schnittansicht **1500** gezeigt ist, wird eine Hartmaskenschicht **1502** (die z. B. **1308** entspricht) entsprechend der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **1406** und der ersten Schnittschicht **1310** geätzt. Durch Ätzen der Hartmaskenschicht **1502** werden Teile der Hartmaskenschicht **1502** selektiv entfernt, um Öffnungen **1504** auszubilden, die die mittlere Schicht **1306** freilegen. Da die erste Schnittschicht **1310** eine Sperrschicht aufweist, die sich auf der Hartmaskenschicht **1308** befindet, wird die mittlere Schicht **1306** in dem Bereich der ersten Schnittschicht **1310** nicht belichtet. Da die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** eine Öffnung in der Hartmaskenschicht **1308** aufweist, wird die mittlere Schicht **1306** in dem Bereich der Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** belichtet.

**[0096]** Wie in der Draufsicht **1506** gezeigt ist, schneiden die Öffnungen **1504**, die durch Ätzen der Hartmaskenschicht **1308** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der ersten strukturierten Fotoresist-Schicht **1406** ausgebildet werden, die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** so, dass eine H-förmige Öffnung in der Hartmaskenschicht **1308** entsteht. Die Öffnungen **1504** grenzen weiterhin so an die erste Schnittschicht **1310** an, dass die erste Schnittschicht **1310** Öffnungen **1504a** und **1504b** voneinander trennt.

**[0097]** Fig. 16 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1600** und in einer entsprechenden Draufsicht **1608**, die den Schritten **1214–1218** entsprechen.

**[0098]** Wie in der Schnittansicht **1600** gezeigt ist, wird die obere Schicht **1602** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der Schnittdefinitionsschicht **1301** selektiv geätzt, sodass Öffnungen in der Hartmaskenschicht **1308** als eine erste Vielzahl von Öffnungen **1604** in der oberen Schicht **1602** übertragen werden, die der ersten Vielzahl von Formen entspricht. Dann wird die Schnittdefinitionsschicht **1301** entfernt. Wie in der Draufsicht **1608** gezeigt ist, erstreckt sich die resultierende obere Schicht **1602**

der Dreischicht-Hartmaske **403** zwischen Öffnungen **1604a** und **1604b**.

**[0099]** Fig. 17 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1700** und in einer entsprechenden Draufsicht **1704**, die dem Schritt **1220** entsprechen.

**[0100]** Wie in der Schnittansicht **1700** gezeigt ist, wird ein Abstandshalter-Material **802** auf die Seitenwände der geätzten oberen Schicht **1602** der Dreischicht-Hartmaske **403** aufgebracht. Das Abstandshalter-Material **802** füllt die Zweite-Schnittschicht-Öffnung **1312** in der Mehrschicht-Hartmaske **403** so, dass eine zweite Schnittschicht **1702** entsteht. Bei einigen Ausführungsformen kann das Abstandshalter-Material **802** durch Abscheiden auf dem Substrat ausgebildet werden. Anschließend wird das Abstandshalter-Material geätzt, um es von den horizontalen Flächen zu entfernen. Das resultierende Abstandshalter-Material **802** verbleibt auf den Seitenwänden der geätzten oberen Schicht **1602** der Dreischicht-Hartmaske **403**, sodass Öffnungen **804** mit einer verringerten Breite zurückbleiben, die die darunter liegende mittlere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** an Positionen freilegen, die die erste Vielzahl von Formen definieren.

**[0101]** Wie in der Draufsicht **1704** gezeigt ist, bildet das Abstandshalter-Material **802** einen Saum um die Öffnungen **1606** in der oberen Schicht **1602** der Dreischicht-Hartmaske **403**, wodurch die Breite der beleuchteten Bereiche der mittleren Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** verringert wird.

**[0102]** Fig. 18 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1800**, die den Schritten **1222–1224** entspricht.

**[0103]** Wie in der Schnittansicht **1800** gezeigt ist, wird eine zweite Strukturübertragungsschicht **1801** an einer Position über dem Abstandshalter-Material **802** hergestellt. Bei einigen Ausführungsformen weist die zweite Strukturübertragungsschicht **1801** eine untere Schicht **1802**, die auf dem Abstandshalter-Material **802** abgeschieden wird, und eine mittlere Schicht **1804** auf, die auf der unteren Schicht **1802** abgeschieden wird. Auf der zweiten Strukturübertragungsschicht **1801** wird eine zweite strukturierte Fotoresist-Schicht **1806** hergestellt. Die zweite strukturierte Fotoresist-Schicht **1806** weist Öffnungen **1808** auf, die Positionen der zweiten Vielzahl von Formen entsprechen.

**[0104]** Fig. 19 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **1900** und in einer entsprechenden Draufsicht **1906**, die dem Schritt **1226** entsprechen.

**[0105]** Wie in der Schnittansicht **1900** gezeigt ist, wird die obere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der zweiten strukturierten Fotoresist-Schicht **1806** und dem Abstandshalter-Material **802**, das die zweite Schnittschicht **1702** bildet, selektiv geätzt. Durch Ätzen der oberen Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsteht eine zweite Vielzahl von Öffnungen **1904**, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht. Die zweite Vielzahl von Öffnungen **1904** legt die darunter liegende mittlere Schicht **406** der Dreischicht-Hartmaske **403** frei.

**[0106]** Fig. 20 zeigt einige Ausführungsformen eines Substrats in einer Schnittansicht **2000** und in einer entsprechenden Draufsicht **2008**, die dem Schritt **1228** entsprechen.

**[0107]** Wie in der Schnittansicht **2000** und der Draufsicht **2009** gezeigt ist, wird die mittlere Schicht **1102** der Dreischicht-Hartmaske **403** entsprechend der ersten und der zweiten Vielzahl von Öffnungen **804** und **1904**, die von der oberen Schicht **1902** der Dreischicht-Hartmaske **403** und dem Abstandshalter-Material **802** definiert werden, selektiv geätzt, um Öffnungen **2004** bzw. **2006** in der mittleren Schicht **2002** auszubilden.

**[0108]** Fig. 21 zeigt ein Blockdiagramm einiger Ausführungsformen einer Maskenherstellungsanlage **2100**, die so konfiguriert ist, dass sie einen selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozess durchführt.

**[0109]** Die Maskenherstellungsanlage **2100** weist ein Speicherelement **2102** auf. Bei verschiedenen Ausführungsformen kann das Speicherelement **2102** ein interner Speicher oder ein maschinenlesbares Medium sein. Das Speicherelement **2102** ist so konfiguriert, dass es ein Layout **2104** eines integrierten Chips (IC) speichert, das eine grafische Darstellung eines integrierten Chips ist. Das IC-Layout **2104** umfasst eine erste Vielzahl von Formen einer selbstjustierten Lithografie- und Ätz-Design-Schicht (SALE-Design-Schicht), die unter Verwendung eines ersten lithografischen SALE-Verfahrens hergestellt wird, und eine zweite Vielzahl von Formen der Design-Schicht, die unter Verwendung eines zweiten lithografischen SALE-Verfahrens hergestellt wird. Bei einigen Ausführungsformen kann die SALE-Design-Schicht eine Design-Schicht in einer SRAM-Zelle sein. Bei einigen Ausführungsformen kann das IC-Layout **2104** eine GDS- oder GDSII-Datei, eine CIF-Datei, eine OASIS-Datei oder eine andere Datei mit einem ähnlichen Format sein.

**[0110]** Das Speicherelement **2102** ist weiterhin so konfiguriert, dass es Erste-Schnittschicht-Daten **2106** und Zweite-Schnittschicht-Daten **2108** speichert. Die Erste-Schnittschicht-Daten **2106** definieren eine erste Schnittposition für die erste Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht. Die Zweite-Schnittschicht-

Daten **2108** definieren eine zweite Schnittposition für die zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht. Bei einigen Ausführungsformen ist das Speicherelement **2102** weiterhin so konfiguriert, dass es maschinenlesbare Befehle **2110** speichert. Die maschinenlesbaren Befehle **2110** können ein Verfahren zum Betreiben eines oder mehrerer Komponenten der Maskenherstellungsanlage entsprechend einem beschriebenen Verfahren (z. B. dem Verfahren **100**, **300** oder **1200**) bereitstellen.

**[0111]** Ein Maskenschnitt-Positionierungsgerät **2112** ist so konfiguriert, dass es auf das IC-Layout **2104** zugreift und die Positionen der ersten und der zweiten Schnittschicht ermittelt. Bei einigen Ausführungsformen ist das Maskenschnitt-Positionierungsgerät **2112** zum Beispiel so konfiguriert, dass es die Position eines ersten Schnitts in der ersten Vielzahl von Formen aus den Erste-Schnittschicht-Daten **2106** ermittelt und die Position eines zweiten Schnitts in der zweiten Vielzahl von Formen aus den Zweite-Schnittschicht-Daten **2108** ermittelt.

**[0112]** Ein Maskenschreibgerät **2114** ist so konfiguriert, dass es auf die Erste-Schnittschicht-Daten **2106** und die Zweite-Schnittschicht-Daten **2108** zugreift. Das Maskenschreibgerät **2114** ist so konfiguriert, dass es auf Grund der Erste-Schnittschicht-Daten **2106** eine erste Schnittmaske herstellt. Das Maskenschreibgerät **2114** ist weiterhin so konfiguriert, dass es auf Grund der Zweite-Schnittschicht-Daten **2108** eine zweite Schnittmaske herstellt. Die erste Schnittmaske ist so konfiguriert, dass sie die erste Vielzahl von Formen schneidet, und die zweite Schnittmaske ist so konfiguriert, dass sie die zweite Vielzahl von Formen schneidet.

**[0113]** Es dürfte wohlverstanden sein, dass Fachleuten entsprechende Änderungen und/oder Modifikationen einfallen können, wenn sie die Patentbeschreibung und die beigefügten Zeichnungen lesen und/oder verstehen. Die vorliegende Patentbeschreibung umfasst alle diese Änderungen und Modifikationen und sie soll im Allgemeinen nicht durch diese beschränkt werden. Zum Beispiel sind die offenbarten IC-Layouts zwar so dargestellt, dass sie eine Vielzahl von Design-Formen, unter anderem Quadrate oder Rechtecke, aufweisen, aber es dürfte wohlverstanden sein, dass diese Formen nicht beschränkend sind. Vielmehr können das beschriebene Verfahren und die beschriebene Vorrichtung für Design-Formen mit einer beliebigen Geometrie verwendet werden, die die Design-Regeln zulassen.

**[0114]** Darüber hinaus kann zwar ein spezielles Merkmal oder ein spezieller Aspekt für nur eine von mehreren Implementierungen beschrieben worden sein, aber dieses Merkmal oder dieser Aspekt kann bei Bedarf mit einem oder mehreren anderen Merkmalen und/oder Aspekten von anderen Implementie-

rungen kombiniert werden. insofern als hier die Begriffe „enthält“, „hat“, „mit“ und/oder Varianten davon verwendet werden, sollen diese Begriffe eine einschließende Bedeutung haben – wie „weist auf“. Außerdem soll „beispielhaft“ lediglich ein Beispiel bedeuten und nicht das beste. Es dürfte außerdem wohlverstanden sein, dass der Einfachheit halber und zum leichteren Verständnis Merkmale, Schichten und/oder Elemente, die hier beschrieben sind, mit bestimmten Abmessungen und/oder Orientierungen in Bezug zu einander dargestellt sind und dass die tatsächlichen Abmessungen und/oder Orientierungen wesentlich von den hier dargestellten abweichen können.

**[0115]** Die vorliegende Erfindung betrifft also ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses, der einen geringen Leitungsende-zu-Leitungsende-Abstand ermöglicht.

**[0116]** Bei einigen Ausführungsformen betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses. Das Verfahren weist das Herstellen einer ersten Schnittschicht auf einer Schnittschicht mit einer Mehrschicht-Hartmaske auf, die eine erste Schicht und eine darunter liegende zweite Schicht hat. Das Verfahren weist weiterhin das Herstellen einer ersten Vielzahl von Öffnungen auf, die entsprechend der ersten Schnittschicht geschnitten werden, um die zweite Schicht an einer ersten Vielzahl von Positionen freizulegen, die einer ersten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entsprechen. Das Verfahren weist weiterhin das selektive Abscheiden eines Abstandshalter-Materials auf Seitenwände der Mehrschicht-Hartmaske auf, um eine zweite Schnittschicht mit dem Abstandshalter-Material herzustellen. Das Verfahren weist weiterhin das Ausbilden einer zweiten Vielzahl von Öffnungen auf, die entsprechend der zweiten Schnittschicht geschnitten werden, um die zweite Schicht an einer zweiten Vielzahl von Positionen freizulegen, die einer zweiten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entspricht. Das Verfahren weist weiterhin das Ätzen der zweiten Schicht entsprechend der ersten Vielzahl von Öffnungen und der zweiten Vielzahl von Öffnungen auf.

**[0117]** Bei anderen Ausführungsformen betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses. Das Verfahren weist das Bereitstellen eines Substrats mit einer Dreischicht-Hartmaske auf, die eine obere Schicht, eine mittlere Schicht und eine untere Schicht hat, die sich auf einem Halbleiterkörper befindet. Das Verfahren weist weiterhin das Herstellen einer ersten Schnittschicht auf der oberen Schicht, um eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht zu definieren, und das Herstellen einer Zweite-Schnittschicht-

Öffnung in der oberen Schicht auf, um eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht zu definieren. Das Verfahren weist weiterhin das Ätzen der oberen Schicht entsprechend einer ersten strukturierten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht auf, um eine erste Vielzahl von Öffnungen auszubilden, die der ersten Vielzahl von Formen entspricht. Das Verfahren weist weiterhin das Abscheiden eines Abstandshalter-Materials in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung, um eine zweite Schnittschicht herzustellen, und auf Seitenwände der oberen Schicht auf. Das Verfahren weist weiterhin das Ätzen der oberen Schicht entsprechend einer zweiten strukturierten Fotoresist-Schicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, auf, um eine zweite Vielzahl von Öffnungen zu definieren, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht. Das Verfahren weist weiterhin das Ätzen der mittleren Schicht entsprechend der ersten Vielzahl von Öffnungen und der zweiten Vielzahl von Öffnungen auf.

**[0118]** Bei weiteren Ausführungsformen betrifft die vorliegende Erfindung einen integrierten Chip. Der integrierte Chip weist eine erste Vielzahl von Formen einer selbstjustierten Lithografie- und Ätz-Design-Schicht (SALE-Design-Schicht) auf, die einen ersten Ende-zu-Ende-Abstand hat. Der integrierte Chip weist weiterhin eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht auf, die einen zweiten Ende-zu-Ende-Abstand hat. Das Verhältnis des ersten Ende-zu-Ende-Abstands zu dem zweiten Ende-zu-Ende-Abstands beträgt etwa 2,5:1.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses (SALE-Prozesses) mit den folgenden Schritten:  
Herstellen einer ersten Schnittschicht über einem Substrat mit einer Mehrschicht-Hartmaske, die eine erste Schicht und eine darunter liegende zweite Schicht hat;  
Herstellen einer ersten Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der ersten Schnittschicht geschnitten werden, um die zweite Schicht an einer ersten Vielzahl von Positionen freizulegen, die einer ersten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entspricht;  
selektives Aufbringen eines Abstandshalter-Materials auf Seitenwände der Mehrschicht-Hartmaske, um eine zweite Schnittschicht mit dem Abstandshalter-Material bereitzustellen;  
Ausbilden einer zweiten Vielzahl von Öffnungen, die entsprechend der zweiten Schnittschicht geschnitten werden, um die zweite Schicht an einer zweiten Vielzahl von Positionen freizulegen, die einer zweiten Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht entspricht; und

Ätzen der zweiten Schicht entsprechend der ersten Vielzahl von Öffnungen und der zweiten Vielzahl von Öffnungen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Herstellen der zweiten Schnittschicht die folgenden Schritte aufweist:

Ausbilden einer Zweite-Schnittschicht-Öffnung in der Mehrschicht-Hartmaske und  
Abscheiden des Abstandshalter-Materials in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die erste Schnittschicht eine Sperrschicht aufweist, die auf die erste Schicht der Mehrschicht-Hartmaske abgeschieden wird; und die zweite Schnittschicht das Abstandshalter-Material aufweist, das in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung abgeschieden wird, die sich in der ersten Schicht der Mehrschicht-Hartmaske befindet.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Schnittschicht Titanidrid oder Titanoxid enthält.

5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die erste Schnittschicht eine Ätzselektivität von mehr als 6 in Bezug auf die erste Schicht der Mehrschicht-Hartmaske hat.

6. Verfahren nach Anspruch 3, das weiterhin die folgenden Schritte aufweist:

Herstellen einer ersten Strukturübertragungsschicht auf der ersten Schnittschicht;  
lithografisches Strukturieren einer ersten Fotoresist-Schicht, die sich auf der ersten Strukturübertragungsschicht befindet; und

Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht, um die erste Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, das weiterhin den folgenden Schritt aufweist:

Entfernen der ersten Fotoresist-Schicht, der ersten Strukturübertragungsschicht und der ersten Schnittschicht nach dem Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der ersten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, das weiterhin die folgenden Schritte aufweist:

Herstellen einer zweiten Strukturübertragungsschicht auf dem Abstandshalter-Material;  
lithografisches Strukturieren einer zweiten Fotoresist-Schicht, die sich auf der zweiten Strukturübertragungsschicht befindet; und

Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Fotoresist-Schicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, um die zweite Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Schnittschicht eine zweite Niedrigtemperaturschicht aufweist, die auf einer ersten Niedrigtemperaturschicht einer Schnittdefinitionsschicht angeordnet ist, die sich auf der Mehrschicht-Hartmaske befindet, und die zweite Schnittschicht das Abstandshalter-Material aufweist, das sich in einer Öffnung in der ersten Schicht der Mehrschicht-Hartmaske befindet, die von einer Öffnung in der ersten Niedrigtemperaturschicht definiert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die erste Niedrigtemperaturschicht eine Oxidschicht ist, die bei einer Temperatur von weniger als 200°C auf der Mehrschicht-Hartmaske abgeschieden wird, und die zweite Niedrigtemperaturschicht eine Titanndridschicht ist, die bei einer Temperatur von weniger als 200°C auf die erste Niedrigtemperaturschicht abgeschieden wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die zweite Niedrigtemperaturschicht eine Ätzselektivität von mehr als 6 in Bezug auf die erste Niedrigtemperaturschicht hat.

12. Verfahren nach Anspruch 9, das weiterhin die folgenden Schritte aufweist:  
Herstellen einer ersten Strukturübertragungsschicht auf der ersten Schnittschicht;  
lithografisches Strukturieren einer ersten Fotoresist-Schicht, die sich auf der ersten Strukturübertragungsschicht befindet; und  
Ätzen der ersten Niedrigtemperaturschicht entsprechend der ersten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht.

13. Verfahren nach Anspruch 12, das weiterhin den folgenden Schritt aufweist:  
Entfernen der ersten Fotoresist-Schicht und der ersten Strukturübertragungsschicht nach dem Ätzen der ersten Niedrigtemperaturschicht entsprechend der ersten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht.

14. Verfahren nach Anspruch 13, das weiterhin den folgenden Schritt aufweist:  
Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der Schnittdefinitionsschicht, um die erste Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, das weiterhin die folgenden Schritte aufweist:  
Herstellen einer zweiten Strukturübertragungsschicht auf dem Abstandshalter-Material;  
lithografisches Strukturieren einer zweiten Fotoresist-Schicht, die sich auf der zweiten Strukturübertragungsschicht befindet; und

Ätzen der Mehrschicht-Hartmaske entsprechend der zweiten Fotoresist-Schicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, um die zweite Vielzahl von Öffnungen auszubilden.

16. Verfahren zum Durchführen eines selbstjustierten Lithografie- und Ätzprozesses (SALE-Prozesses) mit den folgenden Schritten:  
Bereitstellen eines Substrats mit einer Dreischicht-Hartmaske, die eine obere Schicht, eine mittlere Schicht und eine untere Schicht hat, die sich auf einem Halbleiterkörper befindet;  
Herstellen einer ersten Schnittschicht auf der oberen Schicht, um eine erste Schnittposition für eine erste Vielzahl von Formen einer SALE-Design-Schicht zu definieren;  
Herstellen einer Zweite-Schnittschicht-Öffnung in der oberen Schicht auf, um eine zweite Schnittposition für eine zweite Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht zu definieren;  
Ätzen der oberen Schicht entsprechend einer ersten strukturierten Fotoresist-Schicht und der ersten Schnittschicht, um eine erste Vielzahl von Öffnungen auszubilden, die der ersten Vielzahl von Formen entspricht;  
Abscheiden eines Abstandshalter-Materials in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung, um eine zweite Schnittschicht herzustellen, und auf Seitenwände der oberen Schicht;  
Ätzen der oberen Schicht entsprechend einer zweiten strukturierten Fotoresist-Schicht und dem Abstandshalter-Material, das die zweite Schnittschicht bildet, um eine zweite Vielzahl von Öffnungen zu definieren, die der zweiten Vielzahl von Formen entspricht; und  
Ätzen der mittleren Schicht entsprechend der ersten Vielzahl von Öffnungen und der zweiten Vielzahl von Öffnungen.

17. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die erste Schnittschicht eine Sperrschicht aufweist, die auf der oberen Schicht der Dreischicht-Hartmaske angeordnet ist, und die zweite Schnittschicht das Abstandshalter-Material aufweist, das sich in der Zweite-Schnittschicht-Öffnung befindet, die in der oberen Schicht der Dreischicht-Hartmaske angeordnet ist.

18. Verfahren nach Anspruch 16, wobei die erste Schnittschicht eine zweite Niedrigtemperaturschicht aufweist, die sich auf einer ersten Niedrigtemperaturschicht einer Schnittdefinitionsschicht befindet, die auf der Dreischicht-Hartmaske angeordnet ist, und die zweite Schnittschicht das Abstandshalter-Material aufweist, das sich in einer Öffnung in der ersten Schicht der Dreischicht-Hartmaske befindet, die von einer Öffnung in der ersten Niedrigtemperaturschicht definiert wird.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei

die erste Niedrigtemperaturschicht eine Oxidschicht ist, die bei einer Temperatur von weniger als 200°C auf die Dreischicht-Hartmaske abgeschieden wird, und  
die zweite Niedrigtemperaturschicht eine Titanndridschicht ist, die bei einer Temperatur von weniger als 200°C auf die erste Niedrigtemperaturschicht abgeschieden wird.

20. Integrierter Chip mit:  
einer ersten Vielzahl von Formen einer selbstjustierten Lithografie- und Ätz-Design-Schicht (SALE-Design-Schicht), die einen ersten Ende-zu-Ende-Abstand hat; und  
einer zweiten Vielzahl von Formen der SALE-Design-Schicht, die einen zweiten Ende-zu-Ende-Abstand hat,  
wobei das Verhältnis des ersten Ende-zu-Ende-Abstands zu dem zweiten Ende-zu-Ende-Abstands etwa 2,5:1 beträgt.

Es folgen 10 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

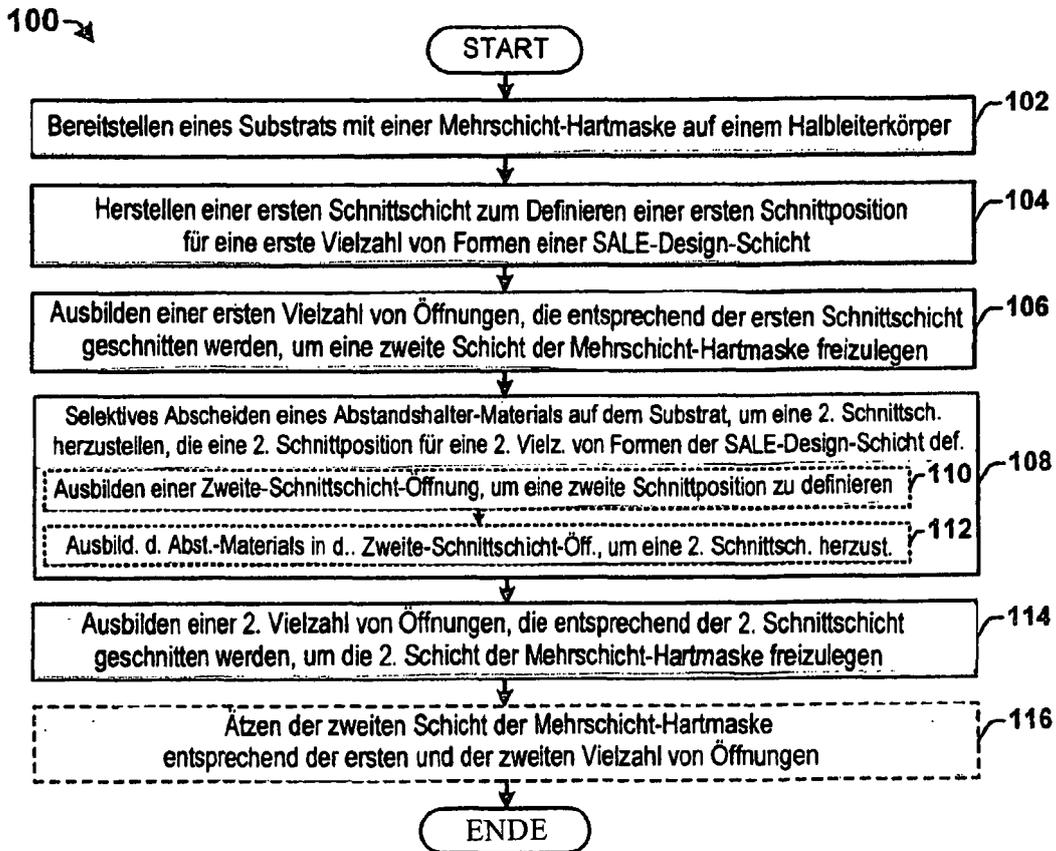


Fig. 1

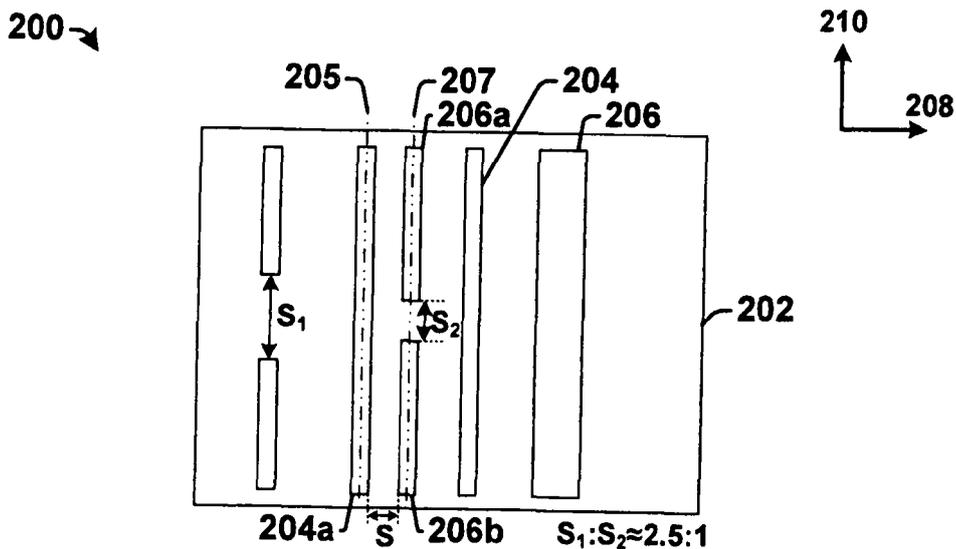


Fig. 2

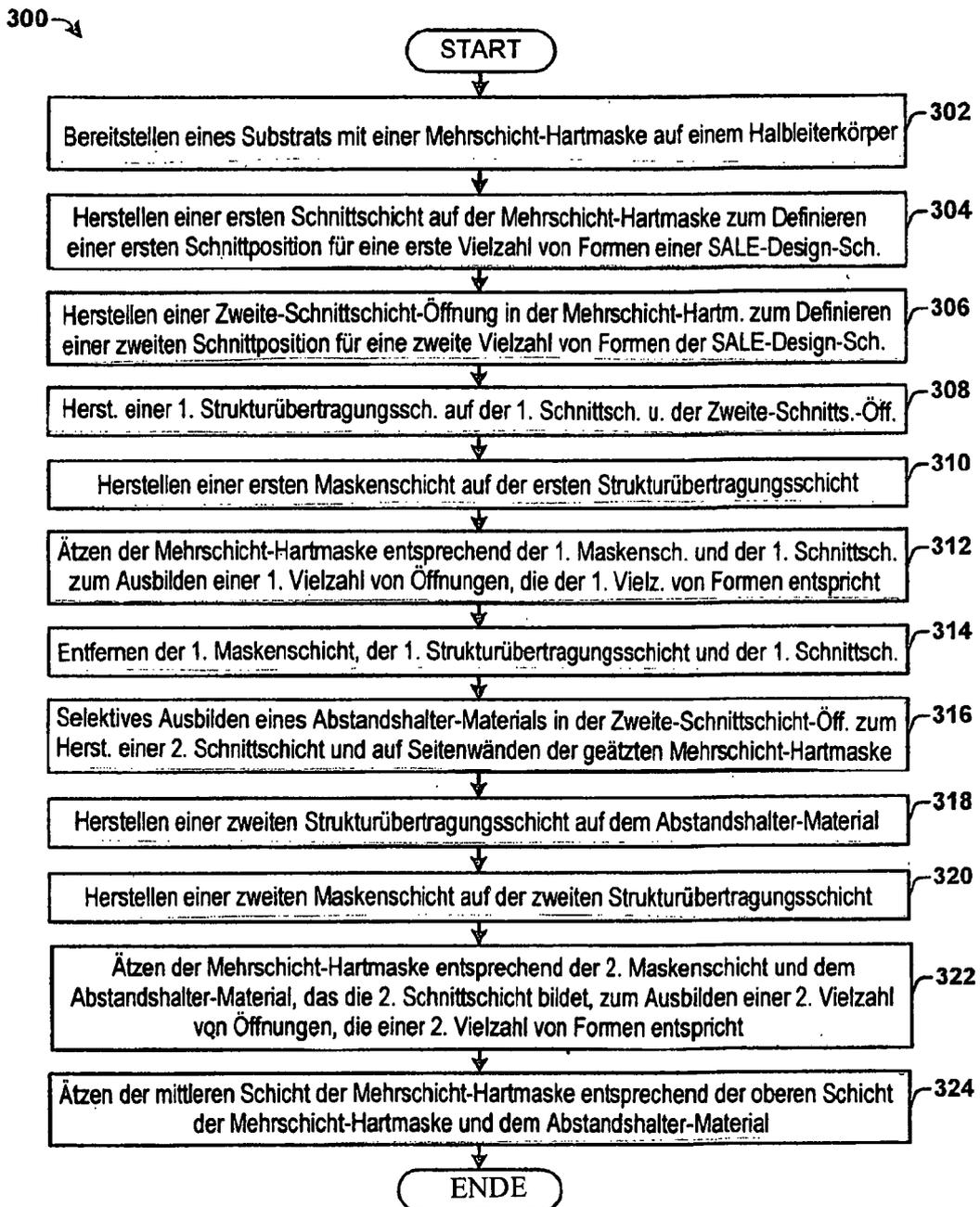
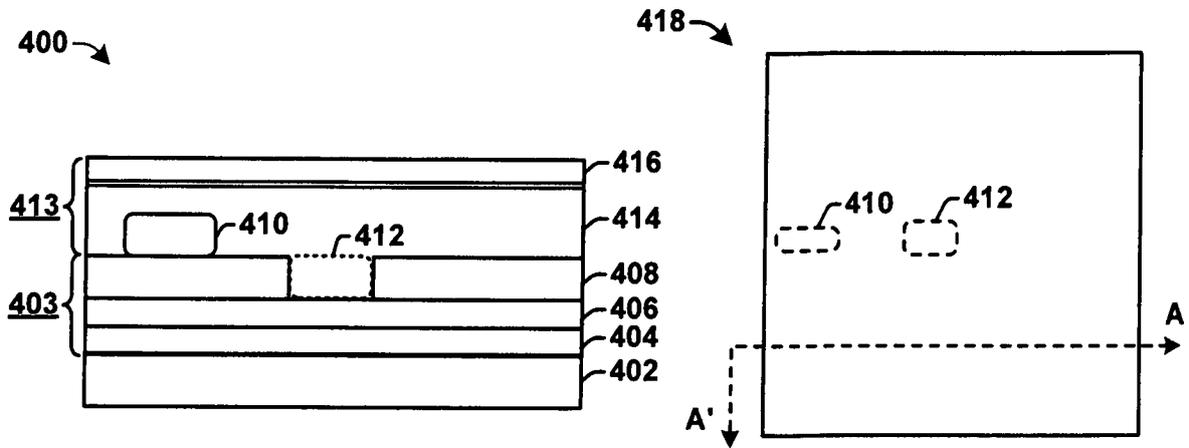
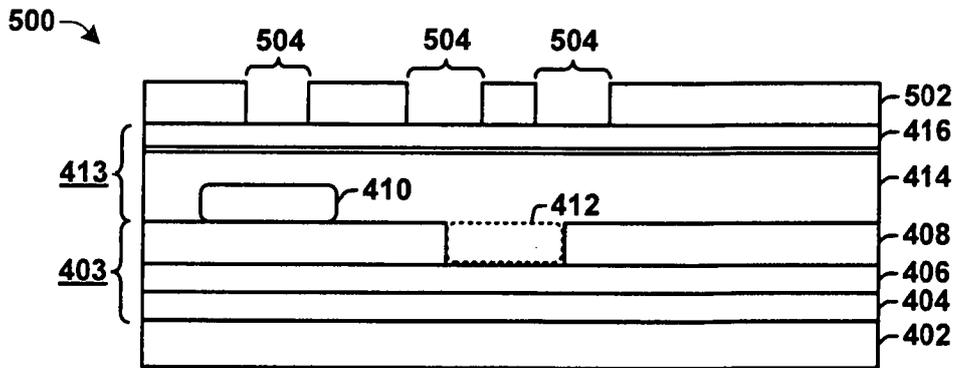


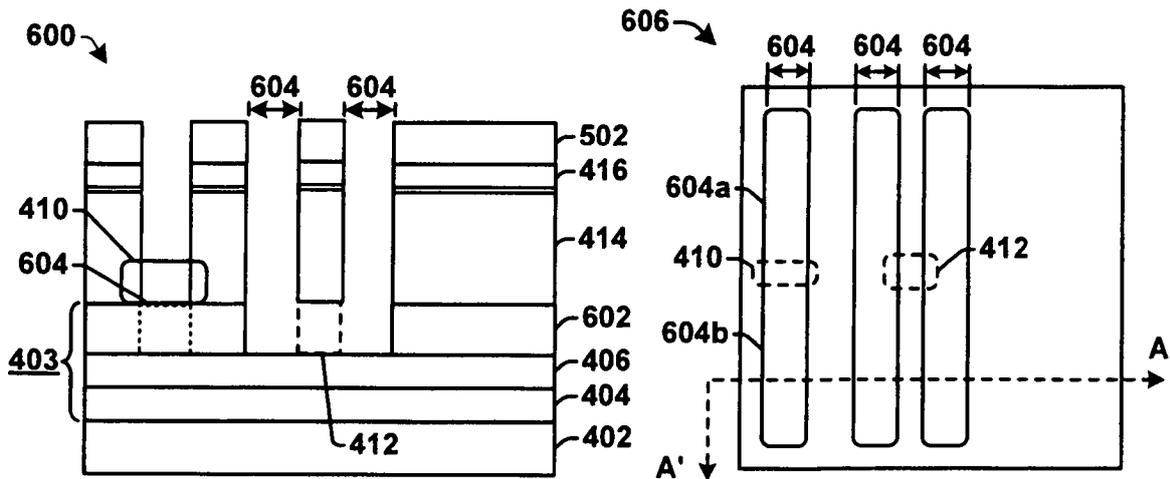
Fig. 3



**Fig. 4**



**Fig. 5**



**Fig. 6**

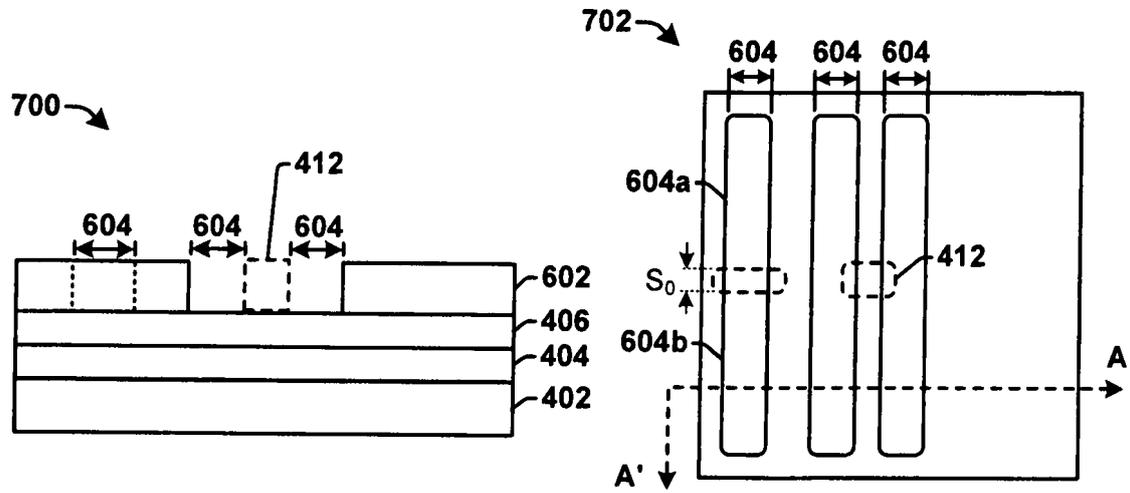


Fig. 7

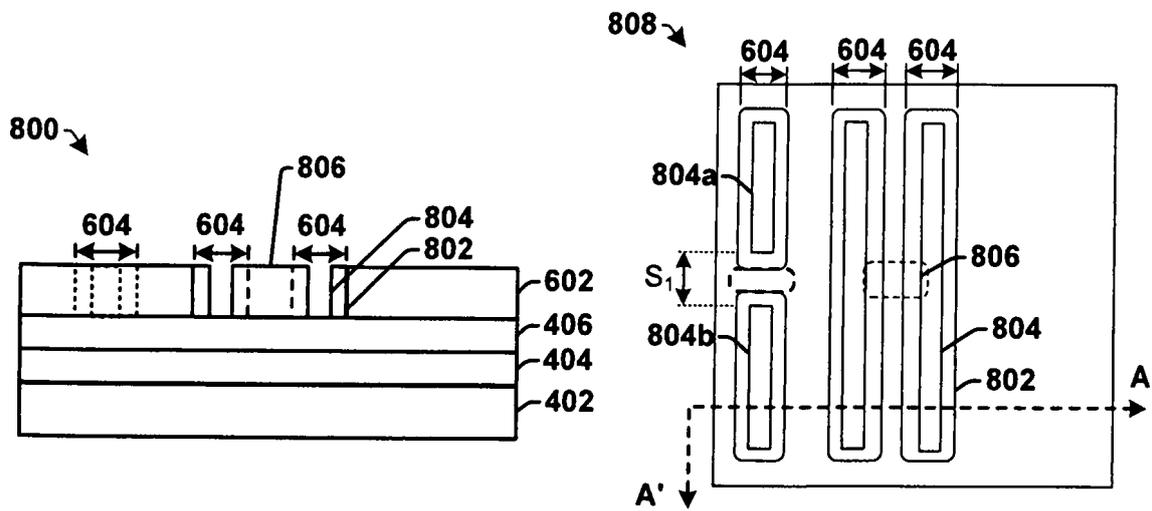
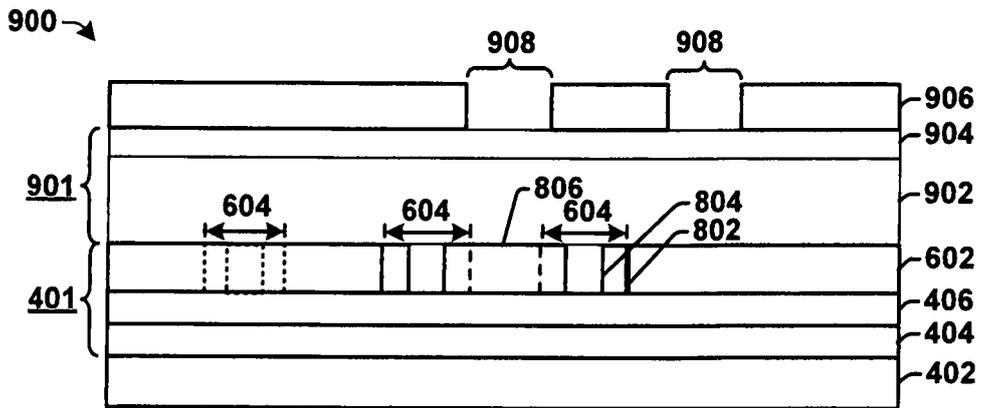
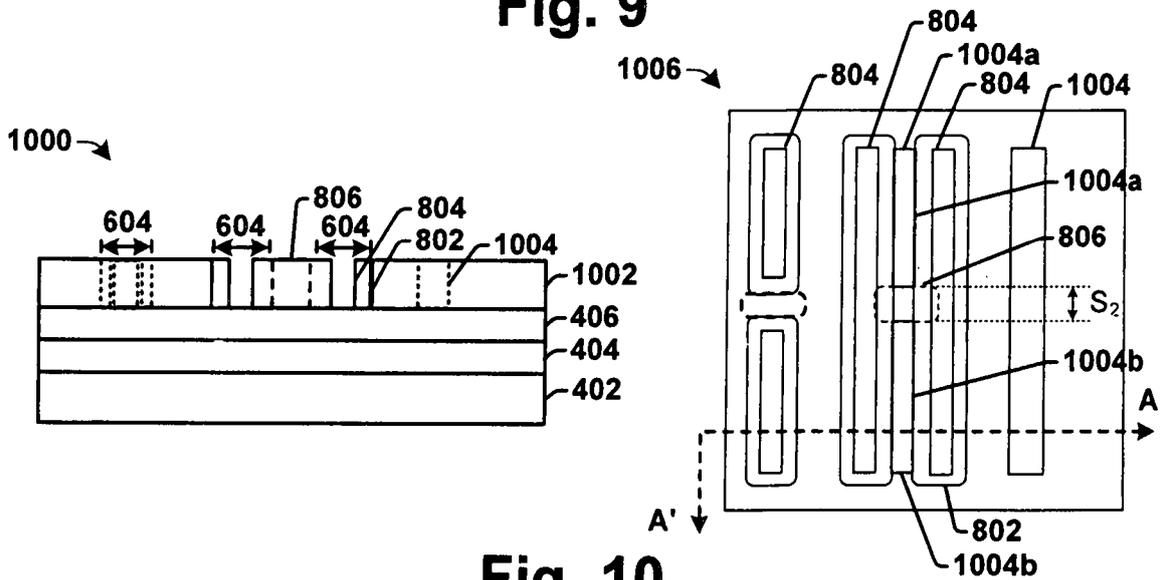


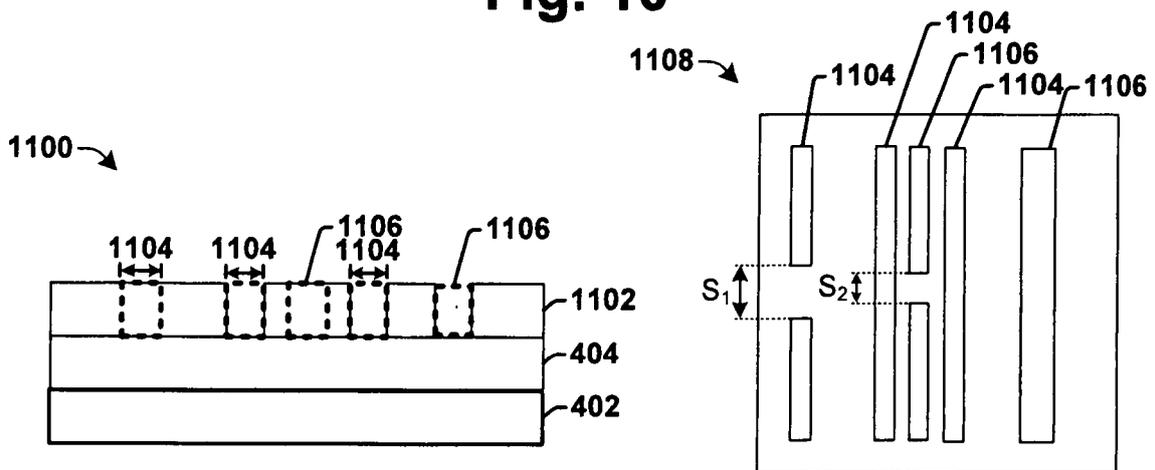
Fig. 8



**Fig. 9**



**Fig. 10**



**Fig. 11**

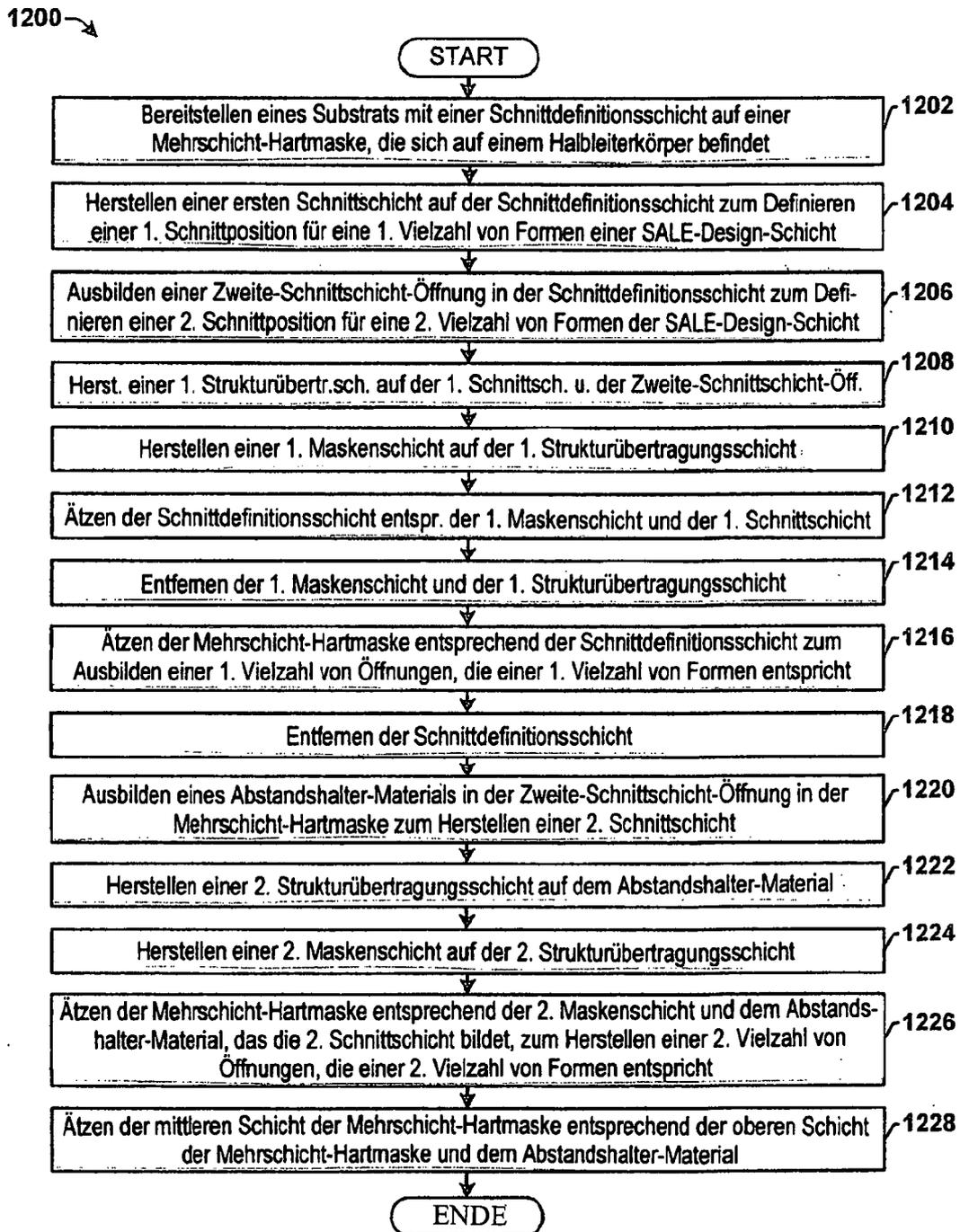
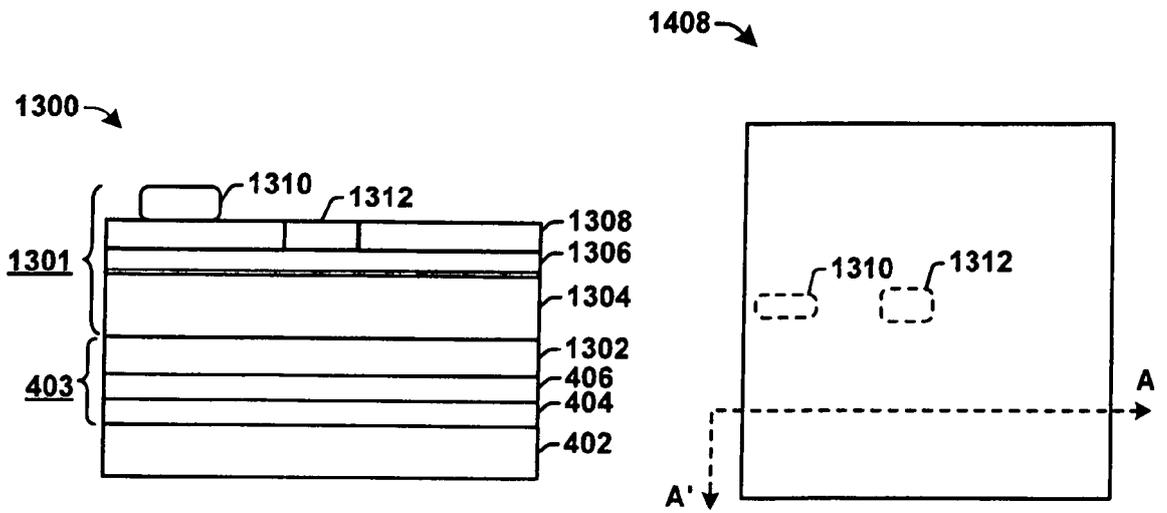
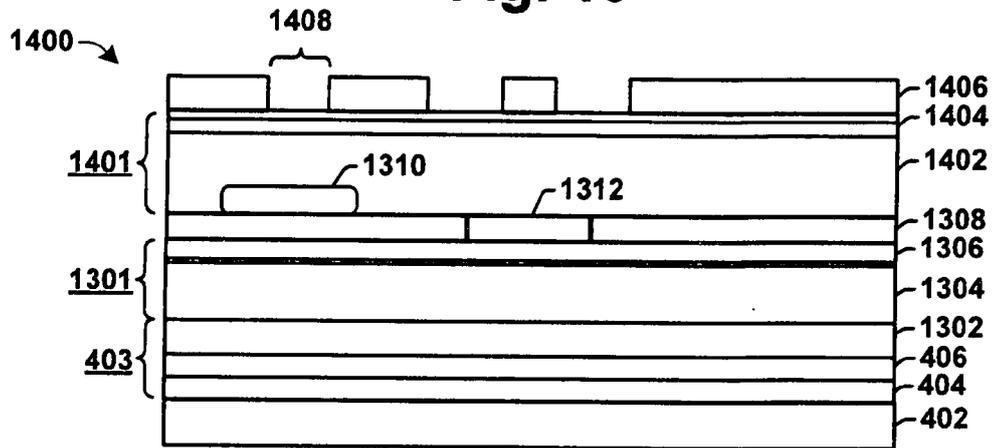


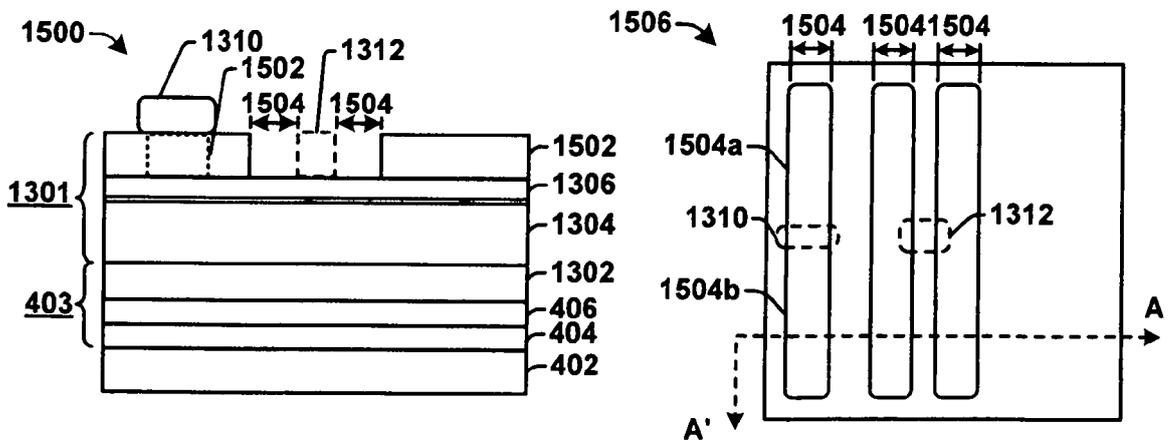
Fig. 12



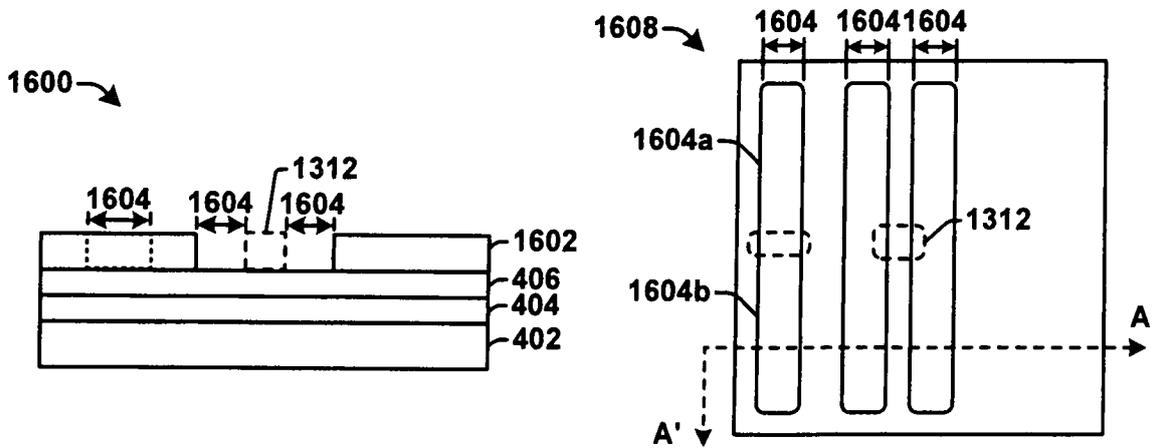
**Fig. 13**



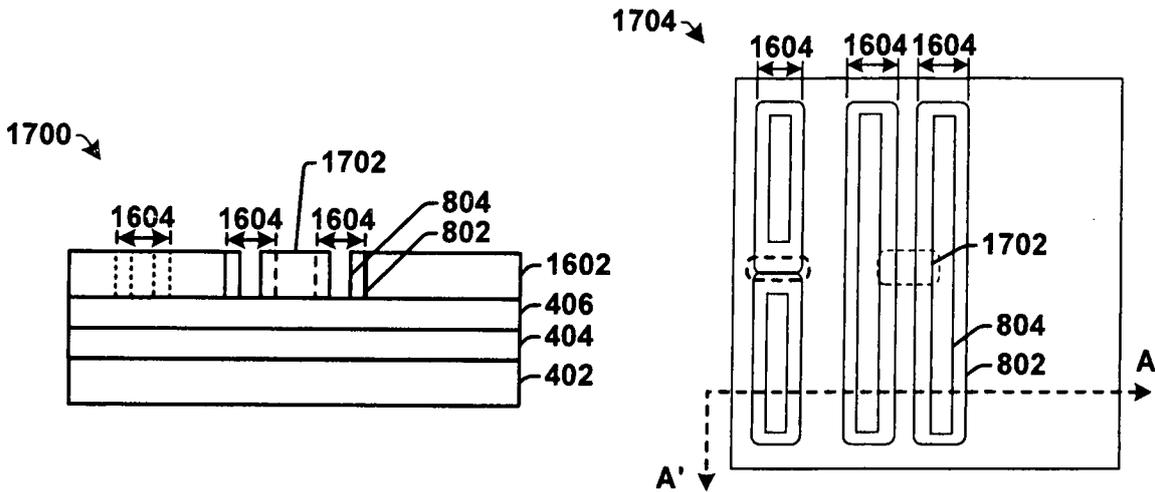
**Fig. 14**



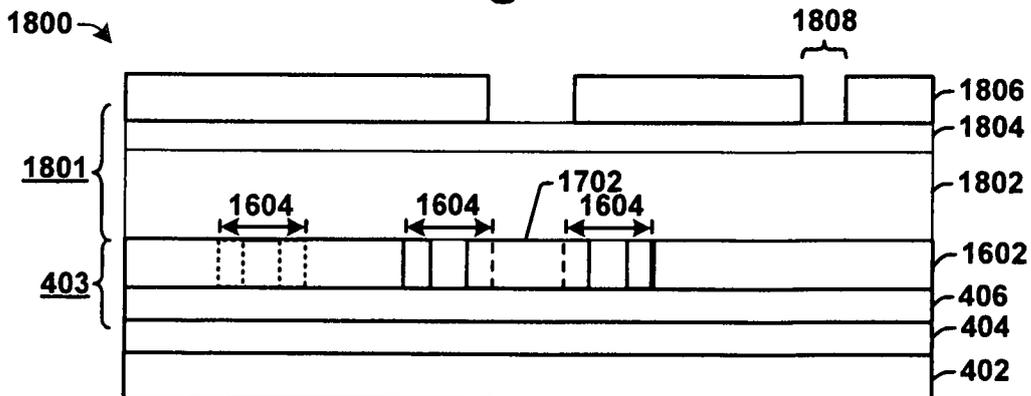
**Fig. 15**



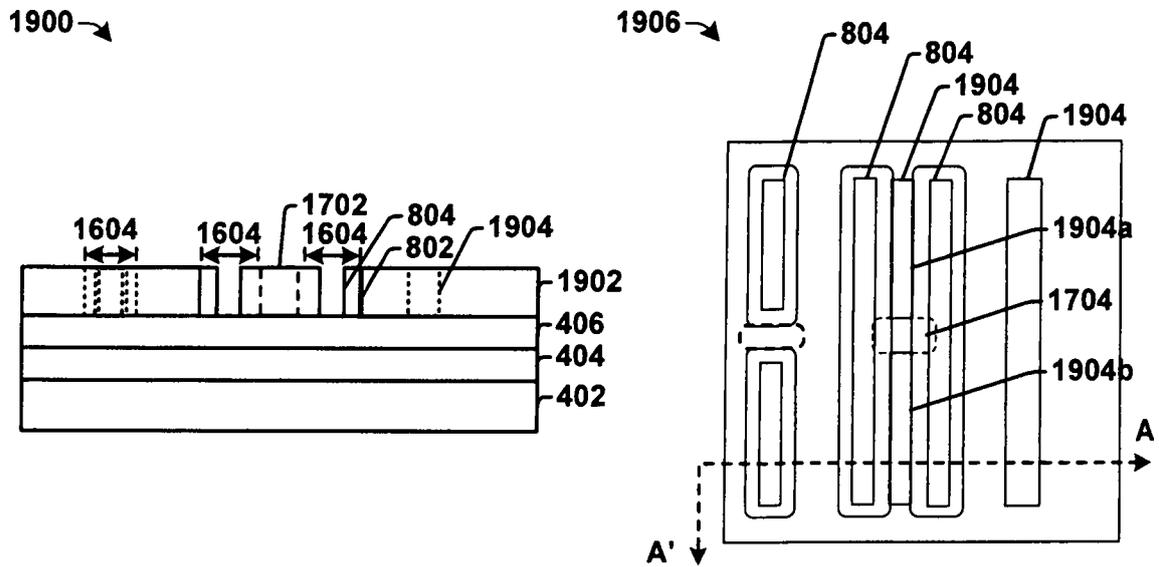
**Fig. 16**



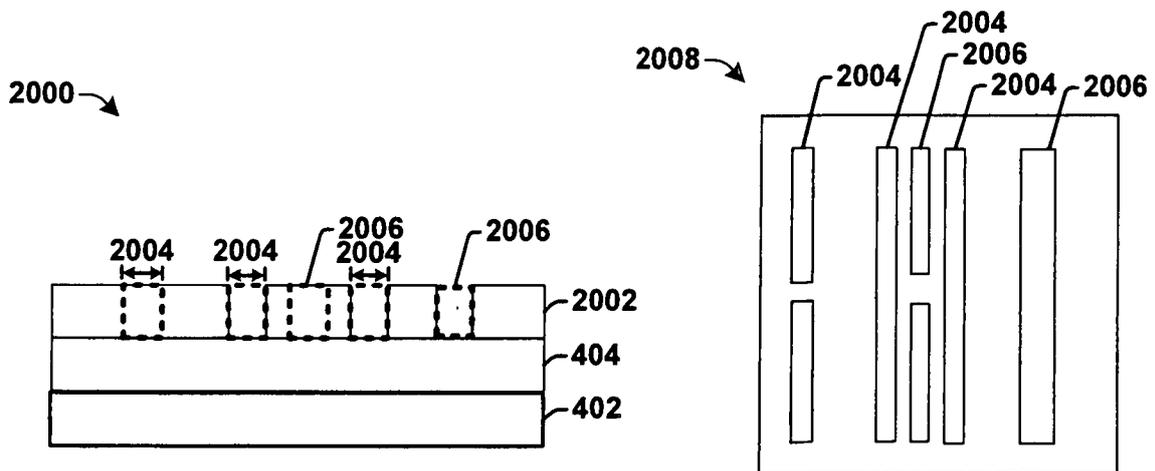
**Fig. 17**



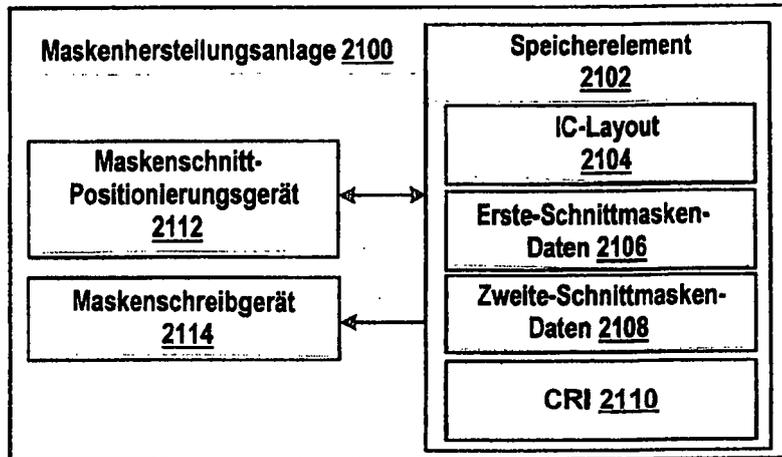
**Fig. 18**



**Fig. 19**



**Fig. 20**



**Fig. 21**