



(10) **DE 10 2011 053 390 A1** 2012.05.31

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 053 390.7**

(22) Anmeldetag: **08.09.2011**

(43) Offenlegungstag: **31.05.2012**

(51) Int Cl.: **H01L 21/304** (2011.01)

H05K 1/02 (2011.01)

(30) Unionspriorität:

US, 12/955,959 **30.11.2010** **US**

(74) Vertreter:

**Viering, Jentschura & Partner, 81675, München,
DE**

(71) Anmelder:

Infineon Technologies AG, 85579, Neubiberg, DE

(72) Erfinder:

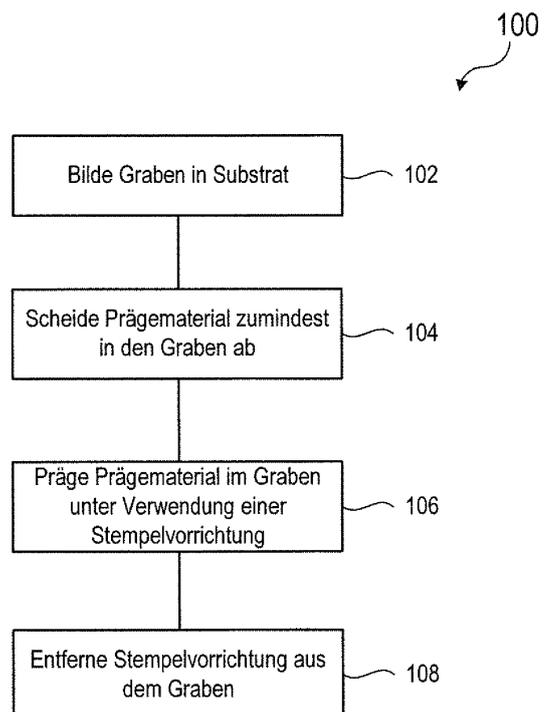
**Ortner, Joerg, Drobollach, AT; Sorger, Michael,
Villach, AT**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Prozessieren eines Substrats**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform kann ein Graben in dem Substrat gebildet werden; Prägematerial kann zumindest in den Graben abgeschieden werden; das Prägematerial in dem Graben kann geprägt werden unter Verwendung einer Stempelvorrichtung; und die Stempelvorrichtung kann aus dem Graben entfernt werden.



Beschreibung

[0001] Ausführungsformen betreffen allgemein ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats.

[0002] Bei der Halbleiterprozessierung kann es wünschenswert sein, dreidimensionale (3D) Strukturen zu realisieren. Ansätze zur Realisierung von 3D-Strukturen umfassen zum Beispiel lithographische Prozesse. Das Erzeugen von 3D-Strukturen mit Hilfe von lithographischen Prozessen kann jedoch mühsam sein (zum Beispiel kann eine hohe Anzahl von Prozessschritten erforderlich sein) und/oder kostspielig (zum Beispiel aufgrund der Verwendung von Zweiphotonenabsorptionsprozessen, teuren Geräten). Standardprozesse (zum Beispiel Standard-Mikrolithographieprozesse oder Standard-Nanoprägeprozesse (Nanoimprint-Prozesse)) können nur zweidimensionale (laterale) Strukturen definieren.

[0003] In den Zeichnungen bezeichnen gleiche Bezugszeichen im Allgemeinen dieselben Teile innerhalb der unterschiedlichen Ansichten. Die Zeichnungen sind nicht notwendigerweise maßstabsgetreu, die Betonung liegt stattdessen im Allgemeinen darauf, die Prinzipien von Ausführungsformen zu veranschaulichen. In der nachfolgenden Beschreibung werden verschiedene Ausführungsformen beschrieben unter Bezug auf die folgenden Zeichnungen, in denen:

[0004] [Fig. 1](#) ein Diagramm ist, das ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht;

[0005] [Fig. 2](#) ein Diagramm ist, das ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht;

[0006] [Fig. 3](#) eine schematische perspektivische Ansicht einer beispielhaften dreidimensionalen Struktur zeigt, die mittels eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform erhalten werden kann;

[0007] [Fig. 4](#) eine schematische perspektivische Ansicht einer als Stempel eingerichteten Stempelvorrichtung zeigt, die verwendet werden kann in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform, um die dreidimensionale Struktur aus [Fig. 3](#) zu erhalten,

[0008] [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5G](#) schematische Querschnittsansichten eines Substrats zeigen zum Veranschaulichen von verschiedenen Stadien in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform;

[0009] [Fig. 6](#) eine schematische Querschnittsansicht eines Substrats zeigt zum Veranschaulichen der

Bildung von Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform;

[0010] [Fig. 7](#) eine schematische Draufsicht eines Die-Arrays zeigt zum Veranschaulichen der Bildung von Die-Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform;

[0011] [Fig. 8](#) eine schematische perspektivische Ansicht eines Dies zeigt zum Veranschaulichen der Bildung von Die-Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform;

[0012] [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#) schematische Querschnittsansichten eines Substrats zeigen zum Veranschaulichen von verschiedenen Stadien in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform;

[0013] [Fig. 10](#) eine schematische Querschnittsansicht einer als Walze eingerichteten Stempelvorrichtung zeigt, die verwendet werden kann in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform.

[0014] Die folgende ausführliche Beschreibung nimmt Bezug auf die beigefügten Zeichnungen, die als Veranschaulichung bestimmte Details und Ausführungsformen zeigen, in denen die Erfindung ausgeübt werden kann. Diese Ausführungsformen werden ausreichend detailliert beschrieben, um diejenigen, die mit der Technik vertraut sind, in die Lage zu versetzen, die Erfindung auszuführen. Andere Ausführungsformen können verwendet werden und strukturelle, logische und elektrische Änderungen können vorgenommen werden, ohne vom Bereich der Erfindung abzuweichen. Die verschiedenen Ausführungsformen schließen sich nicht gegenseitig aus, da einige Ausführungsformen mit einer oder mehreren anderen Ausführungsformen kombiniert werden können, um neue Ausführungsformen zu bilden.

[0015] Der Ausdruck „Schicht“ oder „Schichtstruktur“, so wie hierin verwendet, kann so verstanden werden, dass er sich auf eine einzelne Schicht bezieht, oder auf eine Schichtfolge (auch als Schichtstapel bezeichnet), die eine Mehrzahl von Teilschichten aufweist. In einer Schichtfolge bzw. einem Schichtstapel können die einzelnen Teilschichten zum Beispiel unterschiedliche Materialien aufweisen oder aus unterschiedlichen Materialien bestehen, oder mindestens eine der Teilschichten kann dasselbe Material aufweisen oder aus demselben Material bestehen wie eine andere der Teilschichten.

[0016] Die Ausdrücke „angeordnet auf“ oder „ausgebildet auf“, so wie hierin verwendet, können so verstanden werden, dass sie sich auf eine Schicht (oder irgendein anderes Element oder Einheit) bezieht, die sich in direktem mechanischen und/oder elektrischen Kontakt auf einer anderen Schicht (Element oder Einheit) befindet. Eine Schicht (Element oder Einheit) kann sich auch in indirektem (mechanischen und/oder elektrischen) Kontakt mit einer anderen Schicht (Element oder Einheit) befinden, in diesem Fall können eine oder mehrere zusätzliche Schichten (Elemente oder Einheiten) dazwischen vorhanden sein.

[0017] Die Ausdrücke „angeordnet über“ oder „ausgebildet über“, so wie hierin verwendet, können so verstanden werden, dass sie sich auf eine Schicht (oder irgendein anderes Element oder Einheit beziehen) beziehen, die sich zumindest indirekt auf einer anderen Schicht (Element oder Einheit) befinden kann. Das heißt, eine oder mehrere Schichten (Elemente oder Einheiten) können sich zwischen den gegebenen Schichten (Elementen oder Einheiten) befinden.

[0018] Die Ausdrücke „elektrisch verbunden“, „elektrisch kontaktiert“ oder „elektrisch gekoppelt“ können so verstanden werden, dass sie sowohl eine/n direkte/n elektrische/n Verbindung, Kontakt oder Kopplung als auch eine/n indirekte/n elektrische/n Verbindung, Kontakt oder Kopplung umfassen.

[0019] [Fig. 3](#) ist ein Diagramm, das ein Verfahren **100** zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform veranschaulicht.

[0020] Gemäß einer Ausführungsform kann das Substrat ein Halbleitersubstrat sein, mit anderen Worten ein Substrat, das ein oder mehrere halbleitende Materialien aufweisen oder daraus hergestellt sein kann. Beispielsweise kann das Substrat aufweisen oder hergestellt sein aus Silizium (Si), alternativ irgendeinem anderen geeigneten Halbleitermaterial wie zum Beispiel Germanium (Ge), einem IV-IV-Verbindungshalbleiter (z. B. SiGe), einem III-V-Verbindungshalbleiter (z. B. GaAs), einem II-VI-Verbindungshalbleiter (z. B. CdTe) oder irgendeinem anderen geeigneten Halbleitermaterial.

[0021] Gemäß einer Ausführungsform kann das Substrat ein/en Wafer sein oder aufweisen, oder kann Teil eines Wafers sein, zum Beispiel ein Halbleiter-Wafer wie zum Beispiel ein Silizium-Wafer, alternativ irgendein anderer geeigneter Halbleiter-Wafer.

[0022] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Substrat eine Leiterplatte (Printed Circuit Board) (PCB) sein oder aufweisen.

[0023] In **102** kann ein Graben in dem Substrat gebildet werden.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform kann das Bilden des Grabens einen Ätzprozess aufweisen. Mit anderen Worten kann der Graben unter Verwendung eines Ätzprozesses, zum Beispiel eines Standard-Grabenätzprozesses, gebildet werden. Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Bilden des Grabens einen Sägeprozess (cutting process) aufweisen. Mit anderen Worten kann der Graben unter Verwendung eines Sägeprozesses gebildet werden. Gemäß anderen Ausführungsformen kann das Bilden des Grabens mittels anderer geeigneter Prozesse erreicht werden.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Barrierenschicht abgeschieden werden. Die Barrierenschicht kann vor dem Abscheiden von Prägematerial in den Graben (siehe unten) abgeschieden werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Barrierenschicht auf oder über einer Seitenwand oder Seitenwänden des Grabens abgeschieden werden. Die Barrierenschicht kann unter Verwendung irgendeines geeigneten Abscheideverfahrens abgeschieden werden.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Keimschicht abgeschieden werden. Die Keimschicht kann vor dem Abscheiden von Prägematerial in den Graben (siehe unten) abgeschieden werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Keimschicht auf oder über einer Seitenwand oder Seitenwänden des Grabens abgeschieden werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Keimschicht auf oder über zumindest einem Teil der Barrierenschicht (falls vorhanden) abgeschieden werden. Die Keimschicht kann unter Verwendung irgendeines geeigneten Abscheideverfahrens abgeschieden werden.

[0027] In **104** kann Prägematerial zumindest in den Graben abgeschieden werden.

[0028] Der Ausdruck „Prägematerial (Imprint-Material)“, so wie hierin verwendet, kann so verstanden werden, dass er Materialien umfasst, die mittels Prägens oder Eindrückens gestaltet oder strukturiert werden können, zum Beispiel Materialien, die unter Verwendung einer Stempelvorrichtung (wie zum Beispiel einem Stempel oder Prägestempel (Imprint-Stempel) oder einer Walze) mit einer Prägestruktur (Imprint-Struktur) oder einem Pragemuster (z. B. einer Mikroprägestruktur (Mikroimprint-Struktur) oder Nanoprägestruktur (Nanoimprint-Struktur)) gestaltet oder strukturiert werden können.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform kann das Prägematerial so abgeschieden werden, dass der Graben teilweise mit dem Prägematerial gefüllt wird. Gemäß einer anderen Ausführungsform kann das Prägematerial so abgeschieden werden, dass der Graben vollständig mit dem Prägematerial gefüllt wird.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform kann das Prägematerial ein härtbares Material aufweisen oder sein.

[0031] Der Ausdruck „härtbares Material“, so wie hierin verwendet, kann so verstanden werden, dass er Materialien umfasst, die von einem ersten Zustand mit geringer Härte oder Widerstandsfähigkeit (auch als nicht-gehärteter Zustand bezeichnet) in einen zweiten Zustand mit, verglichen mit dem ersten Zustand, höheren Härte oder Widerstandsfähigkeit (auch als gehärteter Zustand bezeichnet) übergehen können oder umgewandelt werden können. Der Übergang vom ersten (nicht-gehärteten) Zustand in den zweiten (gehärteten) Zustand kann auch als „Härten“ oder „Hartwerden“ bezeichnet werden.

[0032] Gemäß einigen Ausführungsformen kann in dem Fall, dass das Prägematerial ein härtbares Material aufweist oder ist, das Prägematerial abgeschieden werden, während es sich im nicht-gehärteten Zustand befindet.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform kann das härtbare Material ein polymeres oder polymerisierbares Material aufweisen oder sein, zum Beispiel ein polymeres Lackmaterial gemäß einer Ausführungsform, zum Beispiel ein lichtempfindliches Lackmaterial (oder Photolack (Photoresist)) gemäß einer Ausführungsform, zum Beispiel ein UV(ultraviolett)-empfindlicher Photolack gemäß einer Ausführungsform, oder ein wärmeempfindliches Lackmaterial (Resist-Material) gemäß einer anderen Ausführungsform.

[0034] Für den Fall, dass ein polymeres oder polymerisierbares Material (zum Beispiel polymeres Lackmaterial, z. B. Photoresist) als härtbares Material verwendet wird, kann das Härten anschaulich durch Vernetzung (cross-linking) von Polymerketten des polymeren oder polymerisierbaren Materials (zum Beispiel polymeren Lackmaterials, z. B. Photoresist) erfolgen. In diesem Zusammenhang kann das Härten des polymeren oder polymerisierbaren Materials auch als Aushärten (Curing) bezeichnet werden, und das härtbare Material kann auch als aushärtbares (curable) Material bezeichnet werden.

[0035] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das härtbare Material derart eingerichtet sein, dass eine Vernetzung der Polymerketten mit Hilfe einer Beleuchtung oder Bestrahlung mit Licht erreicht werden kann (im Falle eines lichtempfindlichen Resist-Materials), zum Beispiel mit Hilfe von UV-Bestrahlung (z. B. im Falle eines UV-empfindlichen Resist-Materials), mit anderen Worten, indem das Material Licht (z. B. W-Licht) ausgesetzt wird, und zum Beispiel zu einer Änderung der Löslichkeit des polymeren oder polymerisierbaren Materials (zum Beispiel polymeren Resist-Materials, z. B. Photoresist) führen kann.

[0036] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das härtbare Material derart eingerichtet sein, dass eine Vernetzung der Polymerketten mittels Anwendens von erhöhten Temperaturen (zum Beispiel Temper- oder Anneal-Prozess) erreicht werden kann. Härtbare Materialien, die mit Hilfe von erhöhten Temperaturen gehärtet werden können, können zum Beispiel wärmehärtende Materialien (thermosetting materials) umfassen.

[0037] Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform kann das härtbare Material derart eingerichtet sein, dass das Härten oder Aushärten (zum Beispiel eine Vernetzung) des härtbaren Materials mittels Anlegens einer elektrischen Spannung an das härtbare Material erreicht werden kann.

[0038] Gemäß noch einer weiteren Ausführungsform kann das härtbare Material als ein selbsthärtendes Material eingerichtet sein, mit anderen Worten als ein Material, das ohne äußeren Einfluss (zum Beispiel ohne Anwenden von Bestrahlung, erhöhten Temperaturen oder elektrischen Spannungen) härten kann, zum Beispiel einfach nach Ablauf einer gewissen Zeitdauer.

[0039] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial eine Pressmasse (hold Compound) aufweisen oder sein.

[0040] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial ein Nanopasten-Material sein.

[0041] Das Prägematerial kann unter Verwendung eines geeigneten Abscheideverfahrens abgeschieden werden. Zum Beispiel kann gemäß einigen Ausführungsformen in dem Fall, dass das Prägematerial einen Prägelack (Imprint-Resist) aufweist oder ist, das Prägematerial unter Verwendung irgendeines geeigneten Lackabscheideverfahrens abgeschieden werden, wie zum Beispiel einem Schleuderbeschichtungsverfahren (Spin-Coating-Verfahren) gemäß einer Ausführungsform. Gemäß weiteren Ausführungsformen können andere geeignete Abscheideverfahren verwendet werden.

[0042] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Abscheiden des Prägematerials ferner aufweisen das Abscheiden des Prägematerials auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche, gemäß einer Ausführungsform zum Beispiel zumindest auf oder über einem Teil oder Teilen der Substratoberfläche, der/die dem Graben nahegelegen ist/sind oder an den Graben angrenzt/angrenzen. Das Prägematerial kann zum Beispiel die Substratoberfläche bedecken.

[0043] Gemäß einer Ausführungsform kann das Abscheiden des Prägematerials aufweisen das Be-

schichten des Substrats (z. B. Wafers) mit einer Schicht (z. B. dicken Schicht) aus Prägematerial (z. B. Prägelack).

[0044] In 106 kann das Prägematerial unter Verwendung einer Stempelvorrichtung geprägt werden.

[0045] Der Ausdruck „Stempelvorrichtung“, so wie hierin verwendet, kann so verstanden werden, dass er Vorrichtungen, zum Beispiel Stempel, umfasst, die zum Prägen oder Eindrücken eines Prägematerials verwendet werden können, wodurch das Prägematerial gestaltet oder strukturiert wird. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung zum Beispiel einen Stempel aufweisen oder ein Stempel sein. In diesem Fall kann der Stempel auch als Prägestempel (Imprint-Stempel) bezeichnet werden. Gemäß weiteren Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung zum Beispiel eine strukturierte Walze aufweisen oder sein.

[0046] In dem Fall, dass das Prägematerial ein härtbares Material aufweist oder ist, kann das Prägematerial geprägt werden, während es sich noch im nicht-gehärteten Zustand befindet.

[0047] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) mindestens ein/e Prägemuster oder Prägestruktur aufweisen, das/die zum Prägen von Strukturen in dem Graben geeignet sein kann. Zum Beispiel kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) gemäß einer Ausführungsform eine oder mehrere Mikroprägestrukturen (Mikro-Imprint-Strukturen) aufweisen. Der Ausdruck „Mikroprägestruktur (Mikro-Imprint-Struktur)“, so wie hierin verwendet, kann so verstanden werden, dass er Prägestrukturen oder -muster umfasst, bei denen eine oder mehrere räumliche Abmessungen (d. h. Länge, Breite, Höhe) im Mikrometerbereich liegen (zum Beispiel in der Größenordnung von ein paar Mikrometern, einigen zehn Mikrometern oder einigen hundert Mikrometern). Mit anderen Worten kann eine „Mikroprägestruktur“ eine Prägestruktur mit einer Länge und/oder Breite und/oder Höhe im Mikrometerbereich bezeichnen.

[0048] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) ein Prägemuster (auch als Prägestruktur bezeichnet) aufweisen, das dem Inversen (oder Negativ) einer/eines zumindest in dem Graben zu bildenden Maskenstruktur oder Maskenmusters (auch als dreidimensionale (3D) Maskenstruktur oder -muster bezeichnet) entsprechen kann. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Prägemuster dem Inversen (oder Negativ) einer in dem Graben und auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche zu bildenden 3D-Maskenstruktur entsprechen. Die 3D-Maskenstruktur kann dem strukturierten Prägematerial entsprechen, das mittels Treibens der Stempelvorrichtung (z. B.

des Stempels) (welche die Prägestruktur aufweist) in das Prägematerial erhalten werden kann.

[0049] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) derart eingerichtet sein, dass die Prägestruktur beim Prägen des Prägematerials zumindest teilweise in den Graben reichen kann. Gemäß einer Ausführungsform können/kann der Graben und/oder die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) derart eingerichtet sein, dass ein unteres Ende der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) (anschaulich das Ende der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels), das dem Boden des Grabens gegenüberliegt) einen Abstand zum Boden des Grabens aufweist, wenn das Prägematerial geprägt wird. Mit anderen Worten kann gemäß einer Ausführungsform die Tiefe des Grabens derart sein, dass das untere Ende der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) (oder der Prägestruktur der Stempelvorrichtung) den Boden des Grabens beim Prägen des Prägematerials nicht erreicht oder kontaktiert. Somit kann beispielsweise eine Schicht aus Prägematerial zwischen dem Grabenboden und dem unteren Ende der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) verbleiben, wenn die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) in den Graben eingebracht wird. Daher kann in diesem Fall eine Maskenstruktur, die durch das geprägte Prägematerial gebildet werden kann, den gesamten Boden des Grabens bedecken. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) (oder, genauer gesagt, die Prägestruktur der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels)) derart eingerichtet sein, dass das untere Ende der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) den Grabenboden erreichen kann. In diesem Fall können nach dem Prägen zumindest Teile des Bodens des Grabens frei von Prägematerial sein. Daher kann in diesem Fall eine Maskenstruktur, die durch das geprägte Prägematerial gebildet werden kann, Teile des Bodens des Grabens bedecken.

[0050] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Prägestruktur der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) eine beliebige Form haben, die es erlaubt, die Stempelvorrichtung (z. B. den Stempels) ohne Beschädigung einer Maskenstruktur oder eines Maskenmusters, die/das aus dem geprägten (und möglicherweise gehärteten) Prägematerial gebildet worden sein kann, aus dem Graben zu entfernen, anschaulich eine beliebige Form, die es erlaubt, das Prägematerial so zu prägen, dass die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) (oder, genauer gesagt, ihre Prägestruktur oder Prägemuster) nicht in dem geprägten (und möglicherweise gehärteten) Prägematerial hängenbleibt oder sich verhakt.

[0051] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen das Prägen von Prägematerial in einem Graben und, möglicherweise, auf oder über der Substratoberfläche unter Verwendung einer Stempelvor-

richtung (z. B. eines Stempels) aufweisen, dass das Prägematerial so strukturiert wird, dass es eine Struktur hat, die einer in dem Graben und, möglicherweise, auf oder über der Substratoberfläche zu bildenden 3D-Maskenstruktur entspricht. Mit anderen Worten kann eine 3D-Maskenstruktur erhalten werden, indem eine Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) mit einer Prägestruktur, die dem Inversen (oder Negativ) der 3D-Maskenstruktur entspricht, in das Prägematerial getrieben wird.

[0052] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die 3D-Maskenstruktur verwendet werden für nachfolgende Strukturierungsprozesse, z. B. Strukturplattierungsprozesse (Pattern-Plating-Prozesse), um ein/e dreidimensionale/s (3D) Muster oder Struktur wie zum Beispiel ein/e dreidimensionale/s (3D) Metallisierungsstruktur oder -muster zu erhalten, wie nachfolgend beschrieben wird.

[0053] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) ein Material, das härter ist als das Prägematerial, aufweisen oder daraus hergestellt sein. Mit anderen Worten kann/können gemäß einer Ausführungsform das Material oder die Materialien der Stempelvorrichtung eine höhere mechanische Härte haben als das Prägematerial.

[0054] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) ein Metall oder eine Metalllegierung aufweisen oder daraus hergestellt sein (gemäß einer Ausführungsform zum Beispiel ähnlich wie bei Stempeln, die bei der Audio-Compact-Disc(CD)-Produktion verwendet werden). Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) Stahl aufweisen oder daraus hergestellt sein.

[0055] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) ein flexibles Material aufweisen oder daraus hergestellt sein. Zum Beispiel kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) ein Polymermaterial, zum Beispiel ein Silikonmaterial gemäß einer Ausführungsform, alternativ ein anderes Polymermaterial, aufweisen oder daraus hergestellt sein. Ein aus der Verwendung eines flexiblen Materials wie zum Beispiel einem Polymermaterial resultierender Effekt kann darin gesehen werden, dass ein mögliches Auftreten von Kratzern im Prägematerial als Folge des Prägens (Eindrückens) verhindert oder reduziert werden kann.

[0056] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) ein transparentes Material aufweisen oder daraus bestehen, zum Beispiel in dem Fall, dass das Prägematerial ein lichtempfindliches Material ist, das mit Hilfe von Lichtbestrahlung gehärtet werden kann. Gemäß einer Ausführungsform kann das transparente Materi-

al zum Beispiel für Ultraviolett(UV)-Strahlung transparent sein, zum Beispiel in dem Fall, dass als Prägematerial ein UV-empfindliches (oder -aushärtbares) Material verwendet wird. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) zum Beispiel ein Glasmaterial aufweisen oder daraus bestehen, zum Beispiel Quarzglas-Material gemäß einer Ausführungsform.

[0057] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) unter Verwendung ähnlicher oder analoger Prozesse bereitgestellt (zum Beispiel angefertigt oder hergestellt) werden wie bei einer Standard-Nanoimprint-Fertigung. Alternativ kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) unter Verwendung anderer geeigneter Prozesse bereitgestellt werden.

[0058] Gemäß einigen Ausführungsformen kann in dem Fall, dass das Prägematerial auch auf oder über der Substratoberfläche abgeschieden wird, das Prägen des Prägematerials unter Verwendung der Stempelvorrichtung (z. B. eines Stempels) ferner aufweisen das Prägen des auf oder über der Substratoberfläche abgeschiedenen Prägematerials unter Verwendung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels). Anschaulich kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) gemäß einer Ausführungsform ein Prägemuster bzw. eine Prägestruktur haben, das/die geeignet sein kann zum Prägen von Strukturen in dem Graben und auf oder über der Substratoberfläche.

[0059] Gemäß einigen Ausführungsformen kann in dem Fall, dass das Prägematerial ein härtbares Material ist, das Prägematerial nach dem Prägen des Prägematerials und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) aus dem Graben gehärtet werden (siehe unten).

[0060] Zum Beispiel kann in dem Fall, dass ein aushärtbares Material wie zum Beispiel ein aushärtbares polymeres oder polymerisierbares Material (zum Beispiel polymeres Resist-Material, z. B. Photoresist) verwendet wird, das Härten des Prägematerials das Aushärten des Prägematerials aufweisen. Anschaulich kann das Aushärten des Prägematerials die Vernetzung von Polymerketten des Prägematerials aufweisen, wie oben erwähnt.

[0061] Gemäß einer Ausführungsform kann das Aushärten des Prägematerials (z. B. eines lichtempfindlichen Resist-Materials) aufweisen, dass das Prägematerial einer Lichtbestrahlung ausgesetzt wird, zum Beispiel einer Ultraviolett(UV)-Licht-Bestrahlung (z. B. im Falle eines UV-aushärtbaren Resists) gemäß einer Ausführungsform.

[0062] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Aushärten des Prägematerials (z. B. eines wärmeempfindlichen Resist-Materials) aufwei-

sen, dass das Substrat (und somit das Prägematerial) erhitzt (getempert) wird.

[0063] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Aushärten des Prägematerials das Anwenden von Mikrowellenstrahlung auf das Prägematerial aufweisen. Zum Beispiel kann das Prägematerial gemäß einer Ausführungsform ein Matrixmaterial aufweisen, welches ein wärmeempfindliches Material, z. B. ein wärmeempfindliches Polymermaterial, sein kann, das Nanoferritpartikel enthalten kann, die in dem Matrixmaterial eingebettet sein, können. Die Nanoferritpartikel können Energie aus dem elektromagnetischen Feld der Mikrowellenstrahlung absorbieren. Dies kann zu einer Aufheizung der Nanoferritpartikel in dem Matrixmaterial führen. Auf diese Weise kann Wärme von den eingebetteten Nanoferritpartikeln unmittelbar und lokal im Matrixmaterial freigesetzt werden, und das Matrixmaterial (z. B. Polymermaterial) kann durch die freigesetzte Wärme ausgehärtet werden.

[0064] In **108** kann die Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) aus dem Graben entfernt werden.

[0065] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen nach der Entfernung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) eine dreidimensionale (3D) Maskenstruktur in dem Graben und, gemäß einigen Ausführungsformen, auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche verbleiben. Die 3D-Maskenstruktur kann dem gestalteten bzw. strukturierten (und, möglicherweise, gehärteten oder ausgehärteten) Prägematerial (z. B. Prägelack) entsprechen.

[0066] Gemäß einer Ausführungsform kann ein Flash- und/oder Recess-Schritt nach der Entfernung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) durchgeführt werden. Der Flash- und/oder Recess-Schritt kann zum Beispiel verwendet werden, um mögliche Überreste des Prägematerials (zum Beispiel dünne Polymerfilme, z. B. Lackfilme (Resist-Filme) an zum Beispiel Seitenwänden des Grabens zu entfernen.

[0067] Gemäß einer Ausführungsform kann nach der Entfernung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) Füllmaterial in den Graben abgeschieden werden. Gemäß einer Ausführungsform kann das Füllmaterial nach dem Flash- und/oder Recess-Schritt (falls vorgesehen) abgeschieden werden.

[0068] Gemäß einer Ausführungsform kann das Abscheiden des Füllmaterials aufweisen, dass zumindest Teile des Grabens, die frei von dem Prägematerial sind, gefüllt werden. Anschaulich kann das Füllmaterial (zumindest teilweise) jene Teile des Grabens füllen, die von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel) belegt waren.

[0069] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen das Abscheiden des Füllmaterials aufweisen, dass „Nicht-Prägematerial-Bereiche (non-imprint-material areas)“ in dem Graben, zum Beispiel Nicht-Resist-Bereiche (non-resist areas) in dem Fall, dass ein Resist-Material als Prägematerial verwendet wird, gefüllt werden.

[0070] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Füllmaterial elektrisch leitfähiges Material wie zum Beispiel Metall aufweisen oder sein. Gemäß einer Ausführungsform kann das Füllmaterial ein Metall wie zum Beispiel Kupfer (Cu), alternativ irgendeine andere/s geeignete/s Metall oder Metalllegierung, aufweisen oder sein.

[0071] Gemäß einer Ausführungsform kann das Abscheiden des Füllmaterials (z. B. Metalls) aufweisen oder erreicht werden durch galvanische Abscheidung des Füllmaterials.

[0072] Gemäß einer Ausführungsform kann das Abscheiden des Füllmaterials (z. B. Metalls) aufweisen oder erreicht werden durch einen Plattierungsprozess (plating process). Mit anderen Worten kann das Füllmaterial (z. B. Metall) unter Verwendung eines Plattierungsprozesses (z. B. Cu-Plattieren (Cu plating)) abgeschieden werden.

[0073] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen ein/e 3D-Muster oder -Struktur (z. B. 3D-Plattierungsmuster oder -struktur) durch das Füllmaterial (z. B. Metall) gebildet werden. Das 3D-Muster oder die 3D-Struktur kann anschaulich dem Prägemuster der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) entsprechen.

[0074] Gemäß einer Ausführungsform kann mindestens ein zusätzlicher Graben in dem Substrat gebildet werden, das Prägematerial kann in den mindestens einen zusätzlichen Graben abgeschieden werden, das Prägematerial kann unter Verwendung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) geprägt werden, und die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) kann aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben entfernt werden.

[0075] Gemäß einer Ausführungsform kann das Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben durchgeführt werden nach dem Prägen des Prägematerials in dem Graben. Anschaulich kann das Substrat gemäß dieser Ausführungsform in einem „Step and Repeat (Schritt-und-Wiederhol-)“ – Ablauf prozessiert werden, bei dem die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) sequentiell das Prägematerial in einer Mehrzahl von Gräben prägen kann.

[0076] Gemäß einer anderen Ausführungsform kann das Prägen des Prägematerials in dem mindestens

einen zusätzlichen Graben und das Prägen des Prägematerials in dem Graben gleichzeitig durchgeführt werden. Anschaulich kann das Substrat gemäß dieser Ausführungsform in einer „All in one (Alles-auf-einmal)“-Weise prozessiert werden, bei der die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) das Prägematerial in allen Graben gleichzeitig (mit anderen Worten, auf einmal) prägen kann. In diesem Fall kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) in einer geeigneten Weise eingerichtet sein, zum Beispiel derart, dass sie eine Mehrzahl von Prägemustern (zum Beispiel ein Prägemuster pro Graben) aufweist. Gemäß einer Ausführungsform können die Prägemuster alle dieselbe Form haben, alternativ können sie unterschiedliche Formen haben. Ferner kann gemäß einer Ausführungsform, falls ein Härten des Prägematerials vorgesehen ist, das Prägematerial in allen Graben gleichzeitig gehärtet werden.

[0077] Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Verfahren 200 zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer weiteren Ausführungsform veranschaulicht.

[0078] Gemäß einer Ausführungsform kann das Substrat ein Halbleitersubstrat sein, mit anderen Worten ein Substrat, das ein oder mehrere halbleitende Materialien aufweisen oder daraus hergestellt sein kann. Beispielsweise kann das Substrat aufweisen oder hergestellt sein aus Silizium (Si), alternativ irgendeinem anderen geeigneten Halbleitermaterial wie zum Beispiel Germanium (Ge), einem IV-IV-Verbindungshalbleiter (z. B. SiGe), einem III-V-Verbindungshalbleiter (z. B. GaAs), einem II-VI-Verbindungshalbleiter (z. B. CdTe) oder irgendeinem anderen geeigneten Halbleitermaterial.

[0079] Gemäß einer Ausführungsform kann das Substrat ein/en Wafer sein oder aufweisen, oder kann Teil eines Wafers sein, zum Beispiel ein Halbleiter-Wafer wie zum Beispiel ein Silizium-Wafer, alternativ irgendein anderer geeigneter Halbleiter-Wafer.

[0080] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Substrat eine Leiterplatte (Printed Circuit Board) (PCB) sein oder aufweisen.

[0081] In 202 kann ein Graben in dem Substrat gebildet werden. Der Graben kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet und/oder eingerichtet werden/sein, zum Beispiel mit Hilfe eines Grabenätzprozesses oder mit Hilfe eines Sägeprozesses, alternativ mittels irgendeines anderen geeigneten Prozesses zum Bilden von Gräben.

[0082] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Barrierenschicht abgeschieden werden. Die Barrierenschicht kann abgeschieden werden, bevor eine Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) in dem Graben angeordnet wird (siehe unten). Ferner kann die

Barrierenschicht gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen abgeschieden und/oder eingerichtet werden/sein.

[0083] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Keimschicht abgeschieden werden. Die Keimschicht kann abgeschieden werden, bevor eine Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) in dem Graben angeordnet wird (siehe unten). Ferner kann die Keimschicht gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein.

[0084] In 204 kann eine Stempelvorrichtung (z. B. ein Stempel) zumindest in dem Graben angeordnet werden. Die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein.

[0085] In 206 kann mindestens ein Teil des Grabens, der frei ist von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel) (zum Beispiel ein oder mehrere Teile des Grabens, die frei sind von dem Prägemuster der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels)) zumindest teilweise mit Grabenfüllmaterial gefüllt werden. Mit anderen Worten können anschaulich ein oder mehrere „Nicht-Stempel“-Bereiche in dem Graben (d. h. Bereiche des Grabens, die frei sind von dem Prägemuster der Stempelvorrichtung, wenn die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) in dem Graben angeordnet ist) mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden.

[0086] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Grabenfüllmaterial ein härtpbares Material aufweisen oder sein, zum Beispiel ein härtpbares Material gemäß irgendeiner der hierin beschriebenen Ausführungsformen, zum Beispiel ein polymerisierbares Material wie zum Beispiel ein aushärtbarer Polymerlack (Polymer-Resist), zum Beispiel ein Photolack (Photoresist).

[0087] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Grabenfüllmaterial so abgeschieden werden, dass auch Teile auf oder über der Substratoberfläche, die frei sind von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel) („Nicht-Stempel-Bereiche“ auf oder über der Substratoberfläche), mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden. Zum Beispiel kann das Grabenfüllmaterial gemäß einigen Ausführungsformen so abgeschieden werden, dass Teile oder Bereiche auf oder über der Substratoberfläche, die sich zwischen der Substratoberfläche und einem oberen Teil der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) befinden, mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden können.

[0088] Gemäß einer Ausführungsform kann in dem Fall, dass das Grabenfüllmaterial ein härtpbares Material aufweist oder ist, das Grabenfüllmaterial abgeschieden werden, während es sich im nicht-gehärteten Zustand befindet.

[0089] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann in dem Fall, dass das Grabenfüllmaterial ein härteres Material aufweist oder ist, das Grabenfüllmaterial nach dem Füllen des Grabens und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) aus dem Graben (siehe unten) gehärtet werden. Das Härten des Grabenfüllmaterials kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen erfolgen.

[0090] In **208** kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) aus dem Graben entfernt werden.

[0091] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen eine 3D-Maskenstruktur in dem Graben und, gemäß einigen Ausführungsformen, auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche verbleiben, wenn die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) aus dem Graben entfernt wird. Anschaulich kann die 3D-Maskenstruktur dem gestalteten oder strukturierten (und, möglicherweise, gehärteten oder ausgehärteten) Grabenfüllmaterial (z. B. Resist-Material) entsprechen.

[0092] Gemäß einer Ausführungsform kann ein Flash- und/oder Recess-Schritt nach der Entfernung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) durchgeführt werden. Der Flash- und/oder Recess-Schritt kann zum Beispiel verwendet werden, um mögliche Überreste des Grabenfüllmaterials (zum Beispiel dünne Polymerfilme, z. B. Resist-Filme) an zum Beispiel Seitenwänden des Grabens zu entfernen.

[0093] Gemäß einer Ausführungsform kann nach der Entfernung der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) Füllmaterial in den Graben abgeschieden werden. Gemäß einer Ausführungsform kann das Füllmaterial nach dem Flash- und/oder Recess-Schritt (falls vorgesehen) abgeschieden werden. Das Abscheiden des Füllmaterials kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen erfolgen. Ferner kann das Füllmaterial gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein. Zum Beispiel kann das Füllmaterial gemäß einer Ausführungsform elektrisch leitfähiges Material, zum Beispiel Metall (z. B. Kupfer), aufweisen oder sein, das dazu dienen kann, eine oder mehrere Metallisierungsstrukturen zu bilden.

[0094] Gemäß einer Ausführungsform kann mindestens ein zusätzlicher Graben in dem Substrat gebildet werden, die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) kann in dem mindestens einen zusätzlichen Graben angeordnet werden, Teile des mindestens einen zusätzlichen Grabens, die frei sind von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel), können mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden, und die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) kann aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben entfernt werden.

[0095] Gemäß einer Ausführungsform können das Anordnen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) in dem mindestens einen zusätzlichen Graben und das Füllen der Teile des mindestens einen zusätzlichen Grabens mit dem Grabenfüllmaterial durchgeführt werden nach dem Anordnen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) in dem Graben und dem Füllen der Teile des Grabens mit dem Grabenfüllmaterial. Anschaulich kann das Substrat gemäß dieser Ausführungsform in einem „Steg and Repeat (Schrittmund-Wiederhol-)“ -Ablauf prozessiert werden, bei dem die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) sequentiell in einer Mehrzahl von Gräben angeordnet werden kann.

[0096] Gemäß einer anderen Ausführungsform können das Anordnen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) in dem mindestens einen zusätzlichen Graben und das Anordnen der Stempelvorrichtung (z. B. des Stempels) in dem Graben gleichzeitig durchgeführt werden. Ferner können gemäß einer Ausführungsform das Füllen der Teile des mindestens einen zusätzlichen Grabens und das Füllen der Teile des Grabens mit dem Grabenfüllmaterial gleichzeitig durchgeführt werden. Anschaulich kann das Substrat gemäß dieser Ausführungsform in einer „All in one (Alles-auf-einmal)“-Weise prozessiert werden, bei der die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) gleichzeitig (mit anderen Worten, auf einmal) in allen Gräben angeordnet werden kann und/oder die Gräben gleichzeitig mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden können. In diesem Zusammenhang kann die Stempelvorrichtung (z. B. der Stempel) in einer geeigneten Weise eingerichtet sein, zum Beispiel in einer Ausführungsform derart, dass sie eine Mehrzahl von Prägemustern aufweist, wie oben im Zusammenhang mit [Fig. 1](#) beschrieben. Ferner kann gemäß einer Ausführungsform, falls ein Härten des Grabenfüllmaterials vorgesehen ist, das Grabenfüllmaterial in allen Gräben gleichzeitig gehärtet werden.

[0097] Bei einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats (zum Beispiel eines Halbleitersubstrats wie zum Beispiel ein Wafer, z. B. ein Siliziumwafer) gemäß einer Ausführungsform kann ein Graben in dem Substrat gebildet werden (zum Beispiel mittels eines Grabenätzprozesses), Prägematerial (Imprint-Material) kann auf oder über dem Substrat abgeschieden werden, wodurch der Graben zumindest teilweise mit dem Prägematerial gefüllt wird, das Prägematerial in dem Graben kann geprägt werden mittels eines Prägestempels, der eine Prägestruktur aufweist, die zumindest teilweise in den Graben reicht, und der Prägestempel kann aus dem Graben entfernt werden. Gemäß einer Ausführungsform kann das Prägematerial ein Prägelack (Imprint-Lack (Imprint-Resist)) wie zum Beispiel ein Polymerlack (Polymerresist), z. B. ein Photoresist, sein. Gemäß einer Ausführungsform kann die Prägestruktur dem Inversen einer durch das Prägematerial zu bildenden dreidi-

mensionalen Maskenstruktur entsprechen, und das geprägte Prägmaterial kann eine Struktur (pattern) aufweisen, die der dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht. Gemäß einer Ausführungsform kann das Prägmaterial ein härtbares Material aufweisen oder sein (zum Beispiel ein aushärtbares Polymermaterial wie zum Beispiel ein Polymerresist, z. B. Photoresist) und kann nach dem Prägen und vor dem Entfernen des Stempels gehärtet werden (zum Beispiel ausgehärtet, zum Beispiel mittels Lichteinstrahlung, z. B. UV-Lichteinstrahlung). Gemäß einer Ausführungsform kann Füllmaterial nach dem Entfernen des Stempels auf oder über dem Substrat abgeschieden werden, wodurch zumindest Teile des Grabens, die frei von dem Prägmaterial sind, gefüllt werden. Gemäß einer Ausführungsform kann das Füllmaterial elektrisch leitfähiges Material wie zum Beispiel Metall (z. B. Kupfer) aufweisen oder sein.

[0098] Bei einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats (zum Beispiel eines Halbleitersubstrats wie zum Beispiel ein Wafer, z. B. ein Siliziumwafer) gemäß einer weiteren Ausführungsform kann ein Graben in dem Substrat gebildet werden (zum Beispiel mittels eines Grabenätzprozesses), ein Prägestempel mit einer Prägestruktur (imprint pattern) kann auf oder über dem Substrat angeordnet werden, derart, dass die Prägestruktur zumindest teilweise in den Graben reicht, Teile des Grabens, die frei sind von der Prägestruktur des Prägestempels, können zumindest teilweise mit Grabenfüllmaterial gefüllt werden, und der Prägestempel kann von oberhalb des Substrats entfernt werden. Gemäß einer Ausführungsform kann die Prägestruktur dem Inversen einer durch das Grabenfüllmaterial zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur entsprechen, und nach dem Fallen der Teile des Grabens mit dem Füllmaterial kann das Grabenfüllmaterial eine Struktur (pattern) aufweisen, die der dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht. Gemäß einer Ausführungsform kann das Grabenfüllmaterial ein härtbares Material (zum Beispiel ein aushärtbares Polymermaterial wie zum Beispiel ein Polymerresist, z. B. Photoresist) aufweisen oder sein und kann nach dem Füllen der Teile des Grabens mit dem Grabenfüllmaterial und vor dem Entfernen des Prägestempels gehärtet werden (zum Beispiel ausgehärtet, z. B. mittels Lichteinstrahlung, z. B. UV-Lichteinstrahlung). Gemäß einer Ausführungsform kann nach dem Entfernen des Prägestempels Füllmaterial auf oder über dem Substrat abgeschieden werden, wodurch zumindest Teile des Grabens, die frei sind von dem Grabenfüllmaterial, gefüllt werden. Gemäß einer Ausführungsform kann das Füllmaterial elektrisch leitfähiges Material wie zum Beispiel Metall (z. B. Kupfer) aufweisen oder sein.

[0099] [Fig. 3](#) zeigt eine perspektivische Ansicht einer beispielhaften dreidimensionalen (3D) Struktur **300** (auch als Zielstruktur bezeichnet), die mit-

tels eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform erhalten werden kann.

[0100] Die Struktur **300** weist ein Substrat **301** auf. Das Substrat **301** kann ein Halbleitersubstrat sein, zum Beispiel ein Silizium(Si)-Substrat gemäß einer Ausführungsform. Zum Beispiel kann das Substrat **301** gemäß einer Ausführungsform Teil eines Silizium-Wafers sein.

[0101] Ein Graben **302** ist in dem Substrat **301** ausgebildet, wie gezeigt. Der Graben **302** kann zum Beispiel mittels eines Ätzprozesses gebildet worden sein, oder mittels eines Sägeprozesses gemäß einer Ausführungsform, alternativ mittels irgendeines anderen geeigneten Grabenbildungsprozesses.

[0102] Die Tiefe des Grabens **302** (anschaulich der Abstand vom Grabenboden **314** zu einer oberen Substratoberfläche **301a**) ist in [Fig. 3](#) durch den Doppelpfeil **302a** angedeutet. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Grabentiefe **302a** kleiner sein als die Dicke des Substrats **301** (z. B. des Wafers). Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Grabentiefe **302a** im Mikrometerbereich liegen. Die Grabentiefe **302a** kann zum Beispiel einen Wert von einem oder mehreren Mikrometern haben, oder von mehreren zehn Mikrometern oder von mehreren hundert Mikrometern. Zum Beispiel kann gemäß einigen Ausführungsformen die Grabentiefe **302a** im Bereich von ungefähr 100 µm bis ungefähr 300 µm liegen, zum Beispiel ungefähr 300 µm gemäß einer Ausführungsform. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Grabentiefe **302a** andere Werte haben.

[0103] Die Breite des Grabens **302** (anschaulich der Abstand von gegenüberliegenden Seitenwänden **312** des Grabens **302**) ist in [Fig. 3](#) durch den Doppelpfeil **302b** angedeutet. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Grabenbreite **302b** im Mikrometerbereich liegen. Zum Beispiel kann die Grabenbreite **302b** gemäß einigen Ausführungsformen im Bereich von ungefähr 10 µm bis ungefähr 200 µm liegen, zum Beispiel ungefähr 50 µm gemäß einer Ausführungsform. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Grabenbreite **302b** andere Werte haben.

[0104] Gemäß weiteren Ausführungsformen können dreidimensionale Strukturen mit anderen Geometrien (z. B. anderen Grabengeometrien) auf ähnliche Weise realisiert werden wie die in [Fig. 3](#) gezeigte Struktur **300**. Diese Strukturen können ähnliche oder andere Abmessungen aufweisen, zum Beispiel ähnliche oder andere Grabenabmessungen, z. B. ähnliche oder andere Grabentiefen und/oder Grabenbreiten.

[0105] Die Zielstruktur **300** weist ferner eine dreidimensionale (3D) Maskenstruktur **303** auf, die in dem Graben **302** und auf oder über Teilen des Substrats

301 (genauer gesagt, auf oder über Teilen der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301**) gebildet ist.

[0106] Die Maskenstruktur **303** kann ein Prägematerial wie zum Beispiel einen Prägelack (z. B. einen polymeren Resist) aufweisen oder daraus hergestellt sein. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Maskenstruktur **303** erhalten worden sein mittels Abscheidens des Prägematerials in den Graben **302** und Prägens des Prägematerials unter Verwendung einer Stempelvorrichtung (zum Beispiel eines Stempels oder Prägestempels), die eine Prägestruktur aufweist, welche dem Inversen der Maskenstruktur **303** entspricht.

[0107] Alternativ kann die Maskenstruktur **303** erhalten worden sein mittels Anordnens einer Stempelvorrichtung (zum Beispiel eines Stempels oder Prägestempels) in dem Graben **302** und auf oder über der oberen Oberfläche **301a** des Substrats und Füllens von zumindest Teilen des Grabens **302**, die frei sind von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel oder Prägestempel), mit Grabenfüllmaterial (zum Beispiel härtbarem Material wie zum Beispiel einem polymeren Resist).

[0108] Wie gezeigt, kann die Maskenstruktur **303** einen ersten Teilbereich **303'** aufweisen, der sich im Graben **302** befinden kann und den Boden **314** des Grabens **302** bedecken kann, wie gezeigt. Wie gezeigt, kann die Breite des ersten Teilbereichs **303'** der Maskenstruktur **303** dieselbe sein wie die Breite **302b** des Grabens **302**. Mit anderen Worten kann der erste Teilbereich **303'** an die Seitenwände **312** des Grabens **302** angrenzen.

[0109] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Dicke des ersten Teilbereichs **303'** der Maskenstruktur **303** im Mikrometerbereich liegen, zum Beispiel in der Größenordnung von einigen Mikrometern oder einigen zehn Mikrometern gemäß einer Ausführungsform. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Dicke andere Werte haben.

[0110] In **Fig. 3** bezeichnet der Doppelpfeil **303a** den Abstand zwischen einer oberen Oberfläche **313** des ersten Teilbereichs **303'** der Maskenstruktur **303** und der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301**. Der Abstand **303a** kann anschaulich der Grabentiefe **302a** minus der Dicke des ersten Teilbereichs **303'** der Maskenstruktur entsprechen und kann im Mikrometerbereich liegen, zum Beispiel in der Größenordnung von einigen zehn oder einigen hundert Mikrometern. Gemäß einer beispielhaften Ausführungsform kann der Abstand **303a** zum Beispiel ungefähr 250 µm betragen. Gemäß anderen Ausführungsformen kann der Abstand **303a** andere Werte haben.

[0111] Gemäß der gezeigten Ausführungsform kann die Maskenstruktur **303** ferner einen zweiten Teilbe-

reich **303''** aufweisen, der sich in dem Graben **302** befinden kann und eine Breite (durch den Doppelpfeil **303b** in **Fig. 3** angedeutet) haben kann, die kleiner sein kann als die Breite **302b** des Grabens **302**, so dass Teilbereiche des Grabens **302** frei von dem Material der Maskenstruktur **303** sind. Anschaulich kann gemäß der in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsform ein mittlerer Teilbereich (zweiter Teilbereich **303''**) der Maskenstruktur **303** eine Stabform (bar shape) oder eine Rippenform (ridge shape) aufweisen. Ein Teil des zweiten Teilbereichs **303''** der Maskenstruktur **303** kann aus dem Graben **302** herausragen gemäß der gezeigten Ausführungsform.

[0112] Gemäß der gezeigten Ausführungsform kann die Maskenstruktur **303** ferner einen dritten Teilbereich **303'''** aufweisen, der Teile des Substrats **301** (genauer gesagt, Teile der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301**) bedecken kann.

[0113] Der erste Teilbereich **303'** der Maskenstruktur **301**, der den Boden **314** des Grabens **302** bedeckt, kann dazu dienen, zu verhindern, dass Füllmaterial (zum Beispiel elektrisch leitfähiges Material wie zum Beispiel Metall, das in den Graben **302** gefüllt werden kann, nachdem die Maskenstruktur **303** gebildet worden ist, wie nachfolgend beschrieben wird) den Boden **314** des Grabens **302** erreicht. Gemäß einer anderen Ausführungsform ist es möglich, dass der erste Teilbereich **303'** nicht vorhanden ist oder eine geringere Breite als der Graben hat (zum Beispiel dieselbe Breite wie der zweite Teilbereich **303''** der Maskenstruktur) (nicht gezeigt). Somit können gemäß dieser Ausführungsform zumindest Teile des Bodens **314** des Grabens **302** frei von Material der Maskenstruktur **303** sein. In diesem Fall kann Füllmaterial (zum Beispiel elektrisch leitfähiges Material wie zum Beispiel Metall), das in den Graben **302** gefüllt werden kann, nachdem die Maskenstruktur **303** gebildet worden ist, den Boden **314** des Grabens **302** erreichen.

[0114] Anschaulich zeigt **Fig. 3** eine beispielhafte dreidimensionale (Ziel-)Struktur **300**, die eine dreidimensionale (3D) Maskenstruktur **303** aufweist. Um die Zielstruktur **300** zu erhalten, ist es erforderlich, dass das Material (z. B. Resist), welches die Maskenstruktur **303** bildet, nicht nur oben auf der Substratoberfläche **301a** sondern auch in dem Graben **302** strukturiert wird. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die strukturierte oder gestaltete Maskenstruktur **303** erzielt werden, indem Prägematerial (zum Beispiel Prägelack (Imprint-Resist)) in dem Graben **302** und auf oder über der Substratoberfläche **301a** abgeschieden wird und das Prägematerial mit einer Stempelvorrichtung (zum Beispiel einem Stempel oder Prägestempel), die eine dreidimensionale (3D) Prägestruktur aufweist, welche dem Inversen der 3D-Maskenstruktur **303** entspricht, geprägt wird, wie nachfolgend beschrieben wird, Gemäß weiteren

Ausführungsformen kann die strukturierte oder gestaltete Maskenstruktur **303** erzielt werden, indem eine Stempelvorrichtung (zum Beispiel ein Prägestempel) in dem Graben **302** und auf oder über der Substratoberfläche **301a** angeordnet wird und anschließend Teile des Grabens **302** und auf oder über der Substratoberfläche **301a**, die frei von der Stempelvorrichtung (z. B. dem Stempel oder Prägestempel) sind, mit Grabenfüllmaterial (z. B. härtbarem Material wie zum Beispiel Resist) gefüllt werden.

[0115] Es ist anzumerken, dass das Bilden von 3D-Zielstrukturen wie die in [Fig. 3](#) gezeigte Struktur **300** unter Verwendung von herkömmlichen Ansätzen überhaupt nicht möglich ist oder vergleichsweise teuer ist (zum Beispiel eine hohe Anzahl an Prozessschritten erfordert). Zum Beispiel ist es möglich, dass Standardlithographie versagt, da die erforderliche Lackdicke (Resist-Dicke) nicht entsprechend belichtet werden kann (zum Beispiel aufgrund ungenügender Fokussierungstiefe der Belichtungsgeräte, Auftretens von Streulicht an Rändern, Instabilität der Resist-Wand (oder -Wände) aufgrund von Lösungsmittelverlusten während Ausheizprozessen, etc.). Auf der anderen Seite ist es möglich, dass auch Zweiphotonenlithographie versagt, da die Struktur in dem tiefen Graben nicht zugänglich ist. Schließlich können auch Standard-Nanoimprint-Prozesse nicht verwendet werden, da sie nur zum Prägen von Strukturen auf flachen Oberflächen ausgelegt sind.

[0116] [Fig. 4](#) zeigt eine schematische perspektivische Ansicht einer Stempelvorrichtung **400**, die in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats verwendet werden kann. Gemäß der gezeigten Ausführungsform ist die Stempelvorrichtung **400** als ein Stempel ausgebildet. Die Stempelvorrichtung **400** bzw. der Stempel **400** kann dazu verwendet werden, die dreidimensionale Zielstruktur **300** aus [Fig. 3](#) zu erhalten.

[0117] Der Stempel **400** kann als ein Prägestempel eingerichtet sein und kann ein Material aufweisen oder aus einem Material hergestellt sein, das geeignet ist, das Material (zum Beispiel Prägematerial) der Maskenstruktur **303** zu prägen. Gemäß einer Ausführungsform kann der Stempel **400** aus einem transparenten Material hergestellt sein, zum Beispiel aus einem UV-transparenten Material, zum Beispiel in dem Fall, dass ein Prägematerial, das mittels des Stempels **400** geprägt werden soll, als ein härtbares Material, das mit Hilfe von Strahlung (z. B. UV-Strahlung) gehärtet werden kann, ausgebildet ist. Gemäß anderen Ausführungsformen kann der Stempel **400** andere Materialien aufweisen oder daraus hergestellt sein, zum Beispiel ein flexibles Material wie zum Beispiel ein Polymermaterial (zum Beispiel ein Silikon-Material) gemäß einer Ausführungsform, oder ein Metall oder eine Metalllegierung.

[0118] Gemäß der gezeigten Ausführungsform kann der Stempel **400** einen ebenen oberen Teilbereich **401** aufweisen, der einer Basismaske (base-mask) entsprechen kann. Ferner kann der Stempel **400** eine Prägestruktur **402** aufweisen, die anschaulich dem Inversen (oder Negativ) der in [Fig. 3](#) gezeigten Maskenstruktur **303** entspricht.

[0119] Gemäß der gezeigten Ausführungsform weist die Prägestruktur **402** zwei L-förmige Teilbereiche **402'** und **402''** auf, die spiegelsymmetrisch angeordnet sind und so eingerichtet sind, dass die 3D-Maskenstruktur **303** aus [Fig. 3](#) erhalten werden kann. durch Prägen von Prägematerial in dem Graben **302** und auf oder über der Substratoberfläche **301a** unter Verwendung des Stempels **400**, oder durch Füllen von Teilen des Grabens **302** und auf oder über der Substratoberfläche **301a**, die frei sind von der Prägestruktur **402**, mit Grabenfüllmaterial, wie nachfolgend beschrieben wird.

[0120] Es ist anzumerken, dass gemäß anderen Ausführungsformen die Prägestruktur einer Stempelvorrichtung (z. B. eines Stempels oder einer Walze) eine Form aufweisen kann, die von der in [Fig. 4](#) gezeigten verschieden sein kann. Zum Beispiel ist es möglich, dass die Prägestruktur nicht die in [Fig. 4](#) gezeigten zwei L-förmigen Teilbereiche aufweisen muss. Im Allgemeinen kann die Form der Prägestruktur einer Stempelvorrichtung (z. B. eines Stempels oder einer Walze) abhängen von der unter Verwendung der Stempelvorrichtung zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur oder Zielstruktur. Zum Beispiel kann gemäß einigen Ausführungsformen jede Form oder Struktur, die frei von Hinterschneidungen (undercuts) ist (mit anderen Worten, die keine Hinterschneidungen hat), zur Verwendung als Prägestruktur geeignet sein.

[0121] Gemäß der gezeigten Ausführungsform weist jeder der zwei L-förmigen Teilbereiche **402'**, **401''** der Prägestruktur **402** einen vertikalen Abschnitt **422** (der sich in einer Richtung senkrecht zur Hauptoberfläche der Basismaske erstreckt) mit einer Ausdehnung (durch den Doppelpfeil **403a** bezeichnet), die dem in [Fig. 3](#) gezeigten Abstand **303a** entspricht, auf. Die vertikalen Abschnitte **422** können in den Graben **302** hineinreichen, wenn der Stempel **400** zum Prägen des Prägematerials **302** verwendet wird (siehe z. B. [Fig. 5D](#)) oder wenn der Stempel **400** in dem Graben **302** angeordnet wird vor dem Abscheiden des Grabenfüllmaterials (siehe z. B. [Fig. 9C](#)). Ferner entspricht der Abstand **403b** zwischen den zwei L-förmigen Teilbereichen **402'**, **402''** der Breite **303b** des zweiten Teilbereichs **303''** der 3D-Maskenstruktur **303** (siehe z. B. [Fig. 5D](#) und [Fig. 9D](#)). Ferner entspricht der Abstand **402b** zwischen jeweiligen äußeren Seitenwänden **415** der zwei L-förmigen Teilbereiche **402'**, **402''** der Prägestruktur **402** der Breite **302b** des Grabens **302** (siehe z. B. [Fig. 5D](#) und

Fig. 9C). Mit anderen Worten kann der Wert des Abstands **402b** derselbe sein oder ungefähr derselbe sein wie der Wert der Grabenbreite **302b**.

[0122] Die zwei L-förmigen Teilbereiche **402'**, **402''** der Prägestruktur **402** können auch als Mikroprägestrukturen (Mikroimprint-Strukturen) (μ -Imprint-Strukturen) bezeichnet werden.

[0123] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die in **Fig. 3** gezeigte 3D-Maskenstruktur **303** erhalten werden mittels Prägens des Prägematerials in dem Graben **302** unter Verwendung des in **Fig. 4** gezeigten Stempels **400**, wie nachfolgend im Zusammenhang mit **Fig. 5A** bis **Fig. 5E** beschrieben wird. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die in **Fig. 3** gezeigte 3D-Maskenstruktur **303** erhalten werden mittels Anordnens des Stempels **400** aus **Fig. 4** in dem Graben **302** und Füllens von Teilen des Grabens **302**, die frei sind von dem Stempel **400**, mit Grabenfüllmaterial, wie nachfolgend im Zusammenhang mit **Fig. 9A** bis **Fig. 9E** beschrieben wird. Die 3D-Maskenstruktur **303** kann, zum Beispiel, nachfolgend dazu verwendet werden, eine oder mehrere 3D-Metallisierungsstrukturen zu bilden, wie nachfolgend im Zusammenhang mit **Fig. 5F** und **Fig. 5G** beschrieben wird. Die Metallisierungsstrukturen können, zum Beispiel, dazu verwendet werden, ein oder mehrere elektrische oder elektronische Elemente oder Vorrichtungen (Devices) eines oder mehrerer Dies oder Chips elektrisch zu kontaktieren, wie nachfolgend im Zusammenhang mit **Fig. 6** bis **Fig. 8** beschrieben wird.

[0124] Im Folgenden wird ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform beschrieben im Zusammenhang mit **Fig. 5A** bis **Fig. 5E**, welche unterschiedliche Prozessstadien als schematische Querschnittsansichten zeigen.

[0125] **Fig. 5A** zeigt in einer ersten Ansicht **510**, dass ein Graben **302** in einem Substrat **301** gebildet wird. Das Substrat **301** weist eine obere Oberfläche **301a** auf kann ferner gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein, zum Beispiel als ein Halbleitersubstrat, zum Beispiel als ein Wafer, zum Beispiel als ein Silizium-Wafer.

[0126] Der Graben **302** kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet werden, zum Beispiel unter Verwendung eines Standard-Grabenätzprozesses. Der Graben **302** weist Seitenwände **312** und einen Boden **314** auf. Die Tiefe des Grabens **302** ist durch den Doppelpfeil **302a** angedeutet und kann zum Beispiel einen Wert gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen aufweisen. Ferner ist die Breite des Grabens **302** durch den Doppelpfeil **302b** angedeutet und kann zum Beispiel einen Wert gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen aufweisen.

[0127] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Barrierenschicht auf oder über zumindest den Seitenwänden **312** des Grabens abgeschieden werden (nicht gezeigt). Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann eine Keimschicht auf oder über der Barrierenschicht abgeschieden werden (nicht gezeigt). Gemäß anderen Ausführungsformen können/kann die Barrierenschicht und/oder die Keimschicht weggelassen werden.

[0128] **Fig. 5B** zeigt in einer zweiten Ansicht **520**, dass das Substrat **301** (z. B. der Wafer) mit einer dicken Schicht aus Prägematerial (z. B. Prägelack) **521** beschichtet wird. Wie gezeigt, kann das Prägematerial **521** den Graben **302** füllen und zumindest Teile der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** bedecken. Das Prägematerial **521** kann mittels Prägens gestaltet oder strukturiert werden, wie nachfolgend beschrieben wird. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Prägematerial ein härtbares Material sein, zum Beispiel ein aushärtbares polymeres Material wie zum Beispiel ein Polymerlack, zum Beispiel ein Photoresist, der mittels Strahlung (z. B. W-Strahlung) ausgehärtet werden kann.

[0129] **Fig. 5C** zeigt in einer dritten Ansicht **530**, dass das Prägematerial **521** geprägt wird, indem ein Stempel **400** in das Prägematerial **521** getrieben wird. Das Eintreiben ist in **Fig. 5C** durch den Pfeil **531** angedeutet. Der Stempel **400** kann in ähnlicher Weise ausgebildet sein wie der hierin oben im Zusammenhang mit **Fig. 4** beschriebene Stempel. Insbesondere können dieselben Bezugszeichen dieselben Elemente wie in **Fig. 4** bezeichnen. Mittels Eintreibens des Stempels **400** in das Prägematerial **521** kann das Prägematerial **521** (z. B. der Prägelack) so strukturiert werden, dass es eine dreidimensionale Maskenstruktur **303** bildet, so wie in **Fig. 5D** in einer vierten Ansicht **540** gezeigt. Die dreidimensionale Maskenstruktur **303** kann eine ähnliche Form haben wie in **Fig. 3** gezeigt. Insbesondere können dieselben Bezugszeichen dieselben Elemente wie in **Fig. 3** bezeichnen.

[0130] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die dreidimensionale Maskenstruktur **303** (genauer gesagt, das Prägematerial **521** der dreidimensionalen Maskenstruktur **303**) nach dem Prägen gehärtet werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Härten mittels Lichteinstrahlung (z. B. UV-Bestrahlung) erzielt werden. In diesem Fall kann der Stempel **400** aus einem lichtdurchlässigen (z. B. UV-durchlässigen) Material hergestellt sein, um das Licht (z. B. W-Strahlung) passieren zu lassen, und das Prägematerial **521** kann ein Material sein, dass mittels Lichteinstrahlung (z. B. UV-Bestrahlung) gehärtet werden kann, wie zum Beispiel ein lichtempfindlicher (z. B. UV-empfindlicher) polymerer Lack (Resist).

[0131] **Fig. 5E** zeigt in einer fünften Ansicht **550**, dass der Stempel **400** aus dem Graben **302** entfernt wird. Wie gezeigt, verbleibt die dreidimensionale Maskenstruktur **303**, die den ersten Teilbereich **303'** und den zweiten Teilbereich **303''** aufweist, in dem Graben **302**. Es ist anzumerken, dass die dreidimensionale Maskenstruktur **303** ferner den dritten Teilbereich **303'''** aufweisen kann, der Teile der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** bedecken kann, was in **Fig. 3** gezeigt ist aber nicht in **Fig. 5E** gezeigt ist, da die fünfte Ansicht **550** anschaulich einem Querschnitt entlang der Querschnittslinie A-A' in **Fig. 3** entspricht.

[0132] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen ein dreidimensionaler (3D) Stempel **400** in ein mit Prägematerial **521** (z. B. Prägelack) beschichtetes Substrat **501** getrieben werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Prägematerial **521** nach dem Prägen und vor dem Entfernen des Stempels **400** gehärtet werden. Zum Beispiel kann gemäß einer Ausführungsform, bei der das Prägematerial **521** ein lichtempfindliches Lackmaterial ist, der Lack Licht ausgesetzt werden (belichtet werden), um Polymerketten in dem Lackmaterial zu vernetzen. In diesem Fall kann der Stempel **400** als transparenter Stempel eingerichtet sein, um das für die Belichtung des Lacks verwendete Licht durchzulassen. Gemäß einigen Ausführungsformen kann die Vernetzung (oder Änderung der Löslichkeit) von lackartigen Polymeren auch erreicht werden durch Anwenden von erhöhten Temperaturen oder elektrischen Spannungen.

[0133] Gemäß einer Ausführungsform kann nach dem Entfernen des Stempels **400** ein Reinigungsschritt, wie zum Beispiel ein Flash/Recess-Schritt, durchgeführt werden, um mögliche Überreste des Prägematerials **521** (z. B. dünne Polymerfilme (z. B. Resist-Filme)) von zum Beispiel den Seitenwänden **312** des Grabens **302** zu entfernen.

[0134] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die dreidimensionale (3D) Maskenstruktur **303** (z. B. 3D-Polymermaske) verwendet werden für nachfolgende Metallisierungsprozesse wie zum Beispiel Pattern-Plating-Prozesse, bei denen die Nicht-Prägematerial-Bereiche (anschaulich, jene Teile des Grabens **302** und auf oder über der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301**, die frei von Prägematerial **521** sind) (d. h. Nicht-Lack-Bereiche in dem Fall, dass das Prägematerial **521** ein Lackmaterial ist) galvanisch mit Metall **561** (zum Beispiel Kupfer (Cu)) gefüllt werden können, wie in einer sechsten Ansicht **560** in **Fig. 5F** gezeigt ist.

[0135] Gemäß der gezeigten Ausführungsform erstreckt sich das Metall **561** in den Graben **302** hinein bis zu der oberen Oberfläche **313** des ersten Teilbereichs **303'** der Maskenstruktur **303**, das heißt bis zu

einer Tiefe **503a**, die dem Abstand **303a** entspricht, wie in **Fig. 5F** gezeigt ist. Somit ist gemäß der gezeigten Ausführungsform das Metall **561** von dem Grabenboden **314** durch den ersten Teilbereich **303'** der Maskenstruktur **303**, der den Grabenboden **314** bedeckt, getrennt. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Maskenstruktur **303** derart ausgebildet sein, dass das Metall **561** bis zum Grabenboden **314** reicht.

[0136] Nach dem Füllen der Nicht-Prägematerial-Bereiche mit dem Metall **561** kann die 3D-Maskenstruktur **303** entfernt werden (zum Beispiel mittels eines geeigneten Prozesses zum selektiven Entfernen des Materials (z. B. Resists) der Maskenstruktur **303**, während das Metall **561** in dem Graben **303** und auf oder über der Substratoberfläche **301a** verbleibt), wie in einer siebten Ansicht **570** in **Fig. 5G** gezeigt ist. Das Metall **561** kann zum Beispiel als eine oder mehrere Metallisierungsstrukturen dienen, um eine oder mehrere elektrische und/oder elektronische Vorrichtungen (Devices), die in dem Substrat **301** gebildet werden können oder gebildet worden sein können, elektrisch zu kontaktieren, wie in **Fig. 6** gezeigt ist.

[0137] **Fig. 6** zeigt eine schematische Querschnittsansicht **600** eines Substrats **301** zum Veranschaulichen der Bildung von Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform.

[0138] Das Substrat **301** kann ein Wafer sein oder kann Teil eines Wafers sein. Ein Graben **302** ist in dem Substrat **301** gebildet worden, und eine erste Metallisierungsstruktur **610a** und eine zweite Metallisierungsstruktur **610b** sind in dem Graben **302** und auf oder über der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** gebildet worden. Der Graben **302** und die erste Metallisierungsstruktur **610a** und die zweite Metallisierungsstruktur **610b** können mit Hilfe eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet worden sein, zum Beispiel auf ähnliche Weise wie oben im Zusammenhang mit **Fig. 5A** bis **Fig. 5G** beschrieben. Die erste Metallisierungsstruktur **610a** dient dazu, mindestens eine erste elektronische Vorrichtung (Device) **602a**, die sich in dem Substrat **301** befindet, elektrisch zu kontaktieren. Die zweite Metallisierungsstruktur **610b** dient dazu, mindestens eine zweite elektronische Vorrichtung (Device) **602b**, die sich in dem Substrat **301** befindet, elektrisch zu kontaktieren.

[0139] Die mindestens eine erste elektronische Vorrichtung **602a** kann sich in einem ersten Bereich **603** des Substrats **301** befinden, der einem aus dem Substrat **301** zu bildenden ersten Die entsprechen kann, und die mindestens eine zweite elektronische Vorrichtung **602b** kann sich in einem zweiten Bereich **604** des Substrats **301** befinden, der einem aus

dem Substrat **301** zu bildenden zweiten Die entsprechen kann, wie gezeigt. Der erste Bereich **603** und der zweite Bereich **604** des Substrats **301** können benachbart zueinander sein und können durch einen dritten Bereich **605** des Substrats **301**, der sich zwischen dem ersten Bereich **603** und dem zweiten Bereich **604** des Substrats **301** und zwischen dem Boden **314** des Grabens **302** und einer unteren Oberfläche **301b** des Substrats **301** befindet, verbunden sein, wie gezeigt. Gemäß einer Ausführungsform können der erste Die und der zweite Die unter Verwendung eines Die-Vereinzelungsprozesses erhalten werden. Mit anderen Worten können der erste Bereich **603** und der zweite Bereich **604** des Substrats **301** voneinander getrennt werden (zum Beispiel mittels eines Die-Sägeprozesses), wodurch der dritte Bereich **605** (d. h. der Verbindungsteil) zwischen dem ersten Bereich **603** und dem zweiten Bereich **604** des Substrats **301** entfernt wird.

[0140] Zusätzlich zu dem Graben **302** und der ersten Metallisierungsstruktur **610a** und der zweiten Metallisierungsstruktur **610b**, die in [Fig. 6](#) gezeigt sind, können zusätzliche Gräben (nicht gezeigt) in dem Substrat **301** gebildet worden sein und können zusätzliche Metallisierungsstrukturen (nicht gezeigt) in den zusätzlichen Gräben und auf oder über der oberen Oberfläche **301a** des Substrats auf ähnliche Weise gebildet worden sein, wie der Graben **302** und die erste Metallisierungsstruktur **610a** und die zweite Metallisierungsstruktur **610b**. Die zusätzlichen Metallisierungsstrukturen können dazu dienen, die erste elektronische Vorrichtung **602a** und/oder die zweite elektronische Vorrichtung **602b** und/oder zusätzliche elektronische Vorrichtungen, die sich zum Beispiel in zusätzlichen Bereichen des Substrats **301**, die zusätzlichen aus dem Substrat **301** zu bildenden Dies entsprechen können, befinden können, elektrisch zu kontaktieren. Die zusätzlichen Dies können zum Beispiel unter Verwendung eines Die-Vereinzelungsprozesses erhalten werden, bei dem die zusätzlichen Bereiche des Substrats voneinander getrennt werden können (mit anderen Worten können die Dies vereinzelt werden).

[0141] Somit kann anschaulich gemäß einigen Ausführungsformen eine Die-Anordnung oder ein Die-Array mit einer Mehrzahl von Dies (oder Chips) und einer Mehrzahl von Die-Metallisierungsstrukturen zum elektrischen Kontaktieren der Dies bereitgestellt werden, wie in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

[0142] [Fig. 7](#) zeigt eine schematische Draufsicht eines Die-Arrays **750** zum Veranschaulichen der Bildung von Die-Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform. Das Die-Array **750** weist eine Mehrzahl von Dies (Chips) **700** auf, die in Zeilen **720**, **740**, **760** und Spalten **725**, **745**, **765**, **785** angeordnet sind (in diesem Beispiel

sind zwölf Dies **700** in einem rechteckigen Array angeordnet, das eine erste Zeile **720**, eine zweite Zeile **740** und eine dritte Zeile **760**, sowie eine erste Spalte **725**, eine zweite Spalte **745**, eine dritte Spalte **765** und eine vierte Spalte **785** aufweist; allgemein kann eine beliebige Anzahl von Dies **700** in einer beliebigen Anzahl von Zeilen und Spalten angeordnet sein). Die Dies **700** können aus einem gemeinsamen Substrat **301** (zum Beispiel einem Wafer) erhalten worden sein mittels Die-Vereinzelung. Jeder Die **700** weist eine Mehrzahl von Die-Metallisierungsstrukturen **710a**, **710b**, **710c**, **710d** auf. In dem gezeigten Beispiel sind für jeden Die **700** eine erste Die-Metallisierungsstruktur **710a**, eine zweite Die-Metallisierungsstruktur **710b**, eine dritte Die-Metallisierungsstruktur **710c** und eine vierte Die-Metallisierungsstruktur **710d** bereitgestellt. Wie gezeigt, kann jeder Die **700** eine rechteckige (z. B. quadratische) Form haben, die vier Seitenflächen **700a**, **700b**, **700c**, **700d** aufweist, und die Die-Metallisierungsstrukturen **710a**, **710b**, **710c**, **710d** können an den vier Seitenflächen **700a**, **700b**, **700c**, **700d** des Dies **700** angeordnet sein, wie gezeigt. Insbesondere befinden sich die erste Die-Metallisierungsstruktur **710a** und die zweite Die-Metallisierungsstruktur **710b** an einer ersten Seitenfläche **700a** und einer zweiten Seitenfläche **700b** des Dies **700**, die einander gegenüberliegen, und die dritte Die-Metallisierungsstruktur **710c** und die Die-Metallisierungsstruktur **710d** befinden sich an einer dritten Seitenfläche **700c** und einer vierten Seitenfläche **700d** des Dies **700**, die einander gegenüberliegen, wie gezeigt.

[0143] Gemäß anderen Ausführungsformen kann eine andere Anzahl von Die-Metallisierungsstrukturen pro Die bereitgestellt sein, und/oder die Die-Metallisierungsstrukturen können anders angeordnet sein. Die Die-Metallisierungsstrukturen **710a**, **710b**, **710c**, **710d** können dazu verwendet werden, eine oder mehrere elektronische Vorrichtungen (Devices) des jeweiligen Dies **700** elektrisch zu kontaktieren.

[0144] Die Die-Metallisierungsstrukturen **710a**, **710b**, **710c**, **710d** können mit Hilfe eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet worden sein, zum Beispiel auf ähnliche Weise wie oben im Zusammenhang mit [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5G](#) beschrieben.

[0145] Anschaulich können die erste Die-Metallisierungsstruktur **710a** eines gegebenen Dies **700** und die zweite Die-Metallisierungsstruktur **710b** eines Nächster-Nachbar-Dies **700** in derselben Zeile unter Verwendung einer gemeinsamen dreidimensionalen Maskenstruktur gebildet worden sein, die in einem sich zwischen den benachbarten Dies befindlichen Graben gebildet wurde. Zum Beispiel können die erste Die-Metallisierungsstruktur **710a** eines ersten Dies **700'** der Mehrzahl von Dies **700**, der sich am

Kreuzungspunkt der zweiten Zeile **740** mit der zweiten Spalte **745** befindet, und die zweite Die-Metallisierungsstruktur **710b** eines zweiten Dies **700''** der Mehrzahl von Dies **700**, der sich am Kreuzungspunkt der zweiten Zeile **740** mit der ersten Spalte **725** befindet, unter Verwendung einer gemeinsamen dreidimensionalen Maskenstruktur gebildet worden sein, die in einem sich zwischen den zwei benachbarten Dies **700'**, **700''** befindlichen Graben gebildet wurde.

[0146] In ähnlicher Weise können die dritte Die-Metallisierungsstruktur **710c** eines gegebenen Dies **700** und die vierte Die-Metallisierungsstruktur **710d** eines Nächster-Nachbar-Dies **700** in derselben Spalte unter Verwendung einer gemeinsamen dreidimensionalen Maskenstruktur gebildet worden sein, die in einem sich zwischen den benachbarten Dies befindlichen Graben gebildet wurde. Zum Beispiel können die dritte Die-Metallisierungsstruktur **710c** des ersten Dies **700'**, der sich am Kreuzungspunkt der zweiten Zeile **740** mit der zweiten Spalte **745** befindet, und die vierte Die-Metallisierungsstruktur **710d** eines dritten Dies **700'''**, der sich am Kreuzungspunkt der ersten Zeile **720** mit der zweiten Spalte **745** befindet, unter Verwendung einer gemeinsamen dreidimensionalen Maskenstruktur gebildet worden sein, die in einem sich zwischen den zwei benachbarten Dies **700'**, **700'''** befindlichen Graben gebildet wurde.

[0147] Anschaulich ist das in [Fig. 7](#) gezeigte Die-Array **750** so eingerichtet, dass jeder Die (Chip) **700** der Mehrzahl von Dies **700** vier Kontakte (z. B. Pins) aufweist.

[0148] [Fig. 8](#) zeigt eine schematische perspektivische Ansicht **800** eines Dies zum Veranschaulichen der Bildung von Die-Metallisierungsstrukturen unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0149] Der Die **800** weist drei Die-Metallisierungsstrukturen **810a**, **810b**, **810c** auf, die als Oberflächen- und Seitenwand-Kontakte eingerichtet sind. Mit anderen Worten sind die Die-Metallisierungsstrukturen **810x**, **810b**, **810c** auf oder über der oberen Oberfläche und den Seitenwänden des Dies **800** ausgebildet. Die Die-Metallisierungsstrukturen **810a**, **810b**, **810c** können nach dem Strukturieren einer dreidimensionalen Maske (z. B. Resist-Maske) mittels galvanischer Abscheidung gebildet werden unter Verwendung eines Verfahrens zum Prozessieren eines Substrats gemäß einem oder mehreren Ausführungsformen, zum Beispiel auf ähnliche Weise wie oben im Zusammenhang mit [Fig. 5A](#) bis [Fig. 5G](#) beschrieben.

[0150] Anschaulich zeigt [Fig. 8](#) ein weiteres Beispiel eines Zielprodukts (d. h. eines Dies mit Die-Metallisierung), dass unter Verwendung eines Verfahrens

zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform erhalten werden kann.

[0151] Im Folgenden wird ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer weiteren Ausführungsform beschrieben im Zusammenhang mit [Fig. 9A](#) bis [Fig. 9E](#), welche verschiedene Prozessstadien als schematische Querschnittsansichten zeigen.

[0152] [Fig. 9A](#) zeigt in einer ersten Ansicht **910**, dass ein Graben **302** in einem Substrat **301** gebildet wird. Das Substrat **301** weist eine obere Oberfläche **301a** auf kann ferner gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein, zum Beispiel als ein Halbleitersubstrat, zum Beispiel als ein Wafer, zum Beispiel als ein Silizium-Wafer.

[0153] Der Graben **302** kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet werden, zum Beispiel unter Verwendung eines Standard-Grabenätzprozesses. Der Graben **302** weist Seitenwände **312** und einen Boden **314** auf. Die Tiefe des Grabens **302** ist durch den Doppelpfeil **302a** angedeutet und kann zum Beispiel einen Wert gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen aufweisen. Ferner ist die Breite des Grabens **302** durch den Doppelpfeil **302b** angedeutet und kann zum Beispiel einen Wert gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen aufweisen.

[0154] Gemäß einer Ausführungsform kann eine Barrierenschicht auf oder über zumindest den Seitenwänden **312** des Grabens abgeschieden werden (nicht gezeigt). Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann eine Keimschicht auf oder über der Barrierenschicht abgeschieden werden (nicht gezeigt). Gemäß anderen Ausführungsformen können/kann die Barrierenschicht und/oder die Keimschicht weggelassen werden.

[0155] [Fig. 9B](#) und [Fig. 9C](#) zeigen in einer zweiten Ansicht **920** und einer dritten Ansicht **930**, dass ein Stempel **400**, der eine dreidimensionale Prägestruktur **402** aufweist, in dem Graben **302** und auf oder über zumindest Teilen der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** angeordnet wird. [Fig. 9B](#) zeigt den Stempel **400** vor dem Einbringen in den Graben **302**, das Einbringen des Stempels **400** in den Graben wird durch den Pfeil **931** angedeutet. [Fig. 9C](#) zeigt den Stempel **302** nach dem Einbringen in den Graben **302**. Der Stempel **400** kann in ähnlicher Weise ausgebildet sein wie hierin oben im Zusammenhang mit [Fig. 4](#) und [Fig. 5C](#) beschrieben. Elemente mit denselben Bezugszeichen wie in [Fig. 4](#) oder [Fig. 5C](#) sind dieselben und der Kürze halber wird auf die obige Beschreibung verwiesen.

[0156] [Fig. 9D](#) zeigt in einer vierten Ansicht **940**, dass Teile des Grabens **302**, die frei sind von dem Stempel **400**, mit Grabenfüllmaterial **921** gefüllt werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Grabenfüllmaterial **921** ein härtbares Material (zum Beispiel ein polymeres Resist-Material) sein und kann zum Beispiel gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein. Zum Beispiel kann das Grabenfüllmaterial **921** gemäß einigen Ausführungsformen einen polymeren Resist aufweisen oder sein, gemäß einer Ausführungsform zum Beispiel ein lichtempfindlicher Polymer-Resist, der durch Belichtung mit Licht (z. B. UV-Strahlung im Falle eines UV-empfindlichen Resists) ausgehärtet werden, oder gemäß einer weiteren Ausführungsform ein wärmeempfindlicher Polymer-Resist, der durch Anwenden erhöhter Temperaturen ausgehärtet werden kann, oder gemäß noch einer weiteren Ausführungsform ein Resist, der durch Anlegen einer elektrischen Spannung ausgehärtet werden kann.

[0157] Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Grabenfüllmaterial **921** auch Teile der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** bedecken (nicht in [Fig. 9D](#) gezeigt). Anschaulich kann das Grabenfüllmaterial **921** eine dreidimensionale (3D) Maskenstruktur **303** bilden, die eine ähnliche Form haben kann, wie im Zusammenhang mit [Fig. 3](#) gezeigt und beschrieben. Elemente mit denselben Bezugszeichen wie in [Fig. 3](#) sind dieselben und der Kürze halber wird auf die obige Beschreibung verwiesen.

[0158] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die dreidimensionale Maskenstruktur **303** (genauer gesagt, das Grabenfüllmaterial **921** der dreidimensionalen Maskenstruktur **303**) nach der Abscheidung des Grabenfüllmaterials **921** gehärtet werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Härten erreicht werden mittels Lichteinstrahlung (z. B. UV-Bestrahlung). In diesem Fall kann der Stempel **400** aus einem lichtdurchlässigen (z. B. UV-durchlässigen) Material hergestellt sein, um Licht (z. B. UV-Strahlung) durchzulassen, und das Grabenfüllmaterial **921** kann ein Material sein, das mit Hilfe von Lichteinstrahlung (z. B. UV-Strahlung) gehärtet werden kann, wie zum Beispiel ein lichtempfindlicher (z. B. UV-empfindlicher) polymerer Resist.

[0159] [Fig. 9E](#) zeigt in einer fünften Ansicht **950**, dass der Stempel **400** aus dem Graben **302** entfernt wird. Wie gezeigt, verbleibt die dreidimensionale Maskenstruktur **303**, die den ersten Teilbereich **303'** und den zweiten Teilbereich **303''** aufweist, in dem Graben **302**. Es ist anzumerken, dass die dreidimensionale Maskenstruktur **303** ferner einen dritten Teilbereich **303'''** aufweisen kann, der Teile der oberen Oberfläche **301a** des Substrats **301** bedecken kann, wie in [Fig. 3](#) gezeigt ist aber nicht in

[Fig. 9E](#), die anschaulich einer Querschnittsansicht entlang der Querschnittslinie A-A' in [Fig. 3](#) entspricht.

[0160] Anschaulich kann gemäß einigen Ausführungsformen ein Stempel **400**, der eine dreidimensionale (3D) Prägestruktur aufweist, in einem Graben **302** in dem Substrat **301** angeordnet werden, derart, dass die 3D-Struktur zumindest teilweise in den Graben **302** hineinreichen kann. Teile des Grabens **302**, die frei sind von dem Stempel **400**, können anschließend mit Grabenfüllmaterial **921** (zum Beispiel härtbarem Material wie zum Beispiel einem Polymer-Resist) gefüllt werden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann das Grabenfüllmaterial **921** nach der Abscheidung des Grabenfüllmaterials **921** und vor dem Entfernen des Stempels **400** gehärtet werden. Zum Beispiel kann gemäß einer Ausführungsform, bei der das Grabenfüllmaterial **921** ein lichtempfindliches Resist-Material ist, der Resist Licht ausgesetzt werden, um Polymerketten in dem Resist-Material zu vernetzen. In diesem Fall kann der Stempel **400** als ein transparenter Stempel ausgebildet sein, um das für die Belichtung des Resists verwendete Licht durchzulassen. Gemäß anderen Ausführungsformen kann die Vernetzung (oder Änderung der Löslichkeit) von lackartigen Polymeren auch erreicht werden mittels Anwendens von erhöhten Temperaturen oder elektrischen Spannungen.

[0161] Gemäß einer Ausführungsform kann nach dem Entfernen des Stempels **400** ein Reinigungsschritt wie zum Beispiel ein Flash/Recess-Schritt durchgeführt werden, um mögliche Überreste des Grabenfüllmaterials **921** (zum Beispiel dünne Polymerfilme (z. B. Resist-Filme)) von zum Beispiel den Seitenwänden **312** des Grabens **302** zu entfernen.

[0162] Gemäß einigen Ausführungsformen kann die dreidimensionale (3D) Maskenstruktur **303** (z. B. 3D-Polymermaske) zum Beispiel verwendet werden für nachfolgende Metallisierungsprozesse wie zum Beispiel Pattern-Plating-Prozesse, wie oben beschrieben. Zum Beispiel kann das Substrat **301** gemäß einigen Ausführungsformen auf ähnliche Weise weiter prozessiert werden, wie oben im Zusammenhang mit [Fig. 5F](#) und [Fig. 5G](#) beschrieben, und gemäß einigen Ausführungsformen können zum Beispiel dieselben oder ähnliche Strukturen wie in [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) gezeigt erhalten werden.

[0163] Im vorangegangenen sind verschiedene Ausführungsformen mit einer als Stempel eingerichteten Stempelvorrichtung beschrieben worden. Gemäß einigen Ausführungsformen kann eine Stempelvorrichtung zum Beispiel auch eine (strukturierte) Walze aufweisen oder als eine solche eingerichtet sein. Mit anderen Worten kann gemäß einigen Ausführungsformen eine Stempelvorrichtung eine Walze aufweisen oder sein, die derart strukturiert sein kann, dass sie mindestens eine Prägestruktur oder min-

destens ein Prägemuster aufweist. Die Prägestruktur oder das Prägemuster kann zum Beispiel gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein. Eine Walze, die eine oder mehrere Prägestrukturen oder -muster aufweist, kann zum Beispiel dazu verwendet werden, über das Substrat (zum Beispiel über eine Leiterplatte (Printed Circuit Board (PCB))) zu rollen.

[0164] Fig. 10 zeigt eine schematische Querschnittsansicht einer Stempelvorrichtung 1000, die als eine Walze ausgebildet ist und in einem Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform verwendet werden kann. Die Stempelvorrichtung 1000, d. h. die Walze 1000, kann so strukturiert sein, dass sie eine Prägestruktur 402 aufweist, wie gezeigt, welche zum Prägen oder Eindringen in einem Graben verwendet werden kann. Die Prägestruktur 402 kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein. Es ist anzumerken, dass gemäß einigen Ausführungsformen die Walze 1000 zusätzlich zu der in Fig. 10 gezeigten Prägestruktur 402 zusätzliche Prägestrukturen aufweisen kann. Die Walze 1000 kann dazu verwendet werden, über das Substrat 301 (zum Beispiel über eine Leiterplatte (PCB) gemäß einer Ausführungsform) zu rollen, wie durch den Pfeil 1050 angedeutet. Das Substrat 301 (z. B. PCB) kann einen Graben 302 aufweisen (in Fig. 10 ist nur ein Graben 302 gezeigt; jedoch kann gemäß anderen Ausführungsformen mehr als ein Graben vorhanden sein). Der Graben 302 (oder die Gräben) kann (können) zum Beispiel gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen gebildet worden sein. Ferner kann (können) der Graben 302 (oder die Gräben) mit Grabenfüllmaterial 1021 gefüllt worden sein, wie gezeigt. Das Grabenfüllmaterial 1021 kann gemäß einer oder mehreren der hierin beschriebenen Ausführungsformen eingerichtet sein. Wenn die Walze 1000 über das Substrat 301 rollt, kann die Prägestruktur 402 der Walze 1000 das Grabenfüllmaterial 1021 in dem Graben 302 prägen, was in einer dreidimensionalen Struktur in dem Graben 302 resultiert. Auf ähnliche Weise können zusätzliche dreidimensionale Strukturen in zusätzlichen Gräben in dem Substrat 301 (nicht gezeigt) gebildet werden, wenn die Walze 1000 weiter über das Substrat 301 rollt.

[0165] Ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer Ausführungsform kann aufweisen: Bilden eines Grabens in dem Substrat; Abscheiden von Prägematerial zumindest in den Graben; Prägen des Prägematerials in dem Graben unter Verwendung einer Stempelvorrichtung; und Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben.

[0166] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung einen Stempel aufweisen oder ein Stempel sein, zum Beispiel ein Prägestempel.

[0167] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung eine Walze aufweisen oder sein.

[0168] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Substrat ein Halbleitersubstrat aufweisen oder sein.

[0169] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Substrat eine Leiterplatte (Printed Circuit Board (PCB)) aufweisen oder sein.

[0170] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial ein härtbares Material aufweisen oder daraus hergestellt sein.

[0171] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial nach dem Prägen und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung gehärtet werden.

[0172] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das härtbare Material ein polymerisierbares Material aufweisen oder sein.

[0173] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Härten des Prägematerials aufweisen: Belichten des Prägematerials und/oder Tempern des Substrats und/oder Anlegen einer elektrischen Spannung an das Prägematerial.

[0174] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann nach dem Entfernen der Stempelvorrichtung Füllmaterial zumindest in den Graben abgeschieden werden.

[0175] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Füllmaterial Metall aufweisen oder sein.

[0176] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Abscheiden des Füllmaterials einen Plattierungsprozess aufweisen. Mit anderen Worten kann das Abscheiden des Füllmaterials unter Verwendung eines Plattierungsprozesses erreicht werden.

[0177] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung mindestens eine Struktur aufweisen, die geeignet ist zum Prägen von Strukturen in dem Graben.

[0178] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung eine Prägestruktur aufweisen, die einer zumindest in dem Graben zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht.

[0179] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung Metall aufweisen oder aus Metall hergestellt sein.

[0180] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung ein flexibles Material aufweisen oder aus einem flexiblen Material hergestellt sein.

[0181] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung ein transparentes Material aufweisen oder daraus hergestellt sein, und das Härten des Prägematerials kann das Belichten des Prägematerials aufweisen.

[0182] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann mindestens ein zusätzlicher Graben in dem Substrat gebildet werden, Prägematerial kann in den mindestens einen zusätzlichen Graben abgeschieden werden, das Prägematerial in dem mindestens einen zusätzlichen Graben kann unter Verwendung der Stempelvorrichtung geprägt werden, und die Stempelvorrichtung kann aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben entfernt werden.

[0183] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben durchgeführt werden nach dem Prägen des Prägematerials in dem Graben.

[0184] Gemäß einer weiteren Ausführungsform können das Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben und das Prägen des Prägematerials in dem Graben gleichzeitig durchgeführt werden.

[0185] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Abscheiden des Prägematerials zumindest in den Graben ferner aufweisen Abscheiden des Prägematerials auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche, und das Prägen des Prägematerials unter Verwendung der Stempelvorrichtung kann ferner aufweisen Prägen des auf oder über der Substratoberfläche abgeschiedenen Prägematerials.

[0186] Ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer weiteren Ausführungsform kann aufweisen: Bilden eines Grabens in dem Substrat; Anordnen einer Stempelvorrichtung zumindest in dem Graben; Füllen zumindest eines Teils des Grabens, der frei ist von der Stempelvorrichtung, zumindest teilweise mit Grabenfüllmaterial; und Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben.

[0187] Gemäß einer Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung einen Stempel aufweisen oder ein Stempel sein, zum Beispiel ein Prägestempel.

[0188] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung eine Walze aufweisen oder sein.

[0189] Gemäß einer Ausführungsform kann das Grabenfüllmaterial ein härtpbares Material aufweisen oder sein, und das Grabenfüllmaterial kann nach dem Füllen der Teile des Grabens mit dem Grabenfüllmaterial und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben gehärtet werden.

[0190] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Härten des Grabenfüllmaterials aufweisen: Belichten des Grabenfüllmaterials und/oder Tempern des Substrats und/oder Anlegen einer elektrischen Spannung.

[0191] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann nach dem Entfernen der Stempelvorrichtung Füllmaterial zumindest in den Graben abgeschieden werden.

[0192] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Füllmaterial Metall aufweisen oder sein.

[0193] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Abscheiden des Füllmaterials einen Plattierungsprozess aufweisen. Mit anderen Worten kann das Abscheiden des Füllmaterials unter Verwendung eines Plattierungsprozesses erreicht werden.

[0194] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung eine Prägestruktur aufweisen, die einer zumindest in dem Graben zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht.

[0195] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung Metall aufweisen oder aus Metall hergestellt sein.

[0196] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung ein flexibles Material aufweisen oder aus einem flexiblen Material hergestellt sein.

[0197] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann die Stempelvorrichtung ein transparentes Material aufweisen oder daraus hergestellt sein, und das Härten des Grabenfüllmaterials kann das Belichten des Grabenfüllmaterials aufweisen.

[0198] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann mindestens ein zusätzlicher Graben in dem Substrat gebildet werden; die Stempelvorrichtung kann zumindest in dem mindestens einen zusätzlichen Graben angeordnet werden; mindestens ein Teil des mindestens einen zusätzlichen Grabens, der frei ist von der Stempelvorrichtung, kann zumindest teilweise mit dem Grabenfüllmaterial gefüllt werden; und die Stempelvorrichtung kann aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben entfernt werden.

[0199] Ein Verfahren zum Prozessieren eines Substrats gemäß einer weiteren Ausführungsform kann

aufweisen: Bilden eines Grabens in dem Substrat; Abscheiden von Prägematerial auf oder über dem Substrat, wodurch der Graben zumindest teilweise mit dem Prägematerial gefüllt wird; Prägen des Prägematerials in dem Graben mit Hilfe eines Prägestempels, der eine Prägestruktur aufweist, die dem Inversen einer Maskenstruktur entspricht, wodurch die Maskenstruktur zumindest in dem Graben gebildet wird; Härten des geprägten Prägematerials; und Entfernen des Prägematerials aus dem Graben.

[0200] Gemäß einer Ausführungsform kann das Härten des geprägten Prägematerials aufweisen: Belichten des Prägematerials und/oder Tempern des Substrats und/oder Anlegen einer elektrischen Spannung an das Prägematerial.

[0201] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial einen lichtempfindlichen Prägelack (Imprint-Resist) aufweisen oder daraus hergestellt sein, und das Härten des geprägten Prägematerials kann das Belichten des Prägematerials aufweisen.

[0202] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Prägematerial einen Prägelack aufweisen oder daraus hergestellt sein.

[0203] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der Prägestempel ein transparentes Material aufweisen oder daraus hergestellt sein.

[0204] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann nach dem Entfernen des Prägestempels Füllmaterial auf oder über dem Substrat abgeschieden werden, wodurch zumindest jene Teile des Grabens, die frei sind von dem geprägten Prägematerial, mit dem Füllmaterial gefüllt werden.

[0205] Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann das Füllmaterial Metall aufweisen oder daraus hergestellt sein.

[0206] Im Folgenden werden bestimmte Merkmale, Aspekte und Effekte von beispielhaften Ausführungsformen beschrieben.

[0207] Gemäß einigen Ausführungsformen werden imprint-artige Prozesse zum dreidimensionalen (3D) Strukturieren bereitgestellt.

[0208] Gemäß einigen Ausführungsformen kann ein modifizierter Prägestritt (Imprint-Schritt) verwendet werden, bei dem eine Stempelvorrichtung (z. B. Prägestempel) auch dazu verwendet werden kann, Strukturen in der dritten Dimension (zum Beispiel im Innern eines Grabens) zu definieren.

[0209] Gemäß einigen Ausführungsformen kann ein Stempel, der für „Makroimprint“ verwendet werden

kann, mit Strukturen oder Mustern (patterns) versehen werden, die zum Prägen von Strukturen in einem tiefen Graben geeignet sind.

[0210] Gemäß einigen Ausführungsformen werden Prozesse bereitgestellt, die das Drucken auf nicht-ebenen Oberflächen beinhalten können (zum Beispiel auf Oberflächen, die einen oder mehrere Gräben (z. B. tiefe Gräben) oder Vertiefungen aufweisen können).

[0211] Gemäß einigen Ausführungsformen werden Prozesse bereitgestellt, die ein „Ein-Schritt (One Step)“-Strukturieren auf zwei oder mehr topographischen Ebenen beinhalten können, wodurch dreidimensionale Strukturen erzeugt werden.

[0212] Gemäß einigen Ausführungsformen werden Prozesse bereitgestellt, die einen Stempel (oder mehrere Stempel) verwenden können, der/die nicht nur eine Struktur (oder Strukturen) zum Drucken von Strukturen auf ebenen Oberflächen (z. B. ebenen Wafer-Oberflächen) aufweisen kann/können, sondern auch eine Struktur (oder Strukturen) zum Prägen von Strukturen in einer dritten Dimension (z. B. im Innern eines Grabens).

[0213] Effekte von bestimmten Ausführungsformen können sein oder einschließen:

- 3D-Strukturieren kann unter Verwendung einer geringeren Anzahl von Prozessschritten (z. B. verglichen mit mehrstufigen (Multistep-)Lithographieprozessen) erreicht werden und/oder
- 3D-Strukturieren kann mit niedrigeren Kosten erreicht werden (indem zum Beispiel teure Prozesse wie Zweiphotonenabsorption oder teure Geräte vermieden werden).

[0214] Gemäß einigen Ausführungsformen können 3D-Zielstrukturen realisiert werden, die unter Verwendung von Standardprozessen wie zum Beispiel Standardlithographieprozessen nicht (oder nur mit vergleichsweise hohem Aufwand und/oder Kosten) verwirklicht werden können. Zum Beispiel kann gemäß einigen Ausführungsformen eine 3D-Maskenstrukturierung in einem tiefen Substratgraben verwirklicht werden. In diesem Fall würde Standardlithographie schwerwiegenden Problemen begegnen (Resist-Dicke, Tiefe des Fokus nicht ausreichend, Auftreten von Streulicht an Rändern, Instabilität der Resistwand (oder -wände) aufgrund von Lösungsmitteilverlust beim Ausheizen, Beschränkungen hinsichtlich Neigung der Seitenwände, etc.) oder sogar versagen. Auf der anderen Seite würde Zweiphotonenlithographie ebenfalls versagen, da die Struktur in dem tiefen Graben nicht zugänglich wäre. Schließlich könnten auch Standard-Nanoimprint-Prozesse nicht verwendet werden, da sie nur zum Drucken von Strukturen auf flachen Oberflächen ausgelegt sind.

[0215] Obwohl die Erfindung vor allem unter Bezugnahme auf bestimmte Ausführungsformen gezeigt und beschrieben worden ist, sollte von denjenigen, die mit dem Fachgebiet vertraut sind, verstanden werden, dass zahlreiche Änderungen bezüglich Ausgestaltung und Details daran vorgenommen werden können, ohne vom Wesen und Bereich der Erfindung, wie durch die angefügten Ansprüche definiert, abzuweichen. Der Bereich der Erfindung wird somit durch die angefügten Ansprüche bestimmt, und es ist daher beabsichtigt, dass sämtliche Änderungen, welche unter den Wortsinn oder den Äquivalenzbereich der Ansprüche fallen, umfasst werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Prozessieren eines Substrats, aufweisend:
Bilden eines Grabens in dem Substrat;
Abscheiden von Prägematerial zumindest in den Graben;
Prägen des Prägematerials in dem Graben unter Verwendung einer Stempelvorrichtung;
Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Substrat ein Halbleitersubstrat aufweist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei das Prägematerial ein härtbares Material aufweist.
4. Verfahren gemäß Anspruch 3, ferner aufweisend Härten des Prägematerials nach dem Prägen und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung.
5. Verfahren gemäß Anspruch 3 oder 4, wobei das härtbare Material ein polymerisierbares Material aufweist.
6. Verfahren gemäß Anspruch 4 oder 5, wobei das Härten des Prägematerials aufweist: Belichten des Prägematerials und/oder Tempern des Substrats und/oder Anlegen einer elektrischen Spannung an das Prägematerial.
7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, ferner aufweisend Abscheiden von Füllmaterial zumindest in den Graben nach dem Entfernen der Stempelvorrichtung.
8. Verfahren gemäß Anspruch 7, wobei das Füllmaterial Metall aufweist.
9. Verfahren gemäß Anspruch 7 oder 8, wobei das Abscheiden des Füllmaterials einen Plattierungsprozess aufweist.
10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Stempelvorrichtung mindestens eine Struktur aufweist, die geeignet ist zum Prägen von Strukturen in dem Graben.
11. Verfahren gemäß Anspruch 10, wobei die Stempelvorrichtung eine Prägestruktur aufweist, die einer zumindest in dem Graben zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht.
12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Stempelvorrichtung Metall aufweist.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Stempelvorrichtung ein flexibles Material aufweist.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei die Stempelvorrichtung ein transparentes Material aufweist; und wobei das Härten des Prägematerials aufweist: Belichten des Prägematerials.
15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, ferner aufweisend:
Bilden mindestens eines zusätzlichen Grabens in dem Substrat;
Abscheiden von Prägematerial in den mindestens einen zusätzlichen Graben;
Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben unter Verwendung der Stempelvorrichtung;
Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben.
16. Verfahren gemäß Anspruch 15, wobei das Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben durchgeführt wird nach dem Prägen des Prägematerials in dem Graben.
17. Verfahren gemäß Anspruch 15 oder 16, wobei das Prägen des Prägematerials in dem mindestens einen zusätzlichen Graben und das Prägen des Prägematerials in dem Graben gleichzeitig durchgeführt werden.
18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei das Abscheiden des Prägematerials zumindest in den Graben ferner aufweist Abscheiden des Prägematerials auf oder über zumindest einem Teil der Substratoberfläche; und wobei das Prägen des Prägematerials unter Verwendung der Stempelvorrichtung ferner aufweist Prägen des auf oder über der Substratoberfläche abgeschiedenen Prägematerials.
19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die Stempelvorrichtung einen Stempel aufweist.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei die Stempelvorrichtung eine Walze aufweist.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20, wobei das Substrat eine Leiterplatte aufweist.

22. Verfahren zum Prozessieren eines Substrats, aufweisend:
Bilden eines Grabens in dem Substrat;
Anordnen einer Stempelvorrichtung zumindest in dem Graben;
Füllen zumindest eines Teils des Grabens, der frei ist von der Stempelvorrichtung, zumindest teilweise mit Grabenfüllmaterial;
Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben.

23. Verfahren gemäß Anspruch 22, wobei das Grabenfüllmaterial ein härtbares Material aufweist, und wobei das Verfahren ferner aufweist Härten des Grabenfüllmaterials nach dem Füllen der Teile des Grabens mit dem Grabenfüllmaterial und vor dem Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem Graben.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, wobei das Härten des Grabenfüllmaterials aufweist: Belichten des Grabenfüllmaterials und/oder Tempern des Substrats und/oder Anlegen einer elektrischen Spannung an das Grabenfüllmaterial.

25. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 24, ferner aufweisend Abscheiden von Füllmaterial zumindest in den Graben nach dem Entfernen der Stempelvorrichtung.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, wobei das Füllmaterial Metall aufweist.

27. Verfahren gemäß Anspruch 25 oder 26, wobei das Abscheiden des Füllmaterials einen Plattierungsprozess aufweist.

28. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 27, wobei die Stempelvorrichtung eine Prägestruktur aufweist, die einer zumindest in dem Graben zu bildenden dreidimensionalen Maskenstruktur entspricht.

29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 28, ferner aufweisend:
Bilden mindestens eines zusätzlichen Grabens in dem Substrat;
Anordnen der Stempelvorrichtung zumindest in dem mindestens einen zusätzlichen Graben;
Füllen mindestens eines Teils des mindestens einen zusätzlichen Grabens, der frei ist von der Stempelvorrichtung, zumindest teilweise mit dem Grabenfüllmaterial; und
Entfernen der Stempelvorrichtung aus dem mindestens einen zusätzlichen Graben.

30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 22 bis 29, wobei die Stempelvorrichtung einen Stempel aufweist.

31. Verfahren zum Prozessieren eines Substrats, aufweisend:
Bilden eines Grabens in dem Substrat;
Abscheiden von Prägematerial auf oder über dem Substrat, wodurch der Graben zumindest teilweise mit dem Prägematerial gefüllt wird;
Prägen des Prägematerials in dem Graben mit Hilfe eines Prägestempels, der eine Prägestruktur aufweist, die dem Inversen einer Maskenstruktur entspricht, wodurch die Maskenstruktur zumindest in dem Graben gebildet wird;
Härten des geprägten Prägematerials; und
Entfernen des Prägematerials aus dem Graben.

32. Verfahren gemäß Anspruch 31, wobei das Härten des geprägten Prägematerials aufweist:
Belichten des Prägematerials und/oder
Tempern des Substrats und/oder
Anlegen einer elektrischen Spannung an das Prägematerial.

33. Verfahren gemäß Anspruch 31 oder 32, das Prägematerial einen Prägelack aufweist.

34. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 31 bis 33, ferner aufweisend Abscheiden von Füllmaterial auf oder über dem Substrat nach dem Entfernen des Prägestempels, wodurch zumindest Teile des Grabens, die frei sind von dem geprägten Prägematerial, mit dem Füllmaterial gefüllt werden.

35. Verfahren gemäß Anspruch 34, wobei das Füllmaterial Metall aufweist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

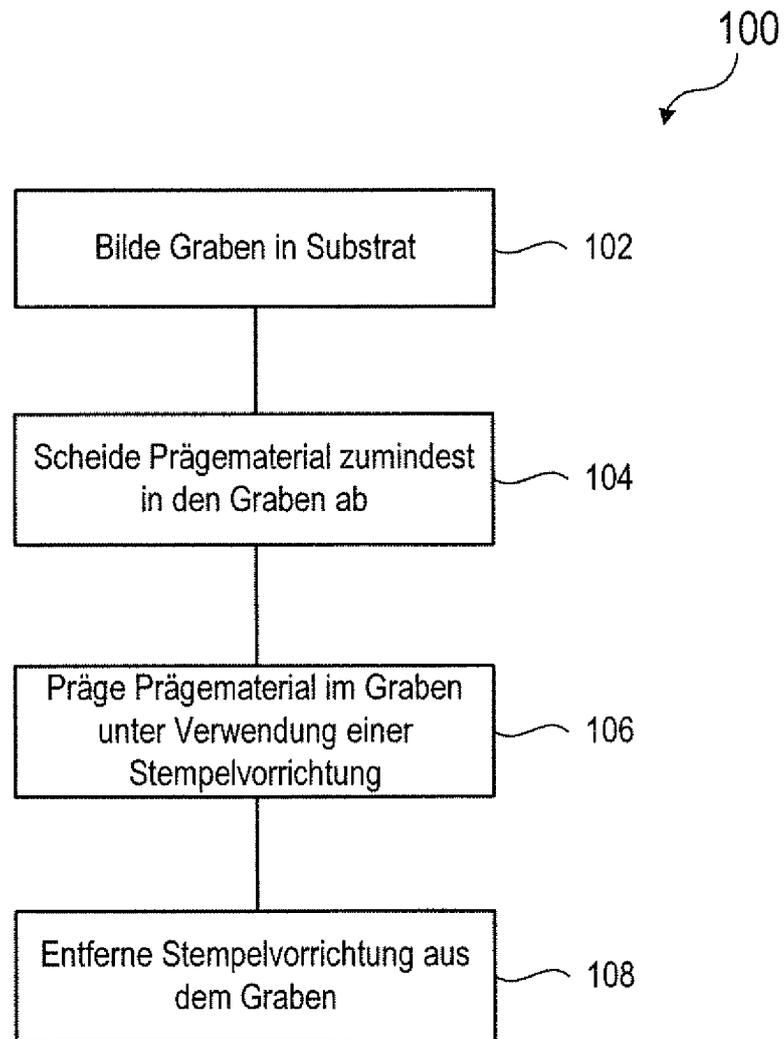


FIG. 2

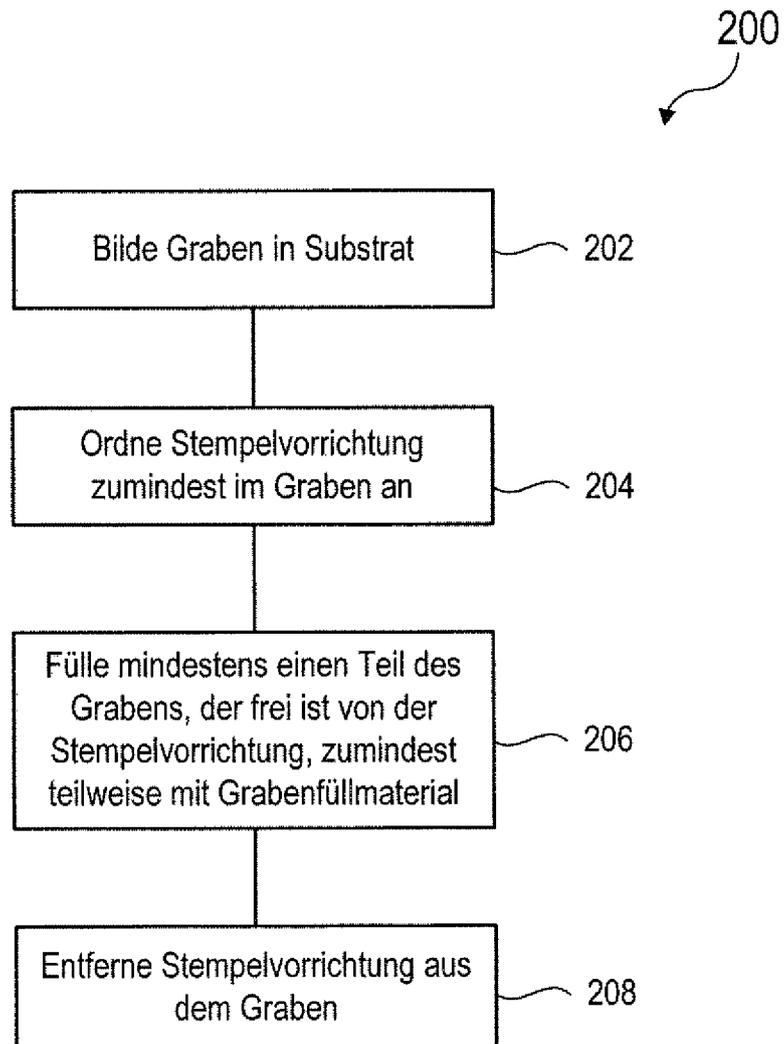


FIG. 3

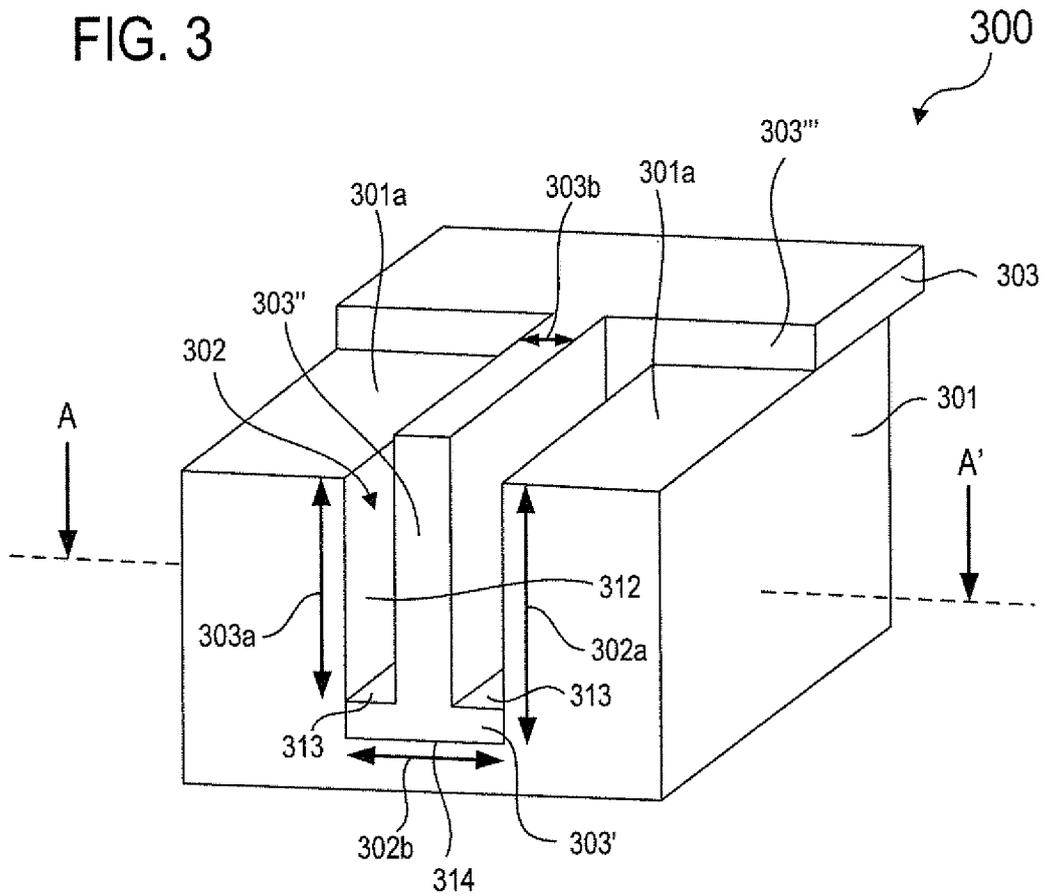


FIG. 4

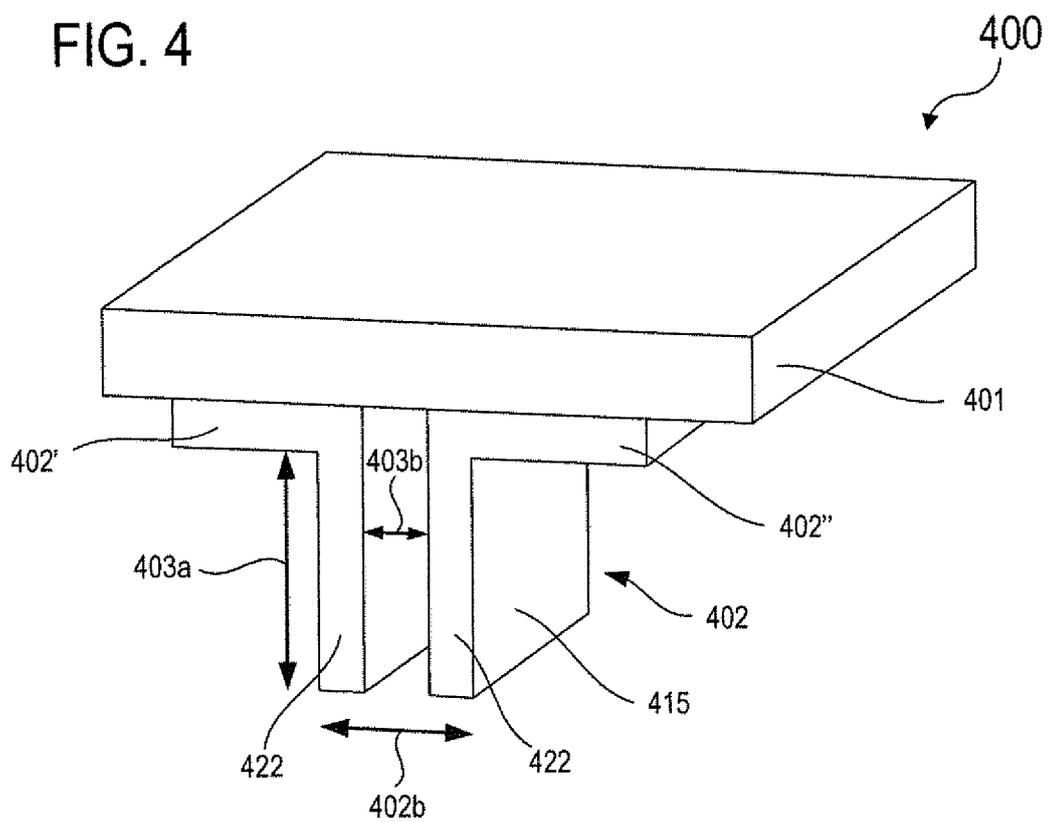


FIG. 5A

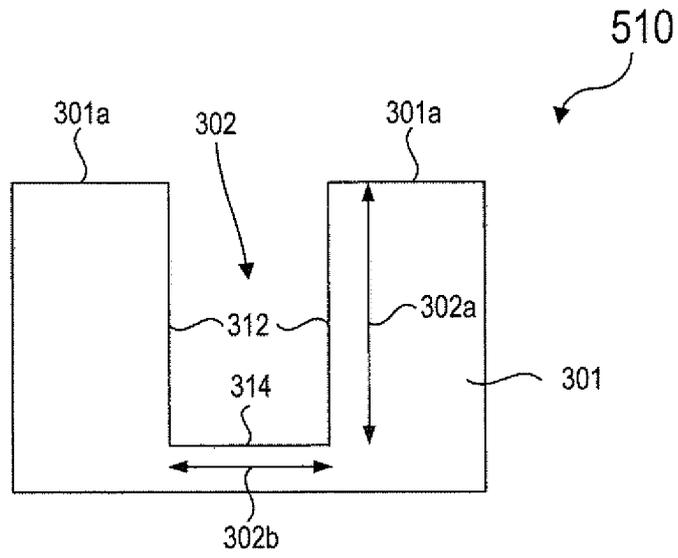


FIG. 5B

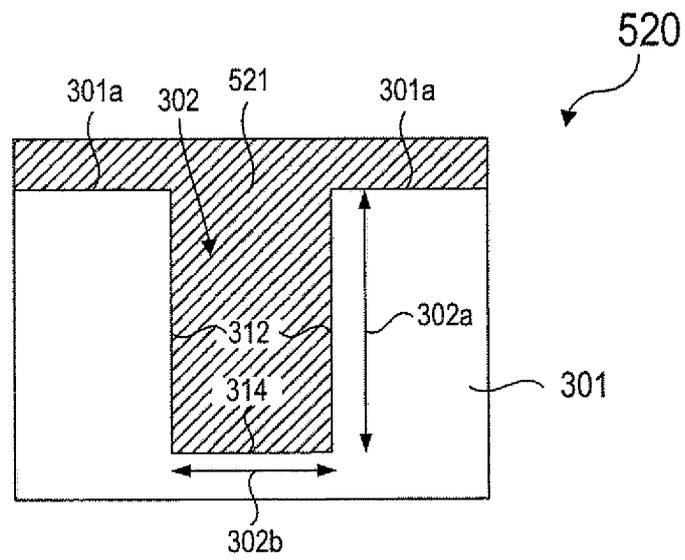


FIG. 5C

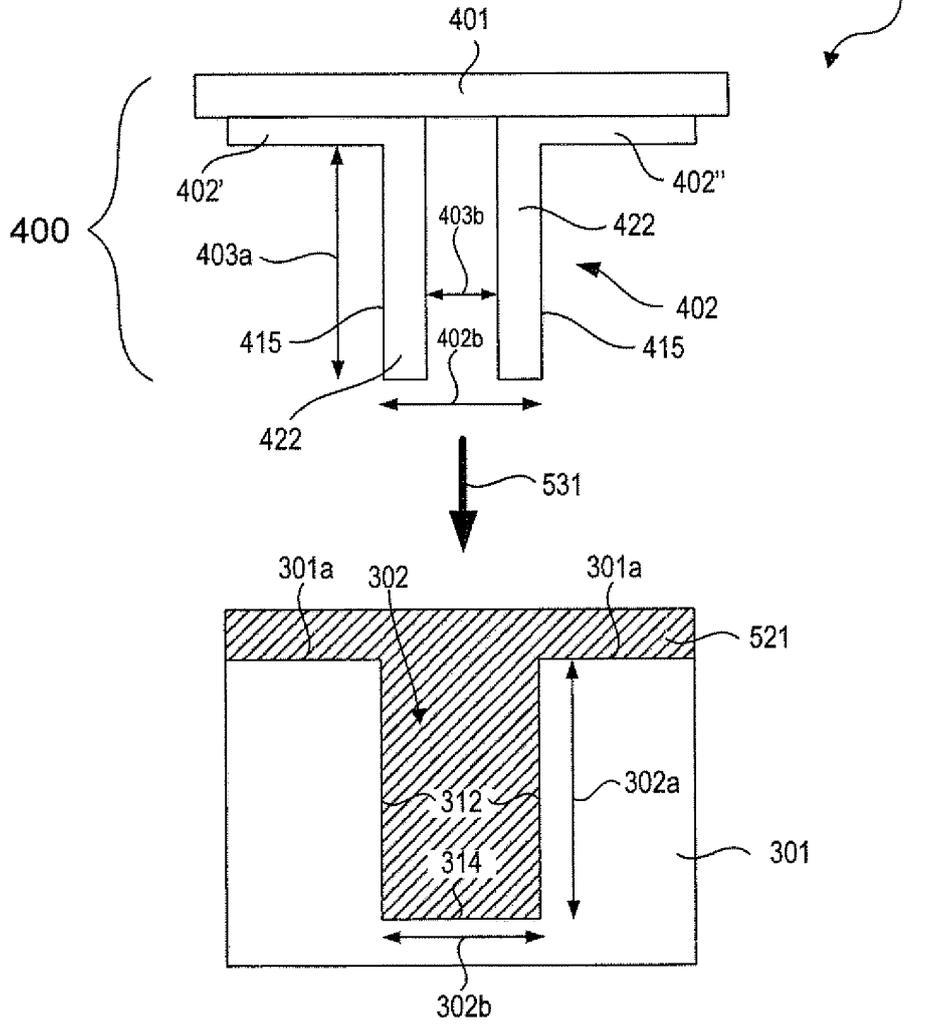


FIG. 5D

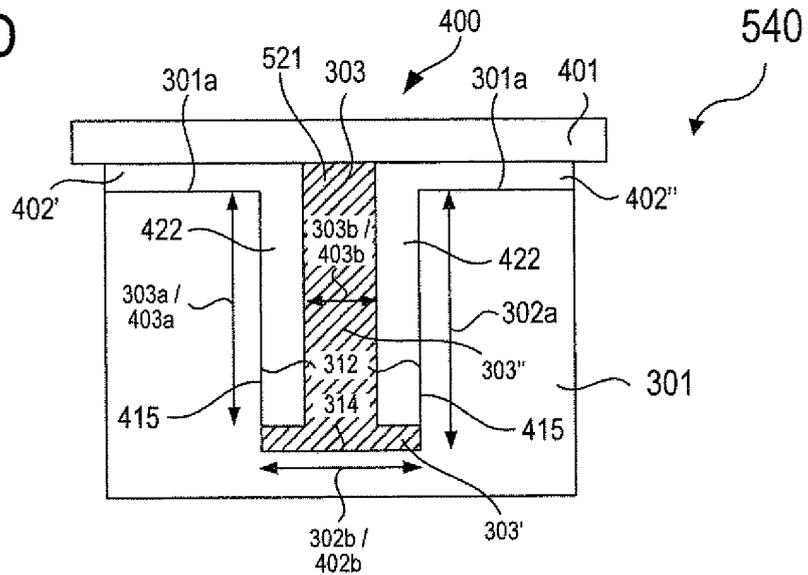


FIG. 5E

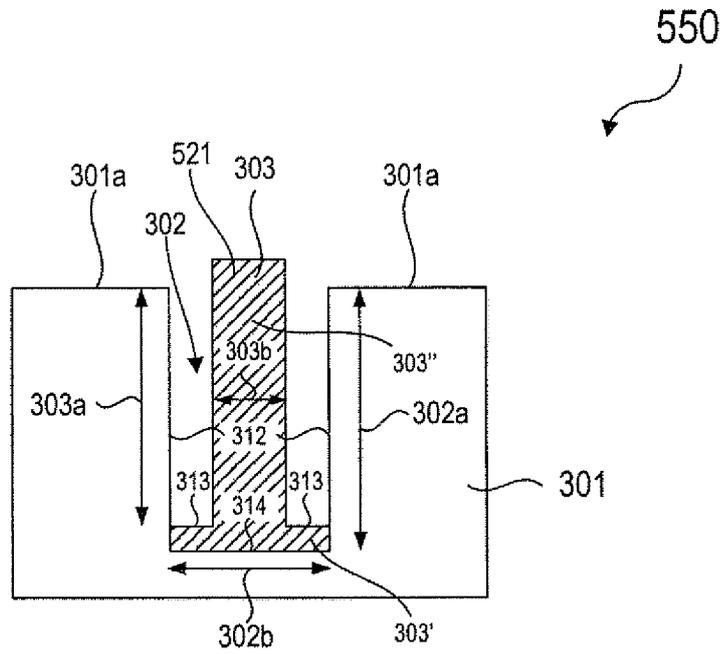


FIG. 5F

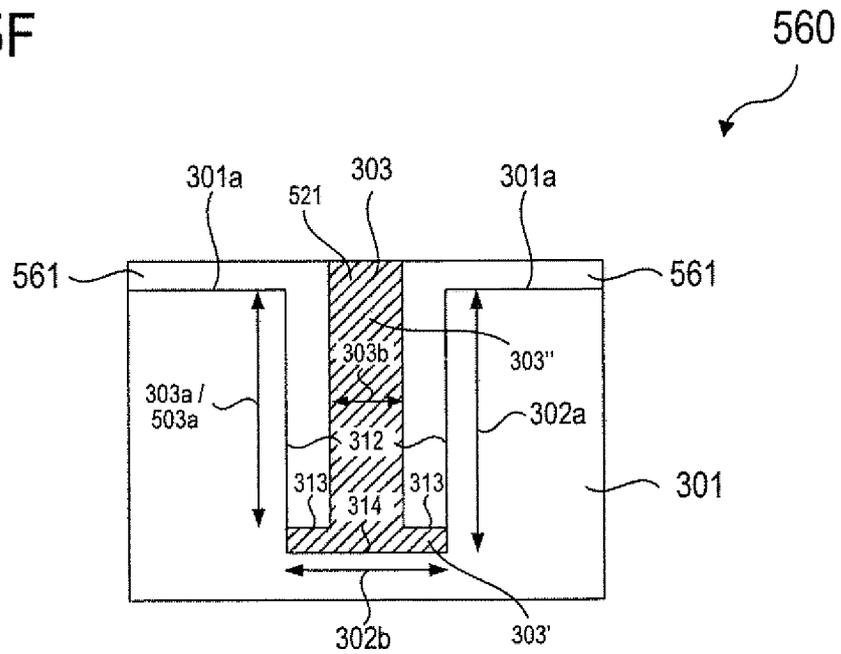


FIG 5G

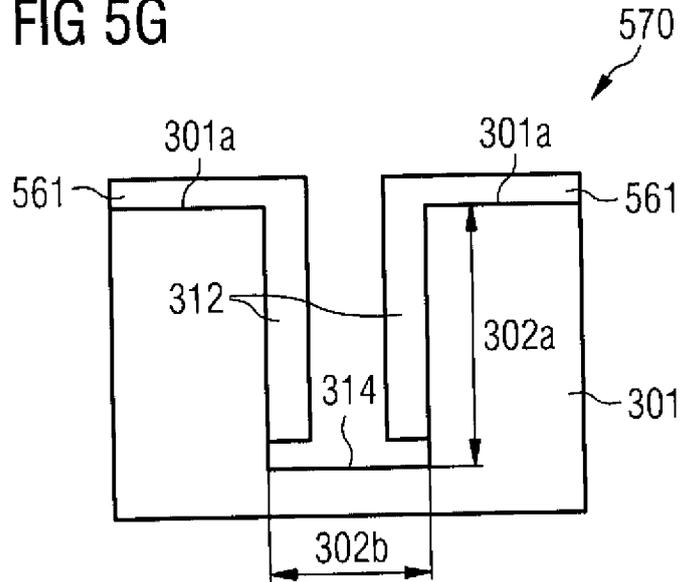


FIG 6

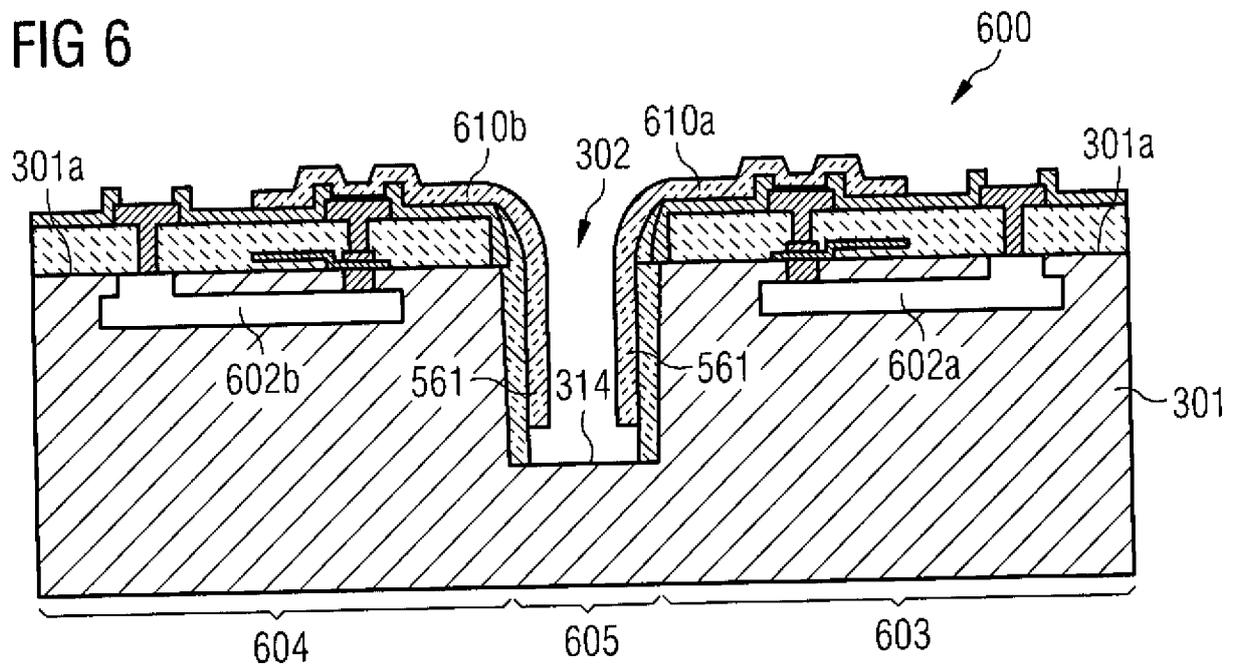


FIG 7

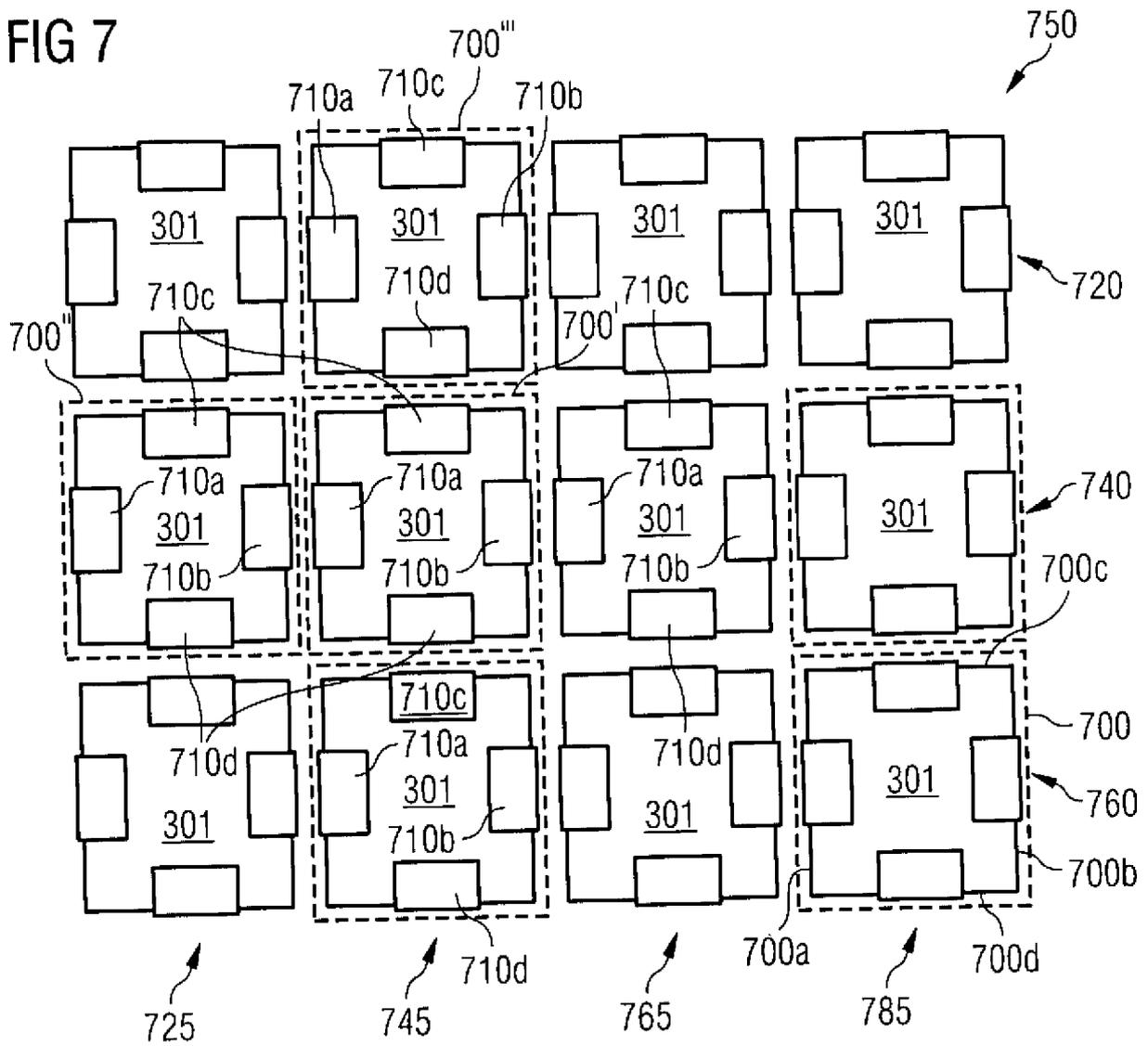


FIG 8

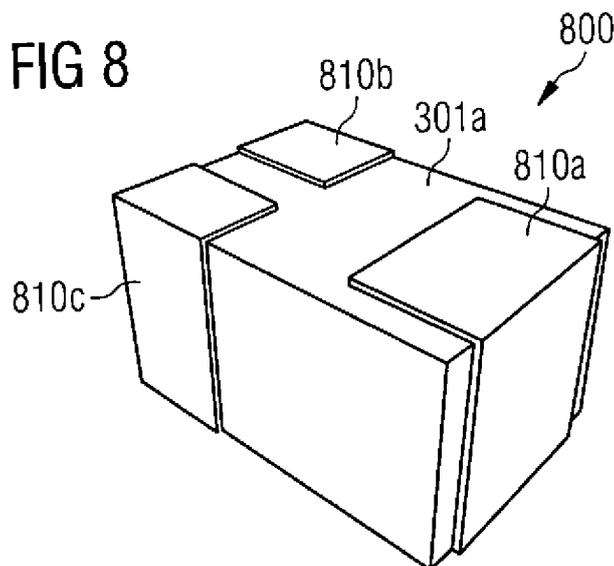


FIG. 9A

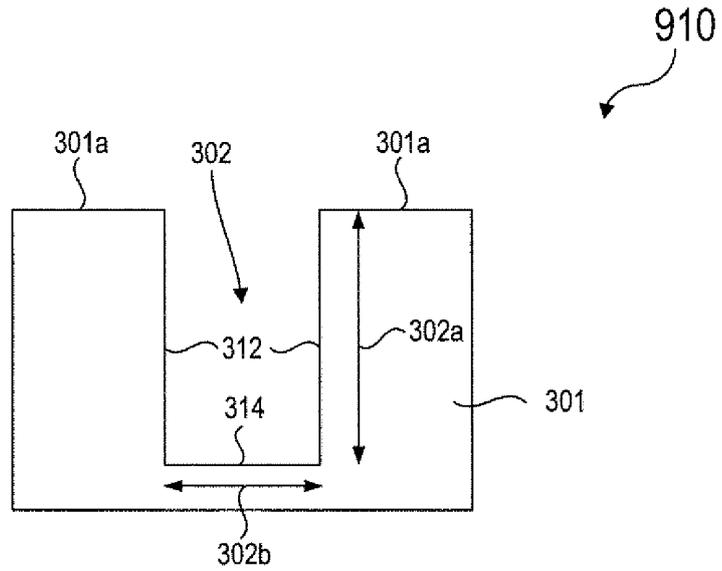


FIG. 9B

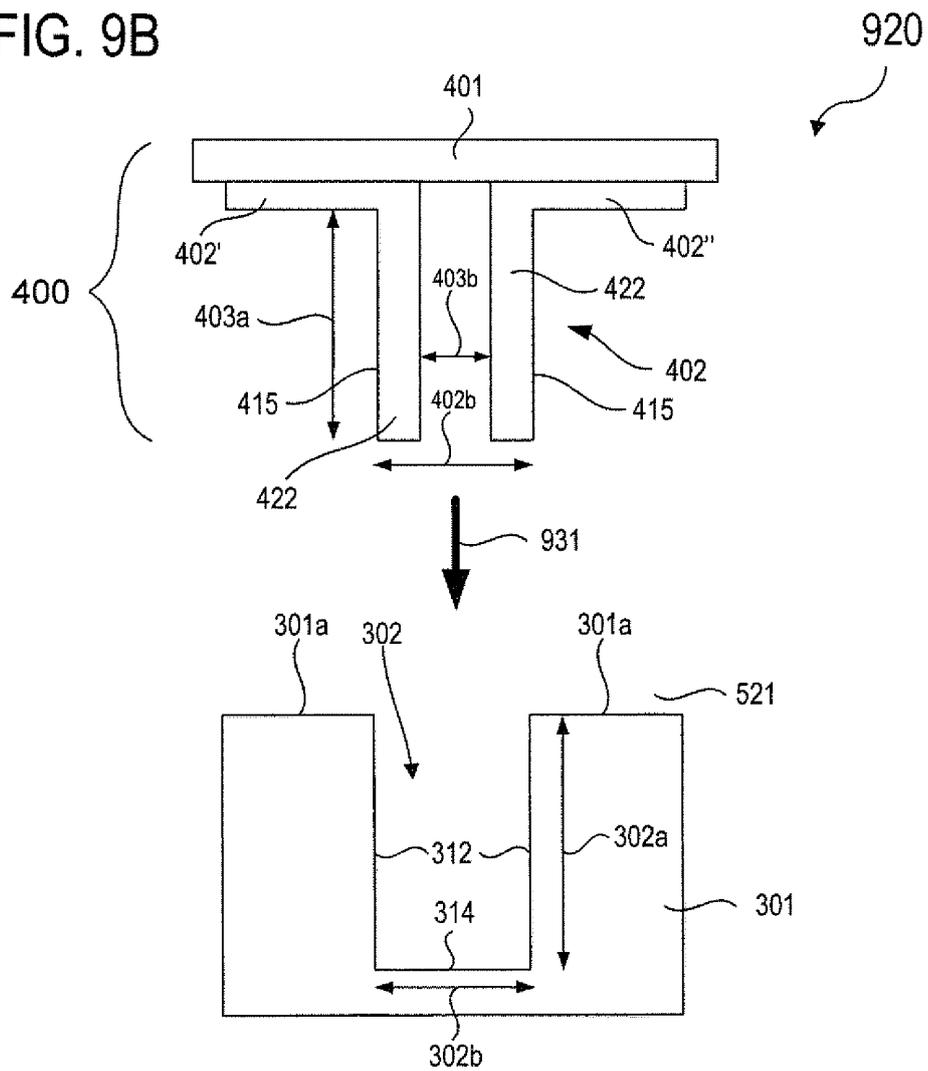


FIG. 9C

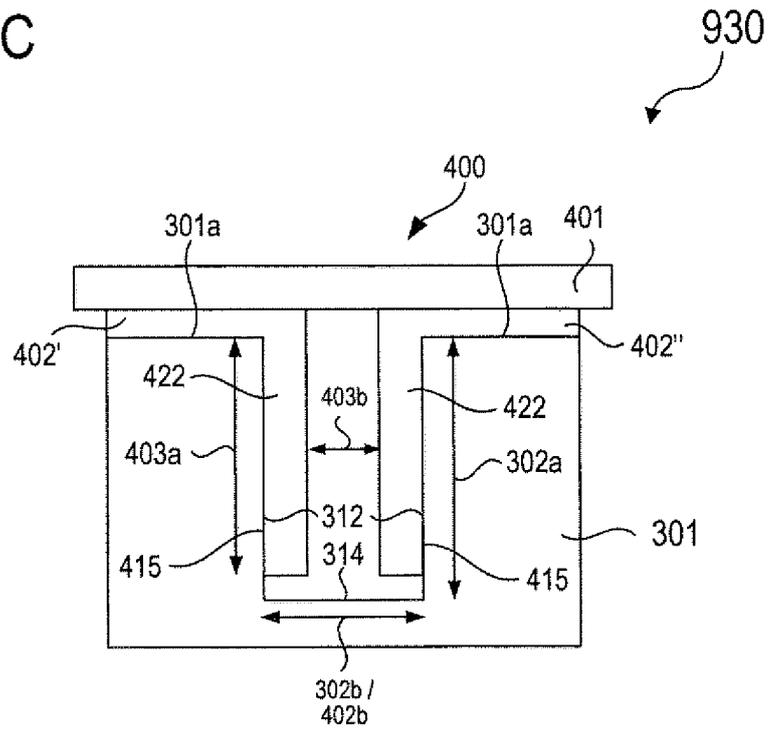


FIG. 9D

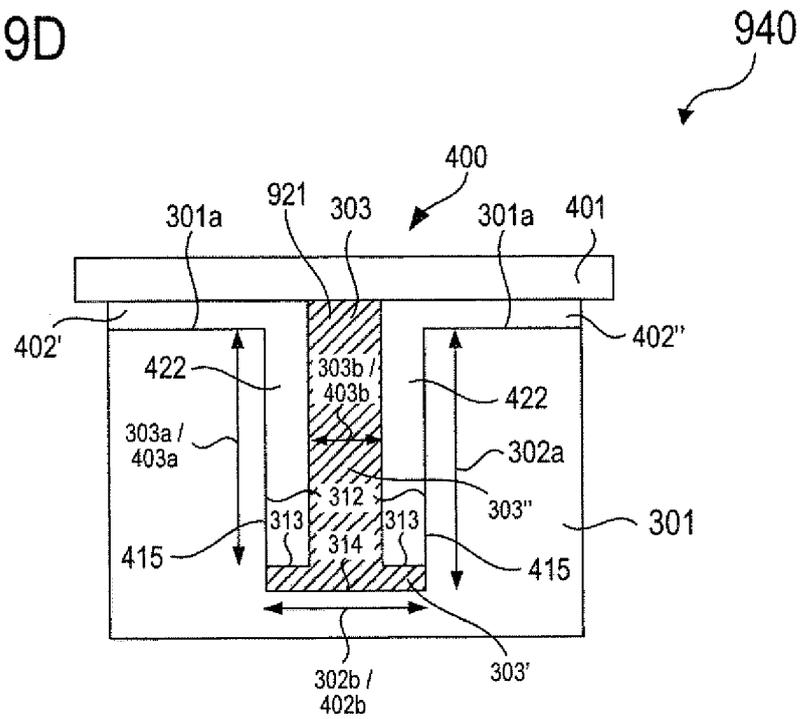


FIG. 9E

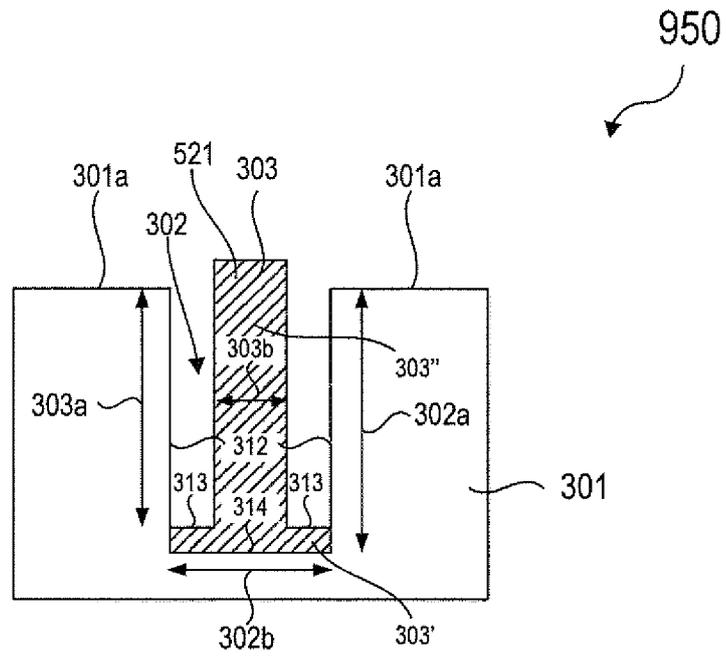


FIG. 10

