



(10) **DE 10 2015 104 813 A1** 2015.10.01

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 104 813.2**

(22) Anmeldetag: **27.03.2015**

(43) Offenlegungstag: **01.10.2015**

(51) Int Cl.: **G03F 1/50 (2012.01)**

G03F 1/54 (2012.01)

H01L 21/308 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
14/229,859 **29.03.2014** **US**

(71) Anmelder:
**Avago Technologies General IP (Singapore) Pte.
Ltd., Singapur, SG**

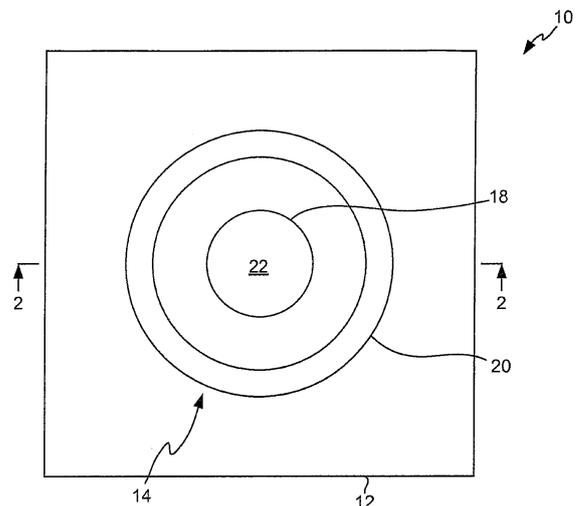
(74) Vertreter:
**Dilg Haeusler Schindelmann
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80636 München,
DE**

(72) Erfinder:
**Wang, Tak Kui, San Jose, Calif., US; Giovane,
Laura M., Sunnyvale, Calif., US; Murty, Ramana
M.V., Sunnyvale, Calif., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Herstellen einer Fotomaskenanordnung und Fotodetektorvorrichtung mit
lichtsammelnder optischer Mikrostruktur**

(57) Zusammenfassung: Eine optische Maske kann mittels Bereitstellens eines transparenten Maskensubstrats hergestellt werden; Abscheiden einer ersten Schicht von opakem Material, Bilden einer Apertur in der ersten Schicht; Abscheiden einer zweiten Schicht aus transparentem Material, Abscheiden einer dritten Schicht aus transparentem Material; Strukturieren der dritten Schicht zum Erzeugen eines scheibenförmigen Bereichs, Erwärmen der dritten Schicht, bis der scheibenförmige Bereich in einen linsenförmigen Bereich rückfließt und vernetzt, Abscheiden einer vierten Schicht, Strukturieren der vierten Schicht zum Erzeugen einer Kavität, die sich zu der Oberfläche des linsenförmigen Bereichs erstreckt, und Trockenätzen des Endes der Kavität, bis die zweite Schicht eine Gestalt entwickelt, die zu der linsenförmigen Gestalt korrespondiert.



Beschreibung

Querbezug auf verwandte Anmeldung

[0001] Diese Anmeldung beruht auf einer Continuation-in-Part der US-Patentanmeldung Nr. 13/915, 849, eingereicht am 12. Juni 2013, mit dem Titel „PHOTODETECTOR DEVICE HAVING LIGHT-COLLECTING OPTICAL MICROSTRUCTURE“, wobei der Vorteil des Anmeldetags dieser Anmeldung hiermit beansprucht wird, und wobei die Spezifikation davon hiermit in ihrer Gesamtheit mittels Bezugnahme mit einbezogen wird.

Hintergrund

[0002] Optische Datenkommunikationssysteme enthalten üblicherweise optische Empfängervorrichtungen, die optische Signale empfangen, die über eine optische Kommunikationsverbindung (zum Beispiel optische Faser) transportiert werden und wandeln die optischen Signale in elektrische Signale um. Auf diese Weise können die Daten oder kann die Information, die in den optischen Signalen enthalten sind oder ist, wiedergewonnen oder empfangen werden und anderen elektronischen Systemen bereitgestellt werden, wie zum Beispiel Schaltsystemen oder Verarbeitungssystemen. Solche optischen Empfängervorrichtungen weisen Fotodetektoren wie zum Beispiel Fotodioden auf. Ein üblicher Typ einer Fotodiode, der in optischen Empfängervorrichtungen verwendet wird, ist als eine PIN-Fotodiode bekannt, aufgrund ihrer Struktur, die eine intrinsische oder leicht dotierte Halbleiterschicht aufweist, die zwischen einer P-Typ-Halbleiterschicht und einer N-Typ-Halbleiterschicht zwischengeordnet ist. Die Physik der PIN-Diode gibt vor, dass die Größe des aktiven Bereichs (das heißt der fotosensitive Bereich) umgekehrt proportional zu der maximalen Datenrate ist, welche die Vorrichtung detektieren kann. Daher muss eine PIN-Fotodiode, die für hohe Datenraten geeignet ist, einen kleinen aktiven Bereich haben. Allerdings formt das Licht, das mittels einer optischen Faser emittiert wird, einen Strahl, der relativ breit ist verglichen mit der Breite einer Hochgeschwindigkeits-PIN-Fotodiode. Ein Fokussieren oder sonstiges Richten des einfallenden Lichts (optische Signale) auf eine sehr kleine PIN-Fotodiode wirft Herausforderungen hinsichtlich des Designs auf.

[0003] Ein optischer Empfänger kann eine Linse zwischen einer PIN-Fotodiodenvorrichtung und einem Ende einer optischen Faser enthalten, um von der Faser emittiertes Licht auf die PIN-Fotodiode zu fokussieren. Allerdings kann das Einsetzen solch einer Linse in einem optischen Empfänger einen Einfluss auf die Einfachheit der Anordnung und daher die Herstellungskosten haben. Es ist auch vorgeschlagen worden, einen Bereich des Halbleitersubstrats, von dem die PIN-Fotodiode gebildet ist, als einen Re-

flektor zu gestalten, der von einer lateralen Richtung Licht in den aktiven Bereich einer PIN-Fotodiode richtet, das heißt parallel zu der Ebene des Substrats. Allerdings ist solch eine Struktur schwierig herzustellen und beeinflusst daher die Herstellungskosten. Ferner ist eine solche Struktur im Allgemeinen nicht dazu fähig, den lichtsammelnden Bereich der PIN-Fotodiodenvorrichtung um mehr als wenige Mikrometer zu erhöhen.

[0004] Es wäre wünschenswert, eine Fotodetektorvorrichtung bereitzustellen, die einen großen Sammelbereich relativ zu der Größe des aktiven Bereichs hat und die in einfacher Weise hergestellt werden kann.

Zusammenfassung

[0005] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf optische Maskenvorrichtungen und Verfahren zum Verwenden von optischen Maskenvorrichtungen.

[0006] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel weist eine optische Maskenvorrichtung ein optisches Maskensubstrat auf, das transparent für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht ist, eine erste Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, und eine zweite Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht. Die erste Schicht besteht aus einem Material, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist, und hat eine Apertur. Die zweite Schicht bedeckt die Apertur und besteht aus einem Material, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist. Eine brechende Linse ist in der zweiten Schicht gebildet und mit der Apertur ausgerichtet.

[0007] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel weist eine optische Maskenvorrichtung ein optisches Maskensubstrat und eine geschichtete Struktur auf, die an dem optischen Maskensubstrat gebildet ist. Die geschichtete Struktur weist einen Maskenausrichtungsindikator und eine Schicht auf, die eine Linse definiert. Die Schicht, welche die Linse definiert, ist zwischen dem optischen Maskensubstrat und dem Maskenausrichtungsindikator angeordnet. Die Linse, die brechend oder beugend sein kann, ist mit dem Maskenausrichtungsindikator ausgerichtet.

[0008] Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel weist ein Verfahren auf: Bereitstellen eines optischen Maskensubstrats, das für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht transparent ist; Abscheiden einer ersten Schicht, die aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist, an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats; Bilden einer Apertur in der ersten Schicht; Abscheiden einer zweiten Schicht, die aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist, an einer Oberfläche der ersten

Schicht; Abscheiden einer dritten Schicht, die aus Photoresist-Material besteht, an einer Oberfläche der zweiten Schicht; Strukturieren der dritten Schicht zum Erzeugen eines scheibenförmigen Bereichs; Erwärmen der dritten Schicht, bis der scheibenförmige Bereich in einen linsenförmigen Bereich rückfließt oder umfließt (oder einem Reflow in einen linsenförmigen Bereich unterworfen wird) und vernetzt; Abscheiden einer vierten Schicht, die aus Photoresist-Material besteht, an einer Oberfläche der dritten Schicht; Strukturieren der vierten Schicht zum Erzeugen einer Kavität, die sich zu der Oberfläche des linsenförmigen Bereichs erstreckt, wobei das Ende der Kavität die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs aufweist; und Trockenätzen des Endes der Kavität, bis die zweite Schicht sich zu einer Form entwickelt, die zu dem linsenförmigen Bereich korrespondiert. Die erste Schicht und die zweite Schicht und das optische Maskensubstrat definieren gemeinsam eine optische Maskenvorrichtung, die zum fotolithographischen Erzeugen von optoelektronischen Geräten verwendet werden kann.

[0009] Andere Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile werden für einen Fachmann bei Untersuchung der folgenden Figuren und detaillierten Beschreibung offensichtlich sein oder offensichtlich werden. Es ist beabsichtigt, dass alle solchen zusätzlichen Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile in diese Beschreibung mit einbezogen sind, innerhalb des Schutzzumfangs der Spezifikation sind, und mittels der beigefügten Ansprüche geschützt sind.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0010] Die Erfindung kann unter Bezugnahme auf die folgenden Zeichnungen besser verstanden werden. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht notwendigerweise skaliert, stattdessen wird der Schwerpunkt darauf gerichtet, die Prinzipien der vorliegenden Erfindung klar darzustellen.

[0011] Fig. 1 ist eine oberseitige Draufsicht einer optoelektronischen Vorrichtung gemäß einem ersten exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0012] Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 2-2 von Fig. 1 aufgenommen ist.

[0013] Fig. 3 ist eine oberseitige Draufsicht einer anderen optoelektronischen Vorrichtung gemäß einem zweiten exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0014] Fig. 4 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 4-4 von Fig. 3 aufgenommen ist.

[0015] Fig. 5 ist eine oberseitige Draufsicht von noch einer anderen optoelektronischen Vorrichtung ge-

mäß einem dritten exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0016] Fig. 6 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 6-6 von Fig. 5 aufgenommen ist.

[0017] Fig. 7 ist eine oberseitige Draufsicht von noch einer anderen optoelektronischen Vorrichtung gemäß einem vierten exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung.

[0018] Fig. 8 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 8-8 von Fig. 7 aufgenommen ist.

[0019] Fig. 9 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen ersten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0020] Fig. 10 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 10-10 von Fig. 9 aufgenommen ist.

[0021] Fig. 11 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen zweiten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0022] Fig. 12 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 12-12 von Fig. 11 aufgenommen ist.

[0023] Fig. 13 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen dritten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0024] Fig. 14 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 14-14 von Fig. 13 aufgenommen ist.

[0025] Fig. 15 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen vierten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0026] Fig. 16 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 16-16 von Fig. 15 aufgenommen ist.

[0027] Fig. 17 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen fünften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0028] Fig. 18 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 18-18 von Fig. 17 aufgenommen ist.

[0029] Fig. 19 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen sechsten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0030] Fig. 20 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 20-20 von Fig. 19 aufgenommen ist.

[0031] Fig. 21 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen siebten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0032] Fig. 22 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 22-22 von Fig. 21 aufgenommen ist.

[0033] Fig. 23 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen achten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0034] Fig. 24 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 24-24 von Fig. 23 aufgenommen ist.

[0035] Fig. 25 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen neunten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 darstellt.

[0036] Fig. 26 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 26-26 von Fig. 25 aufgenommen ist.

[0037] Fig. 27 ist eine Querschnittsansicht, die einen zehnten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 veranschaulicht.

[0038] Fig. 28 ist eine Querschnittsansicht, die einen elften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 1 bis Fig. 2 veranschaulicht.

[0039] Fig. 29 ist eine Querschnittsansicht, die einen zwölften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen des exemplarischen optoelektronischen Geräts von Fig. 1 bis Fig. 2 veranschaulicht.

[0040] Fig. 30 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen ersten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 darstellt.

[0041] Fig. 31 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 31-31 von Fig. 30 aufgenommen ist.

[0042] Fig. 32 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen zweiten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 darstellt.

[0043] Fig. 33 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 33-33 von Fig. 32 aufgenommen ist.

[0044] Fig. 34 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen dritten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 darstellt.

[0045] Fig. 35 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 35-35 von Fig. 34 aufgenommen ist.

[0046] Fig. 36 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen vierten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 darstellt.

[0047] Fig. 37 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 37-37 von Fig. 36 aufgenommen ist.

[0048] Fig. 38 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen fünften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 darstellt.

[0049] Fig. 39 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 39-39 von Fig. 38 aufgenommen ist.

[0050] Fig. 40 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen sechsten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0051] Fig. 41 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 41-41 von Fig. 40 aufgenommen ist.

[0052] Fig. 42 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen siebten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0053] Fig. 43 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 43-43 von Fig. 42 aufgenommen ist.

[0054] Fig. 44 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen achten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0055] Fig. 45 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 45-45 von Fig. 44 aufgenommen ist.

[0056] Fig. 46 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen neunten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0057] Fig. 47 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 47-47 von Fig. 46 aufgenommen ist.

[0058] Fig. 48 ist eine Querschnittsansicht, die einen zehnten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0059] Fig. 49 ist eine Querschnittsansicht, die einen elften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 5 bis Fig. 6 veranschaulicht.

[0060] Fig. 50 ist eine Querschnittsansicht, die einen ersten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0061] Fig. 51 ist eine Querschnittsansicht, die einen zweiten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0062] Fig. 52 ist eine Querschnittsansicht, die einen dritten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0063] Fig. 53 ist eine Querschnittsansicht, die einen vierten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0064] Fig. 54 ist eine Querschnittsansicht, die einen fünften Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0065] Fig. 55 ist eine Querschnittsansicht, die einen sechsten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 3 bis Fig. 4 veranschaulicht.

[0066] Fig. 56 ist eine oberseitige Draufsicht, die ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der exemplarischen optoelektronischen Vorrichtung von Fig. 7 bis Fig. 8 veranschaulicht.

[0067] Fig. 57 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 57-57 von Fig. 56 aufgenommen ist.

[0068] Fig. 58 ist eine Seitenansicht, die einen ersten Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung un-

ter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0069] Fig. 59 ist eine Seitenansicht, die einen zweiten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0070] Fig. 60 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen dritten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0071] Fig. 61 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 61-61 von Fig. 60 aufgenommen ist.

[0072] Fig. 62 ist eine Seitenansicht, die einen dritten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0073] Fig. 63 ist eine Seitenansicht, die einen vierten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0074] Fig. 64 ist eine Seitenansicht, die einen fünften Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0075] Fig. 65 ist eine Seitenansicht, die einen sechsten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0076] Fig. 66 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen siebten Schritt des exemplarischen Verfahrens zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske darstellt, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0077] Fig. 67 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 67-67 von Fig. 66 aufgenommen ist.

[0078] Fig. 68 ist ähnlich zu Fig. 67 und zeigt die Struktur, nachdem ein achter Schritt des exemplarischen Verfahrens begonnen hat.

[0079] Fig. 69 ist ähnlich zu Fig. 68 und zeigt die Struktur, nachdem der achte Schritt fortgesetzt worden ist.

[0080] Fig. 70 ist ähnlich zu Fig. 69 und zeigt die Struktur, nachdem der achte Schritt vervollständigt worden ist.

[0081] Fig. 71 ist ähnlich zu Fig. 70 und stellt einen neunten Schritt zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung unter Verwendung einer Maske dar, die eine oder mehrere Mikrolinsen hat.

[0082] Fig. 72 ist eine generalisierte räumliche Ansicht, die ein Verfahren zum Ausrichten der Maske mit einem Halbleiterwafer veranschaulicht.

[0083] Fig. 73 ist eine Seitenansicht der Maske, die mit dem Halbleiterwafer von Fig. 72 ausgerichtet ist.

[0084] Fig. 74 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 74-74 von Fig. 73 aufgenommen ist.

[0085] Fig. 75 ist eine oberseitige Draufsicht, die einen Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Bilden von Ausrichtungsindikatoren in einer Maske veranschaulicht.

[0086] Fig. 76 ist eine Querschnittsansicht, die entlang einer Linie 76-76 von Fig. 75 aufgenommen ist.

[0087] Fig. 77 ist eine Seitenansicht, die einen Schritt eines exemplarischen Verfahrens zum Bilden eines Phasenrasters („phase grating“) in einer Maske veranschaulicht.

[0088] Fig. 78 ist ähnlich zu Fig. 77 und veranschaulicht einen anderen Schritt des exemplarischen Verfahrens.

[0089] Fig. 79 ist ähnlich zu Fig. 77 bis Fig. 78 und veranschaulicht das Bilden des Phasenrasters als ein Ergebnis eines wiederholten Durchführens der veranschaulichten Schritte.

Ausführliche Beschreibung

[0090] Wie in Fig. 1 bis Fig. 2 dargestellt, weist in einem ersten illustrativen und exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine optoelektronische Vorrichtung 10 eine Halbleitervorrichtung 12 und einen nicht bildgebenden oder nicht abbildenden („non imaging“) optischen Konzentrator 14 auf, der an der Oberfläche der Halbleitervorrichtung 12 montiert ist. Die Halbleitervorrichtung 12 enthält ein Substrat 16 und einen Fotodetektor, der einen aktiven Bereich 18 hat, der an der Oberfläche des Substrats 16 gebildet ist.

[0091] Der nicht abbildende optische Konzentrator 14 hat einen fassförmigen Körper 20 mit einem inneren Kavitätsbereich 22. Der Kavitätsbereich 22 hat eine frustokonische („frusto-conical“) oder Kegelstumpf-Gestalt. Das bedeutet, dass der Kavitätsbereich 22

eine kreisförmige Querschnittsgestalt hat, die sich von einem Ende zu dem anderen im Durchmesser verjüngt (und sich daher in der Fläche verjüngt). Der Kavitätsbereich 22 hat an dem Ende den größten Durchmesser (das heißt ist am weitesten), das von dem aktiven Bereich 18 am weitesten entfernt ist, und hat an dem Ende den kleinsten Durchmesser (das heißt ist am schmalsten), das an den aktiven Bereich 18 angrenzt. Die Längsachse 24 des Kavitätsbereichs 22 ist mit der optischen Achse (Zentralbereich) des aktiven Bereichs 18 ausgerichtet. Der Kavitätsbereich 22 definiert eine periphere Oberfläche, das heißt eine Oberfläche, die sich um die Peripherie des zentralen Bereichs des aktiven Bereichs 18 erstreckt. Die Wände des Kavitätsbereichs 22 sind mit einem Metallfilm oder einer anderen Schicht eines optisch reflektierenden Materials bedeckt. Wie unten genauer beschrieben ist, kann der nicht abbildende optische Konzentrator 14 aus einem Halbleitermaterial, einem fotosensitiven Polymer oder einem anderen geeigneten Material hergestellt sein.

[0092] Im Betrieb wird Licht an dem weiten Ende des Kavitätsbereichs 22 empfangen. Die Wände des Kavitätsbereichs 22 (das heißt die periphere Oberfläche) leiten einen Bereich dieses einfallenden Lichts in den aktiven Bereich 18 zurück, indem sie das Licht reflektieren, wie mit einer gestrichelten Linie in Fig. 2 angezeigt.

[0093] Wie in Fig. 3 bis Fig. 4 dargestellt, weist in einem zweiten illustrativen oder exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine optoelektronische Vorrichtung 26 eine Halbleitervorrichtung 28 und einen nicht abbildenden optischen Konzentrator 30 auf, der an der Oberfläche der Halbleitervorrichtung 28 montiert ist. Die Halbleitervorrichtung 28 weist ein Substrat 32 und einen Fotodetektor auf, der einen aktiven Bereich 34 hat, der an der Oberfläche des Substrats 32 gebildet ist.

[0094] Der nicht abbildende optische Konzentrator 30 hat einen Körper 36 mit einem quadratischen Profil und einen inneren Kavitätsbereich 38. Der Kavitätsbereich 38 hat eine frusto-polyedrische (spezieller eine frustopyramidale oder abgestumpfte vierseitige pyramidale) Gestalt. Dies bedeutet, dass der Kavitätsbereich 38 eine polygonale (spezieller quadratische) Querschnittsgestalt hat, die sich in ihrer Größe von einem Ende zu dem anderen Ende hin verjüngt. Der Kavitätsbereich 38 hat an dem Ende den größten Querschnitt (das heißt, jede Seite ist am längsten), das am weitesten von dem aktiven Bereich 34 entfernt ist, und hat an dem Ende den kleinsten Querschnitt (das heißt, jede Seite ist am kürzesten), das angrenzend an den aktiven Bereich 34 ist. Die Längsachse 40 des Kavitätsbereichs 38 ist mit der optischen Achse des aktiven Bereichs 18 ausgerichtet. Der Kavitätsbereich 38 definiert eine periphere Oberfläche, das heißt eine Oberfläche, die

sich um die Peripherie eines zentralen Abschnitts des aktiven Bereichs **34** erstreckt. Die Wände des Kavitätsbereichs **38** sind mit einem Metallfilm oder einer anderen Schicht aus optisch reflektivem Material beschichtet. Wie unten näher beschrieben ist, kann der nicht abbildende optische Konzentrador **30** aus einem Halbleitermaterial, einem fotosensitiven Polymer oder einem anderen geeigneten Material hergestellt werden.

[0095] Im Betrieb wird Licht an dem weiten Ende des Kavitätsbereichs **38** empfangen. Die Wände des Kavitätsbereichs **38** (das heißt die periphere Oberfläche) leitet einen Teil dieses einfallenden Lichts in den aktiven Bereich **34** um, indem das Licht reflektiert wird, wie mit einer gestrichelten Linie in **Fig. 4** dargestellt.

[0096] Wie in **Fig. 5** bis **Fig. 6** dargestellt, weist in einem dritten illustrativen oder exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine optoelektronische Vorrichtung **42** eine Halbleitervorrichtung **44** und einen nicht abbildenden optischen Konzentrador **46** auf, der an der Oberfläche der Halbleitervorrichtung **12** montiert ist. Die Halbleitervorrichtung **44** weist ein Substrat **48** und einen Fotodetektor auf, der einen aktiven Bereich **50** hat, der an der Oberfläche des Substrats **48** gebildet ist.

[0097] Der nicht abbildende optische Konzentrador **46** hat einen Festkörperbereich **52**. Der Festkörperbereich **52** hat eine frustokonische oder kegelstumpfförmige Gestalt. Dies bedeutet, dass der Festkörperbereich **52** eine kreisförmige Querschnittsgestalt hat, die sich von einem Ende zu dem anderen im Durchmesser verjüngt (und sich daher in der Fläche verjüngt). Der Festkörperbereich **52** hat an dem Ende den größten Durchmesser (das heißt ist am breitesten), das am weitesten von dem aktiven Bereich **50** entfernt ist, und hat an dem Ende den kleinsten Durchmesser (das heißt ist am schmalsten), das an den aktiven Bereich **50** angrenzt. Die Längsachse **54** des Festkörperbereichs **52** ist mit der optischen Achse des aktiven Bereichs **50** ausgerichtet. Der Festkörperbereich **52** definiert eine periphere Oberfläche, das heißt eine Oberfläche, die sich um die Peripherie eines zentralen Bereichs des aktiven Bereichs **50** erstreckt. Die periphere Oberfläche ist reflektierend (das heißt, dass totale innere Reflektion (TIR, Total Internal Reflection) auftritt), da sie die Schnittstelle zwischen den Seitenwänden des Festkörperbereichs **52** und der umgebenden Luft ist. Wie unten näher beschrieben ist, kann der nicht abbildende optische Konzentrador **46** aus einem optisch transparenten fotosensitiven Polymer oder einem anderen geeigneten Material hergestellt werden.

[0098] Im Betrieb wird Licht an dem breiten Ende des Festkörperbereichs **52** empfangen. Die periphere Oberfläche, die mittels der Schnittstelle zwischen

den Seitenwänden des Festkörperbereichs **52** und der umgebenden Luft definiert ist, leitet einen Teil dieses einfallenden Lichts in den aktiven Bereich **50** um, indem das Licht reflektiert wird, wie mit einer gestrichelten Linie in **Fig. 6** angezeigt.

[0099] Wie in **Fig. 7** bis **Fig. 8** dargestellt, weist in einem vierten illustrativen oder exemplarischen Ausführungsbeispiel der Erfindung eine optoelektronische Vorrichtung **56** eine Halbleitervorrichtung **58** und einen nicht abbildenden optischen Konzentrador **60** auf, der an der Oberfläche der Halbleitervorrichtung **58** montiert ist. Die Halbleitervorrichtung **58** weist ein Substrat **62** und einen Fotodetektor mit einem aktiven Bereich **64** auf, der an der Oberfläche des Substrats **62** gebildet ist.

[0100] Der nicht abbildende optische Konzentrador **60** hat einen Festkörperbereich **66**. Der Festkörperbereich **66** hat eine frustokonische oder kegelstumpfförmige Gestalt. Dies bedeutet, dass der Festkörperbereich **66** eine kreisförmige Querschnittsgestalt hat, die sich im Durchmesser von einem Ende zu dem anderen verjüngt (und sich daher in der Fläche verjüngt). Der Festkörperbereich **66** hat an dem Ende den größten Durchmesser (das heißt ist am breitesten), das an den aktiven Bereich **50** angrenzt, und hat an dem Ende den kleinsten Durchmesser (das heißt ist am schmalsten), das am weitesten weg von dem aktiven Bereich **50** ist. Die Längsachse **68** des Festkörperbereichs **66** ist mit der optischen Achse des aktiven Bereichs **64** ausgerichtet. Der Festkörperbereich **66** definiert eine periphere Oberfläche, das heißt eine Oberfläche, die sich um die Peripherie eines zentralen Bereichs des aktiven Bereichs **64** erstreckt. Die periphere Oberfläche ist brechend, da sie die Schnittstelle zwischen den Seitenwänden des Festkörperbereichs **66** und der umgebenden Luft ist. Wie unten in weiterem Detail beschrieben ist, kann der nicht abbildende optische Konzentrador **60** aus einem optisch transparenten fotosensitiven Polymer oder einem anderen geeigneten Material hergestellt sein.

[0101] Im Betrieb wird Licht durch die Seitenwände und das schmale Ende des Festkörperbereichs **66** empfangen. Die periphere Oberfläche, die mittels der Schnittstelle zwischen den Seitenwänden des Festkörperbereichs **66** und der umgebenden Luft definiert ist, leitet einen Bereich dieses einfallenden Lichts in den aktiven Bereich **64** um, indem das Licht gebrochen wird, wie mit einer gestrichelten Linie in **Fig. 8** angezeigt.

[0102] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der optoelektronischen Vorrichtung **10** (**Fig. 1** bis **Fig. 2**) ist in **Fig. 9** bis **Fig. 29** dargestellt. Wie in **Fig. 9** bis **Fig. 10** dargestellt, wird zunächst eine Maske mittels Abscheidens einer Schicht aus opakem Material wie zum Beispiel Chrom auf die Oberfläche ei-

nes transparenten Substrats wie zum Beispiel Glas **72** gebildet. Chrom **70** wird zu einer ringförmigen Gestalt strukturiert. Die Chrom-auf-Glas-Struktur kann auf eine herkömmliche Weise gebildet werden. Wie in **Fig. 11** bis **Fig. 12** dargestellt, wird dann eine Schicht aus positivem Photoresist **74**, wie zum Beispiel ein Produkt, das als AZ9260, verfügbar von AZ Electronic Materials S. A. in Luxemburg bekannt ist, über Chrom **70** abgeschieden (zum Beispiel mittels Rotationsbeschichtung, „sein coating“). Wie in **Fig. 13** bis **Fig. 14** dargestellt, wird der positive Photoresist **74** in eine Scheibengestalt strukturiert, mit einem Durchmesser, der kleiner als der äußere Durchmesser von Chrom **70** und größer als der innere Durchmesser von Chrom **70** ist. Wie in **Fig. 15** bis **Fig. 16** dargestellt, wird der positive Photoresist **74** einem Reflow-Prozess unterzogen, der den positiven Photoresist **74** in eine konvexe Linse **76** formt. Ein geeigneter Reflow-Prozess enthält zum Beispiel ein Erwärmen des Photoresists bis auf 160°C und Halten desselben bei dieser Temperatur für zwei Minuten. Wie in **Fig. 17** bis **Fig. 18** dargestellt, wird eine zweite Schicht von positivem Photoresist **78** über die konvexe Linse **76** abgeschieden und einem sanften Backen („soft bake“) ausgesetzt.

[0103] Wie in **Fig. 19** bis **Fig. 20** dargestellt, wird die Anordnung (**Fig. 18**) von der Rückseite oder der Unterseite beleuchtet, wie mittels der gestrichelten Linienpfeile in **Fig. 20** angezeigt. Wie in **Fig. 21** bis **Fig. 22** dargestellt wird, entfernt ein nachfolgendes Entwickeln den Teil des positiven Photoresists **78**, der beleuchtet worden ist, und lässt den fassförmigen Abschnitt **80** des positiven Photoresists **78** intakt, der mittels Chrom **70** maskiert worden war. Der vorherige Reflow-Schritt stellt sicher, dass die konvexe Linse **76** nicht wegentwickelt wird. Die resultierende Maskenanordnung **82** wird wie oben beschrieben verwendet.

[0104] Wie in **Fig. 23** bis **Fig. 24** dargestellt, wird die Halbleitervorrichtung **12** (die oben Bezug nehmend auf **Fig. 1** bis **Fig. 2** beschrieben wurde) bereitgestellt. Die Halbleitervorrichtung **12** kann zum Beispiel eine PIN-Fotodiode oder einen anderen geeigneten Fotodetektor aufweisen. Wie in **Fig. 25** bis **Fig. 26** dargestellt, wird eine Schicht von positivem Photoresist **84** (zum Beispiel mittels Spincoatings) auf die Oberfläche der Halbleitervorrichtung **12** abgeschieden, bedeckend den aktiven Bereich **18** und umgebende Bereiche. Die resultierende Anordnung **86** wird mit der oben beschriebenen Maskenanordnung **82** (**Fig. 22**) in den weiteren Schritten verwendet.

[0105] Wie in **Fig. 27** dargestellt, wird die Maskenanordnung **82** an der Oberseite von Anordnung **86** platziert und von der Oberseite aus beleuchtet, wie mittels der gestrichelten Pfeile in **Fig. 27** angezeigt. Der fassförmige Abschnitt **80** der Maskenanordnung **82** dient als ein Distanzierung bzw. Abstandshalter zum Sicherstellen einer angemessenen Beabstan-

dung. Es ist anzumerken, dass das Licht durch das gesamte Glas **72** und durch die konvexe Linse **76** transmittiert wird. Die konvexe Linse **76** biegt oder bildet ab das Licht in eine Kegelform, und Brechung verschmälert weiter den Kegel des Lichts, wenn das Licht in den positiven Photoresist **84** eindringt. Daher wird ein kegelförmiger Bereich im Inneren des positiven Photoresists **84** beleuchtet. Nachfolgendes Entwickeln entfernt den Teil des positiven Photoresists **84**, der beleuchtet worden ist, und lässt den Teil des positiven Photoresists **84** intakt, der nicht beleuchtet worden war. Der Teil des positiven Photoresists **84**, der nicht beleuchtet worden war, definiert den Körper **20** des resultierenden nicht abbildenden optischen Konzentrators **14** (**Fig. 28**). Ein Entfernen des Teils des positiven Photoresists **84**, der beleuchtet worden war, definiert den Kavitätsbereich **22** des resultierenden nicht abbildenden optischen Konzentrators **14**.

[0106] Wie in **Fig. 29** dargestellt, wird eine Schattenmaske **88** an der Oberseite des Körpers **20** platziert. Die Schattenmaskenöffnung ist mit dem Kavitätsbereich **22** ausgerichtet. Die gesamte Anordnung, welche die Halbleitervorrichtung **12** und den nicht abbildenden optischen Konzentration **14** aufweist, wird relativ an einer Achse bei einem schrägen Winkel zu der Richtung einer Metallquelle in einem Metallabscheideprozess gedreht, angezeigt mittels gestrichelten Pfeilen. Dies ist geeignet für das Abscheiden, das mittels Verdampfens durchgeführt wird, wo das Metall in einer Sichtlinie von der Quelle zu den Seitenwänden des Kavitätsbereichs **22** abgeschieden wird. Ein optisch reflektierendes Metall, wie zum Beispiel Gold, ist geeignet. Die Schattenmaske **88** maskiert den aktiven Bereich **18**, während ermöglicht wird, dass Metall auf den Seitenwänden des Kavitätsbereichs **22** abgeschieden wird. Das Metall wird gleichmäßig um die Seitenwände des Kavitätsbereichs **22** abgeschieden, da die Anordnung gedreht wird.

[0107] Obwohl dies nicht gezeigt ist, weist ein alternatives Verfahren zum Herstellen einer optoelektronischen Vorrichtung **10** das Bereitstellen einer Form („mold“) auf, die eine Gestalt hat, die zu dem nicht abbildenden optischen Konzentration **14** korrespondiert. Die Form wird mit einer lichtaushärtbaren infrarottransparenten Flüssigkeit gefüllt und auf die Oberseite der Halbleitervorrichtung **12** abgesenkt. Die Form wird dann mit ultraviolettem Licht bestrahlt, um das flüssige Material auszuhärten, dadurch wird der optische Konzentration **14** gebildet. Die Form wird entfernt, und Metall wird auf den Seitenwänden des Kavitätsbereichs **22** in der oben beschriebenen Weise abgeschieden.

[0108] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der optoelektronischen Vorrichtung **42** (**Fig. 5** bis **Fig. 6**) ist in **Fig. 30** bis **Fig. 49** dargestellt. Wie in **Fig. 30** bis **Fig. 31** dargestellt, wird zunächst eine Maske mittels Aufbringens einer Schicht aus opakem

Material, wie zum Beispiel Chrom, auf die Oberfläche eines transparenten Substrats, wie zum Beispiel Glas **92**, gebildet. Chrom **90** wird in einer Gestalt strukturiert, die eine kreisförmige Öffnung hat. Wie in **Fig. 32** bis **Fig. 33** dargestellt, wird dann über Chrom **90** eine Schicht von positivem Photoresist **94** abgeschieden (zum Beispiel mittels Spincoating). Wie in **Fig. 34** bis **Fig. 35** dargestellt, wird der positive Photoresist **94** in eine Scheibenform strukturiert, die einen Durchmesser von weniger als dem äußeren Durchmesser der kreisförmigen Öffnung in Chrom **90** und größer als der innere Durchmesser der kreisförmigen Öffnung in Chrom **90** hat. Wie in **Fig. 36** bis **Fig. 37** dargestellt, wird der positive Photoresist **94** einem Reflow-Prozess unterzogen, der den positiven Photoresist **94** in eine konvexe Linse **96** gestaltet. Wie in **Fig. 38** bis **Fig. 39** dargestellt, wird eine zweite Schicht von positivem Photoresist **98** über die konvexe Linse **96** abgeschieden und wird einem sanften Backen („soft bake“) ausgesetzt.

[0109] Wie in **Fig. 40** bis **Fig. 41** dargestellt, wird die Anordnung (**Fig. 39**) von der Rückseite oder der Unterseite aus beleuchtet, wie mittels den gestrichelten Pfeilen in **Fig. 41** angezeigt. Wie in **Fig. 42** bis **Fig. 43** dargestellt, entfernt ein nachfolgendes Entwickeln den Teil des positiven Photoresists **98**, der beleuchtet worden ist, und lässt einen Teil **100** von positivem Photoresist **78** intakt, der mittels Chrom **70** maskiert war. Teil **100** hat eine kreisförmige Öffnung, die zu der kreisförmigen Öffnung in Chrom **90** korrespondiert. Der vorangehende Reflow-Schritt stellt sicher, dass die konvexe Linse **96** nicht wegentwickelt wird. Die resultierende Maskenanordnung **102** wird wie unten beschrieben verwendet.

[0110] Wie in **Fig. 44** bis **Fig. 45** dargestellt, wird eine Halbleitervorrichtung **44** (oben beschrieben Bezug nehmend auf **Fig. 5** bis **Fig. 6**) bereitgestellt. Die Halbleitervorrichtung **44** kann zum Beispiel eine PIN-Fotodiode oder einen anderen geeigneten Fotodetektor aufweisen. Wie in **Fig. 46** bis **Fig. 47** dargestellt ist, wird eine Schicht von negativem Photoresist **104** auf die Oberfläche der Halbleitervorrichtung **44** abgeschieden (zum Beispiel mittels Spincoating), bedeckend den aktiven Bereich **50** und umgebende Bereiche. Die resultierende Anordnung **106** wird mit der oben beschriebenen Maskenanordnung **102** (**Fig. 43**) in den folgenden Schritten verwendet.

[0111] Wie in **Fig. 48** dargestellt ist, wird die Maskenanordnung **102** an der Oberseite der Anordnung **106** angeordnet und von der Oberseite aus beleuchtet, wie mittels der gestrichelten Pfeile in **Fig. 48** angezeigt. Teil **100** der Maskenanordnung **102** dient als eine Distanziereinrichtung zum Sicherstellen einer angemessenen Beabstandung. Es ist zu beachten, dass das Licht durch das gesamte Glas **92** und durch die konvexe Linse **96** transmittiert wird. Die konvexe Linse **96** beugt oder abbildet das Licht in ei-

ne Kegelgestalt, und Brechung engt den Lichtkegel weiter ein, wenn das Licht in den negativen Photoresist **106** eintritt. Daher wird ein kegelförmiger Bereich im Inneren des negativen Photoresists **104** beleuchtet. Nachfolgendes Entwickeln entfernt den Teil von negativem Photoresist **104**, der nicht beleuchtet worden ist und lässt den Teil des negativen Photoresists **104** intakt, der beleuchtet worden ist. Der Teil von negativem Photoresist **104**, der beleuchtet worden ist, definiert den Festkörperbereich **52** des resultierenden nicht abbildenden optischen Konzentrators **46** (**Fig. 49**).

[0112] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der optoelektronischen Vorrichtung **26** (**Fig. 3** bis **Fig. 4**) ist in **Fig. 50** bis **Fig. 55** dargestellt. Das Verfahren weist eine wohlbekanntete Technik auf, die anisotropes Ätzen genannt wird. Wie in **Fig. 50** dargestellt, wird ein Wafer eines geeigneten Halbleitermaterials wie zum Beispiel Silizium **108** bereitgestellt. Da die kristalline Struktur in diesem Verfahren wichtig ist, ist das Silizium **108** vorzugsweise $\langle 100 \rangle$ Silizium. Der Pfeil **110** zeigt die $\langle 100 \rangle$ Richtung an, das heißt die Richtung normal zu der $\langle 100 \rangle$ Kristallebene. Die $\langle 111 \rangle$ Richtung, angezeigt mittels des Pfeils **112**, ist in diesem Verfahren auch wichtig. Es ist zu beachten, dass der Winkel zwischen den $\langle 100 \rangle$ und $\langle 111 \rangle$ Richtungen $54,7^\circ$ ist. Silizium **108** sollte vor den verbleibenden Schritten gereinigt werden (zum Beispiel sogenanntes „RCA Clean“).

[0113] Wie in **Fig. 51** dargestellt, kann Silizium **108** thermischer Oxidierung (zum Beispiel ungefähr 900 bis 1100°C) ausgesetzt werden, um Oxidschichten **114** und **116** an den Waferoberflächen zu erzeugen. Eine Schicht von positivem Photoresist **118** wird dann über der Oxidschicht **116** abgeschieden (zum Beispiel mittels Spincoating). Wie in **Fig. 52** dargestellt ist, wird dann eine kreisförmige Öffnung in dem positiven Photoresist **118** gebildet. Wie in **Fig. 53** dargestellt ist, wird dann ein Oxidätzprozess durchgeführt, um eine kreisförmige Öffnung in der Oxidschicht **116** korrespondierend zu der kreisförmigen Öffnung in dem positiven Photoresist **118** zu bilden. Während des Oxidätzens sollte die Rückseite oder die Unterseite der Struktur mit Photoresist oder Wachs (nicht gezeigt) geschützt sein, oder mittels Platzierens der Struktur an einer Glasplatte (nicht gezeigt). Der positive Photoresist **118** wird nach dem Oxidätzen entfernt. Die resultierende Struktur, die eine kreisförmige Öffnung in der Oxidschicht **116** hat, ist in **Fig. 54** gezeigt.

[0114] Die Struktur (**Fig. 54**) wird dann einer Kaliumhydroxid (KOH) Ätzung ausgesetzt. Es ist wohl bekannt, dass $\langle 100 \rangle$ Silizium anisotrop ätzt, so dass der geätzte Bereich Wände hat, die in einem $54,7^\circ$ Winkel von der $\langle 100 \rangle$ Kristallebene orientiert sind. Dies tritt auf, weil KOH eine selektive Ätzrate zeigt, die grob 400 Mal höher in $\langle 100 \rangle$ Kristallrichtungen ist

als in $\langle 111 \rangle$ Kristallrichtungen. Als ein Ergebnis eines solchen KOH-Ätzens, wird der oben beschriebene vierseitige pyramidenförmige Kavitätsbereich **38** in Silizium **108** gebildet.

[0115] Oxidschichten **114** und **116** werden dann entfernt (zum Beispiel durch gepufferte Flußsäure (BHF)). Optisch reflektierendes Metall wird dann an den Seitenwänden der Kavität **38** (**Fig. 55**) an dem Wafer mittels Sputterns oder Verdampfens abgeschieden. Die resultierende Struktur wird dann auf eine angemessene Größe geschnitten und auf der Halbleitervorrichtung **28** montiert, um die in **Fig. 3** bis **Fig. 4** gezeigte optoelektronische Vorrichtung **26** zu bilden. Da der oben beschriebene Prozess von einem Fachmann auf dem technischen Gebiet wohlverstanden ist, sind Details aus Gründen der Klarheit weggelassen worden.

[0116] Ein exemplarisches Verfahren zum Herstellen der optoelektronischen Vorrichtung **56** (**Fig. 7** bis **Fig. 8**) ist in **Fig. 56** bis **Fig. 57** dargestellt. Eine Form **120** wird bereitgestellt. Die Form **120** ist für ultraviolettes Licht transparent, mit Ausnahme der oberen Oberfläche der Form **120**, die für ultraviolettes Licht opak ist. Die Form **120** hat eine Formkavität **122** mit einer Gestalt, die zu dem nicht abbildenden optischen Konzentrator **60** korrespondiert. Die Formkavität **122** ist mit einer lichtaushärtbaren Flüssigkeit (nicht gezeigt) gefüllt, und die Halbleitervorrichtung **58** wird auf die Form **120** so abgesenkt, dass die Oberfläche der Halbleitervorrichtung **58** die Oberfläche des Flüssigkeitspools in der Formkavität **122** kontaktiert. Alternativ kann die Form **120** auf die Halbleitervorrichtung **58** abgesenkt werden, da die Kapillarwirkung die Flüssigkeit daran hindert, aus der Formkavität **21** herauszufallen. Die Form **120** wird mit ultraviolettem Licht bestrahlt, um das flüssige Material innerhalb der Formkavität **122** auszuhärten, dadurch wird der nicht abbildende optische Konzentrator **60** (**Fig. 7** bis **Fig. 8**) an der Oberfläche der Halbleitervorrichtung **58** gebildet. Die Form **120** wird dann entfernt.

[0117] Es sollte verstanden werden, dass obwohl aus Gründen der Klarheit oben das Herstellen einer einzigen optoelektronischen Vorrichtung beschrieben worden ist, viele solche optoelektronischen Vorrichtungen simultan an demselben Wafer gebildet werden können.

[0118] Ein anderes exemplarisches Verfahren zum Herstellen von Maskenanordnungen oder Maskenstrukturen, ähnlich zu den oben beschriebenen Maskenanordnungen **82** und **102**, ist in **Fig. 58** bis **Fig. 70** dargestellt. Wie in **Fig. 58** dargestellt, wird zunächst ein geeignetes optisches Maskensubstrat **202** bereitgestellt, das aus einem Material wie zum Beispiel Quarzglas besteht. Obwohl in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel das optische Maskensubstrat **202** aus Quarzglas besteht, kann in anderen

Ausführungsbeispielen solch ein optisches Maskensubstrat aus irgendeinem anderen geeigneten Material bestehen, das transparent für ultraviolettes (UV)-Licht ist (oder andere vorbestimmte Wellenlängen, die in den hier beschriebenen fotolithografischen Prozessen verwendet werden). Obwohl das optische Maskensubstrat **202** in **Fig. 58** aus Gründen der Klarheit in generalisierter Gestalt gezeigt ist, sollte verstanden werden, dass das optische Maskensubstrat **202** eine Gestalt und eine Größe ähnlich zu der eines typischen Halbleiterwafers hat. Aus Gründen der Klarheit sind in **Fig. 58** bis **Fig. 71** nur ein kleiner Bereich des optischen Maskensubstrats **202** und zugehörige Strukturen gezeigt.

[0119] Wie in **Fig. 59** dargestellt, wird eine Schicht **204** aus Polysilizium an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats **202** abgeschieden. Obwohl in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel diese erste Schicht aus Polysilizium besteht, kann in anderen Ausführungsbeispielen solch eine erste Schicht aus irgendeinem anderen geeigneten Material bestehen, das in Form einer dünnen (zum Beispiel ungefähr 2000 \AA) Schicht abgeschieden oder in anderer Weise gebildet werden kann, durch bekannte Ätzprozesse ätzbar ist und opak für UV-Licht ist (oder andere vorbestimmte Wellenlängen, die in hier beschriebenen fotolithografischen Prozessen verwendet werden).

[0120] Wie in **Fig. 60** bis **Fig. 61** dargestellt, wird eine kreisförmige Apertur **206** dann in der Schicht **204** aus Polysilizium strukturiert. Irgendeine geeignete Methode kann verwendet werden, um die Schicht **204** zu strukturieren, wie zum Beispiel Abscheiden eines Photoresist-Materials auf der Oberfläche der Schicht **204**, Aussetzen der Photoresist-Schicht einem UV-Licht durch eine Maske (nicht gezeigt), Entwickeln der Photoresist-Schicht zum Bilden einer kreisförmigen Apertur, nasses oder trockenes Ätzen der Schicht **204** durch die Öffnung des Photoresists, und dann Strippen des verbleibenden Photoresists. Solche herkömmlichen Unterschritte sind aus Gründen der Klarheit nicht separat dargestellt, da sie von Fachleuten auf dem technischen Gebiet wohlverstanden werden.

[0121] Wie in **Fig. 62** dargestellt, wird eine Schicht **208** aus Bor-Phosphat-Silikat-Glas (BPSG) dann auf der Oberfläche der Schicht **204** abgeschieden. Obwohl in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel diese zweite Schicht aus BPSG besteht, kann eine zweite Schicht in anderen Ausführungsbeispielen aus einem beliebigen anderen optischen Material bestehen, das zum Bilden einer brechenden Mikrolinse des unten beschriebenen Typs geeignet ist.

[0122] Wie in **Fig. 63** dargestellt, wird dann eine Schicht **210** aus positivem Photoresist-Material auf der Oberfläche der Schicht **208** abgeschieden und

in einen scheibenförmigen Bereich strukturiert. Jedes geeignete Verfahren kann verwendet werden, um diese dritte Schicht **210** zu strukturieren, wie zum Beispiel Aussetzen der Schicht **210** einem UV-Licht durch eine Maske (nicht gezeigt) und dann Entwickeln. Solche herkömmlichen Unterschritte sind aus Gründen der Klarheit nicht separat dargestellt, da sie von Fachleuten auf dem technischen Gebiet wohlverstanden werden.

[0123] Wie in **Fig. 64** dargestellt ist, wird, folgend auf das oben beschriebene Strukturieren, die Schicht **210** aus positivem Photoresist-Material (**Fig. 63**) ausreichender Wärme ausgesetzt, um den scheibenförmigen Bereich des positiven Photoresists dazu zu bringen, in einen linsenförmigen Bereich **212** um- oder rückzufließen („reflow“), und sein Polymer dazu zu bringen zu vernetzen. Wie unten beschrieben, ist es erforderlich, dass Vernetzung zu einem ausreichenden Ausmaß auftritt, um dem Entwicklungsschritt zu widerstehen, der unten Bezug nehmend auf **Fig. 66** bis **Fig. 67** beschrieben ist. Die meisten kommerziell verfügbaren positiven Photoresist-Materialien vernetzen ausreichend bei ungefähr 250°C. Daher wird die Schicht **210** in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel einer Temperatur von mindestens 250°C ausgesetzt. Wie hierin verwendet, ist beabsichtigt, dass sich der Begriff „linsenförmig“ auf eine konvexe Gestalt bezieht.

[0124] Wie in **Fig. 65** dargestellt, wird eine andere Schicht **214** aus positivem Photoresist-Material auf der Oberfläche der Schicht **208** abgeschieden, dadurch wird der linsenförmige Bereich **212** eingebettet. Wie in **Fig. 66** bis **Fig. 67** dargestellt, wird eine kreisförmige Apertur **216** dann in die Oberfläche **219** der Schicht **214** strukturiert. Jedes beliebige Verfahren kann verwendet werden, um diese vierte Schicht **214** zu strukturieren, zum Beispiel indem dieselbe durch eine Maske (nicht gezeigt) UV-Licht ausgesetzt wird und entwickelt wird. Solche herkömmlichen Unterschritte sind aus Gründen der Klarheit nicht separat dargestellt, da sie von Fachleuten auf dem technischen Gebiet wohlverstanden werden. Das Strukturieren der kreisförmigen Apertur **216** in Schicht **214** legt die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs **212** des positiven Photoresists frei, wie in **Fig. 67** gezeigt. Das Entwicklungsverfahren oder ähnliche Verfahren löst den linsenförmigen Bereich **212** des positiven Photoresists (von Schicht **210**) nicht auf und schädigt diesen auch nicht in anderer Weise, da er mittels des oben beschriebenen Erwärmungsschritts vernetzt worden ist. Es ist anzumerken, dass, da die kreisförmige Apertur **216** eine Tiefendimension hat, die kreisförmige Apertur **216** eine Kavität **218** definiert, in welcher die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs **212** freigelegt ist.

[0125] Wie in **Fig. 68** dargestellt, wird Trockenätzen durchgeführt. In dem exemplarischen Ausführungs-

beispiel weist das Trockenätzverfahren das Verwenden einer induktiv gekoppelten Plasma (ICP) Quelle auf. Ein geeignetes Trockenätzverfahren ist im Stand der Technik zum Beispiel als ICP-RIE (reaktives Ionenätzen, „reactive ion etching“) bekannt. Wenn das Trockenätzverfahren begonnen hat, entfernt das Verfahren Photoresist-Material von den horizontal freigelegten Bereichen des linsenförmigen Bereichs **212** und der Oberfläche **219**. Es findet wesentlich weniger Ätzen an der Seitenwand der Kavität **218** statt. Wenn das Trockenätzverfahren begonnen hat, weist die Endoberfläche der Kavität **218** anfänglich die originale Oberfläche des linsenförmigen Bereichs **212** von positivem Photoresist auf. Wenn das Trockenätzverfahren progressiv Material auf einer atomaren Skala in einer gleichmäßigen Verteilung über die Endoberfläche der Kavität **218** hinweg entfernt, bleibt die Gestalt der Endoberfläche der Kavität **218** über das Ätzverfahren hinweg unverändert. Dies bedeutet, dass die Gestalt des linsenförmigen Bereichs **212** erhalten bleibt, wenn das Ätzen sich in die geschichtete Struktur nach unten hin kontinuierlich fortsetzt, das heißt in einer Richtung zu dem optischen Maskensubstrat **202** hin, selbst wenn das Ätzverfahren Material von dem linsenförmigen Bereich **212** entfernt. Das ursprüngliche Ausmaß von Material, das mittels Trockenätzens entfernt wird, ist in jeder von **Fig. 68** bis **Fig. 70** mit gestrichelten Linien angezeigt. Daher ist die ursprüngliche Position des linsenförmigen Bereichs **212**, das heißt bevor das Trockenätzen begonnen wird, durch eine gestrichelte Linie in **Fig. 68** angezeigt, während die Position des linsenförmigen Bereichs **212** zu einer Zeit, nachdem das Ätzen begonnen hat, mit einer durchgezogenen Linie angezeigt ist. Es ist zu beachten, dass zu dem Zeitpunkt, der durch **Fig. 68** dargestellt ist, der linsenförmige Bereich **212** nicht länger vollständig innerhalb der Schicht **214** positioniert ist, sondern stattdessen teilweise innerhalb der Schicht **214** und teilweise innerhalb der Schicht **208** positioniert ist. Dies bedeutet, dass zu dem Zeitpunkt, der durch **Fig. 68** dargestellt ist, der linsenförmige Bereich **212** begonnen hat, in die Schicht **208** hineingeätzt zu werden. In ähnlicher Weise wird auch die Oberfläche **219** geätzt. Die neue Oberfläche **219** ist näher an der Schicht **208**. Mit anderen Worten wird die Schicht **214** dünner.

[0126] Es ist zu beachten, dass die Endoberfläche der Kavität **218** sich ausgehend von der ursprünglichen Position, die in **Fig. 67** gezeigt ist, progressiv nach unten hin in die geschichtete Struktur erstreckt, wenn das Trockenätzen begonnen wird, eine exemplarische Zwischenposition erreicht, die in **Fig. 68** gezeigt ist, wenn das Trockenätzen fortgesetzt wird, und schließlich eine endgültige Position erreicht, die in **Fig. 69** gezeigt ist, wenn das Trockenätzen fertiggestellt ist. Es ist zu beachten, dass in **Fig. 69** die Gestalt der Endoberfläche der Kavität **218**, aufweisend die Gestalt des linsenförmigen Bereichs **212**, vollständig in die Schicht **208** aus BPSG hineintransfe-

riert worden ist, selbst obwohl das gesamte ursprüngliche Material des linsenförmigen Bereichs **212** (welches, wie in **Fig. 67** gezeigt, aus der Schicht **214** des positiven Photoresist-Materials besteht) entfernt worden ist. Dies bedeutet, dass zu der Zeit, die durch **Fig. 69** dargestellt ist, wenn das Trockenätzverfahren vervollständigt ist, der linsenförmige Bereich **212** vollständig innerhalb der Schicht **208** angeordnet ist.

[0127] Es ist zu beachten, dass in **Fig. 69**, wenn das Trockenätzen fertiggestellt worden ist, die Linsenform des (entfernten) linsenförmigen Bereichs **212** an die Schicht **204** aus Polysilizium nicht anstößt, sondern stattdessen gegenüber dieser um einen Abstand *M* getrennt ist. Das Bereitstellen von solch einer Trennung oder eines solchen Abstands *M* kann nützlich sein, um Verfahrensvariationen über den Wafer hinweg Rechnung zu tragen. Es ist zu beachten, dass die Oberfläche **219** nicht in die Schicht **208** hineinkreuzt. Einiges Material der Schicht **214** verbleibt.

[0128] Es ist Bezug nehmend auf **Fig. 70** auch darauf hinzuweisen, dass die Apertur **206** in der Schicht **204** einen Durchmesser hat, der geringer als der Durchmesser des linsenförmigen Bereichs **212** der Schicht **208** ist. Wie Fachleute auf dem technischen Gebiet zu schätzen wissen, stellt diese Überlappung des Umfangs des linsenförmigen Bereichs **212** mit dem Umfang der Apertur **206** vorteilhafte optische Charakteristika gegenüber einer Anordnung (nicht gezeigt) bereit, in der solch ein linsenförmiger Bereich und solch eine Apertur gleiche Durchmesser haben.

[0129] Wie in **Fig. 70** dargestellt ist, können, wenn das Trockenätzen vervollständigt ist, die verbleibenden Teile der Schicht **214** aus positivem Photoresist-Material entfernt werden. Als ein Ergebnis der oben beschriebenen Verfahren können das optische Maskensubstrat **202** und die Schichten **204** und **208** gemeinsam eine Maskenstruktur **224** definieren.

[0130] Wie in **Fig. 71** dargestellt, kann die Maskenstruktur **224** in weiterer fotolithografischer Verarbeitung verwendet werden, um eine Halbleiterstruktur **226** freizulegen. Solche weitere fotolithografische Verarbeitung kann ähnlich zu jener sein, die oben Bezug nehmend auf **Fig. 27** und **Fig. 48** beschrieben worden ist. Daher kann zum Beispiel die Halbleiterstruktur **226** einen Halbleiterwafer **228** aufweisen, an dem zum Beispiel eine Mehrzahl von PIN-Fotodioden hergestellt werden kann, von denen jede einen aktiven Bereich **230** hat. Die Halbleiterstruktur **226** weist eine Schicht aus negativem Photoresist **232** auf, welche die Oberfläche des Halbleiterwafers **228** bedeckt, in welcher der aktive Bereich **230** gebildet ist.

[0131] In einer Weise, die ähnlich zu jener ist, die oben Bezug nehmend auf **Fig. 48** beschrieben worden ist, wird die Maskenstruktur **224** an der Oberseite der Halbleiterstruktur **226** platziert und von der

Oberseite aus beleuchtet, wie mittels der gestrichelten Pfeile in **Fig. 71** angezeigt. Die Schicht **208** der Maskenstruktur **224** dient als ein Distanzierungselement, um ein angemessenes Beabstand zwischen dem linsenförmigen Bereich **212** und der Resist-Oberfläche **220** sicherzustellen. Es ist anzumerken, dass das Licht durch die optische Maskenstruktur **202**, die Apertur **206** in der Schicht **204**, und den linsenförmigen Bereich **212** der Schicht **208** transmittiert wird. Der linsenförmige Bereich **212** dient als eine Mikrolinse, welche das Licht durch Brechung in eine kegelförmige Gestalt biegt. Daher wird ein kegelförmiger Bereich innerhalb des negativen Photoresists **232** beleuchtet. Nachfolgendes Entwickeln entfernt den Teil des negativen Photoresists **232**, der nicht beleuchtet worden ist, und lässt den Teil des negativen Photoresists **232** intakt, der beleuchtet worden ist. Die resultierende Struktur ist ähnlich zu jener, die oben Bezug nehmend auf **Fig. 49** beschrieben worden ist. Es sollte auch verstanden werden, dass obwohl in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel die kreisförmige Apertur **216** eine kreisförmige Gestalt hat, in anderen Ausführungsbeispielen (nicht gezeigt) solch eine Apertur eine andere beliebige Form haben kann; da die Schicht **208** als ein Distanzelement dient, ist die wichtige Charakteristik nicht die Gestalt der Apertur, sondern stattdessen der Abstand oder die Trennung (*S*) zwischen der Oberfläche **220** und dem Apex des linsenförmigen Bereichs **212**.

[0132] Die Maskenstruktur **224** kann eine exemplarische von vielen hunderten oder tausenden von ähnlichen Maskenstrukturen sein, die in der oben beschriebenen Weise unter Verwendung von fotolithografischen Techniken gemeinsam gebildet werden. Wie in **Fig. 72** dargestellt, definiert die Gesamtheit von solchen Maskenstrukturen eine Maske **234**. In ähnlicher Weise kann die Halbleiterstruktur **226** eine von vielen hunderten oder tausenden von ähnlichen Halbleiterstrukturen sein, die in der oben beschriebenen Weise unter Verwendung von fotolithografischen Techniken gemeinsam gebildet werden. Die Gesamtheit von solchen Halbleiterstrukturen definiert einen Halbleiterwafer **236**.

[0133] Wie in **Fig. 72** dargestellt, kann, bevor die oben Bezug nehmend auf **Fig. 71** beschriebenen Freilegungs- und Entwicklungsverfahren durchgeführt werden, die Maske **234** in eine rechteckförmige Gestalt getrimmt oder eingepasst werden, um ihre Verwendung in Standardhalbleitersausrüstung zu vereinfachen, die als Maskenausrichter (nicht gezeigt) bekannt ist. Zum Beispiel kann sie, in einer Gegebenheit, in welcher die Maske **234** als ein Glaswafer mit einem Durchmesser von 150 mm beginnt, in eine quadratische Gestalt geschnitten werden, die 100 mm an jeder Seite lang ist. Die Maske **234** hat dann dieselbe mechanische Gestalt wie eine Standard 100 mm Glasmaske für Ausrichter, die 75 mm Durchmesser Wafer und darunter aufnehmen können. Es ist

darauf hinzuweisen, dass der Halbleiterwafer **236** typischerweise scheibenförmig ist.

[0134] Die Maske **234** weist zwei oder mehr (zum Beispiel so viel wie tausende, zehntausende etc.) Ausrichtungsindikatoren **238** des Typs auf, die auf dem technischen Gebiet als Ausrichtungsmarkierungen bezeichnet werden. Zum Beispiel kann, wie in **Fig. 72** gezeigt, jeder Ausrichtungsindikator **238** ein Kreuz innerhalb eines Kreises aufweisen. Die Ausrichtungsindikatoren **238** können zum Beispiel in der Schicht **204** gebildet werden. In ähnlicher Weise weist der Halbleiterwafer **236** mehrere andere Ausrichtungsmerkmale oder Ausrichtungsindikatoren **240** auf. Zum Beispiel kann, wie in **Fig. 72** gezeigt ist, jeder Ausrichtungsindikator **240** vier Quadrate aufweisen, die in einer quadratischen Formation angeordnet sind. Die Ausrichtungsindikatoren **240** können an der Oberfläche des Halbleiterwafers **228** gebildet werden. Das Herstellungspersonal kann die Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** durch ein Mikroskop (nicht gezeigt) sehen und versuchen, die Position von einer oder beiden der Maske **234** und des Halbleiterwafers **236** anzupassen, bis jeder Ausrichtungsindikator **238** an der Maske **234** mit einem korrespondierenden Ausrichtungsindikator **240** an dem Halbleiterwafer **236** ausgerichtet ist. Es ist anzumerken, dass in der Querschnittsansicht von **Fig. 73**, wenn die Maske **234** und der Halbleiterwafer **236** zueinander ausgerichtet sind und angrenzend aneinander angeordnet sind, die Maskenstruktur **224** mit der Halbleiterstruktur **226** in Vorbereitung der Freilegungs- und Entwicklungsprozesse ausgerichtet sind, die oben Bezug nehmend auf **Fig. 71** beschrieben worden sind.

[0135] Ein Parallaxeneffekt kann auftreten, der die Anstrengungen beeinträchtigen kann, die Maske **234** und den Halbleiterwafer **236** auszurichten, wenn durch ein Mikroskop auf die Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** geblickt wird. Wie in **Fig. 74** dargestellt (nicht skaliert), wird dieser Parallaxeneffekt durch die kombinierten Dicken der Schichten **208** und **232** bewirkt. Ein Betrachter **242**, der entlang einer Achse **244** blickt, die sowohl den Ausrichtungsindikator **238** als auch den Ausrichtungsindikator **240** schneidet, nimmt die Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** korrekt als relativ zueinander ausgerichtet wahr und passt daher die Positionen der Maske **234** oder des Halbleiterwafers **236** nicht (weiter) aufeinander an. Allerdings würde, aufgrund des Parallaxeneffekts, der durch die Trennung oder den Abstand D zwischen den Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** erzeugt wird, ein Betrachter **246**, der von einer Position aus blickt, die nicht auf der Achse **244** liegt, (wenn die unten beschriebenen Merkmale nicht vorhanden wären) fehlerhaft die Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** als zueinander nicht ausgerichtet wahrnehmen, und könnte daher eine oder beide der Maske **234** und des Halbleiterwafers **236** in einem

Versuch zum Verbessern der Ausrichtung umpositionieren. Solch ein Versuch würde dazu führen, dass die Maske und der Wafer in einem nicht ausgerichteten Zustand wären.

[0136] Wie in **Fig. 74** dargestellt, kann eine Ausrichtungslinse **248** an einer Position bereitgestellt werden, die entlang der Achse **244** mit den Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** ausgerichtet ist. Ein exemplarisches Verfahren zum Bilden der Ausrichtungslinse **248** wird unten beschrieben. Die Ausrichtungslinse **248** kann entweder eine brechende Linse oder eine beugende Linse sein, die als ein Phasenraster („phase grating“) konstruiert ist. Die Ausrichtungslinse **248** fördert die Minimierung des oben beschriebenen Parallaxeneffekts mittels Reduzierens des Abstands D zwischen Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** auf einen effektiven oder scheinbaren Abstand D' . Die Ausrichtungslinse **248** reduziert den Abstand D auf einen scheinbaren Abstand D' mittels Projizieren eines Bildes **240'** des Ausrichtungsindikators **240** in das optische Maskensubstrat **202**. Anstrengungen, die Maske **234** und den Halbleiterwafer **236** auszurichten, während der Ausrichtungsindikator **238** und der Ausrichtungsindikator **240** durch ein Mikroskop betrachtet werden (gesehen von einem Betrachters **242** als Bild **240'**), können effektiver sein, weil ein abseits der Achse blickender Betrachter den Ausrichtungsindikator **238** und das Bild **240'** als näher zueinander ausgerichtet wahrnimmt, als solch ein Betrachter die Ausrichtungsindikatoren **238** und **240** wahrnehmen würde.

[0137] Um die Ausrichtungsindikatoren **238** einer Maske **234** zu bilden, kann der oben Bezug nehmend auf **Fig. 60** beschriebene Schritt wie in **Fig. 75** bis **Fig. 76** gezeigt modifiziert werden, so dass Ausrichtungsindikatoren **238** in der Schicht **204** aus Polysilizium strukturiert werden, wenn die kreisförmige Apertur **206** (**Fig. 60**) in Schicht **204** strukturiert wird. Wie in **Fig. 77** dargestellt ist, können die Ausrichtungsindikatoren **238** dann in die Schicht **208** aus BPSG eingebettet werden, die auf Schicht **204** abgeschieden wird, wie oben Bezug nehmend auf **Fig. 62** beschrieben worden ist.

[0138] Um die Ausrichtungslinse **248** an der Maske **234** zu bilden, kann der oben Bezug nehmend auf **Fig. 63** beschriebene Schritt modifiziert werden, wie in **Fig. 77** dargestellt, so dass eine Strukturierung von Photoresist **250** abgeschieden wird, wenn die Schicht **210** (**Fig. 63**) aus Photoresist abgeschieden wird. Die Strukturierung des Photoresists **250** wird als eine Maske zum Ätzen der Schicht **208** verwendet. Die Strukturierung des Photoresists **250** wird dann entfernt. Wie in **Fig. 79** dargestellt, werden diese Schritte des Aufbringens einer Strukturierung von Photoresist **250** und dessen Verwendung als eine Maske zum Ätzen der Schicht **208** wiederholt durchgeführt, bis ein Phasenraster in der Schicht **208** gebildet worden ist.

Fachleute auf dem technischen Gebiet sind fähig, geeignete Strukturierungen von Photoresists **250** auszuwählen, die zu dem Bilden von solch einem geeigneten Phasenraster führen.

[0139] Obwohl in dem exemplarischen Ausführungsbeispiel, das oben beschrieben worden ist, die Ausrichtungslinse **248** eine Beugungslinse beugend ist, kann in anderen Ausführungsbeispielen solch eine Ausrichtungslinse brechend sein. Solch eine brechende Ausrichtungslinse kann auf eine Weise gebildet werden, die oben Bezug nehmend auf **Fig. 60** bis **Fig. 70** beschrieben worden ist. In Ausführungsbeispielen, die eine brechende Ausrichtungslinse haben, sollte der Durchmesser des scheibenförmigen Bereichs von Photoresist (ähnlich zu Schicht **210** in (**Fig. 63**)) justiert werden, um die geeignete Krümmung bereitzustellen, die von der Krümmung des oben beschriebenen linsenförmigen Bereichs **212** (**Fig. 64**) abweichen kann.

[0140] Eines oder mehrere illustrative Ausführungsbeispiele der Erfindung sind oben beschrieben worden. Es ist allerdings selbstverständlich, dass die Erfindung mittels der beigefügten Ansprüche definiert ist und nicht auf die spezifischen Ausführungsbeispiele beschränkt ist, die beschrieben worden sind.

Patentansprüche

1. Eine optische Maskenvorrichtung, aufweisend: ein optisches Maskensubstrat, wobei das optische Maskensubstrat für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht transparent ist; eine erste Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, wobei die erste Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist, wobei die erste Schicht eine Apertur hat; eine zweite Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht und bedeckend die Apertur, wobei die zweite Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist; und eine brechende Linse, die in der zweiten Schicht gebildet ist und mit der Apertur ausgerichtet ist.

2. Die optische Maskenvorrichtung gemäß Anspruch 1, ferner aufweisend eine Distanzier-Struktur, die an der zweiten Schicht gebildet ist, wobei die Distanzier-Struktur eine Oberfläche hat, die von einem Apex der brechenden Linse mittels eines Abstands getrennt ist.

3. Eine optische Maskenvorrichtung, aufweisend: ein optisches Maskensubstrat; und eine geschichtete Struktur, die an dem optischen Maskensubstrat gebildet ist, wobei die geschichtete Struktur einen Maskenausrichtungsindikator und eine Schicht aufweist, die eine Ausrichtungslinse definiert, wobei die Schicht, welche die Ausrichtungslinse definiert, zwischen dem optischen Maskensub-

strat und dem Maskenausrichtungsindikator positioniert ist, wobei die Ausrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist und mit dem Maskenausrichtungsindikator ausgerichtet ist.

4. Die optische Maskenvorrichtung gemäß Anspruch 3, ferner aufweisend: eine erste Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, wobei das optische Maskensubstrat transparent für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht ist, wobei die erste Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist, wobei die erste Schicht eine Apertur hat; eine zweite Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht und bedeckend die Apertur, wobei die zweite Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist; eine brechende Linse, die in der zweiten Schicht gebildet ist und mit der Apertur ausgerichtet ist; und eine Distanzier-Struktur, die an der zweiten Schicht gebildet ist, wobei die Distanzier-Struktur eine Oberfläche hat, die von einem Apex der brechenden Linse mittels eines Abstands getrennt ist.

5. Ein Verfahren, aufweisend: Bereitstellen eines optischen Maskensubstrats, wobei das optische Maskensubstrat für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht transparent ist; Abscheiden einer ersten Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, wobei die erste Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist; Bilden einer Apertur in der ersten Schicht; Abscheiden einer zweiten Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht, wobei die zweite Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist; Abscheiden einer dritten Schicht an einer Oberfläche der zweiten Schicht, wobei die dritte Schicht aus Photoresist-Material besteht; Strukturieren der dritten Schicht zum Erzeugen eines scheibenförmigen Bereichs; Erwärmen der dritten Schicht, bis der scheibenförmige Bereich in einen linsenförmigen Bereich rückfließt und vernetzt; Abscheiden einer vierten Schicht an einer Oberfläche der dritten Schicht, wobei die vierte Schicht den scheibenförmigen Bereich einbettet, wobei die vierte Schicht aus Photoresist-Material besteht; Strukturieren der vierten Schicht zum Erzeugen einer Kavität, die sich zu einer Oberfläche des linsenförmigen Bereichs erstreckt, wobei ein Ende der Kavität die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs aufweist; und Trockenätzen des Endes der Kavität, bis die zweite Schicht eine Gestalt entwickelt, die zu dem linsenförmigen Bereich korrespondiert, wodurch das optische Maskensubstrat und die erste Schicht und die zweite Schicht gemeinsam eine optische Maskenvorrichtung definieren.

6. Das Verfahren gemäß Anspruch 5, wobei das optische Maskensubstrat aus Quarzglas besteht.

7. Das Verfahren gemäß Anspruch 5 oder 6, wobei die erste Schicht aus Polysilizium besteht.

8. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 7, wobei die zweite Schicht aus Bor-Phosphat-Silikat-Glas (BPSG) besteht.

9. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 8, wobei die dritte Schicht aus einem positiven Photoresist-Polymer besteht.

10. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 9, wobei das Erwärmen der dritten Schicht ein Erwärmen der dritten Schicht auf mindestens 250°C aufweist.

11. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 10, wobei die vierte Schicht aus einem positiven Photoresist-Polymer besteht.

12. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 11, wobei das Trockenätzen des Endes der Kavität reaktives Ionenätzen (RIE) aufweist.

13. Das Verfahren gemäß Anspruch 12, wobei das reaktive Ionenätzen ein induktiv gekoppeltes Plasma (ICP, inductively coupled plasma) RIE aufweist.

14. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 13, wobei die Kavität einen Durchmesser von zumindest gleich einem Durchmesser der Apertur hat.

15. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 14, wobei die Apertur einen Durchmesser von weniger als einem Durchmesser des linsenförmigen Bereichs hat.

16. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 5 bis 15, ferner aufweisend:
Bereitstellen eines Halbleiterwafers, der eine Halbleitervorrichtung aufweist;
Abscheiden einer Schicht von Photoresist-Material über der Halbleitervorrichtung; und
Ausrichten des optischen Maskengeräts mit dem Halbleiterwafer;
Richten von Licht durch die optische Maskenvorrichtung auf das Photoresist-Material an dem Halbleiterwafer; und
Entwickeln des Photoresist-Materials an dem Halbleiterwafer.

17. Das Verfahren gemäß Anspruch 16, wobei das Ausrichten der optischen Maskenvorrichtung mit dem Halbleiterwafer aufweist:
Bereitstellen einer Schicht, die eine Ausrichtungslinse zwischen der optischen Maskenvorrichtung und dem Halbleiterwafer definiert, wobei die Ausrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines optischen Maskenvorrichtungsausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines Maskenausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtung mit einem Bild eines Waferausrichtungsindikators an dem Halbleiterwafer, wobei das Bild des Waferausrichtungsindikators mittels der Ausrichtungslinse in die optische Maskenvorrichtung projiziert wird.

18. Das Verfahren gemäß Anspruch 17, wobei die Schicht, welche die Linse definiert, ein Fresnel-Muster aufweist.

19. Ein Verfahren, aufweisend:
Bereitstellen eines optischen Maskensubstrats, wobei das optische Maskensubstrat transparent für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht ist;
Abscheiden einer ersten Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, wobei die erste Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist;
Bilden einer Apertur in der ersten Schicht;
Abscheiden einer zweiten Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht, wobei die zweite Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist;
Abscheiden einer dritten Schicht an einer Oberfläche der zweiten Schicht, wobei die dritte Schicht aus Photoresist-Material besteht;
Strukturieren der dritten Schicht zum Erzeugen eines scheibenförmigen Bereichs;
Erwärmen der dritten Schicht, bis der scheibenförmige Bereich in einen linsenförmigen Bereich rückfließt und vernetzt;
Abscheiden einer vierten Schicht an einer Oberfläche der dritten Schicht, wobei die vierte Schicht den scheibenförmigen Bereich einbettet, wobei die vierte Schicht aus Photoresist-Material besteht;
Strukturieren der vierten Schicht zum Erzeugen einer Kavität, die sich zu einer Oberfläche des linsenförmigen Bereichs erstreckt, wobei ein Ende der Kavität die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs aufweist; und
reaktives Ionenätzen (RIE) des Endes der Kavität, bis die zweite Schicht eine Gestalt entwickelt, die zu dem linsenförmigen Bereich korrespondiert, wodurch das optische Maskensubstrat und die erste Schicht und die zweite Schicht gemeinsam eine optische Maskenvorrichtung definieren;
Bereitstellen eines Halbleiterwafers, der eine Halbleitervorrichtung aufweist;
Abscheiden einer Schicht aus Photoresist-Material über der Halbleitervorrichtung;
Bereitstellen einer Schicht, die eine Ausrichtungslinse zwischen der optischen Maskenvorrichtung und dem Halbleiterwafer definiert, wobei die Ausrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines optischen Maskenvorrichtungsausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines Maskenausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtung mit einem Bild eines Waferausrichtungsindikators an dem Halbleiterwafer, wobei das Bild des Waferausrichtungsindikators mittels der Ausrichtungslinse in die optische Maskenvorrichtung projiziert wird.

20. Das Verfahren gemäß Anspruch 19, wobei die Schicht, welche die Linse definiert, ein Fresnel-Muster aufweist.

21. Ein Verfahren, aufweisend:
Bereitstellen eines optischen Maskensubstrats, wobei das optische Maskensubstrat transparent für eine vorbestimmte Wellenlänge von Licht ist;
Abscheiden einer ersten Schicht an einer Oberfläche des optischen Maskensubstrats, wobei die erste Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge opak ist;
Bilden einer Apertur in der ersten Schicht;
Abscheiden einer zweiten Schicht an einer Oberfläche der ersten Schicht, wobei die zweite Schicht aus einem Material besteht, das für die vorbestimmte Wellenlänge transparent ist;
Abscheiden einer dritten Schicht an einer Oberfläche der zweiten Schicht, wobei die dritte Schicht aus Photoresist-Material besteht;
Strukturieren der dritten Schicht zum Erzeugen eines scheibenförmigen Bereichs;
Erwärmen der dritten Schicht, bis der scheibenförmige Bereich in einen linsenförmigen Bereich rückfließt und vernetzt;
Abscheiden einer vierten Schicht an einer Oberfläche der dritten Schicht, wobei die vierte Schicht den scheibenförmigen Bereich einbettet, wobei die vierte Schicht aus Photoresist-Material besteht;
Strukturieren der vierten Schicht zum Erzeugen einer Kavität, die sich zu einer Oberfläche des linsenförmigen Bereichs erstreckt, wobei ein Ende der Kavität die Oberfläche des linsenförmigen Bereichs aufweist; und
reaktives Ionenätzen (RIE) des Endes der Kavität, bis die zweite Schicht eine Gestalt entwickelt, die zu dem linsenförmigen Bereich korrespondiert, wodurch das optische Maskensubstrat und die erste Schicht und die zweite Schicht gemeinsam eine optische Maskenvorrichtung definieren;
Bereitstellen eines Halbleiterwafers, der eine Halbleitervorrichtung aufweist;
Abscheiden einer Schicht aus Photoresist-Material über der Halbleitervorrichtung;
Bereitstellen einer Schicht, die eine Ausrichtungslinse zwischen der optischen Maskenvorrichtung und dem Halbleiterwafer definiert, wobei die Ausrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines optischen Maskenvorrichtungsausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtungslinse eine von einer brechenden und einer beugenden ist; und
Ausrichten eines Maskenausrichtungsindikators an der optischen Maskenvorrichtung mit einem Bild eines Waferausrichtungsindikators an dem Halbleiterwafer, wobei das Bild des Waferausrichtungsindikators mittels der Ausrichtungslinse in die optische Maskenvorrichtung projiziert wird.

tung mit einem Bild eines Waferausrichtungsindikators an dem Halbleiterwafer, wobei das Bild des Waferausrichtungsindikators mittels der Ausrichtungslinse in die optische Maskenvorrichtung projiziert wird, Richten von Licht durch die Maske auf das Photoresist-Material an dem Halbleiterwafer; und Entwickeln des Photoresist-Materials an dem Halbleiterwafer.

20. Das Verfahren gemäß Anspruch 19, wobei das optische Maskensubstrat aus Quarzglas besteht.

21. Das Verfahren gemäß Anspruch 19 oder 20, wobei die erste Schicht aus Polysilizium besteht.

22. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 21, wobei die zweite Schicht aus Bor-Phosphat-Silikat-Glas (BPSG) besteht.

23. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 22, wobei die dritte Schicht aus einem positiven Photoresist-Polymer besteht.

24. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 23, wobei das Erwärmen der dritten Schicht ein Erwärmen der dritten Schicht auf mindestens 250°C aufweist.

25. Das Verfahren gemäß einem der Ansprüche 19 bis 24, wobei die vierte Schicht aus einem positiven Photoresist-Polymer besteht.

Es folgen 43 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

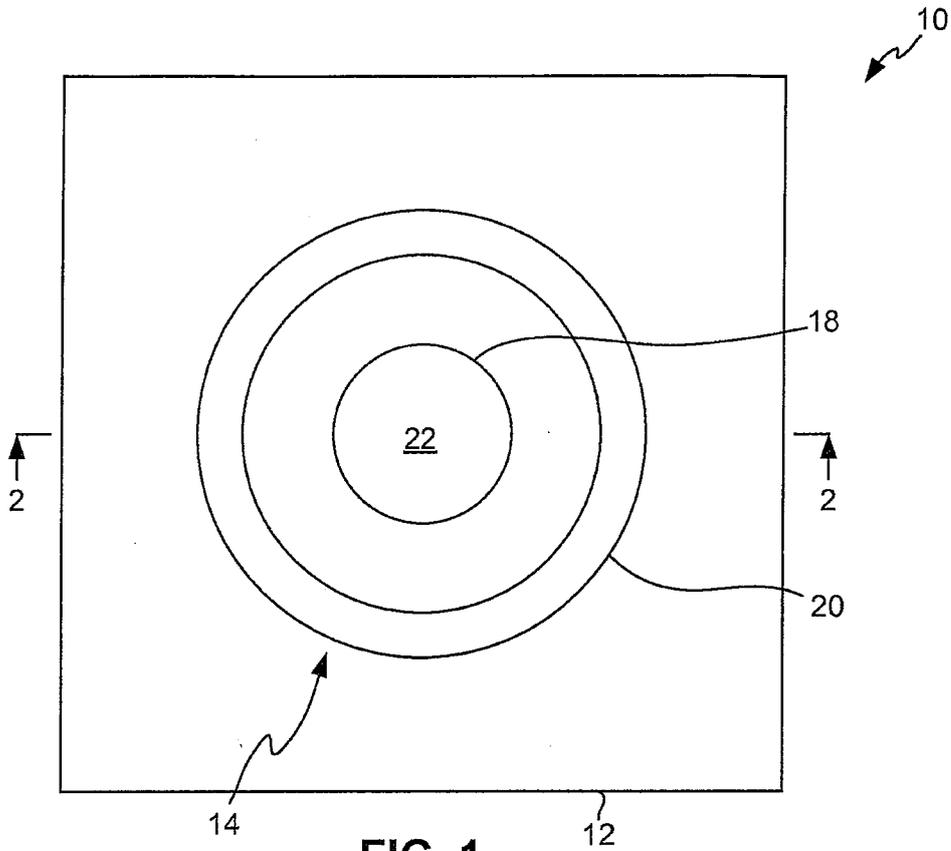


FIG. 1

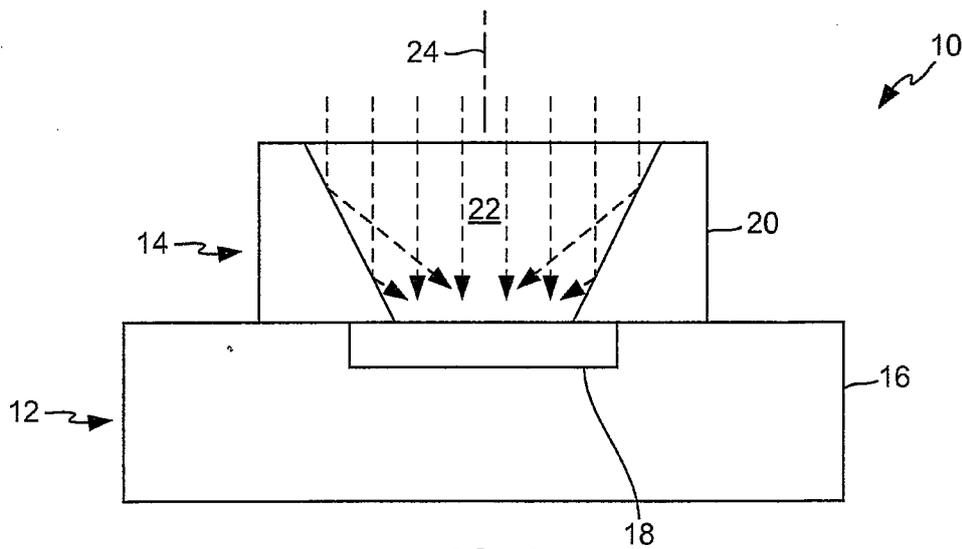


FIG. 2

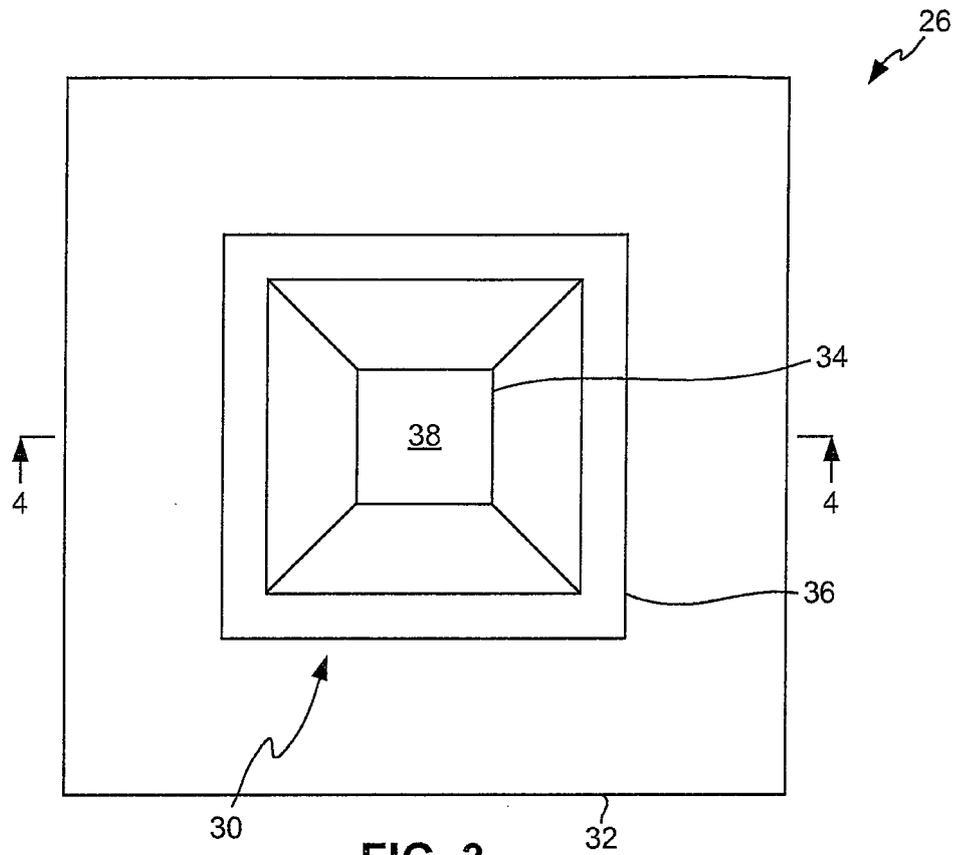


FIG. 3

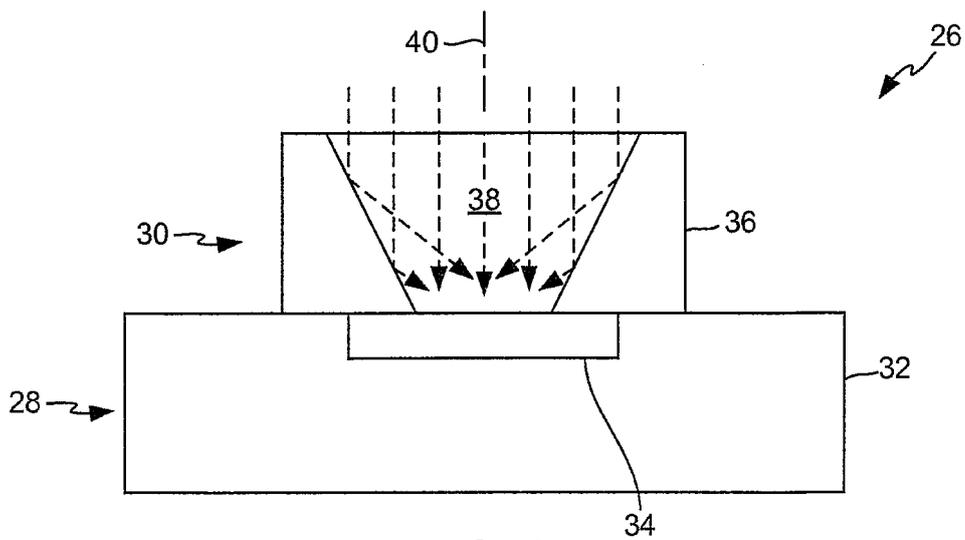


FIG. 4

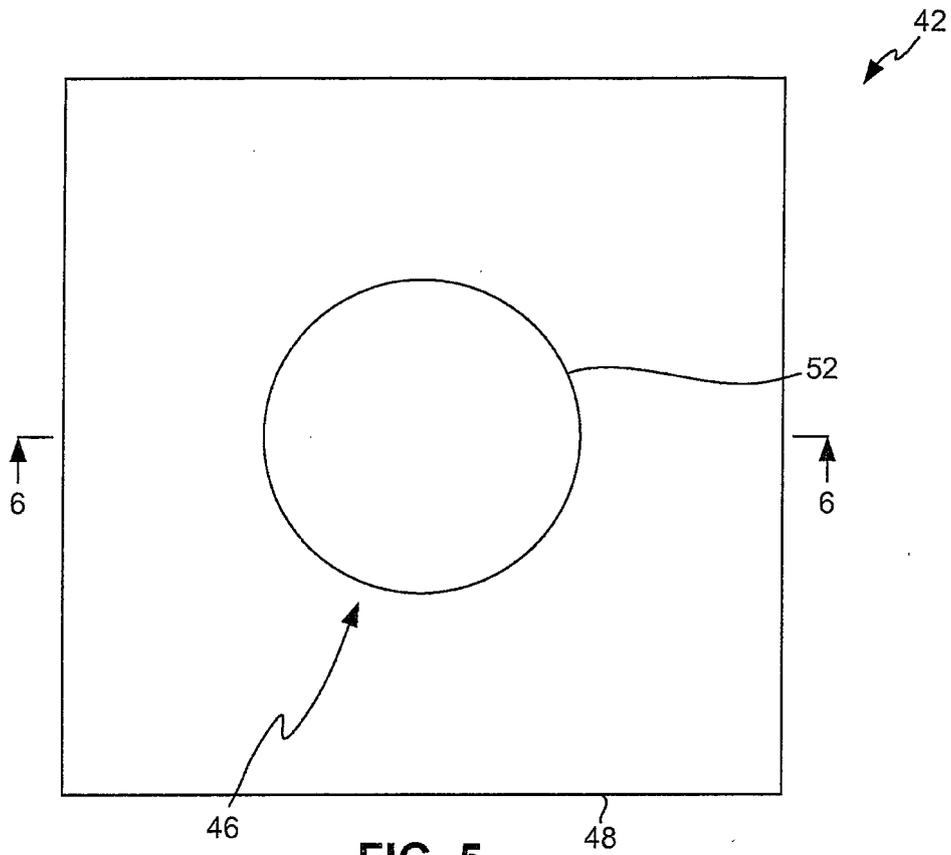


FIG. 5

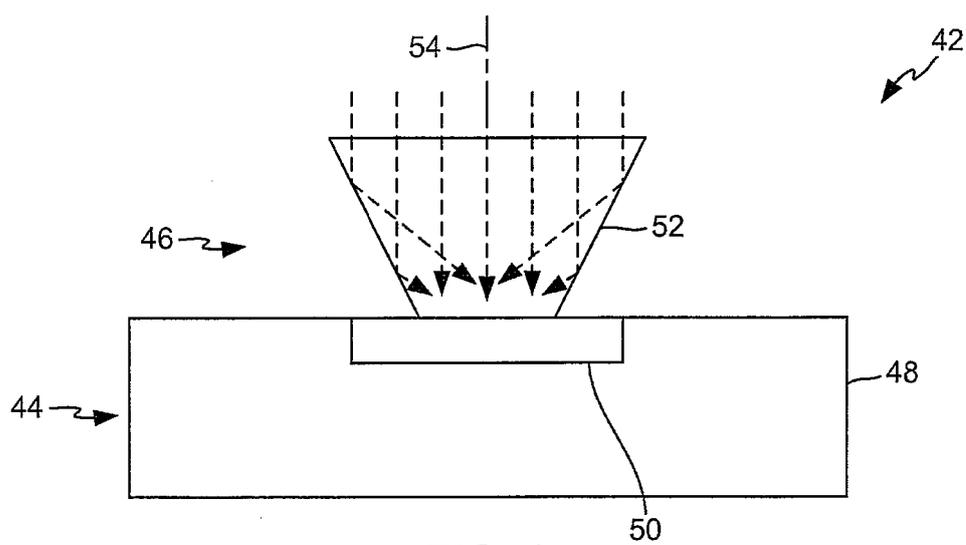
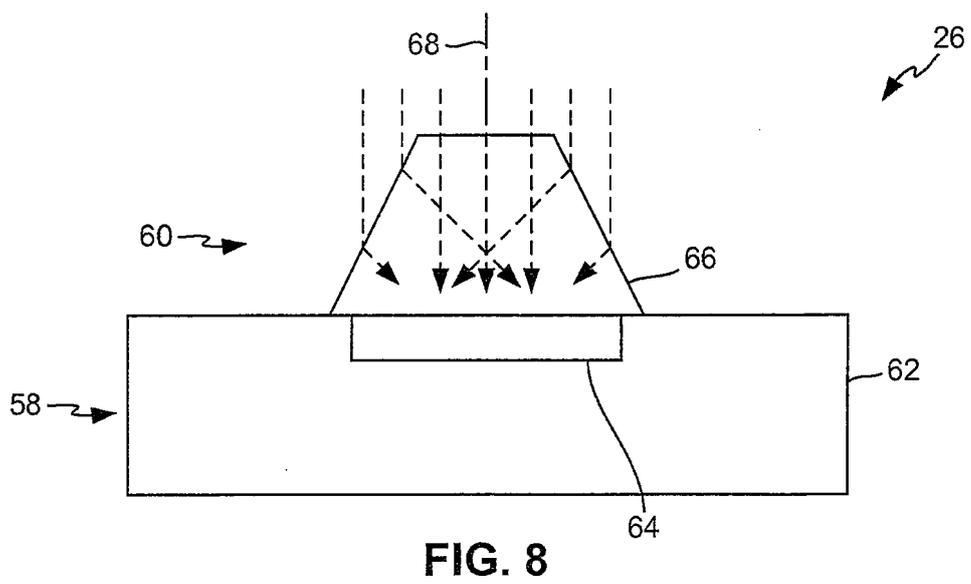
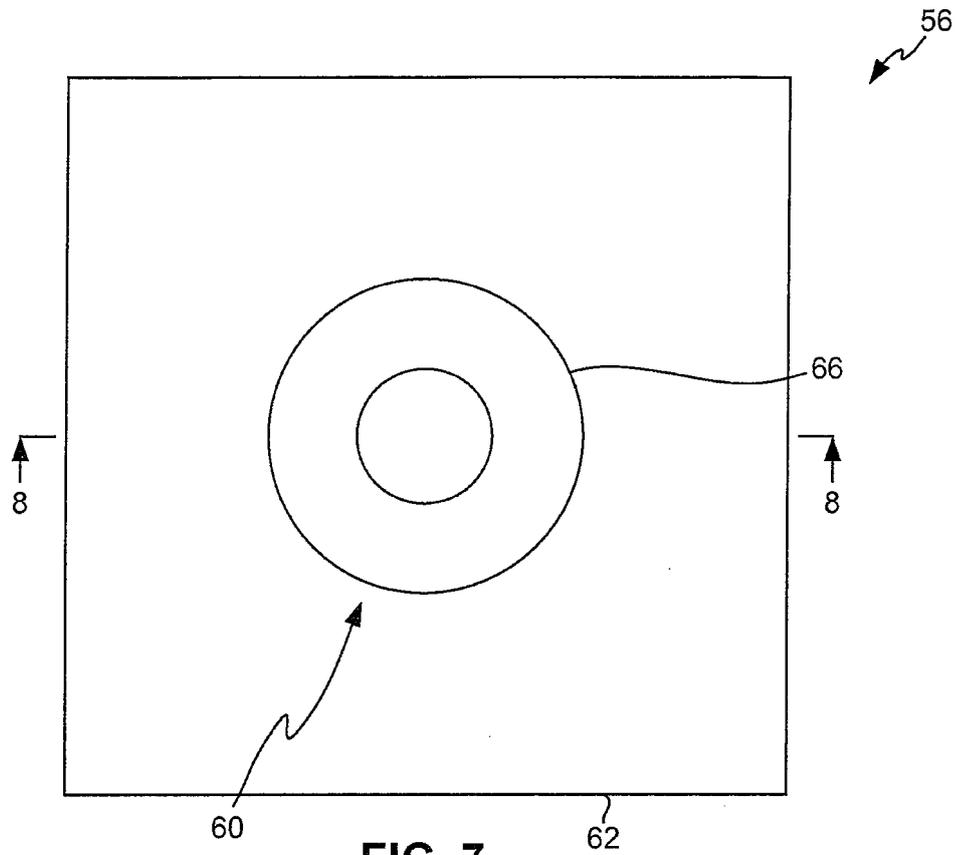
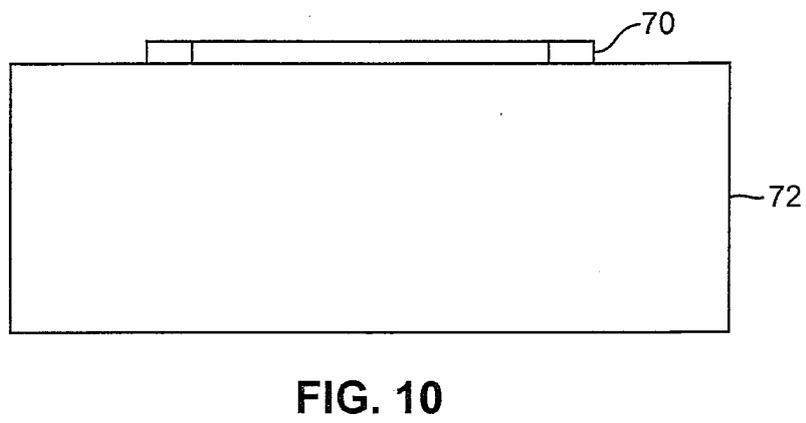
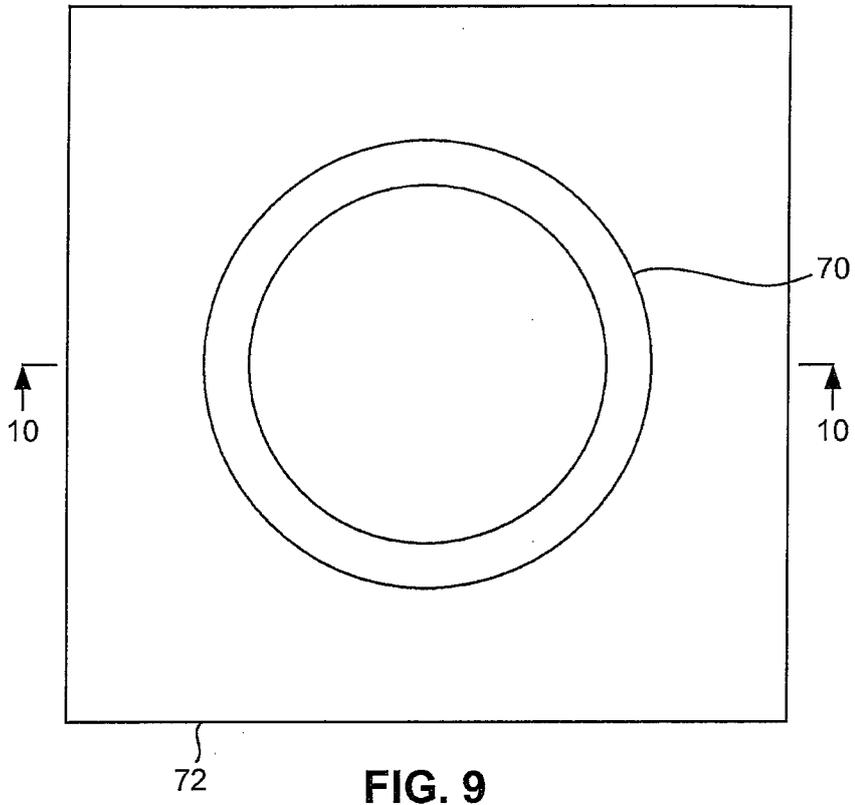


FIG. 6





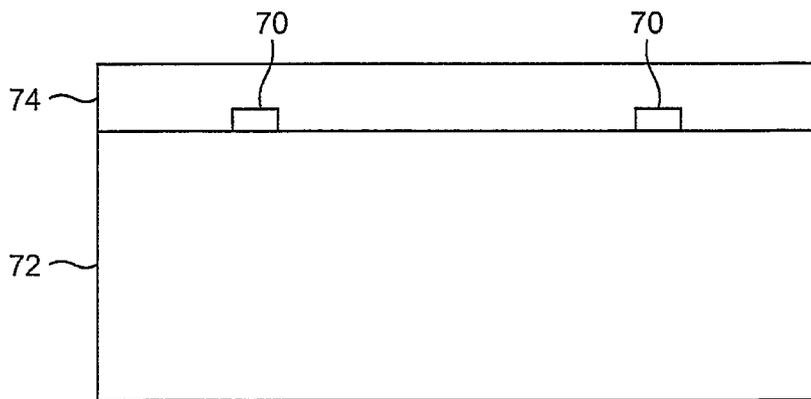
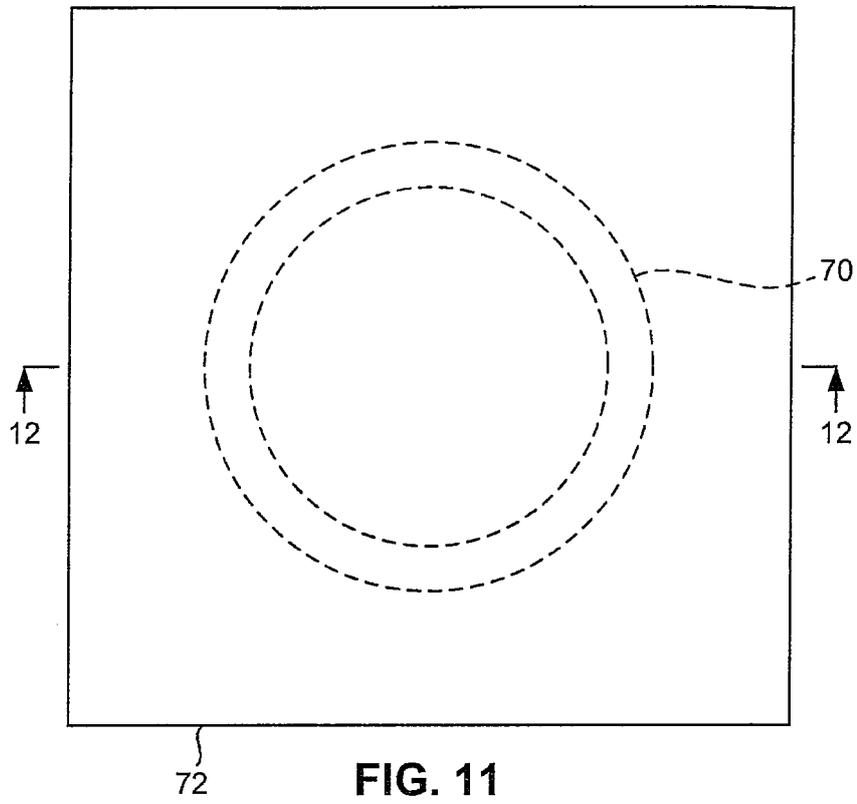
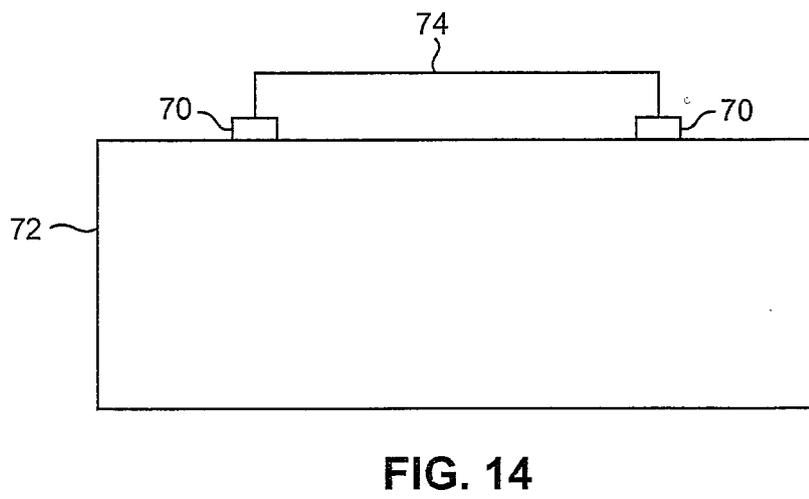
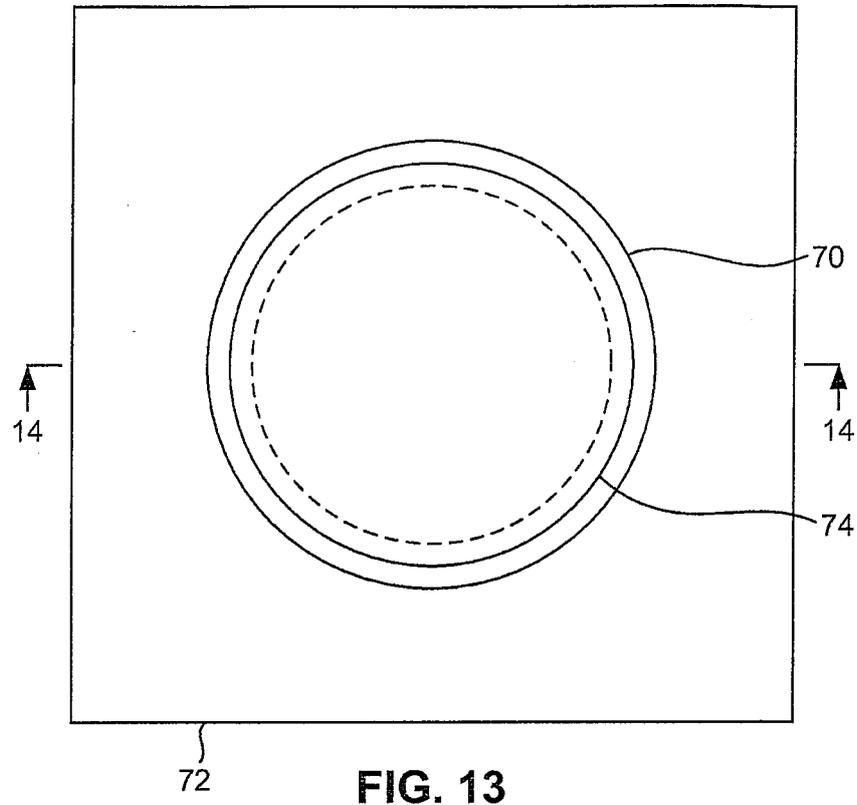
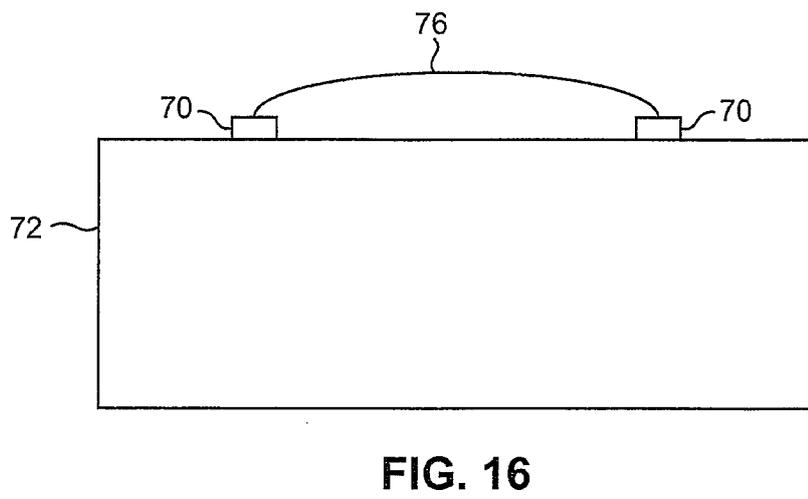
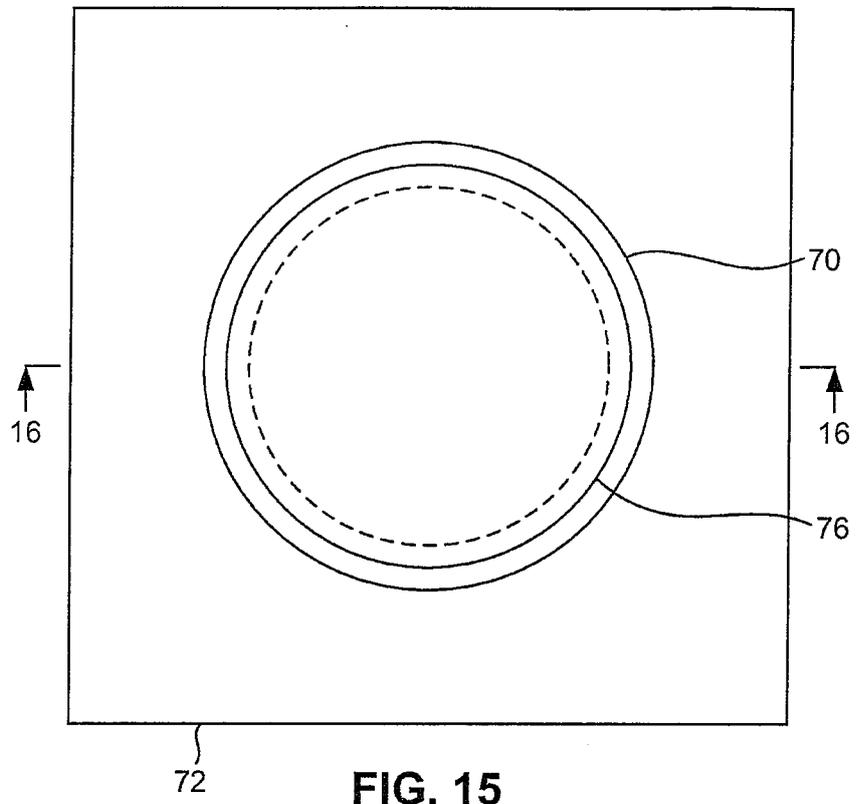
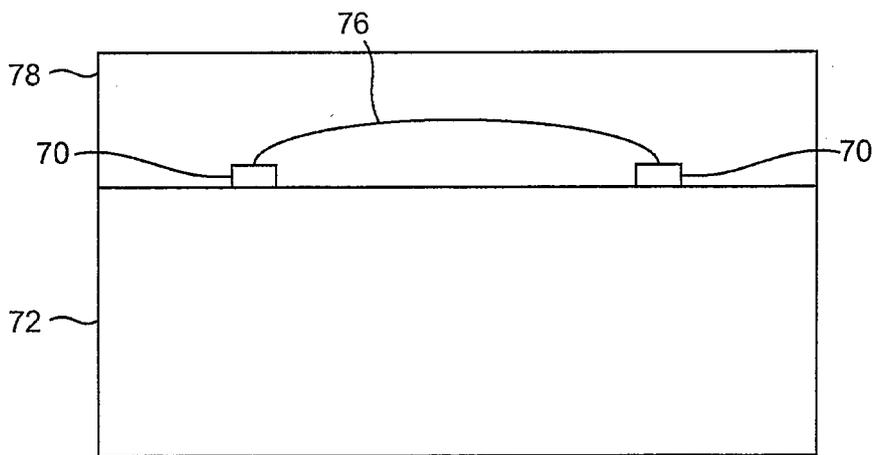
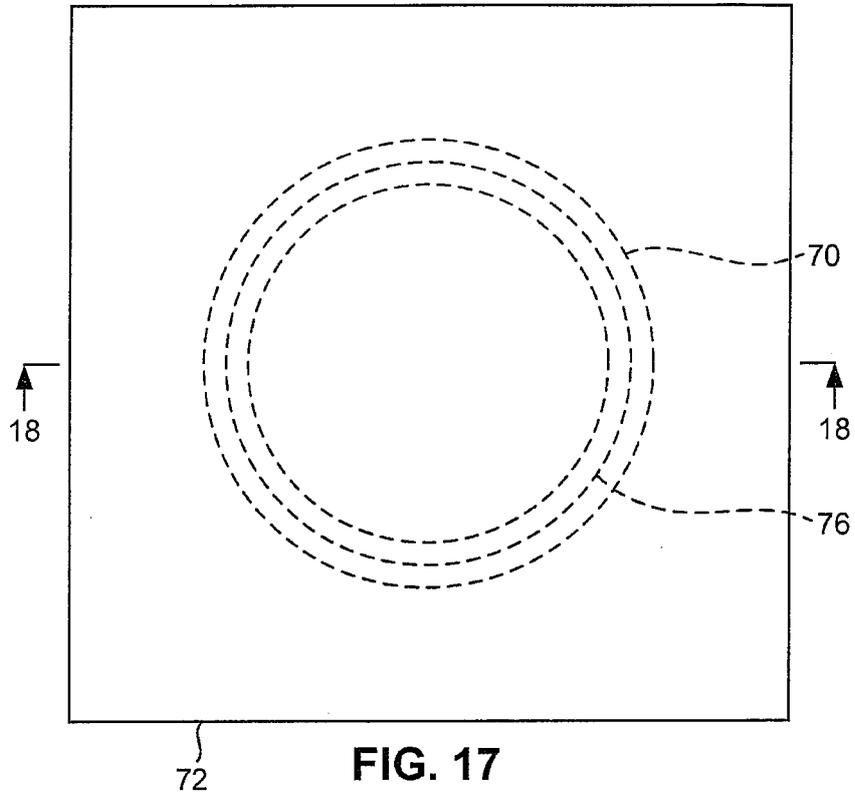


FIG. 12







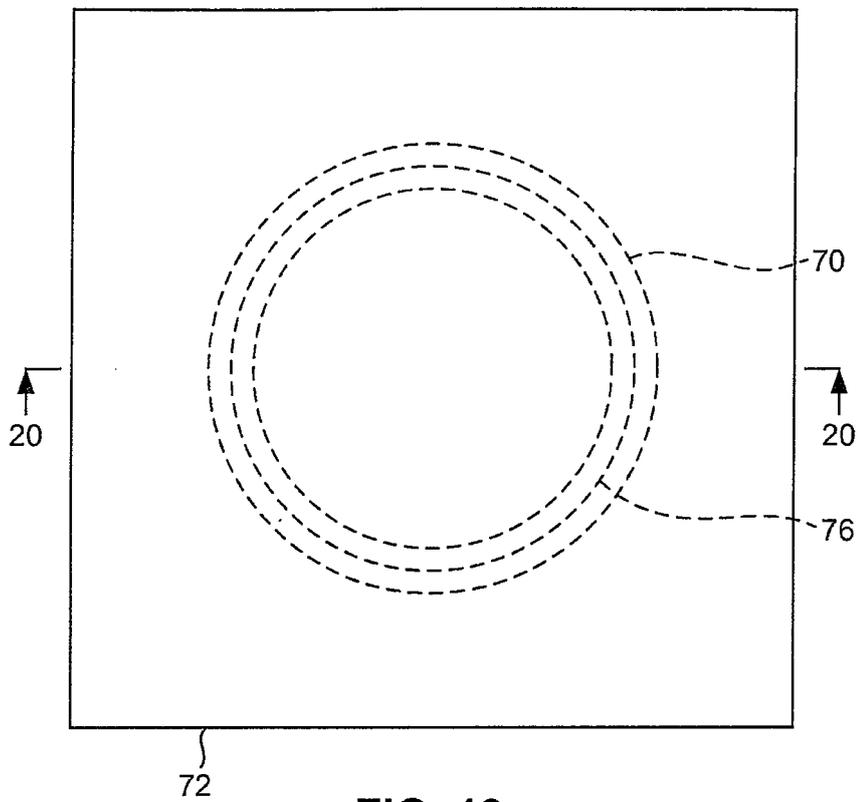


FIG. 19

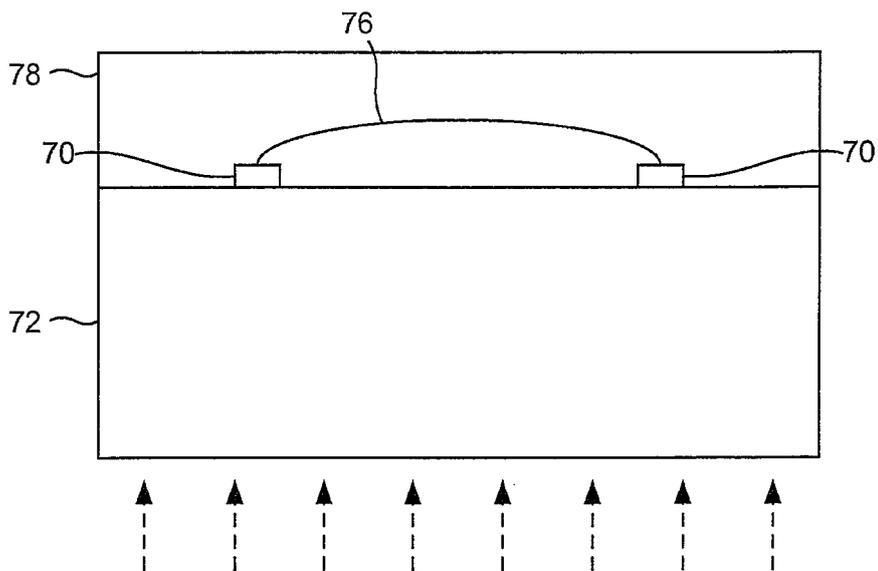


FIG. 20

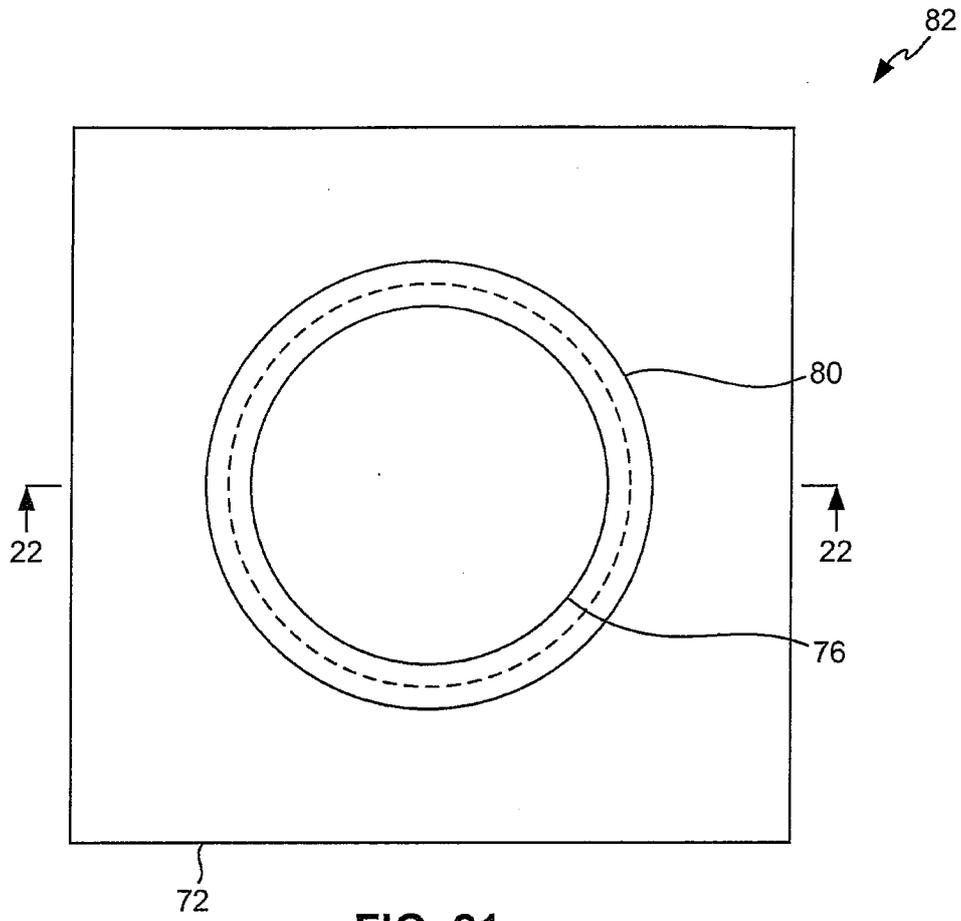


FIG. 21

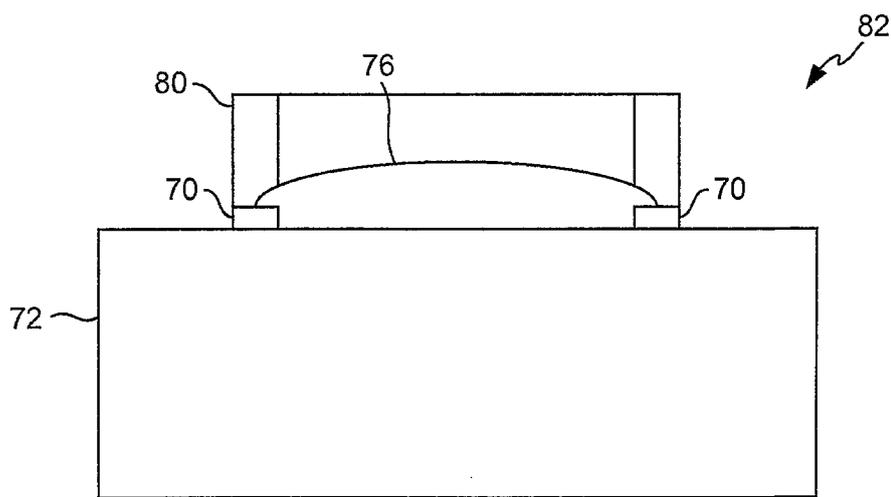


FIG. 22

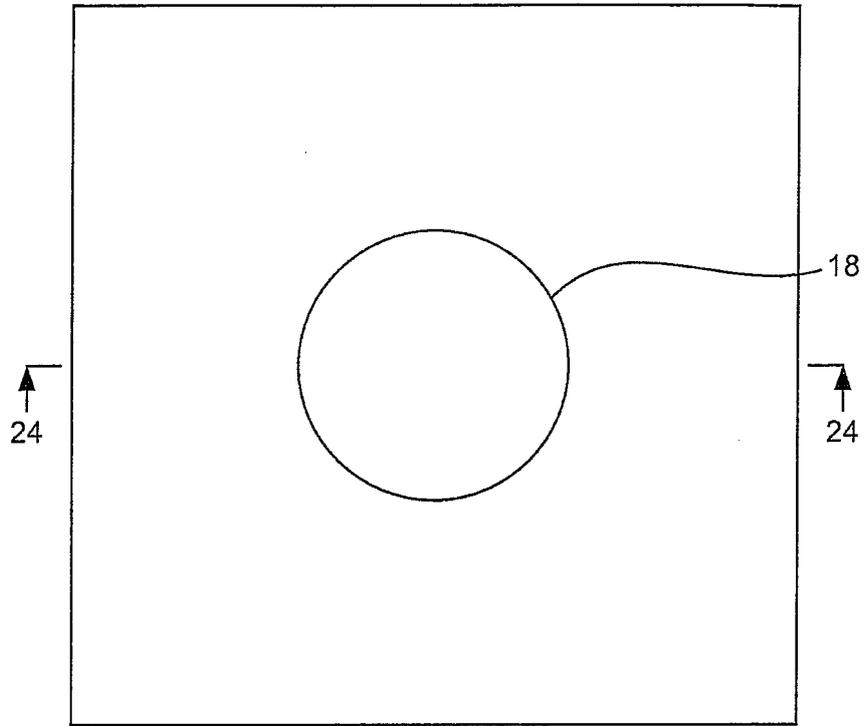


FIG. 23

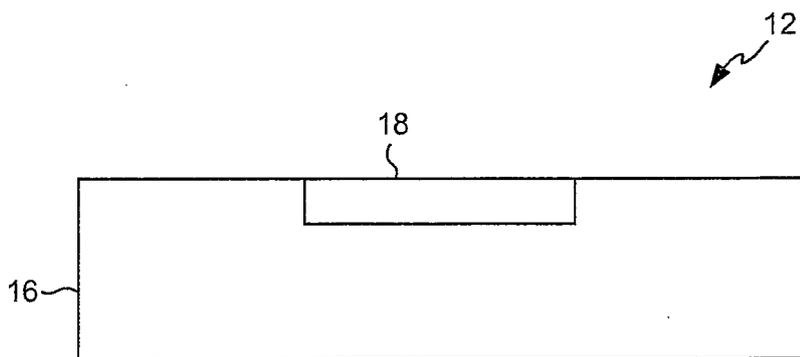


FIG. 24

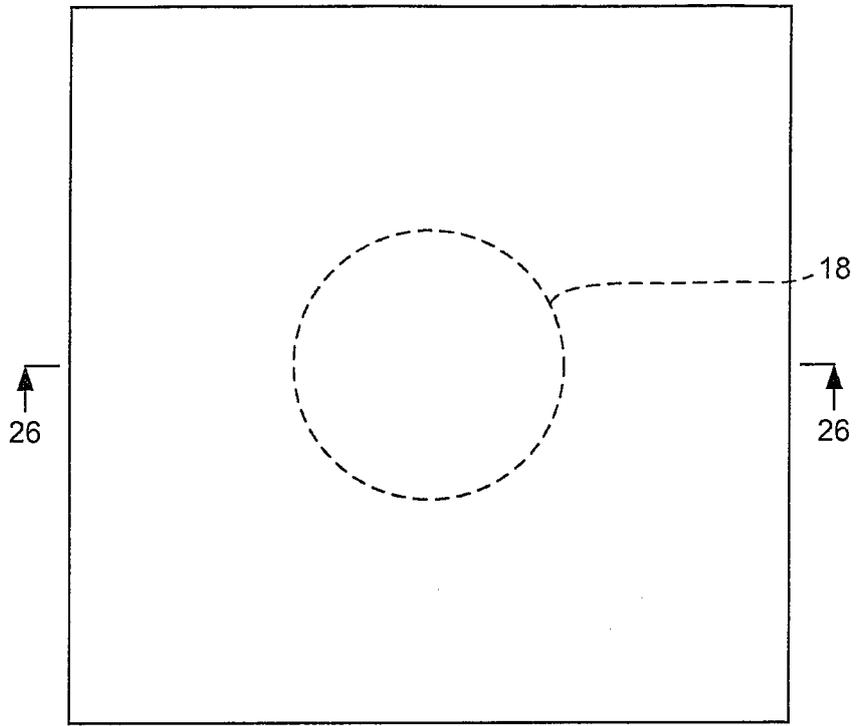


FIG. 25

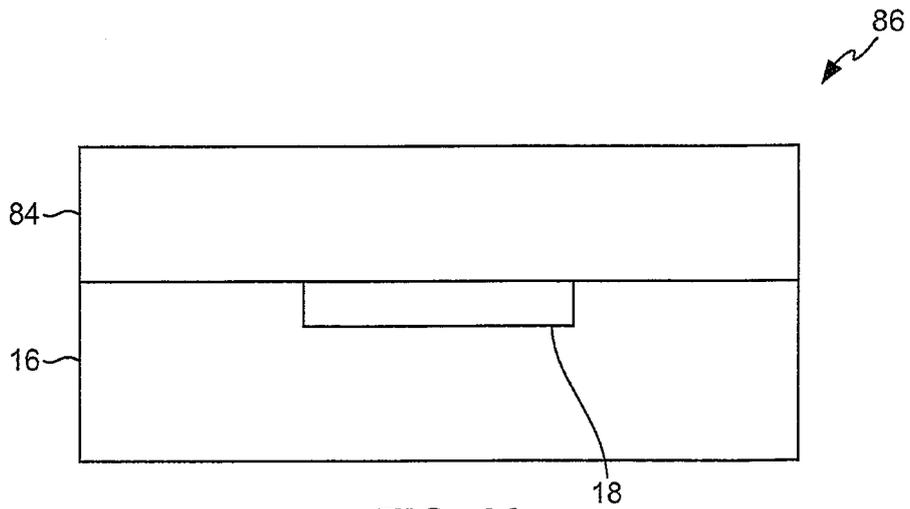


FIG. 26

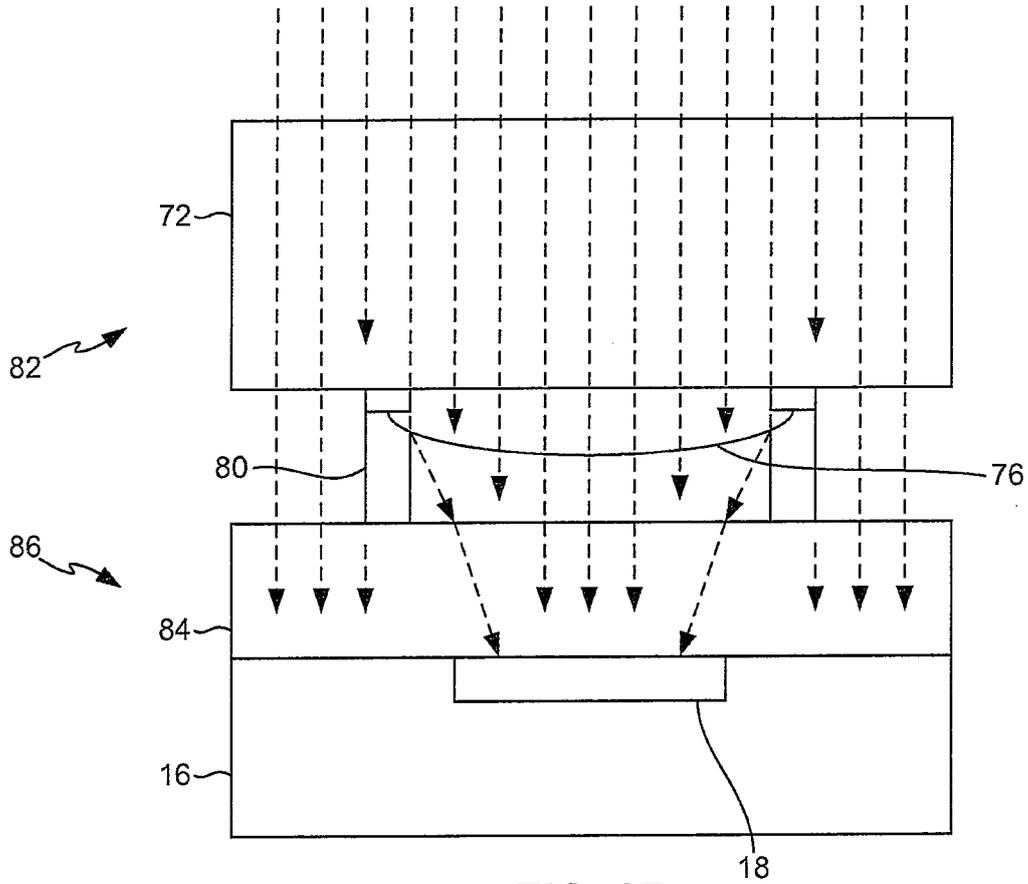


FIG. 27

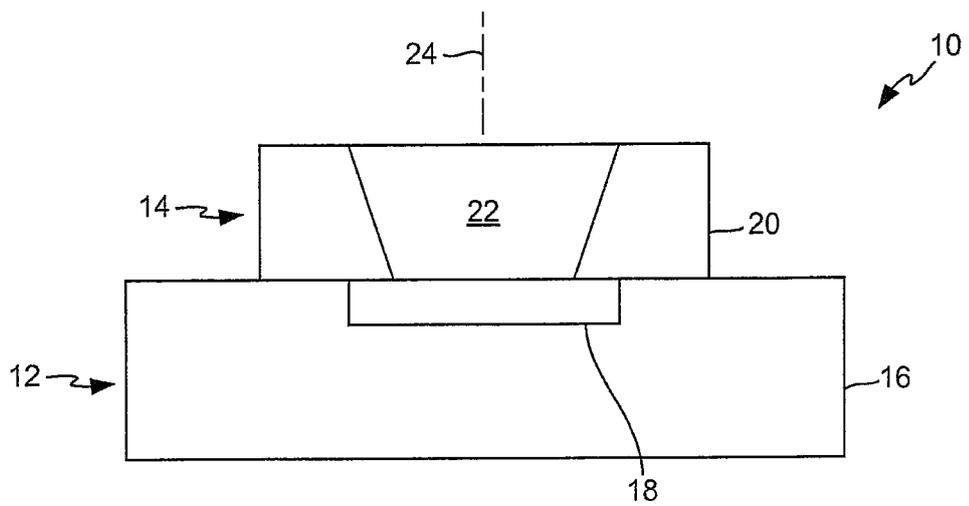


FIG. 28

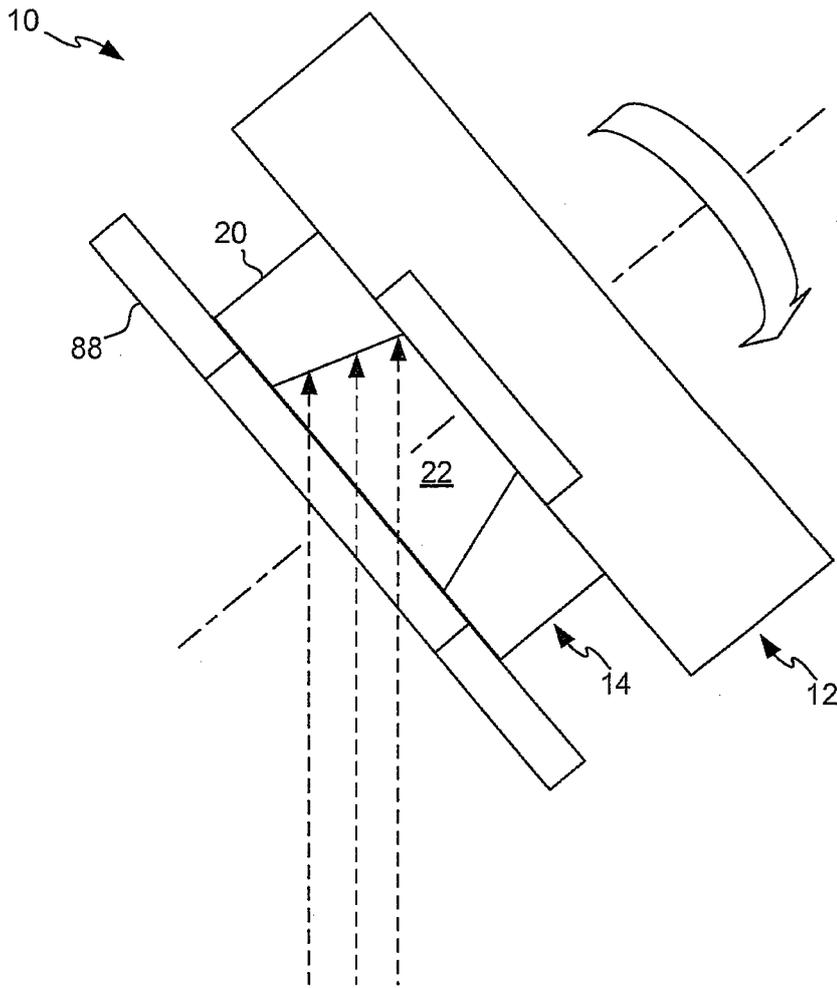
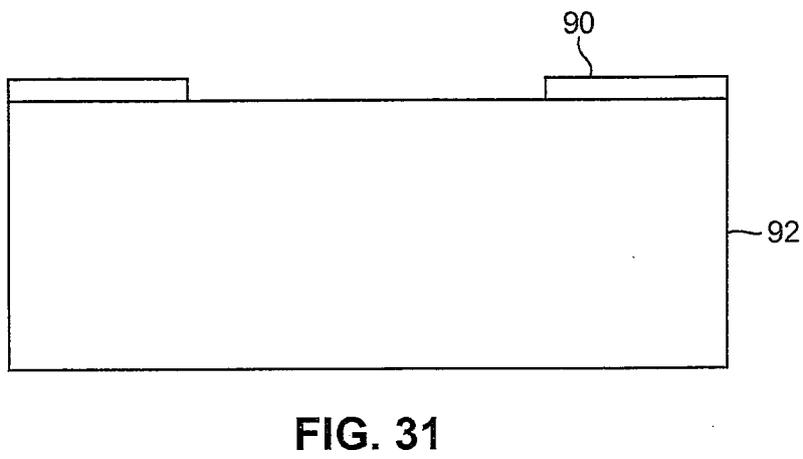
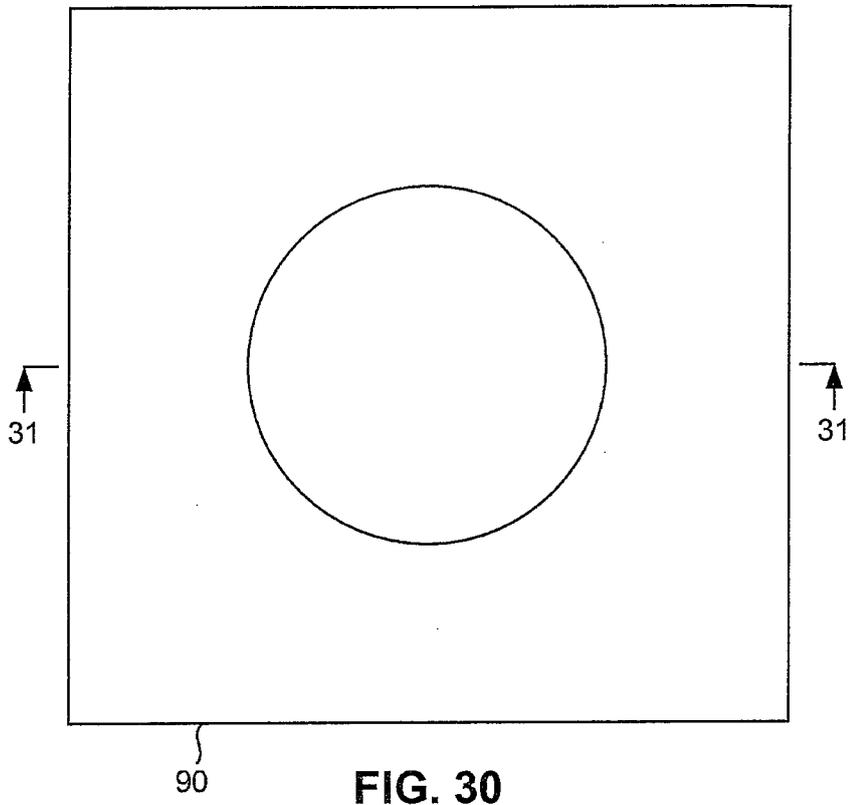


FIG. 29



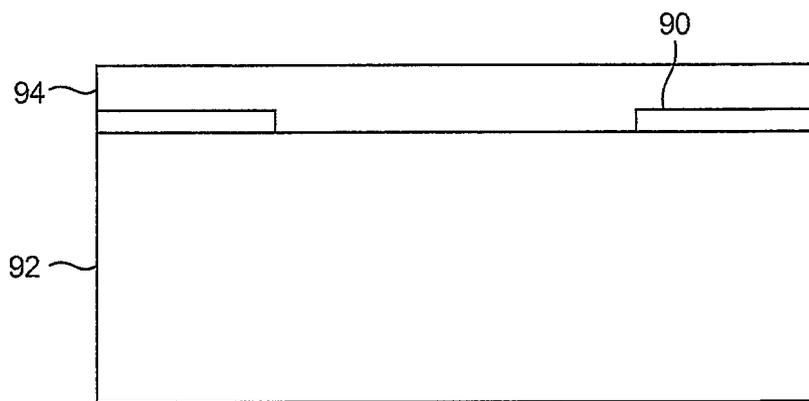
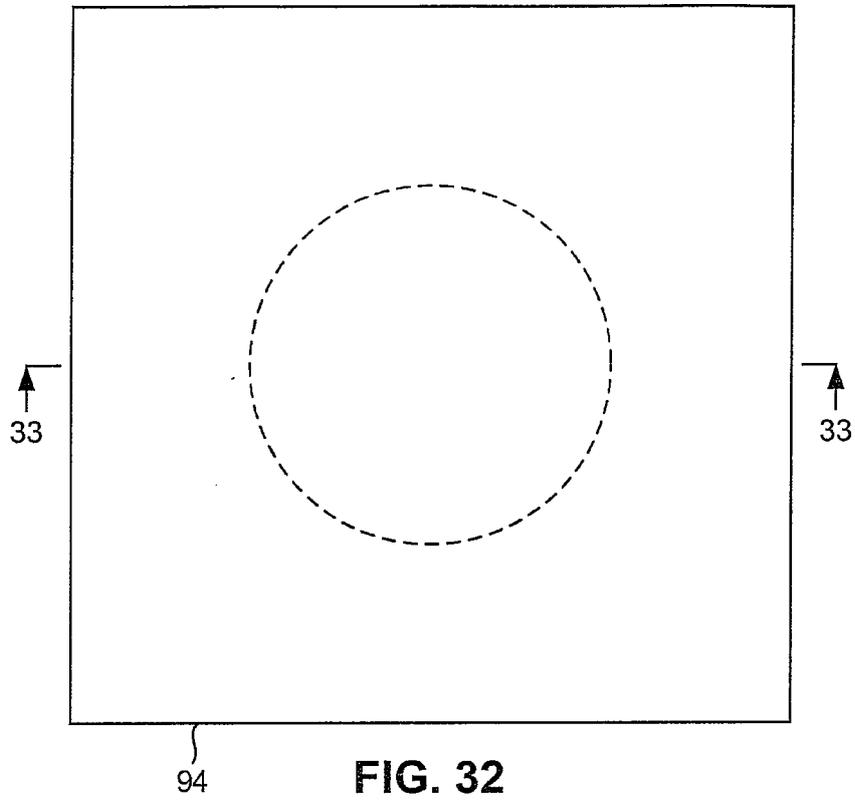
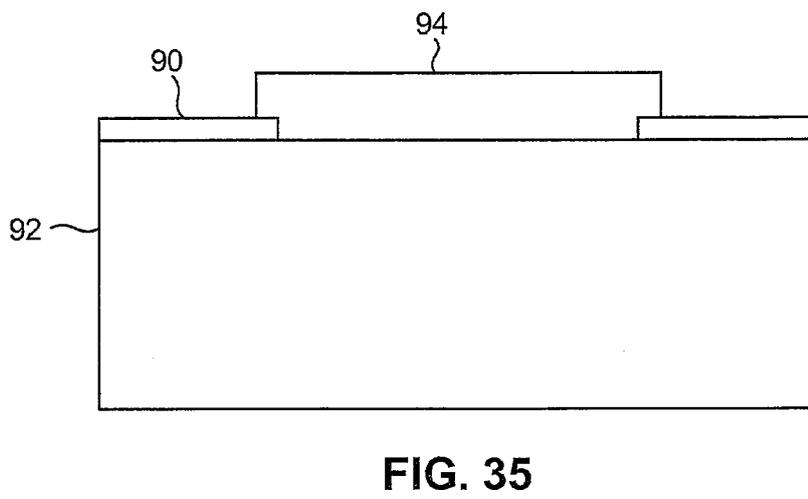
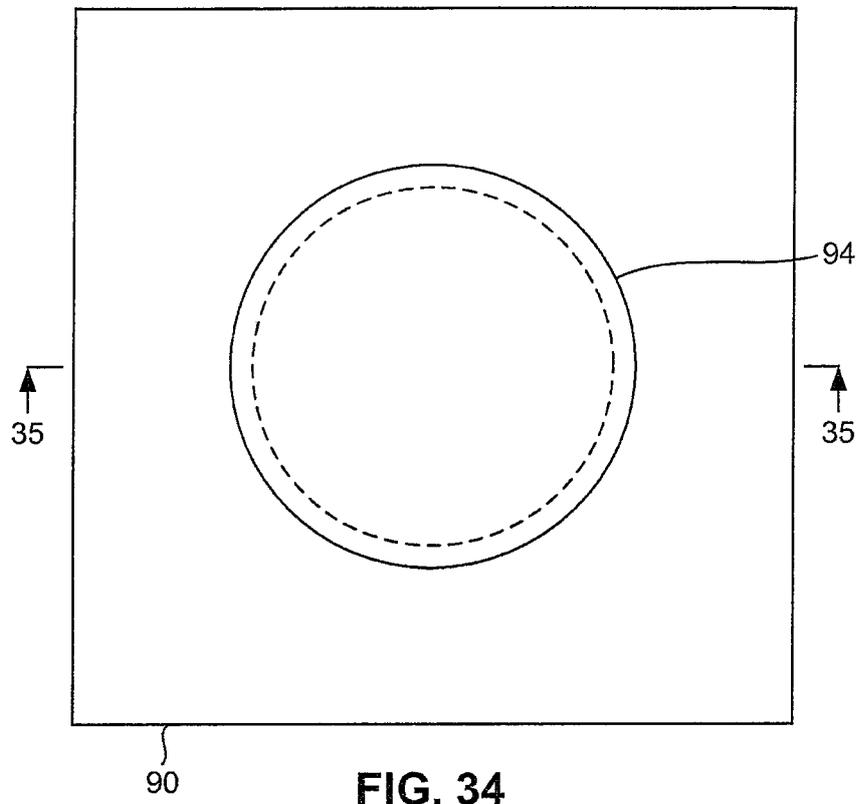
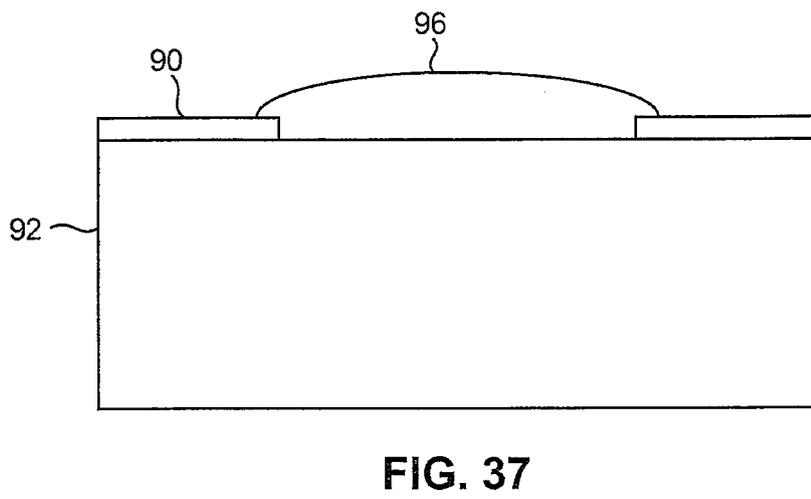
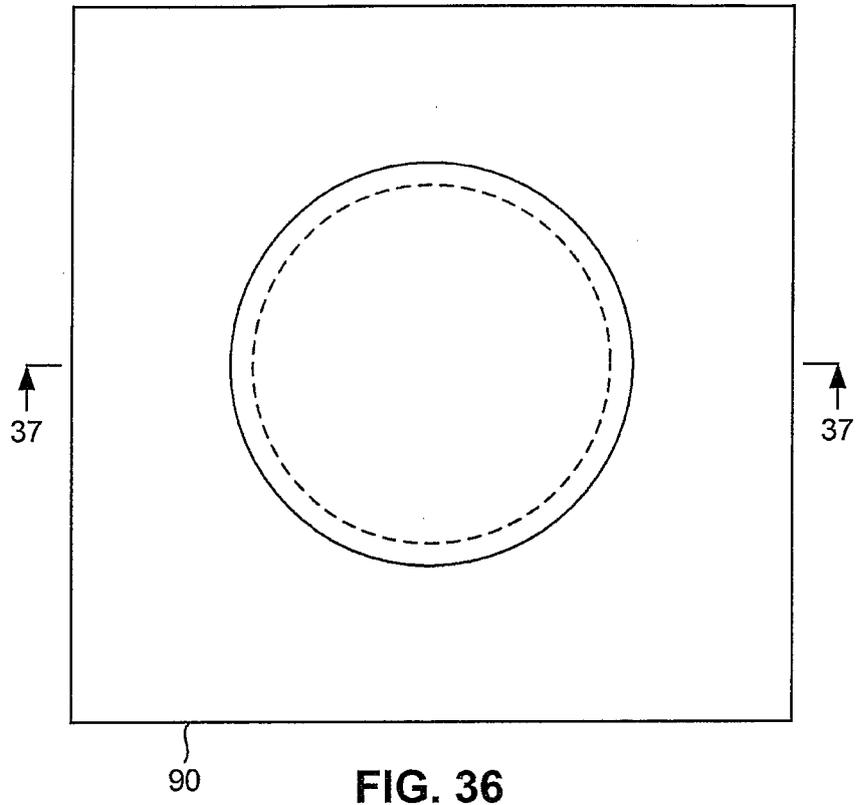


FIG. 33





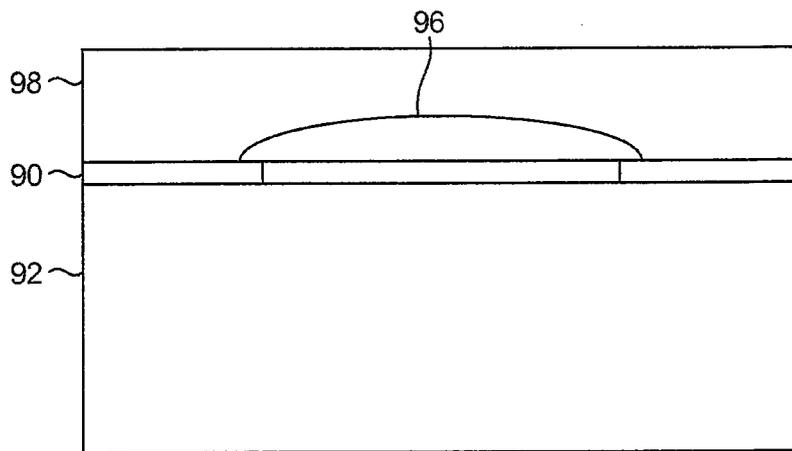
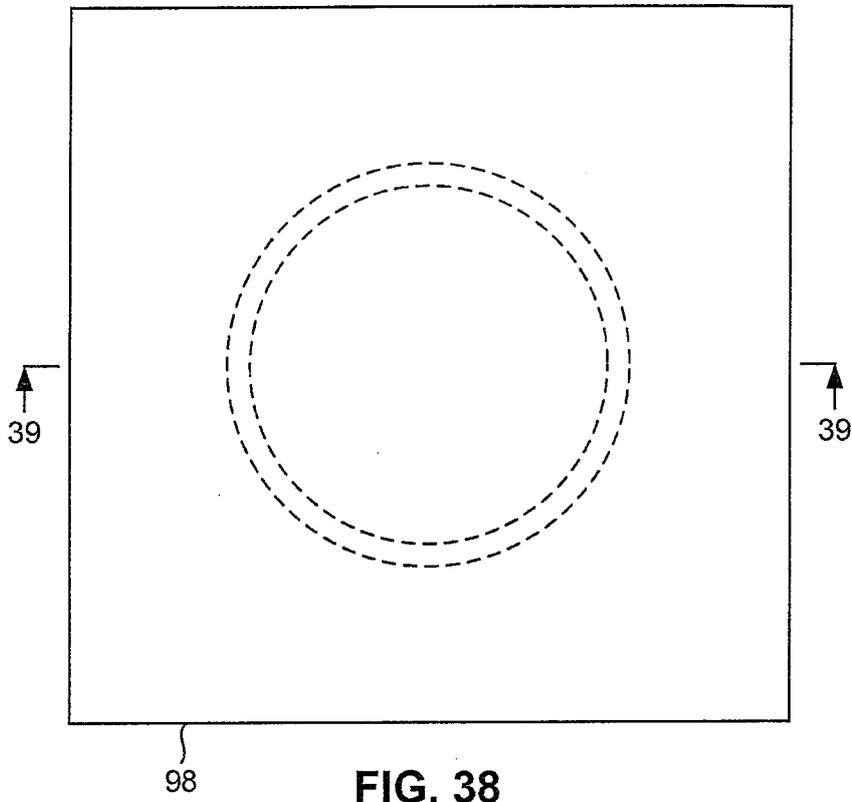
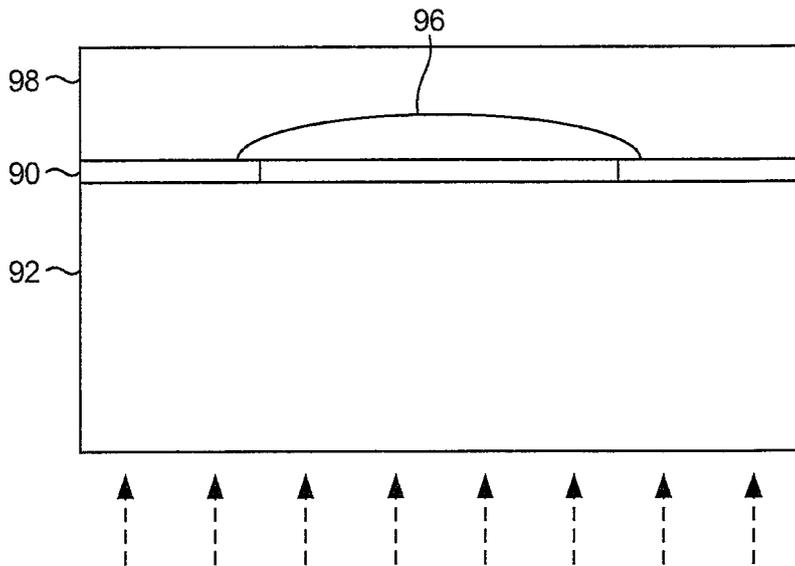
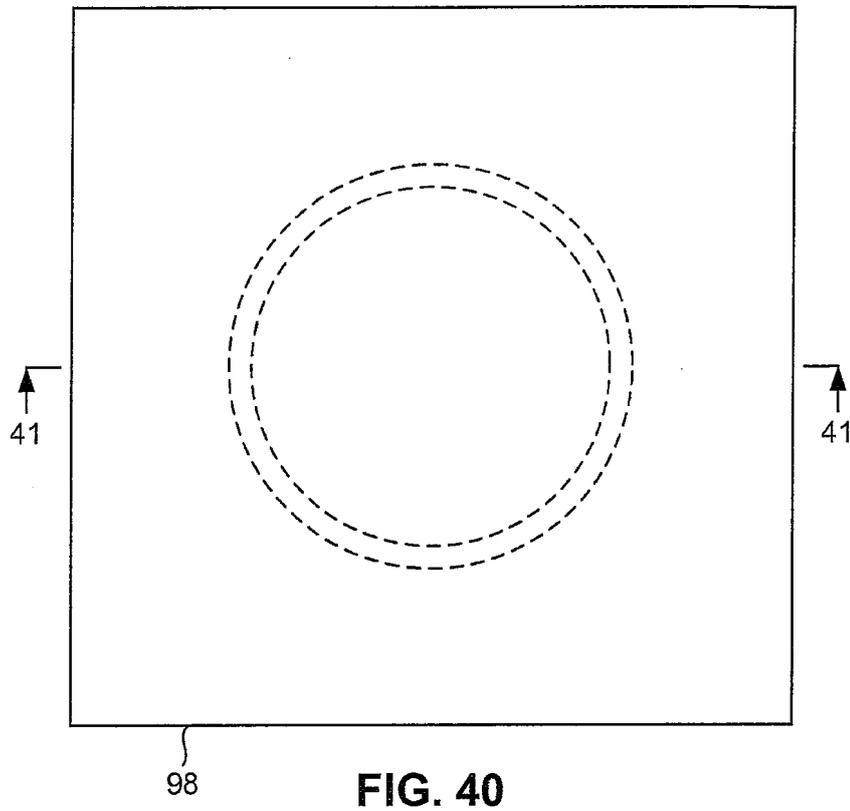
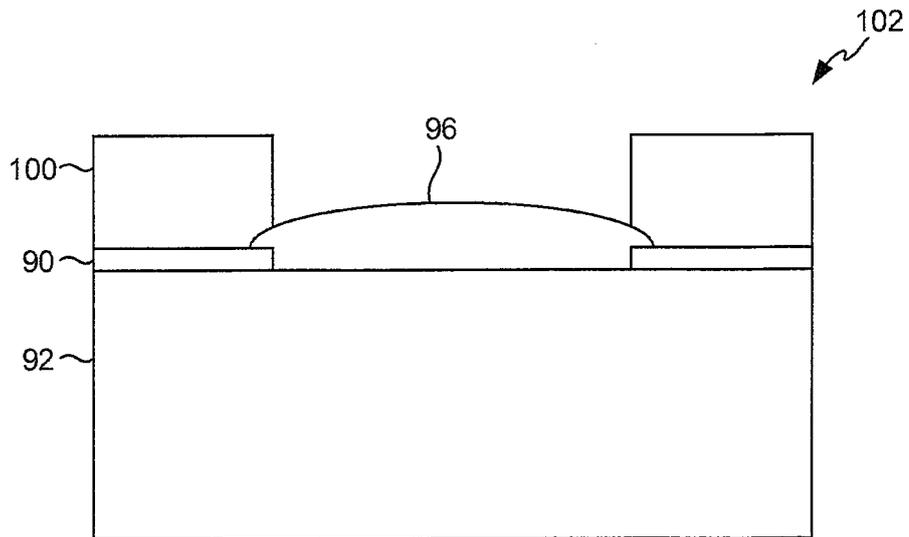
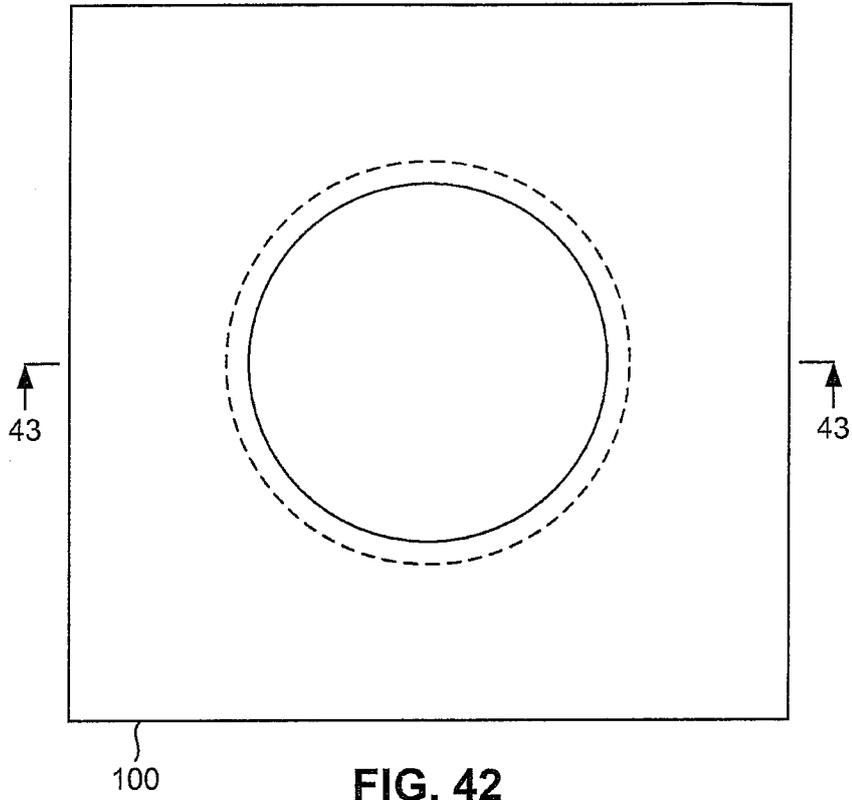
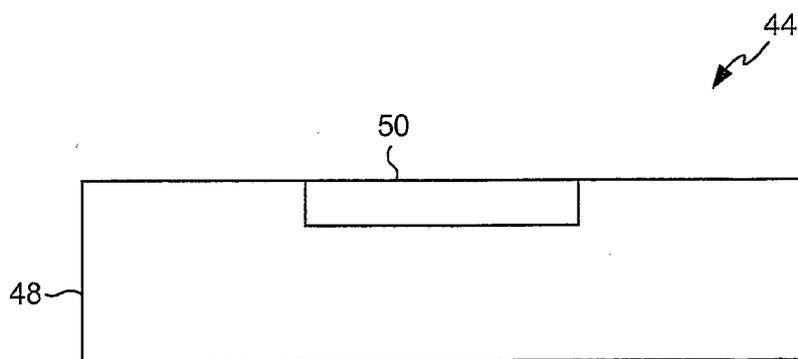
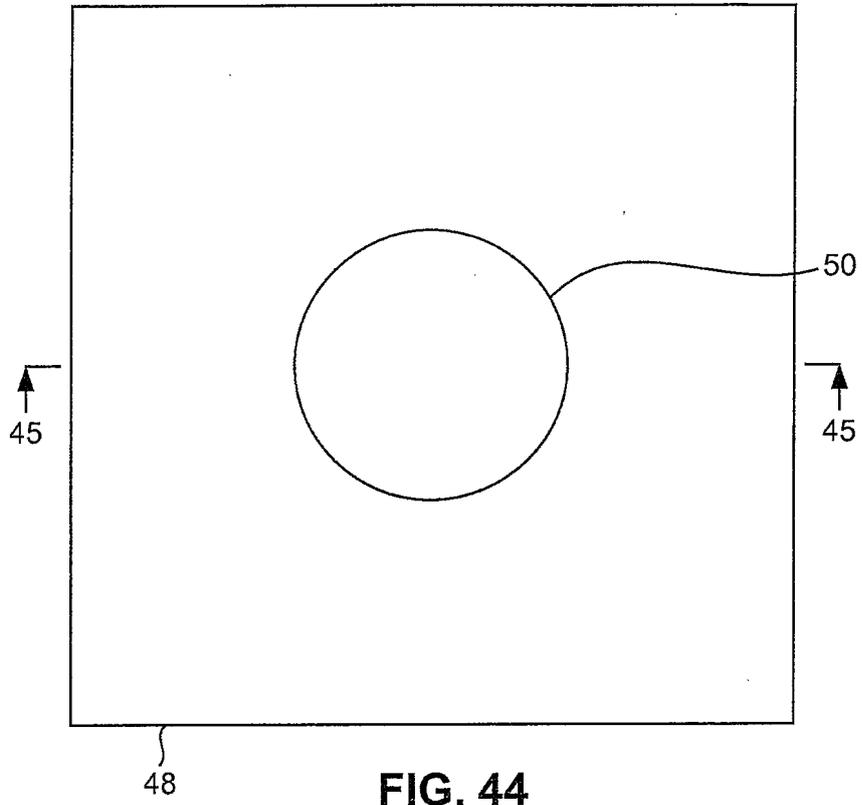


FIG. 39







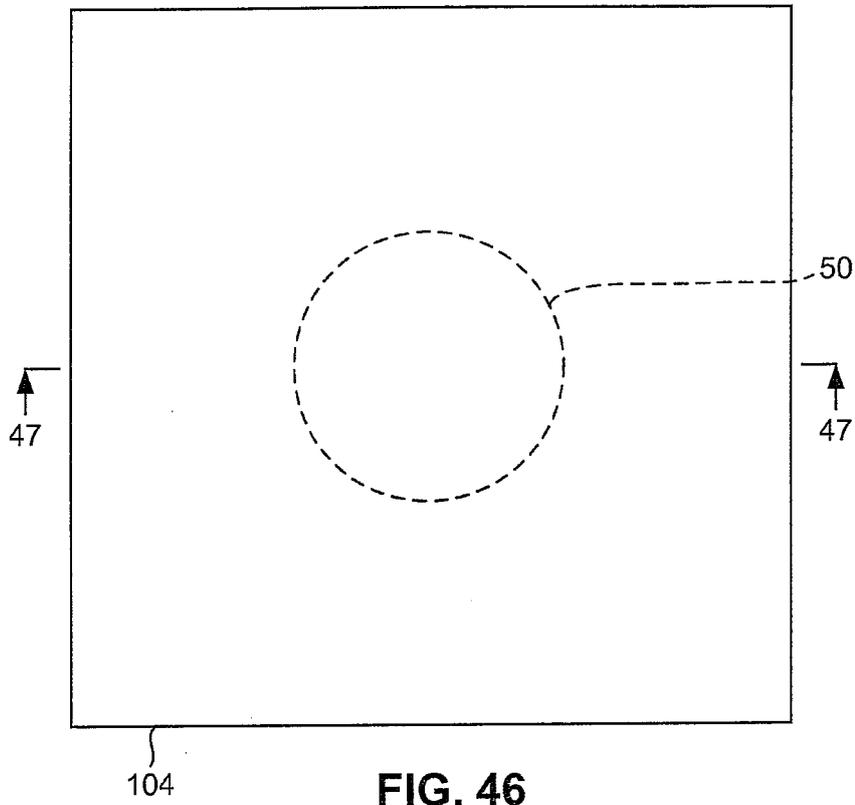


FIG. 46

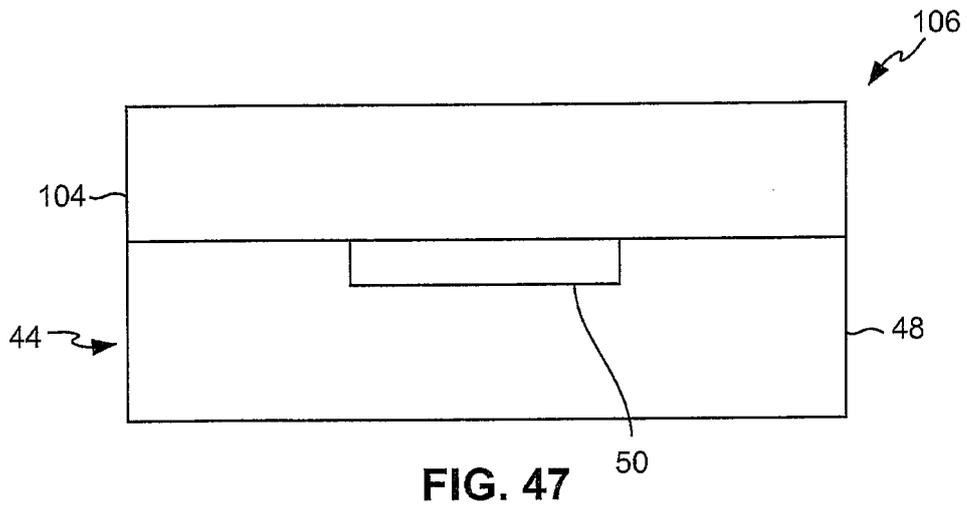


FIG. 47

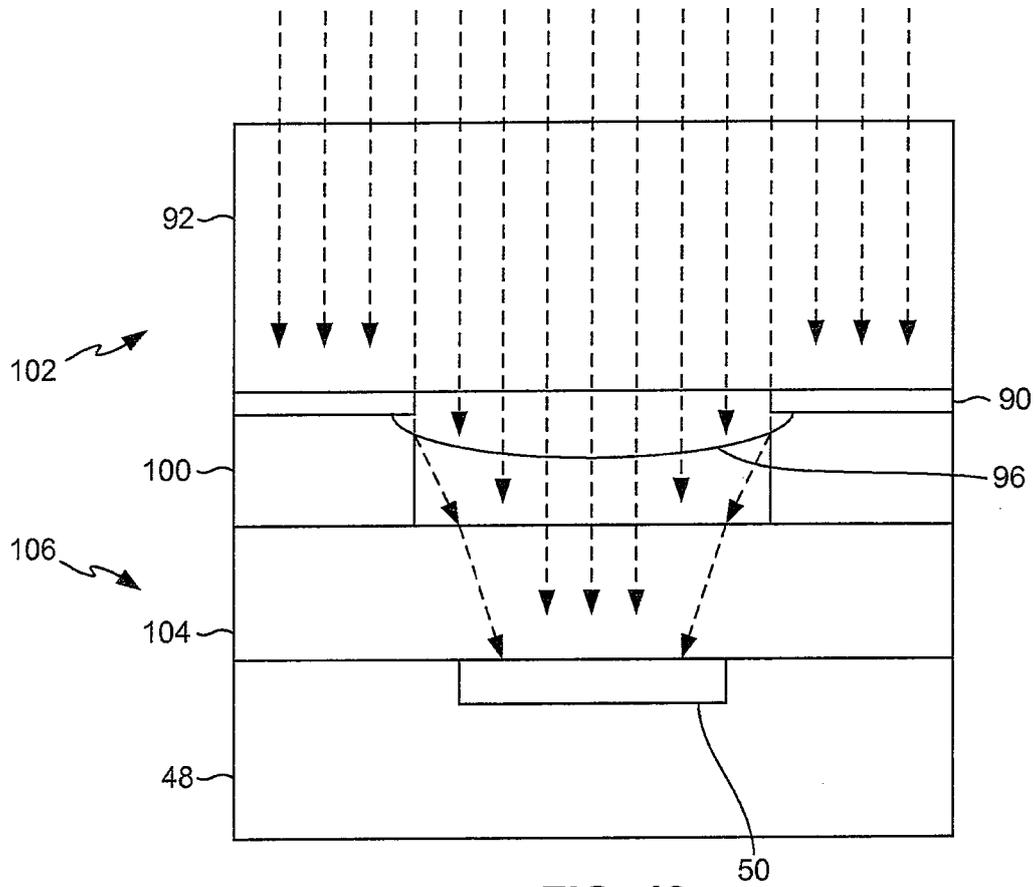


FIG. 48

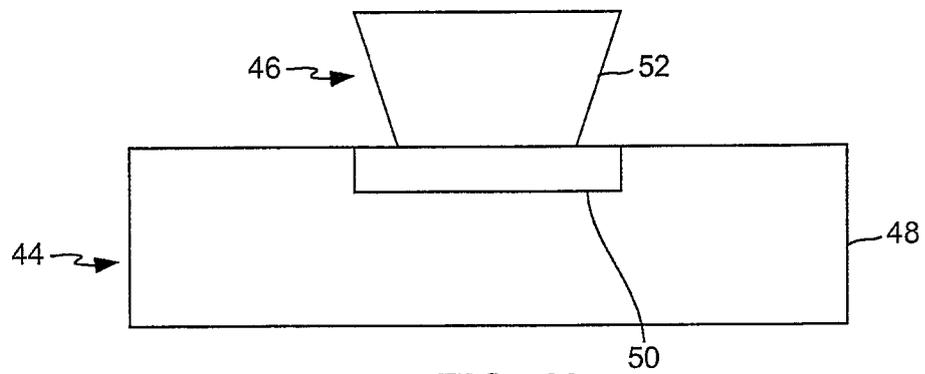


FIG. 49

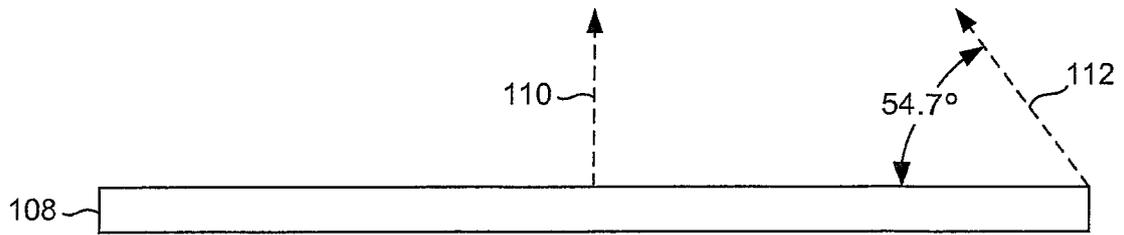


FIG. 50

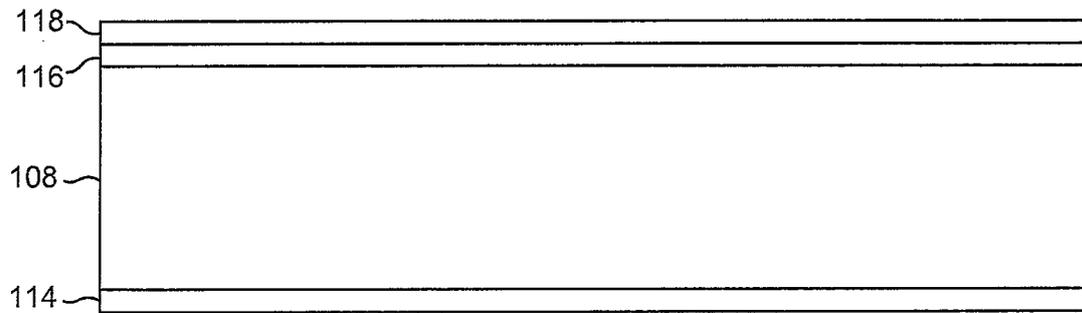


FIG. 51

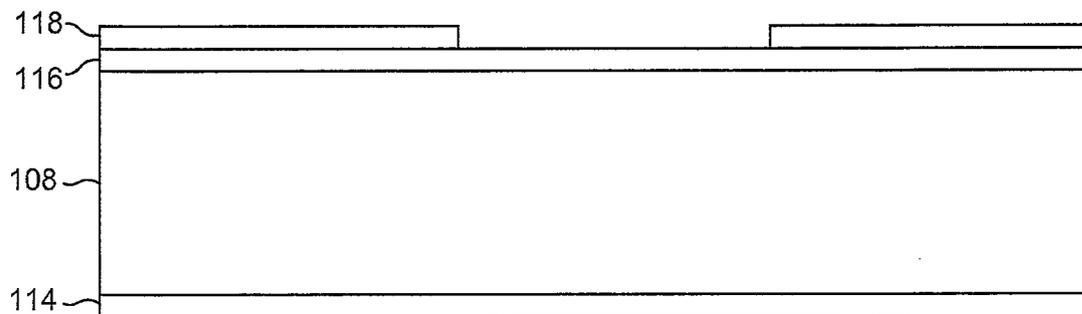


FIG. 52

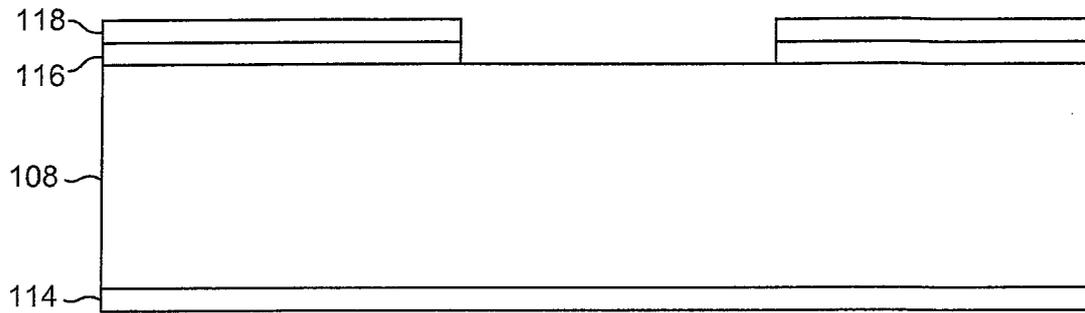


FIG. 53

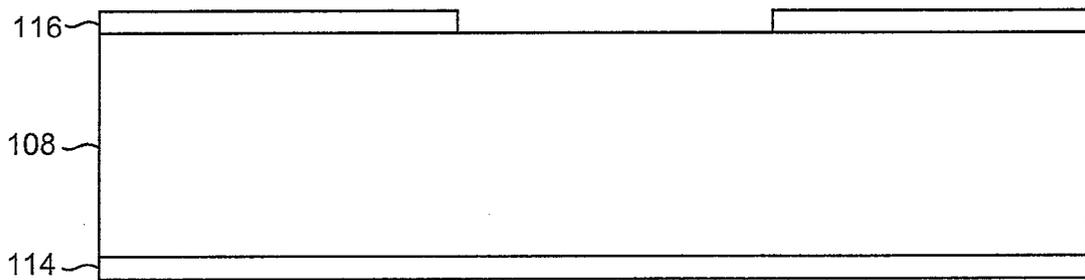


FIG. 54

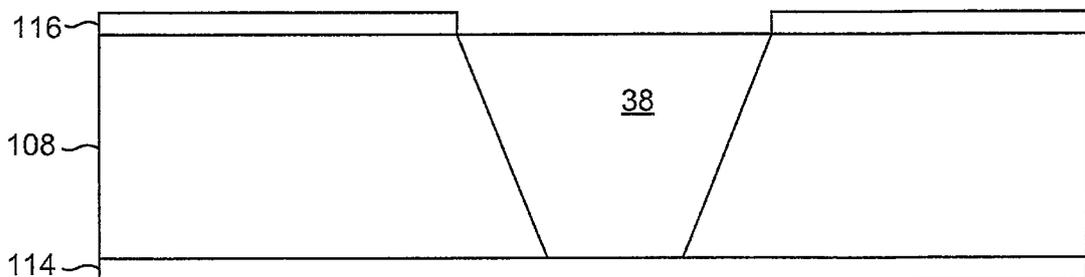
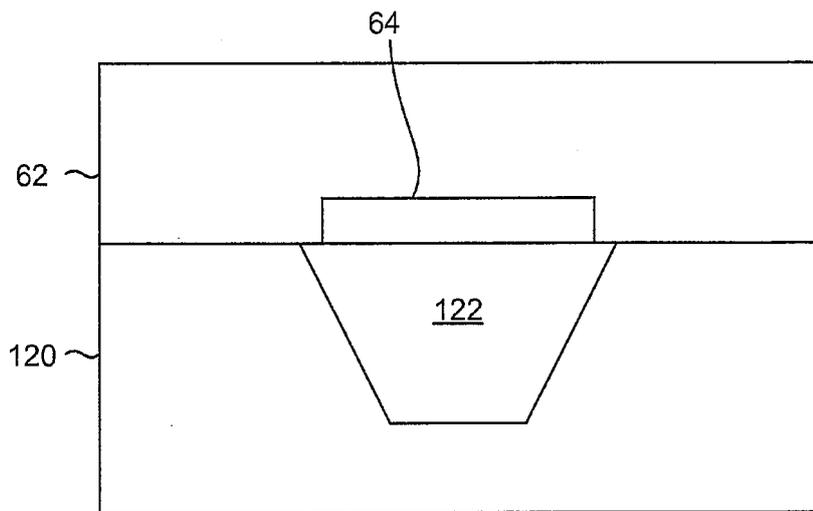
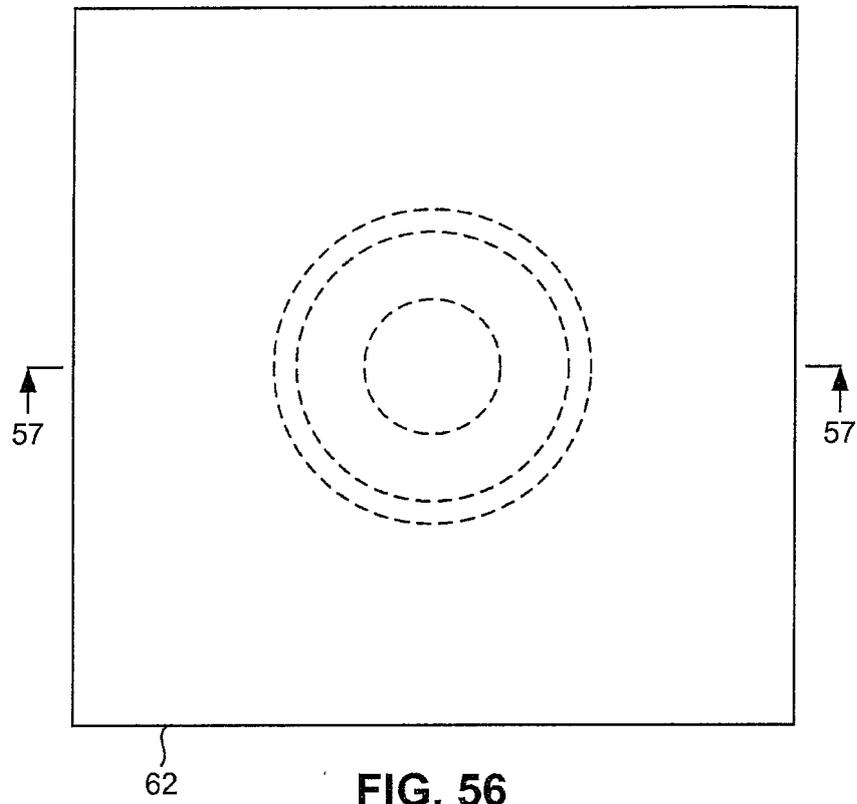


FIG. 55



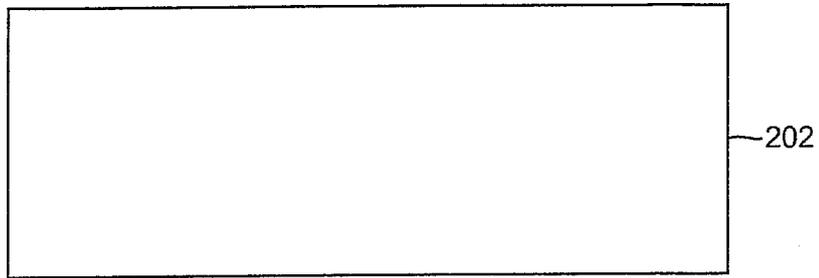


FIG. 58

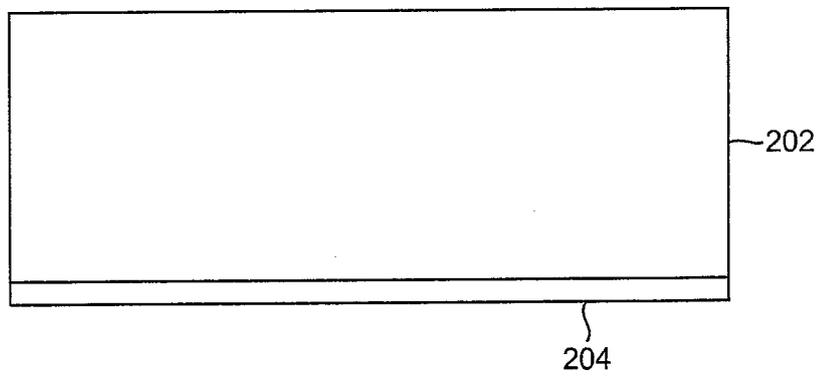


FIG. 59

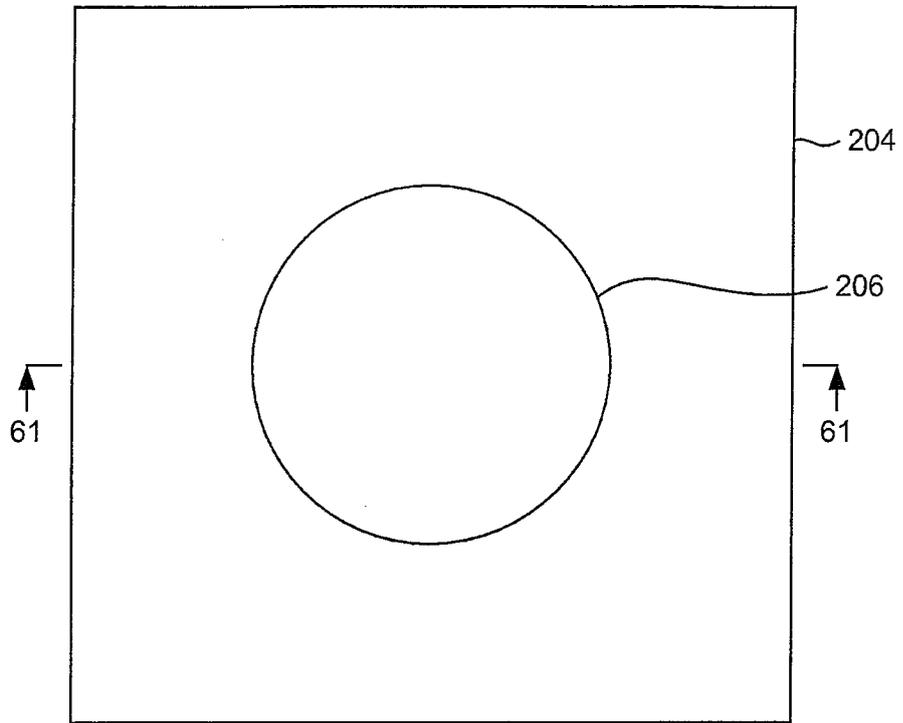


FIG. 60

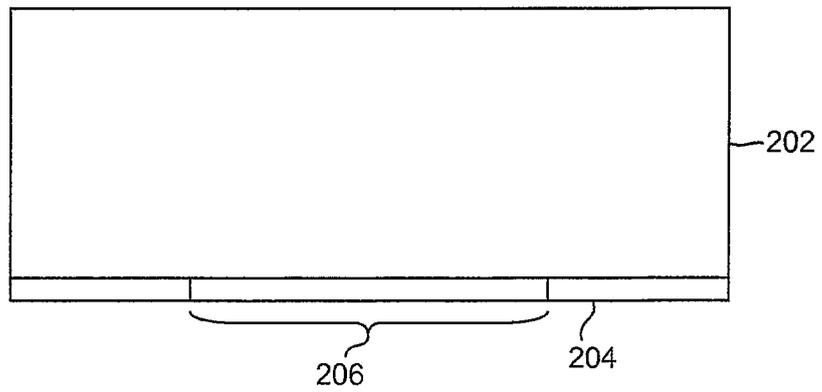


FIG. 61

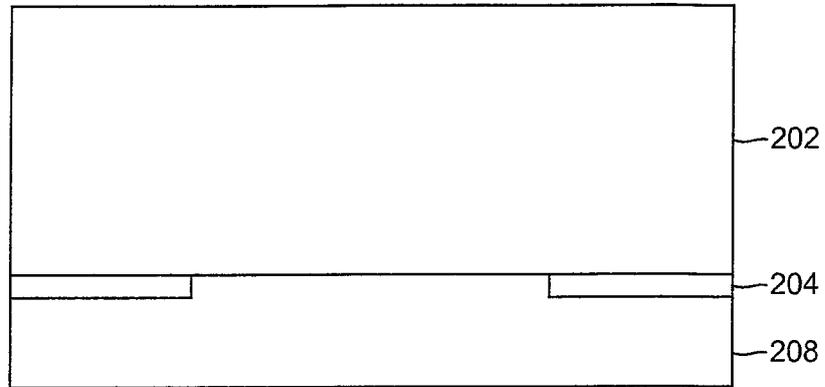


FIG. 62

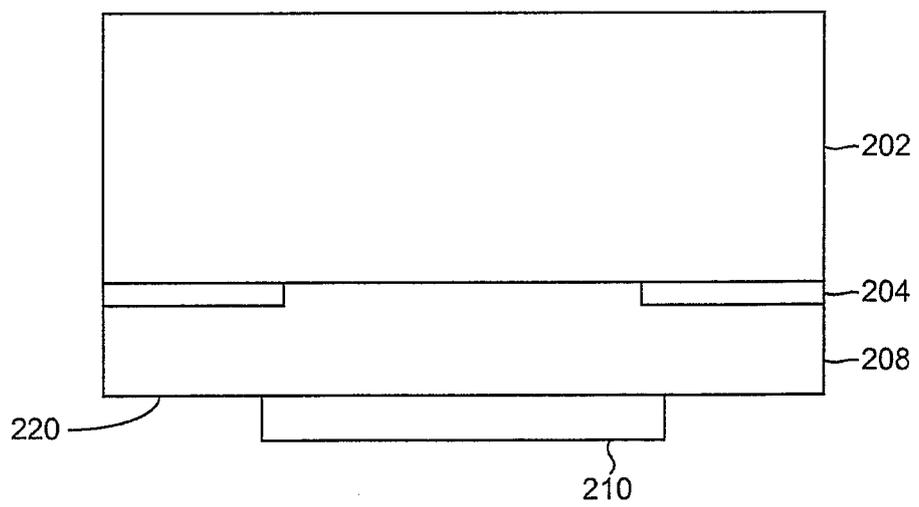
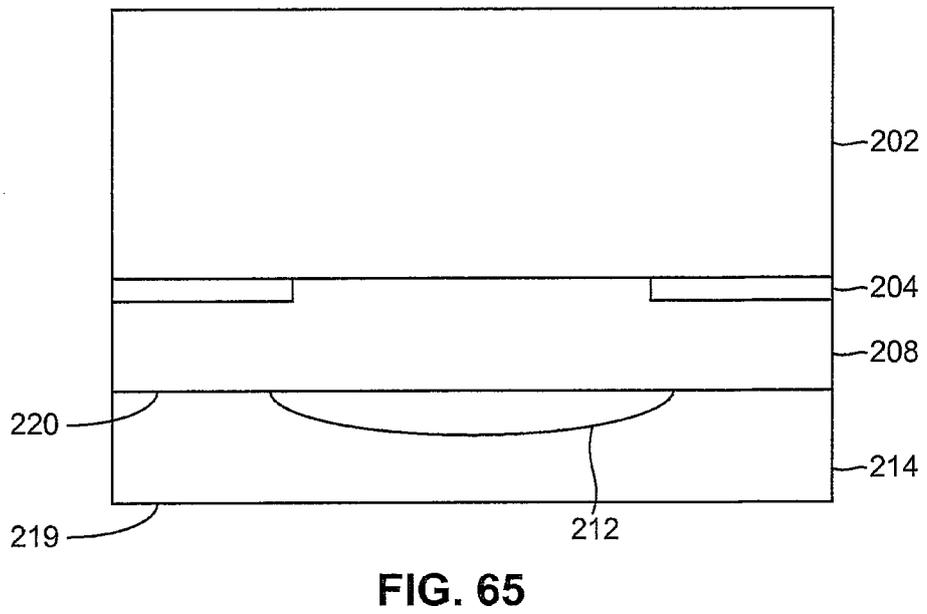
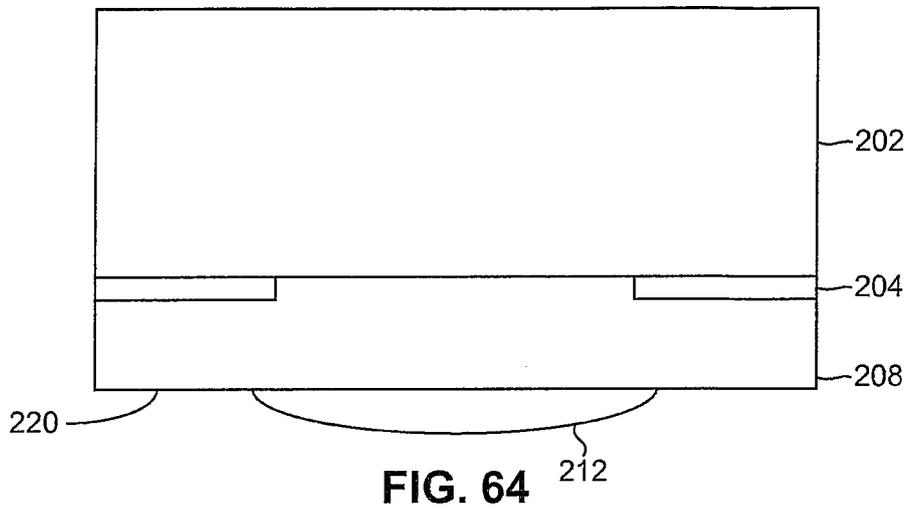


FIG. 63



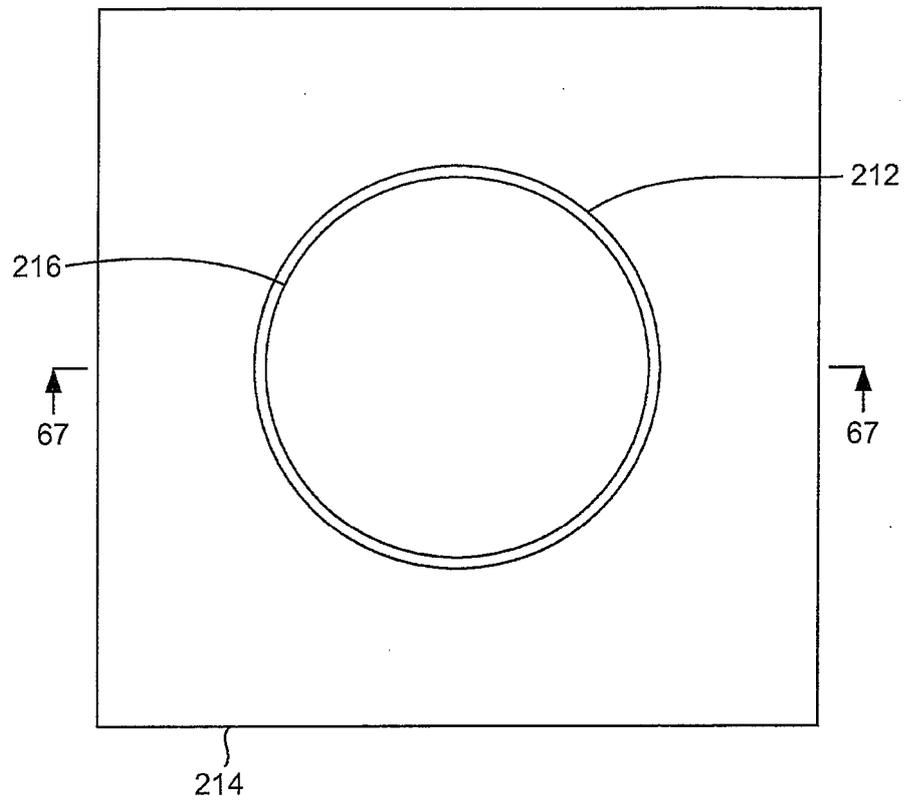


FIG. 66

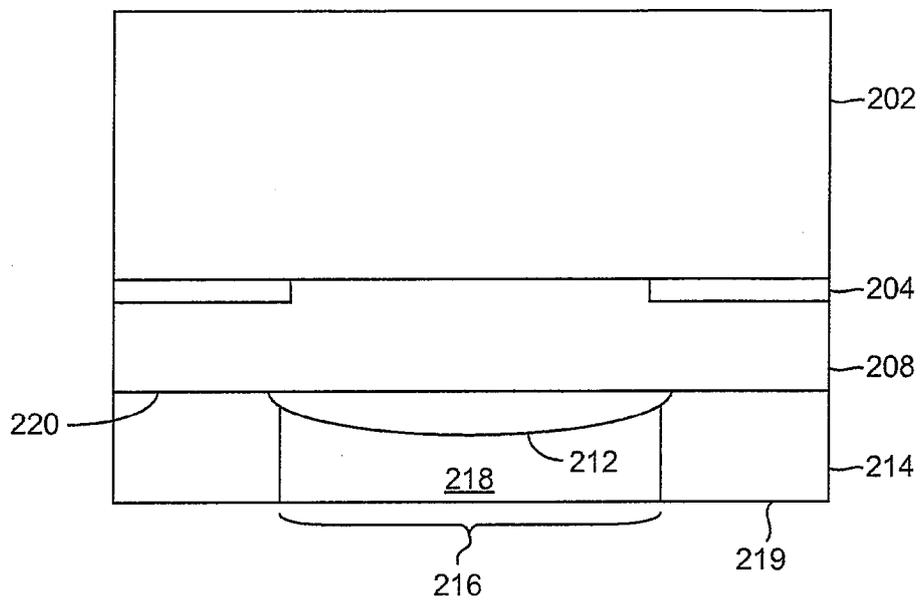


FIG. 67

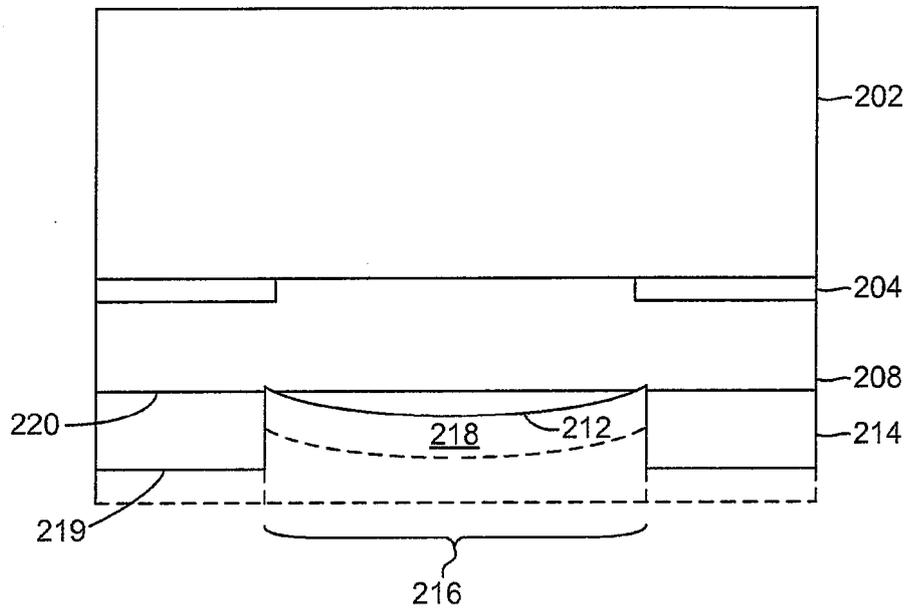


FIG. 68

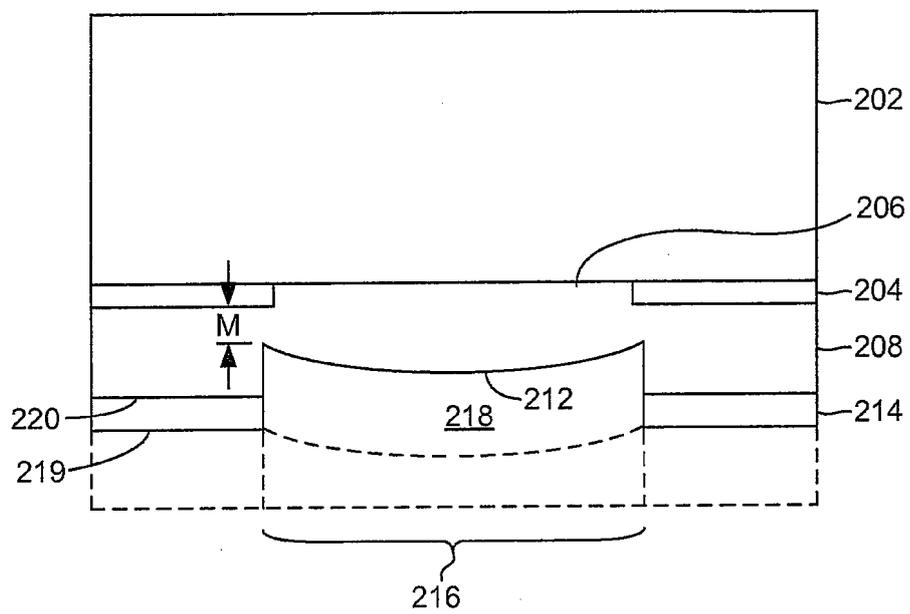


FIG. 69

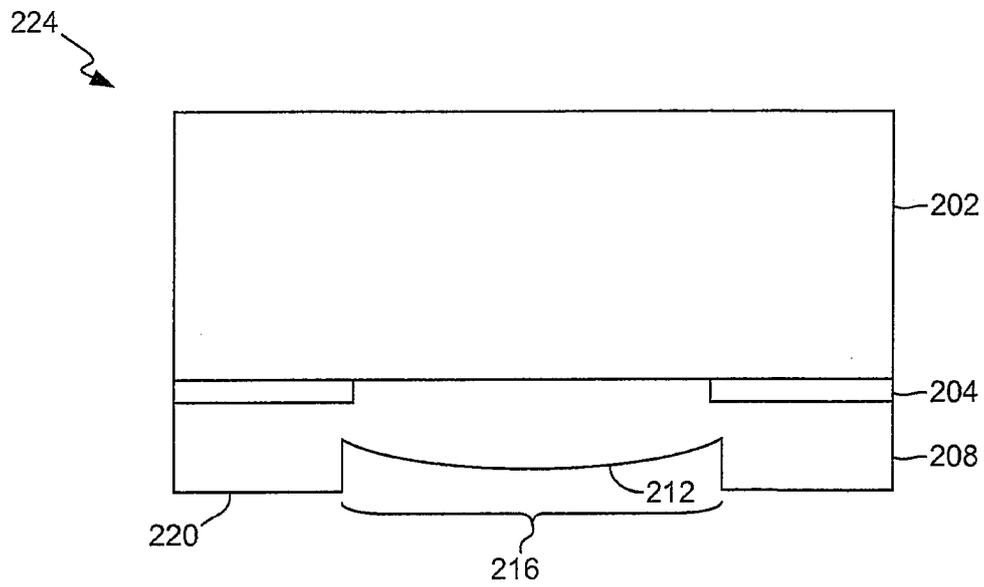


FIG. 70

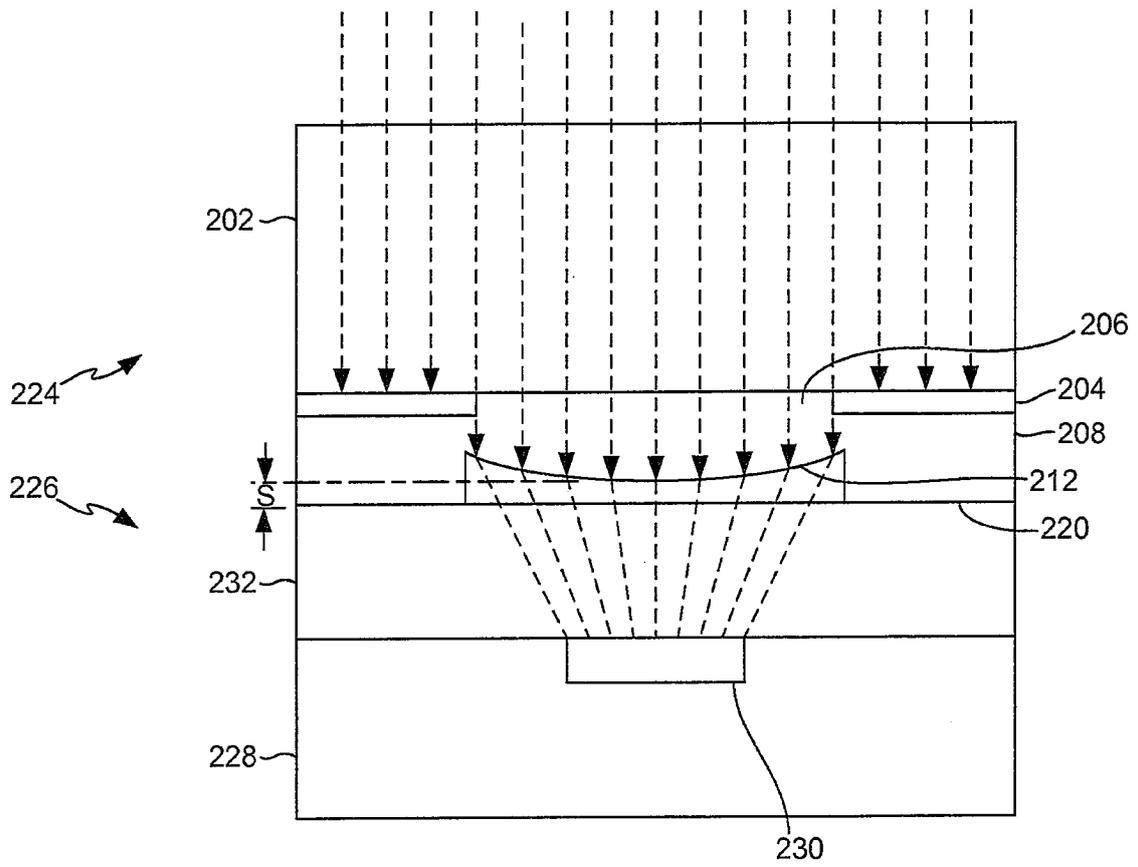


FIG. 71

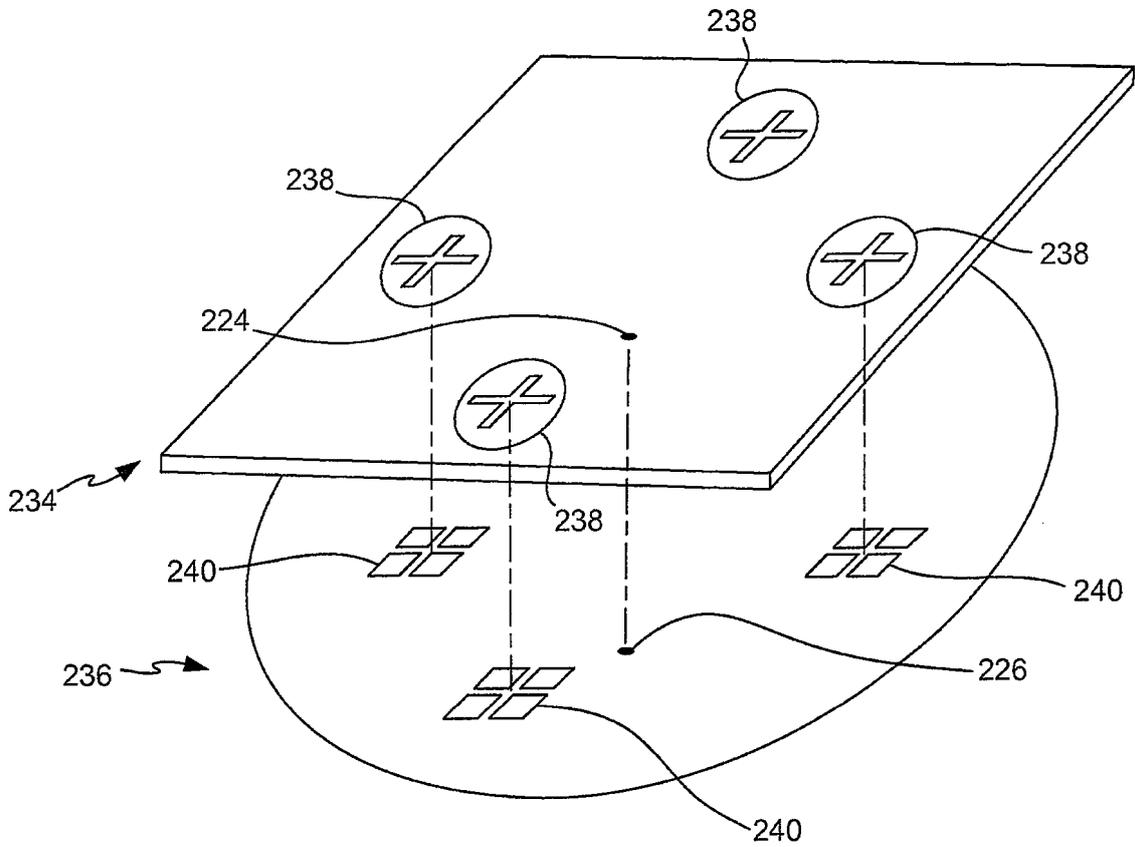


FIG. 72

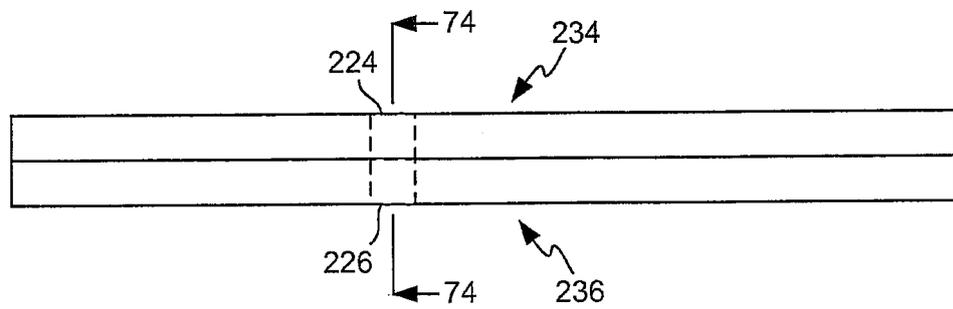


FIG. 73

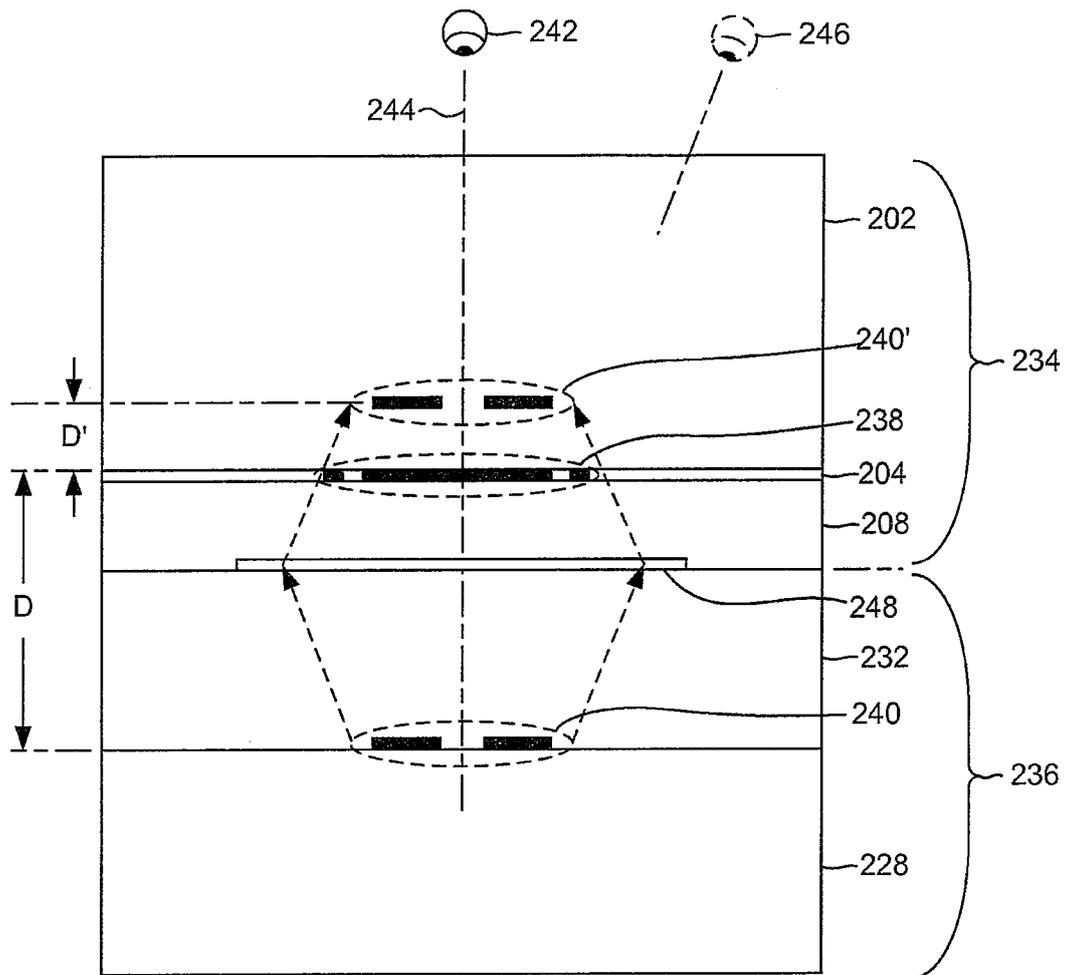


FIG. 74

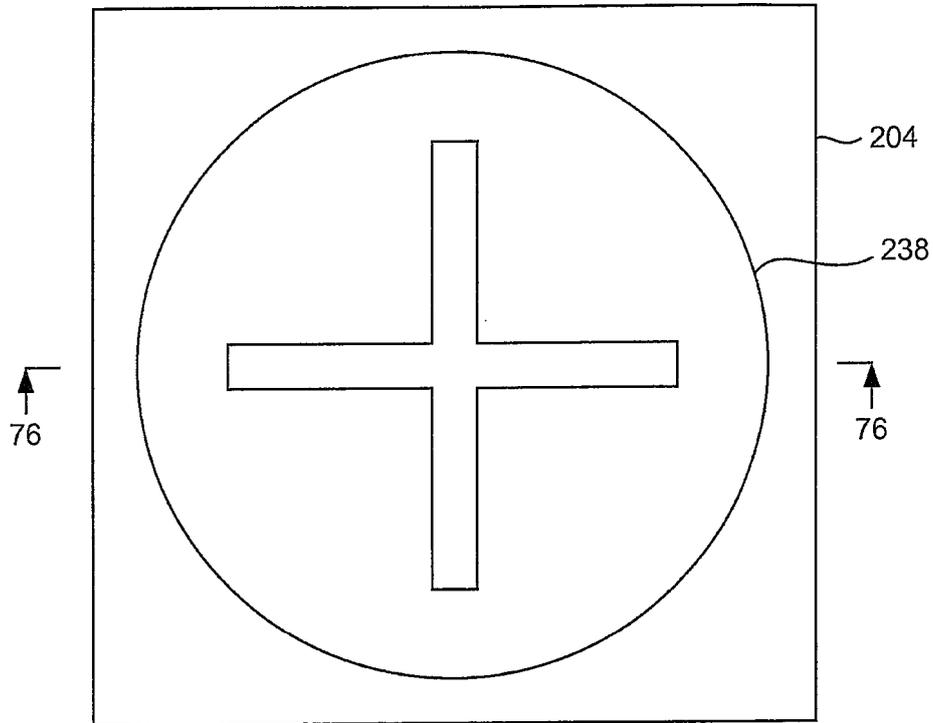


FIG. 75

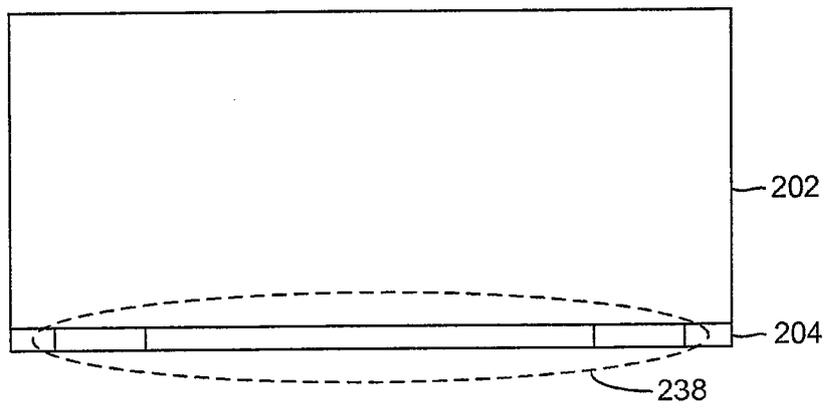


FIG. 76

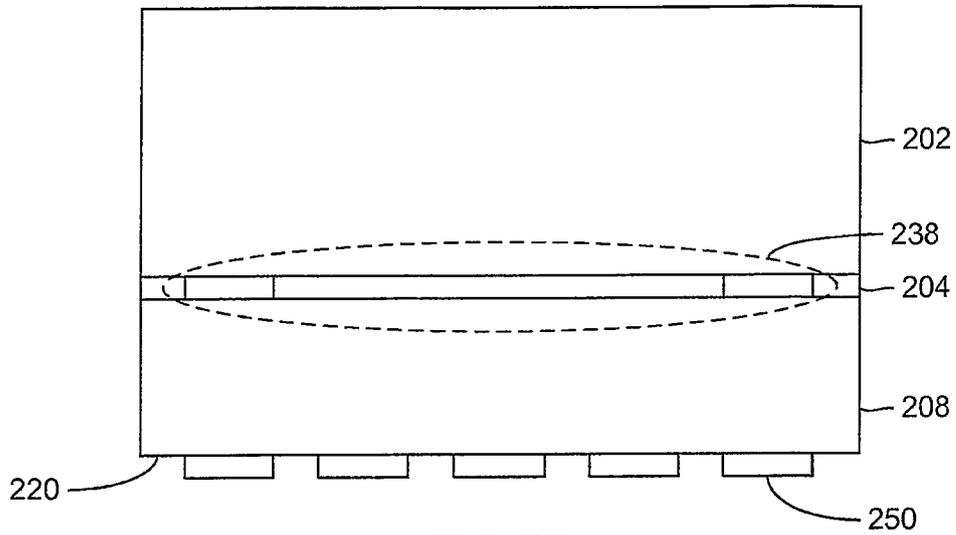


FIG.77

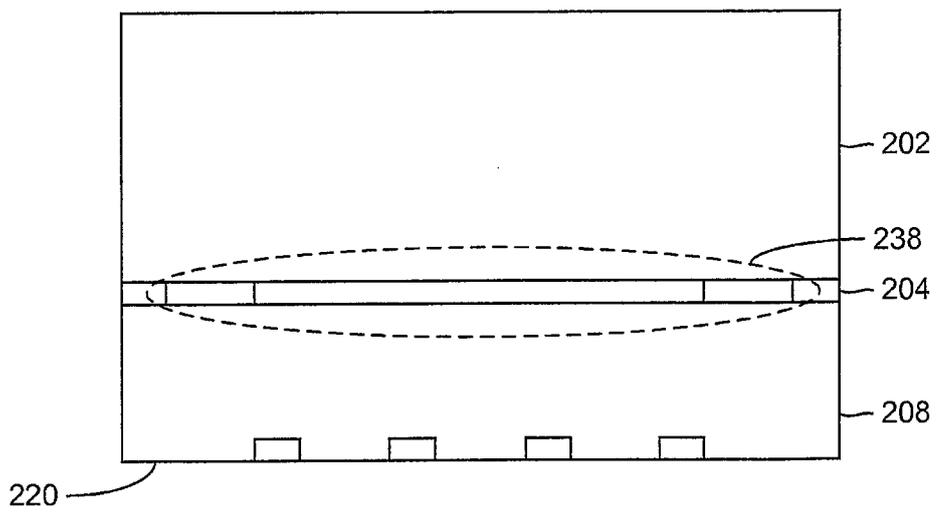


FIG.78

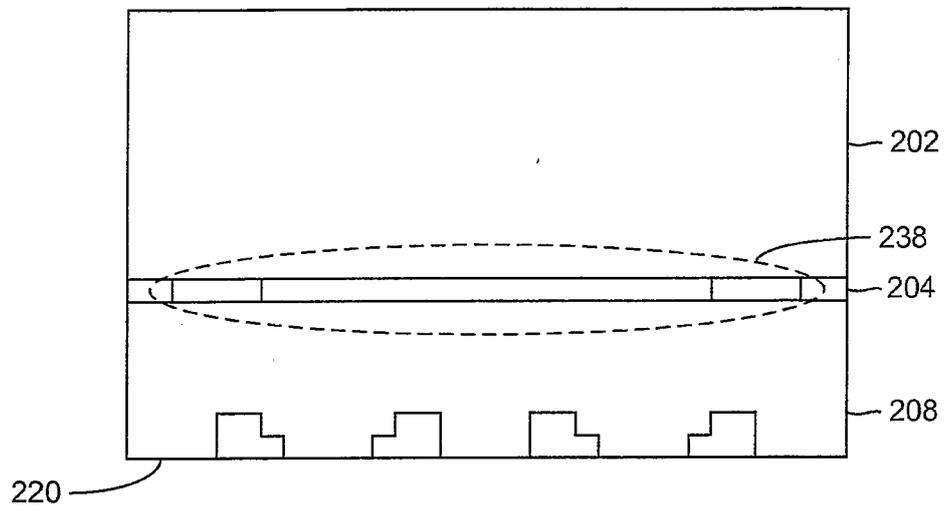


FIG.79