



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 289 426 A7

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 25 D 1/10

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD C 25 D / 243 122 4	(22)	09.09.82	(45)	02.05.91
(71)	siehe (73)				
(72)	Berndt, Wolfgang, Dr.-Ing.; Kirsch, Andreas, Dipl.-Phys.; Kunath, Christian, Dr. rer. nat.; Haase, Norbert, Dipl.-Phys.; Schmidt, Frank, Dr.-Ing., DE				
(73)	Zentrum für Forschung und Technologie Mikroelektronik, Karl-Marx-Straße, O - 8080 Dresden, DE				
(74)	siehe (73)				
(54)	Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie				

(55) Mikroelektronik; Metallfolie, strukturiert; Metallschicht; Ätzverfahren

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie, bei welchem zusammenhängende Metallstrukturen, beispielsweise Metallgitter, mittels lithografischer und galvanischer Verfahren bis zu einer solchen Dicke aufgebaut werden, daß anschließend eine hohe Maßhaltigkeit der Folie und ein unkompliziertes Einspannen in einen tragenden Rahmen ermöglicht werden kann. Anwendungsgebiete sind insbesondere die Mikroelektronik, Mikroakustik, Opto- und Leistungselektronik usw. Erfindungswesentlich ist, daß ein zu verstärkendes Metallmuster auf einer ein Substrat und eine Ankontaktierschicht mindestens stellenweise bedeckenden Metallschicht erzeugt wird. Für die laterale Begrenzung der das Metallmuster bildenden galvanisch aufzufüllenden Gebiete wird eine dicke Resistschicht aufgebracht, mit kurzwelligen Strahlen belichtet und entwickelt. Nach erfolgter Verstärkung zumindest von Teilen des entstandenen Metallmusters wird dessen Oberfläche stellenweise mit einer weiteren Metallschicht bedeckt. Abschließend wird die Folie vom Substrat entfernt und einem Ätzverfahren unterzogen.

Erfindungsanspruch:

1. Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie, bei dem auf einem Substrat mit einer elektrisch leitfähigen Oberfläche ein Metallmuster erzeugt und vorzugsweise durch Negativresistbeschichtung, Belichtung durch das Substrat und galvanisches Auffüllen der entstandenen Öffnungen verstärkt wird, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Metallmuster (7) auf einer das Substrat (1) und eine Ankontaktierschicht (2) mindestens stellenweise bedeckenden Metallschicht (3) erzeugt wird, wobei für die laterale Begrenzung der das Metallmuster (7) bildenden galvanisch aufzufüllenden Gebiete auf der Ankontaktierschicht (2) und Metallschicht (3) eine dicke strahlungsempfindliche Resistschicht (4) aufgebracht und durch eine darauf befindliche – mikrolithografisch strukturierte – strahlungsundurchlässige Schicht (5) hindurch mit kurzwelligen Strahlen (6) belichtet und anschließend entwickelt wird, daß weiterhin nach erfolgter Verstärkung zumindest von Teilen des Metallmusters (7) dessen Oberfläche stellenweise mit einer weiteren Metallschicht (10) bedeckt wird und daß die Folie abschließend vom Substrat (1) entfernt und einem Ätzverfahren unterzogen wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß mindestens eine der Metallschichten (3; 10) nur im Randgebiet des Metallmusters (7) erzeugt wird.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die auf das Substrat aufgebrachte dünne Metallschicht (3) mikrolithografisch strukturiert und gemeinsam mit dem galvanisch hergestellten Metallmuster (7) vom Substrat (1) entfernt wird.
4. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß das Metallmuster (7) gemeinsam mit der das Substrat (1) ganzflächig bedeckenden Metallschicht (3) vom Substrat (1) entfernt und daß die Metallschicht (3) vor beziehungsweise nach dem Einspannen in einen tragenden Rahmen mikrolithografisch strukturiert wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Metallschicht (10) zunächst ganzflächig erzeugt und vor beziehungsweise nach dem Einspannen in einen tragenden Rahmen mikrolithografisch strukturiert wird.
6. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Prozeß der Verstärkung des Metallmusters (7) zusätzlich zur kurzwelligen Belichtung (9) durch das Substrat (1) eine örtlich selektive resistseitige Belichtung (13) erfolgt, wodurch einige zusammenhängende Gebiete (12) in der ursprünglichen Dicke verbleiben.
7. Verfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß im Prozeß der Verstärkung des Metallmusters (7) die kurzwellige Belichtung (9) durch das Substrat (1) zur Herstellung der strukturierten Metallschicht (10) über eine zusätzliche Maske erfolgt.
8. Verfahren nach Punkt 1 und einem der weiteren Punkte, **gekennzeichnet dadurch**, daß als kurzwellige Strahlen (6) Röntgenstrahlen verwendet werden.
9. Verfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß zum Ätzen der Metallfolie Ionenstrahlen (14) eingesetzt werden.
10. Verfahren nach Punkt 9, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Ionenstrahlen (14) unter einem Einfallswinkel von etwa 20° zur Normale der sich drehenden Metallfolie eingestrahlt werden.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie, bei welchem zusammenhängende Metallstrukturen, beispielsweise Metallgitter, mittels lithografischer und galvanischer Verfahren erzeugt werden. Derartig strukturierte Folien werden für den Einsatz in projizierenden Elektronen-, Röntgen- und Ionenstrahlolithografieeinrichtungen in einen tragenden Rahmen eingespannt und finden so insbesondere in der Mikroelektronik, Mikroakustik, Opto- und Leistungselektronik sowie der Magnetblasenspeicherstellung als Transmissions- oder Gittermasken breite Anwendung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Um der ständigen Verkleinerung der Bildelemente und der Forderung nach hoher Stabilität unter starker Strahlenbelastung in Projektionslithografieanlagen gerecht zu werden, sind Maskendicken größer 3–10 µm erstrebenswert. Als Grundstruktur besitzen die meisten eingesetzten Transmissionsmasken ein Metallgitter mit Steg- und Lochbreiten von 0,2–2 µm für eine 1:1-Projektion und 0,5–5 µm für verkleinernde 5:1- bis 20:1-Projektionsverfahren. In/oder auf diesem Gitter ist das eigentliche Maskendesign enthalten.

Die bekannten Verfahren für die Herstellung derartiger Gittermasken, wie zum Beispiel in DE-PS 937325, DE-OS 2416186 oder DE-AS 2512086 vorgestellt, basieren auf der fotolithografischen Herstellung lateraler Galvanikbegrenzungen auf einem leitfähigen Substrat, anschließend galvanischen Auffüllen der geöffneten Gebiete und Entfernen von Substrat und Resiststrukturen. Infolge ungenügender fotolithografischer Auflösung und nicht ausreichender Kantensteilheit der Resiststrukturen sind mit diesem Verfahren lediglich maximale Maskendicken von 3–6 µm bei Steg- und Lochbreiten kleiner 2–5 µm sicher realisierbar.

Zur Herstellung genügend dicker strukturierter Metallfolien müssen mehrere, mindestens jedoch zwei Lithografie- und Galvanikschritte nacheinander erfolgen. Dabei ergeben sich in Erweiterung der bekannten Verfahren allerdings große Schwierigkeiten mit einer genauen Justierung der einzelnen Ebenen zueinander, da Bildverzerrungen und mögliche Justagefehler zu einer Verkleinerung der Lochbereiche in einzelnen Gebieten der Folie und damit zu geringen Ausbeuten führen.

Die prinzipiellen Möglichkeiten einer genauen Justierung einzelner Galvanikebenen zueinander und damit die Herstellung dickerer strukturierter Metallfolien sind nach EP 0006459 und nach DE-OS 2628099 gegeben, wo die Belichtung einer Negativresistschicht durch das strahlungsdurchlässige Substrat und eine darauf aufgebrachte strukturierte Metallschicht hindurch erfolgt. Der Nachteil dieser Verfahren besteht jedoch darin, daß hier alle Strukturen unabhängig von ihrer Größe mit der gleichen Dicke hergestellt werden, was in dem nachfolgenden Einspannprozeß der Maske oder unter den Bedingungen der hohen Strahlungsbelastung zu inhomogenen Verzerrungen einzelner Maskengebiete und damit zu Überdeckungsproblemen führt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, trotz der ständig kleiner werdenden Strukturgrößen und starken Strahlenbelastungen eine hohe Maßhaltigkeit und Zuverlässigkeit der Metallfolie bei verbesserter Ausbeute sowie ein unkompliziertes Einspannen in einen tragenden Rahmen der Projektionseinrichtung zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein einfaches und wirtschaftliches Verfahren zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie anzugeben, deren Dicke 5–10 µm bei Minimalstrukturen unter 2 µm übersteigen kann, wobei die Stabilität erhöht und Verzerrungen vermieden werden sollen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß ein Metallmuster auf einer das Substrat und eine Ankontakterschicht mindestens stellenweise bedeckenden Metallschicht erzeugt wird. Für die laterale Begrenzung der das Metallmuster bildenden, galvanisch aufzufüllenden Gebiete werden auf der Ankontakterschicht und Metallschicht eine dicke strahlungsempfindliche Resistschicht und darauf wiederum eine fest haftende strahlungsundurchlässige Schicht aufgebracht. Letztere wird in bekannter Weise mikrolithografisch, beispielsweise über eine dünne Resistschicht, mit Elektronenstrahlen strukturiert und danach wird durch diese hindurch die dicke Resistschicht mit weichen Röntgenstrahlen oder kurzwelligen Lichtstrahlen belichtet. Die bei der anschließenden Resistentwicklung freigelegten Gebiete werden galvanisch aufgefüllt. Der Vorteil der Anwendung einer fest haftenden strahlungsundurchlässigen Schicht im Zusammenhang mit der extrem kurzwelligen Bestrahlung besteht in erhöhtem Auflösungsvermögen durch Verringerung von Beugungs- und Steuererscheinungen und, insbesondere bei der Anwendung von Röntgenstrahlung, in der fehlenden Reflexion am Substrat. Nach einem Verstärkungsprozeß zumindest von Teilen des entstandenen Metallmusters in bekannter Weise, das heißt, Negativresistbeschichtung, Belichtung durch das Substrat und galvanische Metallabscheidung der auch ein- oder mehrfach wiederholt werden kann, wird dessen Oberfläche mit einer weiteren Metallschicht zur Erzeugung der eigentlichen Maskendesigns oder zur Erzielung einer Randverstärkung der Folie bedeckt.

Abschließend wird die Folie vom Substrat entfernt und einem Ätzverfahren unterzogen. Soll die auf das Metallmuster aufgebrachte weitere Metallschicht das Maskendesign enthalten, so wird sie unter gleichzeitiger Anwendung bekannter mikrolithografischer Verfahren, zum Beispiel durch galvanisches Überwachen oder durch stromloses Abscheiden auf der Oberfläche des Metallmusters hergestellt, während die das Substrat und die Ankontakterschicht mindestens stellenweise bedeckende Metallschicht dann nur im Randbereich des Substrates ausgebildet ist und damit der Randverstärkung des Metallmusters zur Erhöhung der mechanischen Stabilität der Metallfolie dient. Andererseits besteht die Möglichkeit, das Maskendesign in der das Substrat mindestens stellenweise bedeckenden Metallschicht bereits am Anfang mit bekannten mikrolithografischen Verfahren herzustellen, so daß nun die auf dem Metallmuster aufgebrachte weitere Metallschicht der Randverstärkung der Metallfolie dient und gemeinsam mit dem Maskendesign und dem Metallmuster vom Substrat entfernt werden kann.

Die erzielbaren minimalen Stegbreiten des tragenden Metallmusters von kleiner 1–2 µm gestatten bei verkleinernden Elektronen- und Ionenprojektionsverfahren einen Einsatz der Metallfolie für Überstrahlungsmasken, so daß das Maskendesign nicht unmittelbar den Strukturen des Metallmusters zugeordnet sein muß. Damit wird die jeweilige, später das Maskendesign enthaltende Metallschicht vorzugsweise zunächst ganzflächig erzeugt und zur Verhinderung geometrischer Verzerrungen erst nach dem Einspannen in einen tragenden Rahmen mikrolithografisch strukturiert. Zur Vereinfachung des Lithografieschrittes kann diese Strukturierung selbstverständlich auch vor dem Einspannen durchgeführt werden.

Zur Verringerung geometrischer Verzerrungen kann während des Prozesses der Verstärkung des Metallmusters mit dem bekannten Negativresistverfahren zusätzlich zur kurzwelligen Belichtung durch das Substrat eine örtlich selektive resistseitige Belichtung der Negativresistschicht erfolgen, wodurch im nachfolgenden Galvanikprozeß nur die nichtbelichteten Gebiete verstärkt werden und die das Maskendesign enthaltenden zusammenhängenden Gebiete in ihrer ursprünglichen Dicke verbleiben.

Erfolgt die kurzweilige Belichtung durch das Substrat über eine zusätzliche, das Maskendesign enthaltende Belichtungsmaske, so überwachen im anschließenden Galvanikprozeß die nicht bestrahlten Gebiete des Metallmusters und bilden das Maskendesign, während die übrigen Gebiete des Metallmusters in bekannter Weise verstärkt werden. Die Verbesserung der Überstrahlungseigenschaften des Metallmusters kann weiterhin durch ein laterales Abdünnen der Gitterstege auf Stegbreiten unter 1 µm bei der Anwendung eines Ionenstrahlätzverfahrens erzielt werden. Der Einfallswinkel der abtragenden Ionen zur Foliennormale wird dabei so gewählt, daß vorzugsweise nur die Stegbreiten verringert werden, während die eigentliche Foliendicke nur geringfügig abnimmt.

Ausführungsbeispiel

Im folgenden werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Figuren beschrieben.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen Verfahrensstufen eines ersten Ausführungsbeispiels zur Herstellung einer, in einen tragenden Rahmen eingespannten, strukturierten Metallfolie, die aus einem dicken Metallgitter mit noch stärkeren Randbereichen besteht und mit einer dünnen, das eigentliche Maskendesign enthaltenden Metallschicht bedeckt ist.

Die Fig. 4 bis 6 zeigen Verfahrensschritte eines zweiten Ausführungsbeispiels zur Herstellung einer strukturierten Metallfolie, bei der Gitter- und Designstrukturen bereits verknüpft vorliegen und die Gitter- sowie Randgebiete zusätzlich verstärkt werden.

Die Fig. 7 und 8 zeigen Verfahrensschritte eines dritten Ausführungsbeispiels, bei dem ein tragendes Metallgitter direkt auf das Maskendesign aufgewachsen wird. Sämtliche Figuren stellen Schnittbilder dar.

Ausführungsbeispiel 1

Gemäß Fig. 1 wird auf einem Glassubstrat 1, das ganzflächig mit einer 0,02 µm dicken Ankontaktierschicht 2 aus Chrom und zumindest teilweise mit einer Metallschicht 3 aus Nickel bedeckt ist, eine 6–8 µm dicke strahlungsempfindliche Resistschicht 4 aufgebracht. Nach dem stromlosen Abscheiden einer 1 µm dicken strahlungsundurchlässigen Schicht 5 aus Nickel und deren elektronenstrahlolithografischen Strukturierung mit einem Gittermuster, erfolgt eine Belichtung der dicken Resistschicht 4 mit kurzwelligen Strahlen 6, beispielsweise mit weicher Röntgenstrahlung, durch die Öffnungen der strahlungsundurchlässigen Schicht 5. In die nach der Resistentwicklung entstandenen Öffnungen der strahlungsempfindlichen Resistschicht 4 wird galvanisch Nickel abgeschieden, so daß das in Fig. 2 dargestellte Metallmuster 7 gebildet wird.

Gemäß Fig. 2 wird das Metallmuster 7 mit einer 5 µm dicken Negativresistschicht 8 bedeckt, und es erfolgt eine kurzweilige Belichtung 9 durch das Substrat 1 und die Ankontaktierschicht 2 mit ultravioletter Strahlung. Nach dem galvanischen Auffüllen der entstandenen Öffnungen in der dicken Negativresistschicht 8, welches zu einer Verstärkung des Metallmusters 7 führt, wird der Galvanikprozeß soweit fortgeführt, daß infolge Überwachsens der stehengebliebenen Resistgebiete eine zusammenhängende Metallschicht 10 entsteht. Nach der chemischen Entfernung von Substrat 1, Ankontaktierschicht 2 und Resten der Negativresistschicht 8 wird die so entstandene Metallfolie, bestehend aus Metallschicht 3, Metallmuster 7 und Metallschicht 10 in einen tragenden Rahmen 11 eingespannt.

Gemäß Fig. 3 erfolgt abschließend eine mikrolithografische Strukturierung der Metallschicht 10 zur Herstellung des Maskendesigns.

Ausführungsbeispiel 2

Analog dem ersten Ausführungsbeispiel (Fig. 1) wird ein Metallmuster 7 hergestellt, wobei allerdings neben den Gitter- auch bereits Designstrukturen in der strahlungsundurchlässigen Schicht 5 vorhanden sind.

Um Verzerrungen dieser Folie im Einspannprozeß zu verringern, wird hier eine weitere Verstärkung nur der Gitter- und der Randgebiete des Metallmusters 7 vorgenommen. Dies geschieht derart, daß zusätzlich zu der im 1. Ausführungsbeispiel beschriebenen Negativresistbeschichtung und substratseitigen Belichtung mit kurzwelligen Strahlen 9 eine resistseitige Belichtung 13 der dicken Negativresistschicht 8 über den zusammenhängenden Gebieten 12 mit kurzwelligem Licht durchgeführt wird (Fig. 4).

Da nun im anschließenden Resistentwicklungsprozeß auch die Resistgebiete über den zusammenhängenden Gebieten 12 stehenbleiben, können nur noch die Gitter- und die Randgebiete galvanisch verstärkt werden.

Durch galvanisches Herstellen der Metallschicht 10 werden die Randbereiche des Metallmusters 7 noch weiter verstärkt, so daß nach der Resistentfernung die Metallfolie, bestehend aus dem Metallmuster 7 und den Metallschichten 3 und 10 vom Substrat mechanisch abgelöst werden kann. Gemäß Fig. 5 wird diese Metallfolie einem Ionenstrahlätzverfahren unterzogen, wobei der etwa 20° betragende Einfallswinkel der Ionenstrahlen 14 zur Normale der sich drehenden Metallfolie bewirkt, daß die Breite der Gitterstege verringert und das Querschnittsprofil verbessert werden, während die Dicke der Folie dabei nur unwesentlich verringert wird.

Abschließend erfolgt wiederum ein Einspannen der Folie in einen tragenden Rahmen 11 (Fig. 6).

Ausführungsbeispiel 3

Analog dem 1. Ausführungsbeispiel erfolgt wiederum die galvanische Herstellung eines ein Gitter mit Randbereich bildenden Metallmusters 7 in einer röntgenstrahlstrukturierten Resistschicht 4, allerdings befindet sich auf dem Substrat 1 und der Ankontaktierschicht 2 die bereits mit dem Maskendesign strukturierte 1 µm dicke Metallschicht 3 aus Nickel (Fig. 7).

Damit erfolgt die galvanische Abscheidung des ein Gitter bildenden Metallmusters 7, stellenweise auf der Ankontaktierschicht 2 und stellenweise auf der Metallschicht 3, so daß nach der galvanischen Randverstärkung mit der Metallschicht 10, der Resistentfernung und dem Entfernen von Substrat 1 und Ankontaktierschicht 2, bereits eine das Maskendesign enthaltende gegitterte Metallfolie aus Nickel vorliegt, die in einen tragenden Rahmen 11 eingespannt werden kann (Fig. 8).

Das hier aufgeführte Ausführungsbeispiel ist besonders günstig, wenn die mit einem Lithografieschritt erzielbare Foliendicke bereits den Anforderungen genügt.

Fig. 1

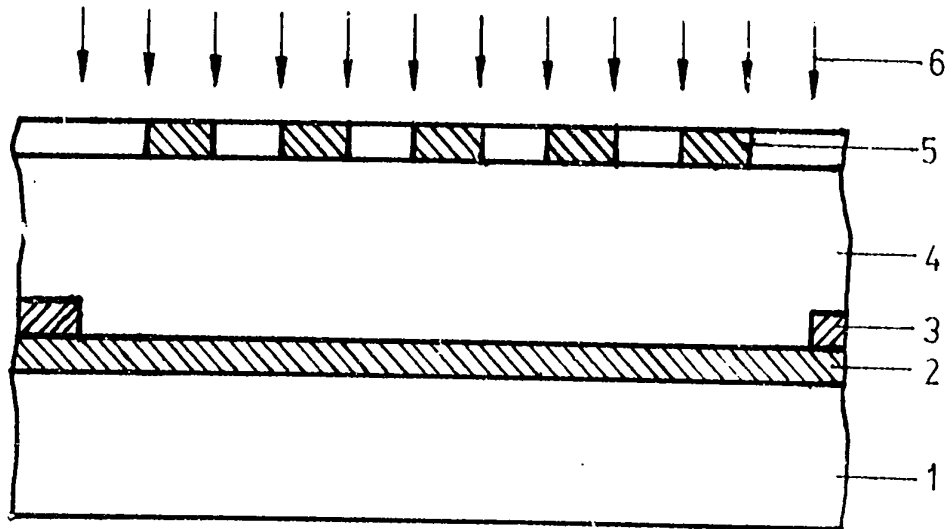


Fig. 2

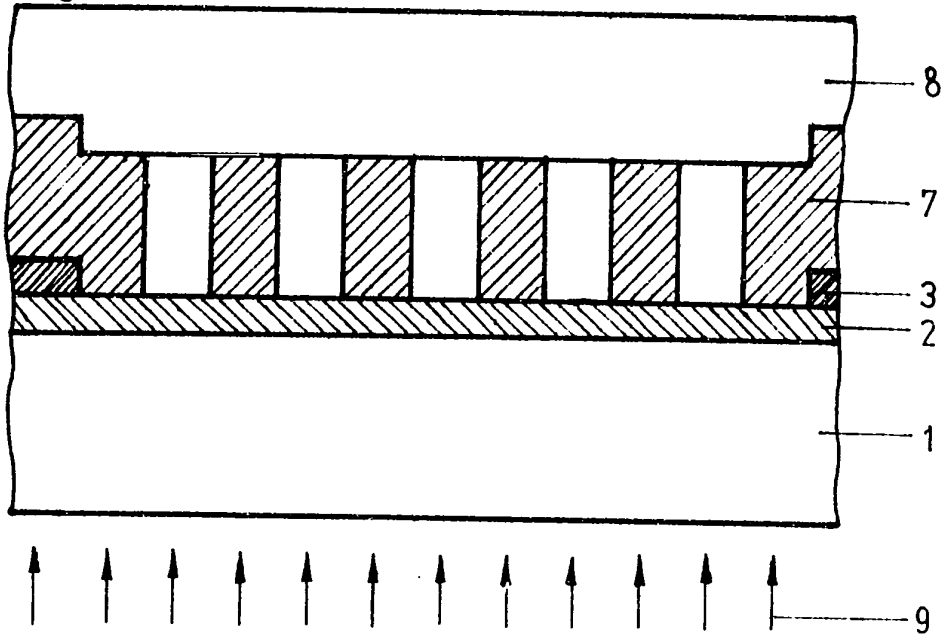
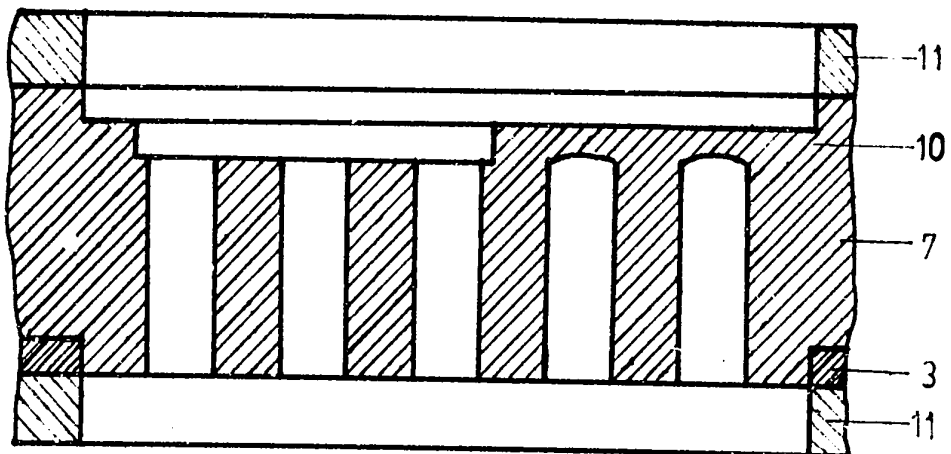


Fig. 3



-5-

289 426

Fig. 4

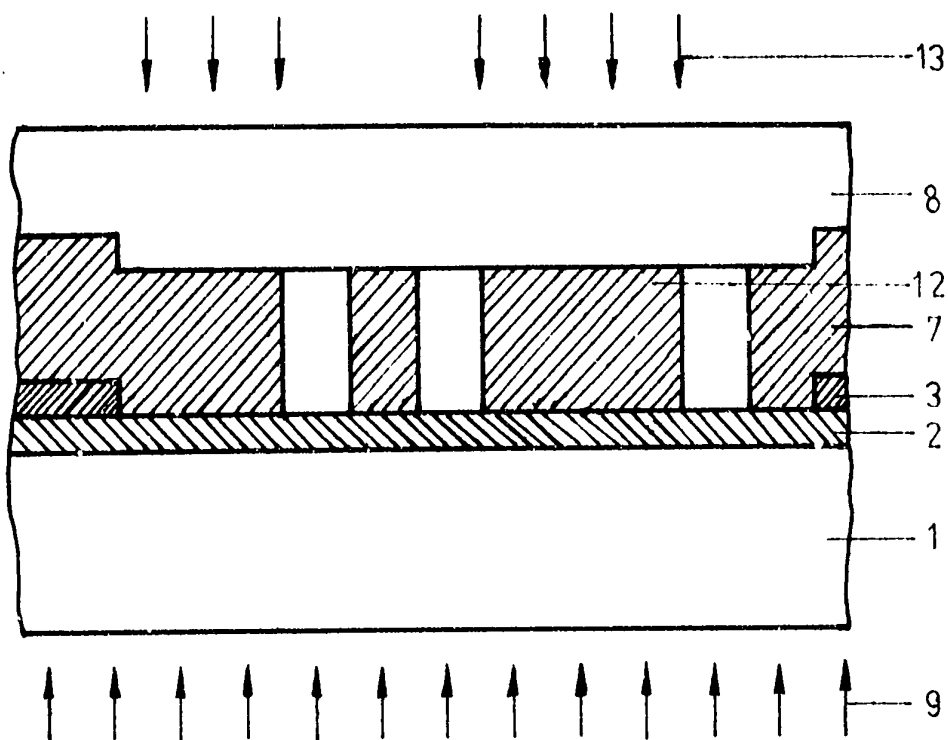


Fig. 5

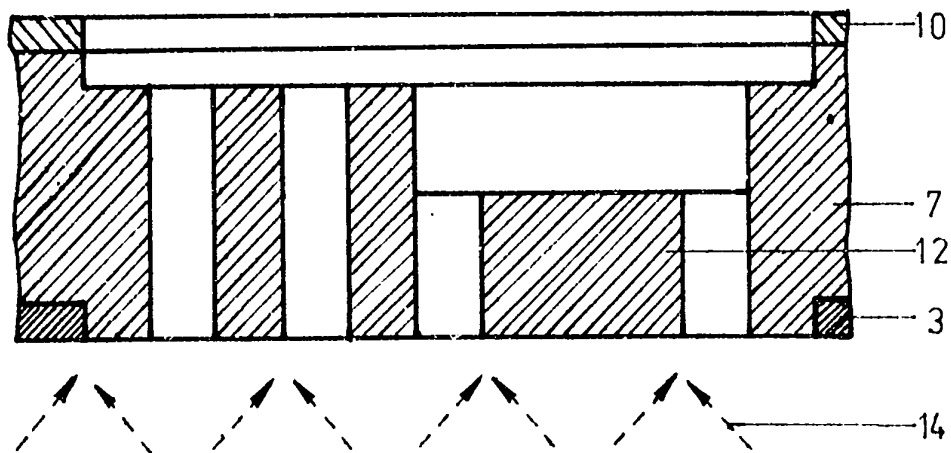


Fig. 6

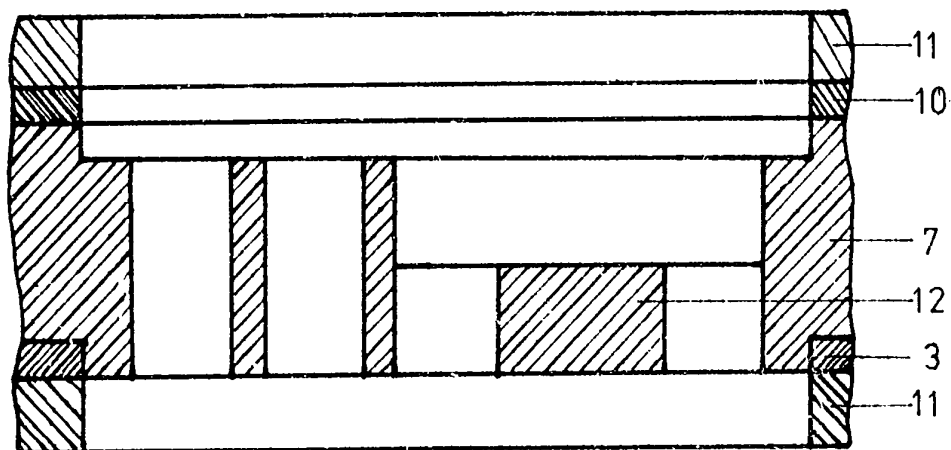


Fig. 7

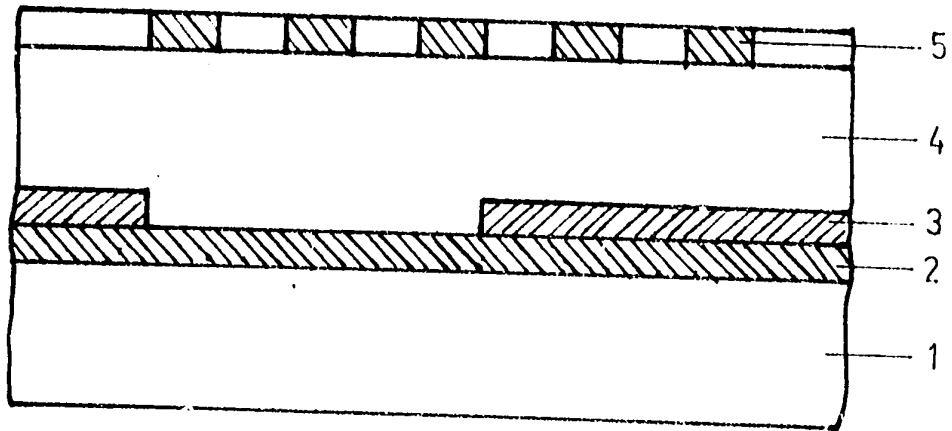


Fig. 8

