



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 297 721 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) G 03 F 7/20
G 02 B 26/10
H 01 L 21/302

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

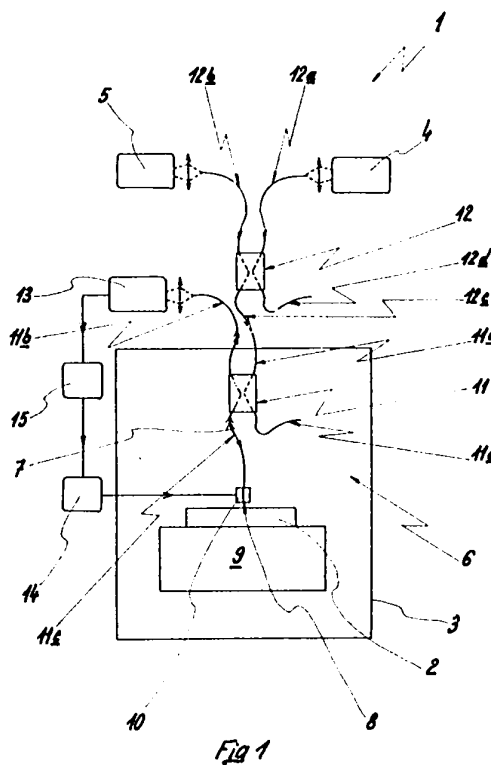
(21)	DD G 03 F / 344 142 6	(22)	21.09.90	(44)	16.01.92
(31)	8912497	(32)	22.09.89	(33)	FR

- (71) siehe (73)
- (72) De Fornel, Frédérique, FR; Goudonnet, Jean-Pierre, FR; Mantovani, James, US
- (73) SPIRAL RECHERCHE ET DEVELOPPEMENT (SARL), 3, rue des Mardors, 21560 Couternon, FR
- (74) Felke & Walter, Patentanwälte, Am Stadtpark 2-3, O - 1156 Berlin, DE

(54) Verfahren und Vorrichtung zur Mikrolithografie im optischen Nahfeld

(55) Mikrolithographie; Abtastung; Substrat; Silicium-Scheibe; optisch/elektronisches Strahlenbündel; Abstandsfühler; Wellenleiter; optische Faser; Intensitätsänderung; elektromagnetische Welle

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur direkten Mikrolithografie durch Abtasten eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe mittels eines optischen und/oder elektronischen Strahlenbündels hinsichtlich der Realisierung photomechanischer oder elektromechanischer Gravuren mit submikrometrischen Strukturen auf der Oberfläche des genannten Substrates, dadurch gekennzeichnet, daß die Quelle des zur Gravur dienenden optischen und/oder elektronischen Strahlenbündels in einer geeigneten Entfernung vom Substrat gehalten wird, und zwar durch das Mittel eines Abstands-Fühlers aus einem Wellenleiter, wie eines Abstands-Fühlers aus einer optischen Faser, der fähig ist, die schnelle Änderung der Intensität einer elektromagnetischen Welle, die in der Zone des am Ende des genannten Fühlers liegenden Nahfeldes reflektiert wurde, in Abhängigkeit von der genannten Entfernung zu messen. Die Erfindung betrifft ebenfalls Mikrolithographie-Vorrichtungen zur Durchführung dieses Verfahrens. Fig. 1



Patentansprüche:

1. Verfahren zur direkten Mikrolithographie durch Abtasten eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe mittels eines optischen und/oder elektronischen Strahlenbündels hinsichtlich der Realisierung photomechanischer oder elektromechanischer Gravuren mit submikrometrischen Strukturen auf der Oberfläche des genannten Substrates, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Quelle des zur Gravur dienenden optischen und/oder elektronischen Strahlenbündels in einer geeigneten Entfernung vom Substrat gehalten wird, und zwar durch das Mittel eines Abstands-Fühlers aus einem Wellenleiter, wie eines Abstands-Fühlers aus einer optischen Faser, der fähig ist, die schnelle Änderung der Intensität einer elektromagnetischen Welle, die durch das Substrat in der Zone des am Ende des genannten Fühlers liegenden Nahfeldes reflektiert wurde, in Abhängigkeit von der genannten Entfernung zu messen.
2. Verfahren zur Mikrolithographie nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man einerseits die Mikrolithographie eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe durch photomechanische Gravur eines photosensiblen Harzes durchführt, das zuvor auf dieses Substrat aufgetragen wurde, und andererseits sich die Wellenlänge des verwendeten Lichtes zu diesem Zweck deutlich von der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle unterscheidet, die dazu dient, die Quelle des genannten Lichtes durch das Mittel des Abstands-Fühlers aus optischer Faser in der Nähe der zu exponierenden Oberfläche zu halten.
3. Verfahren zur Mikrolithographie nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Mikrolithographie des Substrates, wie einer Silicium-Scheibe, durch elektromechanische Gravur eines für Elektronen sensiblen Harzes durchführt, das zuvor auf dieses Substrat aufgetragen wurde, wobei die Elektronen zu diesem Zweck durch eine leitfähige Spitze emittiert werden, die der Einwirkung eines elektrischen Feldes, angelegt zwischen dem genannten Substrat und der genannten Spitze, unterzogen wird, die ihrerseits außerdem an dem Abstands-Fühler aus optischer Faser durch ein geeignetes Mittel befestigt ist.
4. Vorrichtung zur Mikrolithographie eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe hinsichtlich der Realisierung submikrometrischer Strukturen auf ihrer Oberfläche, wobei die Vorrichtung nach dem Verfahren in Übereinstimmung mit irgendeinem der Ansprüche 1 oder 2 angewendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie einen Abstands-Fühler (6) im Nahfeld von dem Typ aufweist, der eine optische Faser (7) umfaßt, deren Ende (8) durch das Mittel einer Gegenkopplungsvorrichtung (14) in einer bestimmten Entfernung zur Oberfläche des genannten Substrates (2) gehalten wird, wobei die Gegenkopplungsvorrichtung (14) auf ein Mittel zur vertikalen Positionierung (10) des genannten Endes wirken kann und der genannte Abstands-Fühler (6) außerdem über das Zwischenstück des Endes (8) der optischen Faser (7) zur Emission einer Strahlung von zur Exponierung des genannten Harzes geeigneter Wellenlänge in Richtung des Substrates (2) dient, auf das zuvor ein photosensibles Harz aufgetragen wurde, und wobei sich diese Strahlung, beispielsweise Ultraviolett, wirklich in der optischen Faser (7) ausbreitet, die vorteilhafterweise aus einem Ausgangs-Übertragungsweg (11 c) eines ersten optischen Kopplers (11) gebildet wird, von dem ein Eingangs-Übertragungsweg (11 a) außerdem mit einem Ausgangs-Übertragungsweg (12 c) eines zweiten optischen Kopplers (12) verbunden ist, der wiederum selbst einerseits durch einen ersten Eingangs-Übertragungsweg (12 a) mit der Lichtquelle (4) verbunden ist, die zur Exponierung des Harzes dient, und andererseits durch einen zweiten Eingangs-Übertragungsweg (12 b) mit der Lichtquelle (5), die für die Funktionsweise des Abstands-Fühlers (6) vorgesehen ist, so daß die gemeinsame Ausbreitung der zwei genannten Lichtarten in der optischen Faser (7) ermöglicht wird.
5. Vorrichtung zur Mikrolithographie eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe hinsichtlich der Realisierung submikrometrischer Strukturen auf ihrer Oberfläche, wobei die Vorrichtung nach dem Verfahren in Übereinstimmung mit irgendeinem der Ansprüche 1 bis 3 angewendet wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß sie einen Abstands-Fühler (6) im Nahfeld von dem Typ aufweist, der eine optische Faser (7) umfaßt, deren Ende (8) durch das Mittel einer Gegenkopplungsvorrichtung (14) in einer bestimmten Entfernung zur Oberfläche des genannten Substrates (2) gehalten wird, und die Gegenkopplungsvorrichtung (14) auf ein Mittel zur vertikalen Positionierung (10) des genannten Endes wirken kann, wobei dieses Ende (8) der optischer Faser (7) außerdem als festes metallisches Depot des genannten Abstands-Fühlers (6) dient, das insbesondere in Form einer Metallschicht (23) vorliegt, die mindestens auf das Ende (8) der genannten optischen Faser (7) in der Weise aufgetragen ist, daß sie einen Elektronen-Emitter bildet, wenn sie durch entsprechende Mittel (25)

- einer Potential-Differenz unterzogen wird, die geeignet sind, eine Elektronen-Emission, das sogenannte „Feld“, an ihrem Ende (29) hervorzurufen, wobei die Elektronen dann in Richtung der Oberfläche des Substrates (2) emittiert werden, so daß ein für ihren Aufprall sensibles Harz getroffen wird, das seinerseits zuvor auf die Oberfläche des genannten Substrates (2) aufgetragen wurde.
6. Vorrichtung zur Mikrolithographie nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Metallschicht (23) eine Stärke aufweist, die sie bei dem Licht, das sich in der optischen Faser (7) des Abstands-Fühlers (6) ausbreitet, transparent macht.
 7. Vorrichtung zur Mikrolithographie eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe hinsichtlich der Realisierung submikrometrischer Strukturen auf ihrer Oberfläche, wobei die Vorrichtung nach dem Verfahren in Übereinstimmung mit irgendeiner der Ansprüche 1 oder 2 angewendet wird, einerseits **dadurch gekennzeichnet**, daß sie einen Abstands-Fühler (6) im Nahfeld von dem Typ aufweist, der eine optische Faser (7) umfaßt, deren Ende (8) durch das Mittel einer Gegenkopplungsvorrichtung (14) in einer bestimmten Entfernung zur Oberfläche des genannten Substrates (2) gehalten wird, wobei die Gegenkopplungsvorrichtung (14) auf ein Mittel zur vertikalen Positionierung (10) des genannten Endes wirken kann und der genannte Abstands-Fühler (6) außerdem über das Zwischenstück des Endes (8) der optischen Faser (7) zur Emission einer Strahlung von zur Exponierung des genannten Harzes geeigneter Wellenlänge in Richtung des Substrates (2) dient, und andererseits dadurch, daß die optische Faser (7) eine fluoreszierende Faser mit der Fähigkeit ist, eine Strahlung mit geringer Wellenlänge zu erzeugen, die für die Exponierung des genannten Harzes geeignet ist.
 8. Vorrichtung zur Mikrolithographie nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die optische Faser (7) eine fluoreszierende Faser mit der Fähigkeit ist, eine Strahlung zu erzeugen, die im Bereich der Röntgenstrahlen liegt.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Mikrolithographie für die Realisierung von submikrometrischen Oberflächenstrukturen auf einem Substrat vom Typ einer Silicium-Scheibe sowie eine Vorrichtung zu dessen Durchführung.

Die Herstellungsprozesse für integrierte Schaltkreise, und insbesondere für Schaltkreise mit sehr breiter Integration (gleichfalls bezeichnet als VLSI), umfassen eine Folge von Schritten, die darauf abzielt, komplexe gravierte Strukturen auf einer Silicium-Scheibe zu erhalten, nämlich die Schritte

- oberflächliche Oxidation des Siliciums, um eine dünne Schicht aus Siliciumdioxid zu erhalten,
- Aufbringen einer Schicht aus einem Material, das gegenüber Strahlung, beispielsweise ultraviolettes Licht, Elektronen-Strahlen oder Röntgenstrahlen, sensibel ist,
- Druck eines latenten Bildes auf diesem Material durch eine Technik der Mikrolithographie, wie beispielsweise die Technik der Maskierung,
- Verstärkung dieses latenten Bildes durch eine geeignete Entwicklungsmethode, wobei die verbleibenden Bereiche, die die Zeichnung begrenzen, auf dem Silicium zu realisieren sind,
- Stabilisierung dieses Bildes durch eine geeignete Fixierungsmethode oder eine Gravurmethode, beispielsweise durch Plasma,
- ionische Bestrahlung des Siliciums durch die in dem Siliciumdioxid erhaltenen Öffnungen (um verschiedene dotierte Bereiche in dem Silicium zu erhalten).

Alle diese Schritte des Herstellungsprozesses können mehrmals wiederholt werden, wobei die Mikrolithographie jedesmal die entscheidende Stufe ist, bei der man die submikrometrischen Motive mit einer guten Effektivität erhält.

Unter den bekannten Techniken der Mikrolithographie ist die am meisten angewendete die Photomaskierung oder der Druck mittels Projektion, wobei der Konzeptor des integrierten Schaltkreises eine Menge von undurchsichtigen Masken realisieren kann, die dann nacheinander zur Herstellung besonderer Motive auf einem photosensiblen Harz dienen (ein negatives Harz, um transparente Zeichnungen zu erhalten und ein positives für undurchsichtige Zeichnungen). Die Exponierung erfolgt vorzugsweise mit Licht kurzer Wellenlänge vom Typ ultravioletten Lichtes. Das Aufbringen oder das Wiederaufbringen der undurchsichtigen Masken auf einer Silicium-Scheibe ist eine komplizierte Operation und das jeweilige Ausrichten wird risikoreich. Außerdem soll bei der Exponierung der Kontakt zwischen dem Harz und der Maske sehr innig sein, um jedwede Abschattung zu verhindern, was für die präzise Kontrolle von dimensionellen Verformungen der Silicium-Scheibe und der Maske notwendig ist. Diese Technik ermöglicht es, auf den Silicium-Scheiben Motive zu realisieren, deren Auflösung in der Nähe von 0,5 Mikrometern liegt, und zwar bei Verwendung eines positiven photosensiblen Harzes (die Auflösung bei einem negativen Harz ist sehr viel schlechter).

Jenseits, das heißt, wenn man Motive mit geringerer Auflösung erhalten will, und versucht, insbesondere die Grenze von 0,1 Mikrometern zu erreichen – war als feste Grenze bei der Halbleiterphysik betrachtet wird – ist die Wellenlänge eines ultravioletten Lichtes zu groß. Deshalb wurden nichtoptische Mikrolithographie-Techniken entwickelt, die auf der Verwendung eines Elektronenstrahl- oder Röntgenstrahl-Bündels basieren, mit direkter Abstastung oder „Bestrahlung“ eines für diese Strahlen sensiblen Harzes durch eine geeignete Maske hindurch. Die gegenwärtig erreichte beste Auflösung liegt in der Nähe von 0,3 Mikrometern.

Diese letzten Techniken weisen dennoch schwerwiegende Nachteile auf.

Das ist insbesondere der Fall bei der direkten Gravur eines Harzes durch ein Elektronenstrahl-Bündel von geeigneter monokinetischer Energie. Obwohl diese Technik keine Maske erfordert, ist sie in der Auflösung oftmals durch unakzeptable Sekundärerscheinungen begrenzt. Es entsteht nämlich eine sekundäre Elektronen-Emission, wenn das Elektronenstrahl-Bündel die Oberfläche des Harzes und die des Siliciums trifft. Die daraus resultierende Elektronen-Retro-Diffusion neigt einerseits zur Verdickung der gravierten Motive und ganz besonders des Verlaufes der Linien und andererseits zur Anhebung des Exponierungsniw. aus des Bodens der Harzschicht, sowie außerdem zur Ausbildung eines Nah-Effektes zwischen angrenzenden Motiven, der die Berechnung von Korrekturfaktoren bei der Exponierung erfordert. Die Exponierung hängt daher von der Stärke des Harzes nach schwer zu kontrollierenden Parametern ab.

Die nichtoptische Lithographie mit weichen Röntgenstrahlen (variable Energie zwischen 280 und 1 000 eV) ist eine Technik mittels Projektion durch extrem feine Masken hindurch, die es ermöglicht, ohne Zweifel eine äußerste Auflösung (0,1 Mikrometer) zu erreichen. Diese Technik bringt zwar nicht die vorstehend erwähnten Nachteile der direkten Zeichnung durch Elektronenstrahl-Bündel mit sich, aber sie erfordert, daß die Masken auf der Silicium-Scheibe bei jeder Stufe des Herstellungsprozesses der integrierten Schaltkreise neu ausgerichtet werden und die für diesen Arbeitsgang notwendige Zeit kann lang sein.

Man kennt schließlich ein sehr neues lithographisches Verfahren, das aber noch nicht die Stufe der Industrialisierung für anwendbare Verhältnisse erreicht hat. Dieses Verfahren besteht darin, eine Strahlenquelle in einer sehr geringen Entfernung zur Oberfläche der zu exponierenden Scheibe zu halten, wobei zu diesem Zweck ein elektronischer Abstands-Fühler, der direkt von einem elektronischen Tunneleffekt-Abtast-Mikroskop stammt, neben der Strahlungsquelle angeordnet wird. Es ist bekannt, daß ein derartiger Abstands-Fühler die Möglichkeit schafft, die Distanzen zwischen einer Spitze und einer leitfähigen Oberfläche so gering wie etwa zehn Angstrom zu halten. Bei einer derartigen Entfernung emittiert eine punktförmige Strahlungsquelle – es handelt sich im allgemeinen um eine Strahlungsquelle ultravioletten Lichtes – eine sehr wenig beugende Strahlung. Die Mikrolithographie eines Harzes ist daher sehr präzise und die Auflösung ist deutlich verbessert, ohne auf die Techniken zurückgreifen zu müssen, die sehr kurze Wellenlängen verwenden (monokinetische Elektronenstrahl-Bündel oder Röntgenstrahlen).

Dieses Verfahren ist jedoch kompliziert anzuwenden, und dies für mehrere Verhältnisse:

- zuerst, die Strahlungsquelle und der Abstands-Fühler sind zueinander versetzt angeordnet, man kann daher nicht exakt den Abstand zwischen der genannten Quelle und der Oberfläche des zu exponierenden Harzes kontrollieren. Die Größenordnung dieser Distanz (einige Angstrom) steht fest sowie die nanoskopischen Unregelmäßigkeiten der Oberfläche, so daß die Verschiebung das In-Kontakt-Bringen der Quelle mit dieser Oberfläche verursachen kann, was zu ihrer Beschädigung führt,
- dann, die elektronische Beschaffenheit des Abstands-Fühlers mit verwendetem Tunneleffekt erfordert, daß die auf Distanz zu haltende Oberfläche leitfähig ist. Wenn man wünscht, ein für optische Strahlung sensibles Harz zu verwenden („Photoresist“), ist es notwendig, eine leitfähige Schicht auf diesem Harz anzuordnen, was einen bedeutenden Nachteil darstellt, da hierdurch der Prozeß noch komplizierter wird. Wenn man demgegenüber ein für nichtoptische Strahlung sensibles Harz verwendet („Elektroresist“), ist die Oberfläche zwar leitfähig, aber sie erfordert eine elektronische Gravur oder eine mittels Röntgenstrahlen. Daher erfordern die punktförmigen Quellen der Röntgenstrahlen, ebenso wie die elektronischen Quellen, eine elektrische Polarisierung in bezug auf die zu gravierende Oberfläche, um funktionieren zu können. Diese Polarisierung behindert, sogar verbotenerweise, die Messung des Stromes sehr geringer Intensität, der zwischen der Oberfläche und dem elektronischen Tunneleffekt-Fühler zirkuliert.
- schließlich, die chemische Beschaffenheit des Harzes ändert sich im Verlauf der Gravur. Der durch den Tunneleffekt-Fühler ermittelte Strom variiert sehr deutlich mit dieser chemischen Beschaffenheit und die Kontrolle der Nähe kann nicht mehr zuverlässig erfolgen.

Die vorliegende Erfindung zielt darauf ab, diese Nachteile zu vermeiden, indem sie ein Verfahren zur direkten Mikrolithographie durch Abtasten eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe mittels eines optischen und/oder elektronischen Strahlenbündels zur Verfügung stellt. Dieses Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, daß die Quelle der optischen und/oder elektronischen Strahlung, die zur photomechanischen oder elektromechanischen Gravur submikrometrischer Strukturen auf der Oberfläche des genannten Substrates dient, in einer geeigneten Entfernung von diesem gehalten wird, und zwar durch das Mittel eines Abstands-Fühlers aus einem Wellenleiter, wie eines Abstands-Fühlers aus einer optischen Faser. Ein derartiger Fühler ist fähig, die schnelle Änderung der Intensität einer elektromagnetischen Welle, die am Ende der Faser emittiert und zurück durch das Substrat reflektiert wurde, in Abhängigkeit von der genannten Entfernung zu messen. Dieses Phänomen ist in der Zone des sogenannten Nahfeldes wahrnehmbar, die in der Nähe des Endes der emittierenden Faser liegt, daß heißt, in niedrigerer Entfernung als etwa zehn Wellenlängen der elektromagnetischen Welle, die zur Messung dient.

Ein Abstands-Fühler aus einem Wellenleiter von dem in der Erfindung empfohlenen Typ wird insbesondere in der französischen Patentanmeldung Nr. 89-11 297 beschrieben, hinterlegt am 28. 8. 1989 auf den Namen der Anmelderin, unter dem Titel „Reflexions-Nahfeld-Mikroskop, das einen Wellenleiter als Sonde dieses Nahfeldes verwendet“.

Die erfindungsgemäße Verwendung eines optischen Abstands-Fühlers ermöglicht es, die Nachteile der bis heute bekannten Mikrolithographie-Vorrichtungen zu beheben. Außerdem kann die Gravur des Harzes in optischer oder in elektronischer Weise erfolgen, ohne Interferenz beim Halten des Abstandes von der Quelle durch das Mittel des Fühlers. Schließlich erfolgt die Gravur des Harzes bei einigen Varianten der Erfindung an der Stelle, wo die Messung der Entfernung stattfindet, zwischen der Strahlungsquelle und einer etwa parallel zur Oberfläche des Harzes liegenden Fläche.

Es wird nunmehr an das Funktionsprinzip eines optischen Abstands-Fühlers vom Typ einer Faser im Nahfeld erinnert. Eine in geeigneter Weise mit einer elektromagnetischen Strahlungsquelle (wie beispielsweise eine Elektrolumineszenzdiode mit engem Bereich) gekoppelte optische Faser emittiert an ihrem Ende eine elektromagnetische Welle gegen eine reflektierende Fläche, wobei die Art der Ausbreitung dieser Welle aus der geleiteten Fortpflanzung der Strahlung in der Faser resultiert. Nach Reflexion an der Oberfläche wird die Welle zurück durch die Faser eingefangen, wo sie sich bis zu einem Rezeptor geleitet ausbreitet, der ihre Intensität mißt. Indem man in sehr realistischer Weise annimmt und insbesondere durch das Experiment bestätigt, daß die eingefangene und durch die Faser zurückgeschickte Welle von einer scheinbaren optischen Faser stammt, die symmetrisch von der ersten Faser in bezug auf die durch die reflektierende Fläche begrenzte Ebene liegt, hat man gezeigt, daß die durch den Rezeptor gesammelte Intensität proportional zur Kopplung zwischen der Art der Ausbreitung der reflektierten Welle in Luft (und

„emittiert“ durch die scheinbare Faser) und der Haupt-Ausbreitungsart in der Faser des Abstands-Fühlers ist. Man stellt daher einen sehr schnellen Abfall der Intensität der registrierten Welle in Abhängigkeit von der Entfernung fest, die zwischen dem Ende der genannten Faser und der reflektierenden Fläche existiert.

Dieses Phänomen wird in der bereits erwähnten französischen Patentanmeldung Nr. 89-11 297 ausgenutzt, um durch Abtastung die Topographie einer zu untersuchenden Oberfläche zu erhalten, oder auf dieser Fläche lokalisierte spektroskopische Informationen. Es wurde insbesondere gezeigt, daß die vertikale und die laterale Auflösung einer derartigen Mikroskopie-Vorrichtung jeweils Werte erreichen können, die in der Nähe von 10 Nanometern und von 50 Nanometern liegen. Außerdem ist der Abfall der Intensität noch deutlich (und daher anwendbar) für eine Entfernung von mehreren Mikrometern.

In Übereinstimmung mit dem Gegenstand des erfindungsgemäßen Verfahrens kann man daher die Oberfläche eines für Strahlung sensiblen Harzes abtasten und gravieren, indem man diese Strahlungsquelle in einer Entfernung von einigen zehn Nanometern bis zu mehreren Mikrometern hält, wobei die Risiken der Kollision zwischen der Quelle und dem Harz bemerkenswert gering sind. Außerdem ist die laterale Auflösung der Abtastung sehr zufriedenstellend, da man auf einer Silicium-Scheibe Motive realisieren will, deren Größe nicht unterhalb von 100 Nanometern liegt.

Des Weiteren ist keine Metallisierung der Oberfläche für die Funktionsweise des Abstands-Fühlers erforderlich. Das auf der Silicium-Scheibe aufgetragene Harz kann daher eine unterschiedliche Beschaffenheit aufweisen: sensibel für ultraviolette Strahlung („Photoresist“) oder für nichtoptische Strahlung („Elektroresist“). Außerdem spielt seine Dicke überhaupt keine Rolle gegenüber der Kontrolle des Abstandes, es wird sehr vorteilhaft sein, sehr dünne Harzschichten aufzutragen, was die Auflösung verbessert und die Exponierungszeit senkt.

Gemäß einer ersten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens führt man die Mikrolithographie des Substrates, wie einer Silicium-Scheibe, mittels photomechanischer Gravur eines photosensiblen Harzes durch, das zuvor auf dieses Substrat aufgebracht wurde, wobei die Wellenlänge des zu diesem Zweck verwendeten Lichtes deutlich von der Wellenlänge der elektromagnetischen Welle verschieden ist, die dazu dient, die Quelle des genannten Lichtes von der zu exponierenden Oberfläche durch das Mittel des Abstands-Fühlers aus optischer Faser auf Distanz zu halten.

Man kann beispielsweise mit den gewöhnlich verwendeten photosensiblen Harzen submikrometrische Motive unter Verwendung von ultravioletterem Licht (Wellenlänge unterhalb von 400 Nanometern) gravieren. Diese Harze sind außerdem für Strahlung in der Nähe von Infrarot oder Rot transparent, und insbesondere für die durch einen Helium-Neon-Laser emittierte Welle, deren Wellenlänge 6328 Angstrom beträgt. Man kann daher ein rotes Licht für die Funktion des Abstands-Fühlers aus optischer Faser verwenden und das photosensible Harz in konventioneller Weise mit einem ultravioletten Licht gravieren. Vorteilhafterweise durchläuft das rote Licht die Harzschicht, wobei die Kontrolle des Abstandes zwischen dem Ende der Faser des Fühlers und der Oberfläche des Harzes indirekt ist. Die reflektierende Oberfläche, die als Bezug für das Halten des Abstandes dient, wird daher durch die Zwischenfläche zwischen dem Substrat und dem Harz gebildet, das dort aufgetragen ist. Man entledigt sich auf diese Weise von:

- Unregelmäßigkeiten des Harz-Depots auf dem Substrat einerseits, und
- der Modifizierung der chemischen Beschaffenheit des Harzes, wenn es exponiert wird, ja sogar seiner dimensionellen Modifizierungen, andererseits.

Man wird feststellen, daß das Licht, das zur Messung dient, und das Licht, das zur Gravur dient, sich sehr vorteilhaft in der gleichen optischen Faser ausbreiten können und unter den gleichen Bedingungen in Richtung des Substrates emittiert werden, wobei diese optische Faser selbstverständlich dieselbe ist, die vom Abstands-Fühler verwendet wird. Die Gravur findet daher exakt an einer Stelle statt, wo man den Abstand zwischen der Quelle (die in diesem Fall durch das Ende der optischen Faser gebildet wird) und dem Substrat kontrolliert.

Gemäß einer zweiten Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens führt man die Mikrolithographie des Substrates, wie einer Silicium-Scheibe, mittels elektromechanischer Gravur eines für Elektronen sensiblen Harzes durch, das zuvor auf dieses Substrat aufgetragen wurde. Die Elektronen werden zu diesem Zweck durch eine leitfähige Spitze emittiert, die der Einwirkung eines elektrischen Feldes, angelegt zwischen dem Substrat und der genannten Spitze, unterzogen wurde. Außerdem ist die Spitze durch ein geeignetes Mittel an dem Abstands-Fühler aus optischer Faser befestigt.

Diese Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens erfordert die Realisierung einer komplexeren Strahlungsquelle als es bei der in der ersten Variante verwendeten Licht-Strahlungsquelle der Fall ist. Wie man beispielsweise im folgenden sehen wird, kann man einen Teil der optischen Faser des Abstands-Fühlers metallisieren und eine aus dieser Metallisierung herausragende Unebenheit als Elektronenquelle verwenden (man wird in diesem Fall eine Elektronen-Emission, das sogenannte „Emissionsfeld“ verwenden, indem man diese Unebenheit einem elektrischen Feld von höher als 10^9 V/cm unterzieht). Bei den zwei erwähnten Varianten wird die Abtastung der Oberfläche des Substrates in sehr präziser Weise durch konventionelle Mittel zur seitlichen Verschiebung kontrolliert. Die Gravur erfolgt Punkt für Punkt, gerader Abschnitt für gerader Abschnitt und die notwendigen Informationen für die Verschiebung können direkt von einer Informations-Datei kommen, die die zu realisierenden Motive durch das konventionelle Mittel einer dazwischengeschalteten Beschreibungs-Sprache darstellt. Man wird feststellen, daß diese Technik mit der bei der Photozusammensetzung von Masken verwendeten Technik vergleichbar ist. Andere Merkmale und Vorteile des den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildenden Verfahrens werden besser aus der folgenden Beschreibung mehrerer Mikrolithographie-Vorrichtungen hervorgehen, die als nicht einschränkende Beispiele angegeben sind, wobei die Anwendung des Verfahrens unter Bezug auf die angelegten Zeichnungen erfolgt, in denen bedeuten

Fig. 1: ist eine schematische Ansicht einer Mikrolithographie-Vorrichtung in Übereinstimmung mit einer ersten Variante der Erfindung,

Fig. 2: ist eine schematische Ansicht einer Mikrolithographie-Vorrichtung in Übereinstimmung mit einer zweiten Variante der Erfindung,

Fig. 3: ist eine schematische Ansicht des Endes eines Abstands-Fühlers, wie er in der Mikrolithographie-Vorrichtung von Figur 2 verwendet wird.

In Übereinstimmung mit Figur 1 umfaßt eine erste Variante einer Mikrolithographie-Vorrichtung 1 für die Realisierung submikrometrischer Strukturen auf der Oberfläche eines Substrates 2 vom Typ einer Silicium-Scheibe:

- ein abgedichtetes Gehäuse 3, in dem unter eigener und kontrollierter Atmosphäre ein Substrat 2 im Hinblick auf seine Gravur eingeschlossen ist,
- eine Lichtquelle 4, beispielsweise Ultraviolett, vom Typ einer Xenon-Hochdrucklampe (oder auch Quecksilber bzw. Xenon-Quecksilber),
- eine Lichtquelle 5, beispielsweise Rot, vom Typ eines Helium-Neon-Lasers, der eine monochromatische Welle von 6328 Angstrom emittiert,
- einen Abstands-Fühler 6, der im Nahfeld arbeitet und insbesondere eine optische Faser 7 aufweist, die an ihrem Ende 8 als optische Sonde dient,
- einen konventionellen schwingungsdämpfenden Träger 9, auf dem das Substrat ruht. Dieser Träger 9 kann gegebenenfalls mit einem konventionellen Abtast-Mittel verbunden sein, beispielsweise vom Typ einer Mikrometer-Schraube, die es ermöglicht, die Oberfläche des Substrates 2 durch das Ende 8 der optischen Faser 7 lateral abzutasten.
- ein konventionelles Mittel zur vertikalen Positionierung 10 des Endes 8 der optischen Faser 7 in bezug auf die Oberfläche des Substrates 2. Dieses Mittel zur vertikalen Positionierung 10, beispielsweise von dem Typ, der ein piezoelektrisches Rohr mit Quadranten umfaßt, kann gleichfalls zur lateralen „Fein“-Verschiebung – das heißt submikrometrisch – des Endes 8 der optischen Faser 7 dienen.
- einen ersten optischen Koppler 11 aus optischer Faser, beispielsweise realisiert durch ein Verfahren Verschmelzen/Strecken. Dieser erste optische Koppler 11 umfaßt zwei Eingangs-Übertragungswege 11 a und 11 b und zwei Ausgangs-Übertragungswege 11 c und 11 d. Die optische Faser 7 bildet vorteilhafterweise den Ausgangs-Übertragungsweg 11 c des Kopplers 11. Der Ausgangs-Übertragungsweg 11 d wird nicht verwendet.
- einen zweiten optischen Koppler 12 aus optischer Faser, vom gleichen Typ wie der optische Koppler 11. Dieser zweite optische Koppler 12 umfaßt zwei Eingangs-Übertragungswege 12 a und 12 b und zwei Ausgangs-Übertragungswege 12 c und 12 d. Der Ausgangs-Übertragungsweg 12 c ist durch ein geeignetes Mittel mit dem Eingangsübertragungsweg 11 a des optischen Kopplers 11 verbunden. Der Eingangs-Übertragungsweg 12 a des optischen Kopplers 12 ist mit der Lichtquelle 4, beispielsweise Ultraviolett, durch ein geeignetes konventionelles Mittel gekoppelt, das gegebenenfalls einen Satz von Filtern umfassen kann. Der andere Eingangs-Übertragungsweg 12 b ist, was ihn betrifft, mit der Lichtquelle 5, beispielsweise Rot, durch ein anderes geeignetes konventionelles Mittel gekoppelt. Der Übertragungsweg 12 d wird nicht verwendet.
- einen Photonen-Detektor 13, wie beispielsweise eine Photovervielfacher, der nur für das durch die Quelle 5 emittierte Licht sensibel ist. Dieser Detektor 13 ist mit dem Eingangs-Übertragungsweg 11 b des optischen Kopplers 11 gekoppelt.
- eine Gegenkopplungs-Vorrichtung 14, die das Mittel zur vertikalen Positionierung 10 des Endes 8 der optischen Faser 7 mit einem Rechner 15 verbindet, der insbesondere in Abhängigkeit von der durch den Photonen-Detektor 13 registrierten Intensität den Abstand zwischen dem Ende 8 der optischen Faser 7 und der Oberfläche des Substrates 2 kontrolliert.

In konventioneller Art und Weise wurde das Substrat 2, wie eine Silicium-Scheibe, zuerst an der Oberfläche oxidiert, und man erhielt dort eine Schicht aus Siliciumdioxid, in die man die gewünschten Zonen einbrachte, die geeignet waren, später im Hinblick auf die Modifizierung der lokalen elektrischen Eigenschaften des Siliciums einem Ionen-Bombardement ausgesetzt zu werden. Um diese Gravur zu realisieren, empfiehlt es sich, auf der Oberfläche des Substrates 2 Reservezonen anzuordnen, die anschließend durch eine Gravur in flüssiger Phase (beispielsweise mit Hilfe einer Säure) oder durch eine trockene Gravur (beispielsweise durch Plasma) graviert werden. Um diese Reservezonen auszubilden, trägt man ein photosensibles Harz auf der Siliciumdioxidschicht des Substrates 2 auf und exponiert dann die zu realisierenden Motive.

Nachstehend wird ein genaues Beispiel einer derartigen Mikrolithographie mit Hilfe der erfindungsgemäßen Vorrichtung 1 angegeben.

Nach dem Auftragen des photosensiblen Harzes auf dem Substrat 2 bringt man dieses in das abgedichtete Gehäuse 3, wo eine eigene und kontrollierte Atmosphäre herrscht. Die Arbeitsweise der Mikrolithographie-Vorrichtung 1 ist dann wie folgt.

Eine in dem Rechner 15 gespeicherte Informationsdatei schreibt in genauer Weise die Gesamtheit der zu gravierenden Motive auf das Substrat 2. Diese Motive setzen sich im wesentlichen aus geraden bzw. rechtwinkligen Segmenten mit vorgegebener Breite zusammen, deren Positionierung auf dem Substrat 2 fehlerfrei sein soll. Der Vorgang der Exponierung eines geraden Segmentes kann wie folgt detailliert werden:

- a) Der Rechner 15 steuert über das Zwischenteil der konventionellen lateralen Abtastvorrichtung, die im schwingungsdämpfenden Träger 9 integriert ist, die Positionierung des Substrates 2 in bezug auf das Ende 8 der optischen Faser 7, wobei diese erste Positionierung mit mikrometrischer Präzision durchgeführt wird. Danach steuert der Rechner 15 das Abschalten der Lichtquelle 5.
- b) Das von dieser Quelle 5 stammende Licht breitet sich in dem Eingangs-Übertragungsweg 12 b des optischen Kopplers 12 aus, danach breitet sich ein gegebener Prozentsatz der Intensität dieses Lichtes (beispielsweise 50%) in dem Übertragungsweg 12 c aus, und die Gesamtheit des vom Koppler 12 stammenden Lichtes pflanzt sich dann in dem Eingangs-Übertragungsweg 11 a des optischen Kopplers 11 fort. Ein gegebener Prozentsatz der Intensität des Lichtes, der sich in dem Übertragungsweg 11 a ausbreitet (beispielsweise 50%), pflanzt sich dann in dem Ausgangs-Übertragungsweg 11 c des Kopplers 11 fort, der vorteilhafterweise aus der optischen Faser 7 besteht.
- c) Ein Teil des von der Quelle 5 stammenden Lichtes wird dann durch das Ende 8 der optischen Faser 7 in Richtung der Oberfläche des Substrates 2 emittiert, wo sie vorteilhafterweise durch die Zwischenfläche zwischen dem Substrat 2 und dem photosensiblen Harz reflektiert wird (das für die Wellenlänge, die von der Quelle 5 stammt, transparent ist).
- d) Das zurückgestreute Licht wird durch das Ende 8 aufgefangen und breitet sich dann in der optischen Faser 7 im umgekehrten Sinn wie dem der Emission aus. Ein gegebener Prozentsatz dieses zurückgestreuten Lichtes (etwa 50%) gelangt in dieser Weise in den Eingangs-Übertragungsweg 11 b des Kopplers 11, wo er nach eventueller Filterung durch den Photonen-Detektor 13 gesammelt wird. Die durch den Detektor 13 gemessene Intensität wird in beispielsweise numerischer Form zum Rechner 15 geschickt, wo ein Soll-Wert für diese Intensität registriert wird. Dieser Soll-Wert stellt in Übereinstimmung mit dem Prinzip der zuvor beschriebenen Messung des Abstandes die Entfernung dar, die man einzustellen wünscht zwischen dem Ende 8 der optischen Faser 7 und der Oberfläche des Substrates 2. – Man wird feststellen, wie in der bereits erwähnten französischen

Patentanmeldung Nr. 89-11 297 beschrieben, daß das Ende 8 der optischen Faser 7 vorzugsweise eine ebene Austrittsfläche aufweisen soll, senkrecht zum Sinn der Ausbreitung des Lichtes in der Faser 7 und etwa parallel gehalten zur Oberfläche des gegenüberliegenden Substrates 2.

e) In Abhängigkeit vom Vergleich zwischen der vom Detektor registrierten Intensität und dem genannten Soll-Wert schickt der Rechner 15 ein Signal zur Gegenkopplungsvorrichtung 14, so daß auf das Mittel zur vertikalen Positionierung 10 des Endes 8 der Faser 7 eingewirkt wird. Der Abstands-Fühler 6 arbeitet demzufolge mit Hilfe einer klassischen Gegenkopplung.

f) Das Ende 8 der optischen Faser 7 wird vertikal in der gewünschten Entfernung vom Substrat 2 positioniert, wobei der Rechner 15 danach über die Vorrichtung 14 auf die Mittel zur lateralen „Fein“-Positionierung einwirkt, die in den Mitteln zur vertikalen Positionierung 10 integriert sind, um das genannte Ende seitlich in feiner Weise auszurichten; beispielsweise, wenn das Mittel zur vertikalen Positionierung 10 ein piezoelektrisches Rohr mit Quadranten ist, kann der Rechner 15 die Vorrichtung 14 steuern, die die Quadranten geeigneten Spannungen aussetzt, um die laterale Verschiebung des Endes 8 der Faser 7 mit nanometrischer Präzision zu gewährleisten. – Man erinnert sich, daß eine vertikale Verschiebung mit einem piezoelektrischen Rohr des erwähnten Typs erhalten wird, indem man die innere Elektrode im Rohr einer Potentialdifferenz in bezug auf die Gesamtheit der Quadranten unterzieht. –

g) Diese vorherige Positionierung wird durchgeführt, wobei der Rechner 15 gleichzeitig die Abschaltung der Lichtquelle 4, beispielsweise Ultraviolett und die reziproke Verschiebung des Endes 8 der optischen Faser 7 und des Substrates 2 steuert (das heißt, das Abschalten des Mittels zur mikrometrischen, lateralen Verschiebung, das in dem schwingungsdämpfenden Träger 9 integriert ist und das Abschalten des Mittels zur „Fein“-Positionierung, das in dem Mittel zur vertikalen Verschiebung 10 des Endes 8 der optischen Faser 7 integriert ist).

h) Die Funktionsweise dieser Quelle 4 kann kontinuierlich oder periodisch sein, je nach Kontinuität der auf dem photosensiblen Harz zu gravierenden geraden Segmente. In diesem Raum breitet sich das von dieser Quelle stammende Licht 4 nach Filtrierung in dem Eingangs-Übertragungsweg 12 a des optischen Kopplers 12 aus, und dann passiert ein gegebener Prozentsatz (beispielsweise 50%) dieses Lichtes den Ausgangs-Übertragungsweg 12 c des genannten Kopplers 12, von wo er zu dem Eingangs-Übertragungsweg 11 a des optischen Kopplers 11 zurückernittiert wird. Ein gewisser Prozentsatz dieses Lichtes breitet sich schließlich in dem Übertragungsweg 11 c des genannten Kopplers 11 aus, der vorteilhafterweise die optische Faser 7 des Abstands-Fühlers 6 bildet.

i) Ein Teil dieses Lichtes, beispielsweise Ultraviolett, das von der Quelle 4 stammt, wird danach in Richtung des Substrates 2 in dessen Nähe emittiert. Das photosensible Harz wird dann gemäß dem durch die reziproke Verschiebung des Endes 8 der optischen Faser 7 und dem Substrat 2 beschriebenen Motiv graviert. Während der gesamten Dauer der Gravur sichert die Gegenkopplungsvorrichtung 14 dank der durch den Photonen-Detektor 13 gelieferten Messung das Halten des Endes 8 der Faser 7 in der Nähe der Oberfläche des Substrates 2. Diese kontinuierliche Messung ist im Verhältnis der erwarteten geringen Änderungen der gemessenen Entfernung möglich, da die Oberfläche des Siliciumdioxids, das das Substrat 2, beispielsweise eine Silicium-Scheibe, bedeckt, nur eine unbedeutende Rauheit aufweist.

Es empfiehlt sich hier zu bemerken, daß die vorstehend beschriebene Funktionsweise der erfindungsgemäßen Mikrolithographie-Vorrichtung 1 besonders vorteilhaft ist. So wurde bereits festgestellt, daß man ein photosensibles Harz gravieren kann, das zuvor auf das Substrat 2 aufgebracht wurde, ohne das genannte Substrat 2 zu metallisieren. Das Halten der Quelle, die das Licht der Gravur in Richtung des Substrates emittiert, erfolgt auf rein optische Weise und die Funktionsweise des Abstands-Fühlers 6 ist völlig von der der Gravur getrennt, daher sind keinerlei Interferenzen zwischen diesen zwei Funktionsweisen zu befürchten. Da man außerdem exakt an der Stelle graviert, wo auch die Messung des Abstandes erfolgt, kann dort keine Loslösung zwischen Messung und Gravur auftreten.

In dieser Weise wurde die Probe einer Silicium-Scheibe hergestellt. Diese reinigte man nach oberflächlicher Oxidation zur Realisierung einer dünnen Schicht aus leitfähigem Siliciumdioxid konventionell mit geeigneten Lösungsmitteln. Dann wurde ein Glühen bei 200°C zur Dehydratisierung der Silicium-Scheibe durchgeführt. Man arbeitete dann nach dem Prozeß und unter Verwendung der von der amerikanischen Firma Shipley Company Inc. empfohlenen Produkte, die die Benutzungsbefugnis für den Bereich der Erfindung besitzt. Nach dem Glühen (im Ofen) wurde auf der Oberfläche der Silicium-Scheibe ein Adhäsions-Promotor verteilt, kommerziell genannt „Microposit Primer“. Dieses Produkt verbessert beträchtlich die Haftung des Harzes auf der Oberfläche des Siliciumdioxids. Anschließend wurde ein positives photosensibles Harz, kommerziell genannt „Microposit 3000 Resist“, aufgetragen, wobei dieses Harz mit einer ultravioletten Strahlung von etwa 3000 Angstrom (300 Nanometer) exponiert werden kann. Diese Strahlung breitet sich ohne Schwierigkeiten in den optischen Fasern aus Siliciumdioxid aus, die für die Realisierung der optischen Koppler vom Typ der Koppler 11 und 12 verwendet wurden (die Wellenlänge, unterhalb der sich eine Strahlung nicht mehr in einer Faser aus Siliciumdioxid oder Quarz ausbreitet, beträgt 180 Nanometer). Es ist zu bemerken, daß die Verteilung des photosensiblen Harzes auf der Silicium-Scheibe in flüssiger Phase mittels einer Schleuder-Vorrichtung erfolgte, wie sie in dem kommerziell unter dem Namen „System 6000“ bekannten System enthalten ist, hergestellt von der amerikanischen Fa. Eaton. Die Drehgeschwindigkeit der Schleuder-Vorrichtung betrug 9000 Umdrehungen/min und man erhielt auf diese Weise innerhalb von 20 Sekunden eine Schicht photosensiblen Harzes mit geringer Dicke, etwa 0,6 Mikrometer. Diese Dicke kann noch beträchtlich verringert werden, indem man die Viskosität des Harzes mit Hilfe eines Lösungsmittels, kommerziell als „Microposit Thinner Type 30“ bezeichnet, verändert. Man wird feststellen, daß dieses Harz für eine Strahlung, die von einem Helium-Neon-Laser stammt und eine Wellenlänge von 6328 Angstrom aufweist, transparent ist.

Anschließend wurde ein geringfügiges Erhitzen des Harzes in der Weise vorgenommen, daß die Lösungsmittel verdampften, die Adhäsion anstieg und das Harz im Hinblick auf seinen Transport in das abgedichtete Gehäuse 3 der erfindungsgemäßen Mikrolithographie-Vorrichtung 1 etwas gehärtet wurde, wobei dieser Transport selbstverständlich unter kontrollierter Atmosphäre und in einem hochreinen Raum (beispielsweise der Klasse 10) mit Hilfe einer an diese Fertigung angepaßten Karussell-Vorrichtung erfolgt.

In Übereinstimmung mit dem vorstehend beschriebenen Prozeß und ebenfalls Gegenstand der vorliegenden Erfindung wurde anschließend die Exponierung des photosensiblen Harzes durchgeführt. Die Zeit der Exponierung hängt selbstverständlich von der optischen Leistung der als Lichtquelle 4 verwendeten Hochdrucklampen ab.

Danach wurde die Silicium-Scheibe in einen Raum überführt, wo das photosensible Harz mit Hilfe des kommerziell als „Microposit 300 Developer“ bezeichneten Produktes entwickelt, danach mehrmals mit entionisiertem Wasser gespült und schließlich unter Stickstoffatmosphäre getrocknet wurde. Ein 20minütiges abschließendes Erhitzen des Harzes auf eine Temperatur von 90°C schloß sich an.

Schließlich wurden die durch das verbliebene Harz begrenzten Siliciumdioxid-Zonen unter Anwendung einer trockenen Gravur mittels Plasma, deren Leistungen bekannt sind, graviert.

Die spätere Beobachtung der Silicium-Scheibe, einerseits mit Hilfe eines Elektronen-Mikroskopes und andererseits mit einem optischen Faser-Nahfeld-Mikroskop, wie es Gegenstand der bereits erwähnten französischen Patentanmeldung Nr. 89-11 297 ist, hat gezeigt, daß Motive mit einer Breite von 100 Nanometern realisiert werden konnten. Die anderen Versuchsbedingungen dieses Vorganges sind die folgenden:

Die optische Faser 7, die sowohl als Abstands-Fühler 6 als auch als Strahlungsquelle für die Gravur dient, weist an ihrem Ende 8 ein Herzstück von 500 Nanometern Durchmesser und eine Umhüllung von 1 Mikrometer Durchmesser auf. – Diese Merkmale am Ende der Faser 7 wurden durch chemische Ätzung und Verschmelzen/Strecken des Endes des Ausgangs-Übertragungsweges 11 c eines optischen Kopplers 11 erhalten, hergestellt von der amerikanischen Fa. Gould Inc., der ein Herzstück von 4 Mikrometern Durchmesser und eine Umhüllung von 125 Mikrometern Durchmesser aufwies. –

Nachfolgend wird unter Bezug auf Figur 2 eine Mikrolithographie-Vorrichtung 21 in Übereinstimmung mit einer zweiten Variante zur Anwendung des Verfahrens der vorliegenden Erfindung beschrieben. In dieser Figur ist die Numerierung dort mit der von Figur 1 identisch, wo identische Elemente bezeichnet wurden, die daher den zwei als Beispiel der Erfindung angegebenen Varianten gemeinsam angehören.

Die Mikrolithographie-Vorrichtung 21 für die Realisierung von submikrometrischen Strukturen auf einem Substrat 2 vom Typ einer Silicium-Scheibe umfaßt in dieser Weise:

- ein abgedichtetes Gehäuse 3,
- eine Lichtquelle 5, beispielsweise Rot, vom Typ eines Helium-Neon-Lasers,
- einen im Nahfeld arbeitenden Abstands-Fühler 6, der insbesondere eine optische Faser 7 aufweist, die an ihrem Ende 8 als optische Sonde dient,
- einen konventionellen schwingungsdämpfenden Träger 9, auf dem das Substrat 2 ruht.
- ein konventionelles Mittel zur vertikalen Positionierung 10 des Endes 8 der optischen Faser 7 in bezug zur Oberfläche des Substrates 2. Dieses Mittel zur Positionierung 10 kann ebenfalls zur lateralen „Fein“-Positionierung des genannten Endes 8 dienen,
- einen optischen Koppler 22 aus optischen Fasern von einem Typ, wie er bereits zuvor bei den optischen Kopplern erwähnt wurde. Dieser optische Koppler 22 aus optischen Fasern umfaßt zwei Eingangs-Übertragungswege 22 a und 22 b und zwei Ausgangs-Übertragungswege 22 c und 22 d. Die optische Faser 7 bildet vorteilhafterweise den Ausgangs-Übertragungsweg 22 c des Kopplers 22. Der Ausgangs-Übertragungsweg 22 d wird nicht verwendet. Der Eingangs-Übertragungsweg 22 a ist mit der Lichtquelle 4, beispielsweise Rot, durch ein geeignetes konventionelles Mittel gekoppelt,
- einen Photonen-Detektor 13, wie beispielsweise einen Photovervielfacher, der gegenüber dem durch die Quelle 5 emittierten Licht sensibel ist. Dieser Detektor 13 ist mit dem Eingangs-Übertragungsweg 22 b des optischen Kopplers 22 gekoppelt,
- eine Gegenkopplungs-Vorrichtung 14, die das Mittel zur vertikalen Positionierung 10 mit einem Rechner 15 verbindet, der insbesondere in Abhängigkeit von der durch den Photonen-Detektor 13 aufgenommenen Intensität die Entfernung zwischen dem Ende 8 der optischen Faser 7 und der Oberfläche des Substrates 2 kontrolliert. Der Rechner 15 ermöglicht es ebenfalls, die reziproken seitlichen Verschiebungen des Substrates 2 und des Endes 8 der Faser 7 zu kontrollieren.

In Übereinstimmung mit Figur 3 und gemäß einem zusätzlichen Merkmal der Mikrolithographie-Vorrichtung 21 ist mindestens das Ende 8 der Faser 7 des im Nahfeld arbeitenden Abstands-Fühlers 6 metallisiert. Die auf der optischen Faser 7 angebrachte Metallschicht 23 kann sich teilweise um ihr Ende 8 herum erstrecken, beispielsweise gemäß einem Halbzylinder, dessen Erzeugende ein Kreisbogen C ist, der fiktiv um die genannte Faser 7 gezogen wurde. Außerdem weist eine derartige Metallschicht 23 eine Stärke auf, die das sich in der Faser 7 ausbreitende Licht transparent macht; sie stört insbesondere nicht die Sammlung des in Richtung des Substrates 2 emittierten und durch dieses zurückgestreute Licht durch das Ende 8 der Faser 7. Die Metallschicht 23 ist hartgelötet oder vorzugsweise mit einem geeigneten leitfähigen Kleber an dem Ende eines dünnen Drahtleiters angeklebt, was in den Figuren nicht dargestellt ist. Dieser Draht endet in einem ebenfalls nicht dargestellten Verbinder, von wo ein Draht 24 mit größerem Durchmesser abgeht, in entsprechender Weise durch das abgedichtete Gehäuse 3 hindurch, so daß er elektrisch mit einer Stromspeisung 25 niedriger Spannung verbunden ist. Die Oberfläche des Substrates 2 ist ebenfalls durch einen elektrischen Verbinder 26 mit dieser Speisung 25 verbunden. Eine wenig erhöhte Potentialdifferenz in der Größenordnung von 25 Volt kann auf diese Weise zwischen der Metallschicht 23 und der Oberfläche des Substrates 2 angelegt werden, wobei das metallisierte Ende 8 der optischen Faser 7 einen Abstand von einigen zehn Nanometern aufweist. Das daraus resultierende beträchtliche elektrische Feld, verstärkt durch den bekannten, sogenannten „Spitzen-“ Effekt, bewirkt die Emission eines in dem Ende 8 der Faser 7 lokalisierten Elektronen-Stromes.

Es soll darauf hingewiesen werden, daß man für die Darstellung in Figur 3 eine optische Faser 7 ausgewählt hat, die ein nicht durch das Verfahren Verschmelzen/Strecken ausgezogenes Ende 8 aufweist, und auch nicht ein durch vorheriges chemisches Ätzen an der Spitze verdünntes Ende, das weiter unten diskutiert wird. In Übereinstimmung mit Figur 3 ist daher die Austritts-Fläche 24 der optischen Faser 7 eben. Die Orientierung dieser Fläche 27 in bezug auf die längsverlaufende Ausbreitungsrichtung des Lichtes in der Faser 7 ist nicht genau rechtwinklig, sondern weist einen Winkel von einigen Grad (3 bis 4°) auf. Diese Anordnung, die einer besonderen Variante eigen ist, aber insbesondere die Erfindung nicht einschränkt, liefert das Mittel zur Begrenzung eines Teiles der Metallschicht 23, die in etwa eine metallische Spitze 28 bildet. Das Ende dieser metallischen Spitze 28 ist daher näher an der Oberfläche des Substrates 2, als die Mitte der Austritts-Fläche 27 der Faser 7. Dies ist kein Nachteil, denn für die Berücksichtigung in den Parametern der Gegenkopplung, aufgrund derer der Abstands-Fühler 6 arbeitet, reicht diese Tatsache aus. Es ist demzufolge die metallische Spitze 28, die in diesem Fall die Elektronen in Richtung der Oberfläche des Substrates 2 emittiert.

Dadurch, daß die Austrittsfläche 27 der optischen Faser 7 nicht parallel zur Oberfläche des Substrates 2 ist, werden außerdem in Anbetracht des Neigungswinkels dieser Fläche 27 die Meßdaten geringfügig verändert. Man kann ebenfalls leicht dabei ausreichend berücksichtigen: – Diese Anordnung hat tatsächlich die Haupt-Konsequenz, das Niveau der durch den

Photonen-Detektor 13 gesammelten Intensität zu verringern, aber die Leistung der Lichtquelle 5, wie ein Helium-Neon-Laser, ist mit Sicherheit ausreichend oder kann noch merklich erhöht werden. -

Gemäß einer weiteren, in den Figuren nicht dargestellten Variante einer Metallisierung des Endes 8 der optischen Faser 7, bedeckt eine Metallschicht die gesamte Oberfläche des genannten Endes 8, das zuvor durch ein an sich bekanntes Verfahren Verschmelzen/Strecken ausgezogen und anschließend von einem Teil seiner Umhüllung durch chemische Ätzung befreit wurde (mit Hilfe einer Säure vom Typ des Fluorwasserstoffes). Nur die Austrittsfläche der Faser 7 kann später gegebenenfalls von dem sie bedeckenden abgelagerten Metall befreit werden, aber das ist nicht unbedingt erforderlich. Der Vorteil dieser letzten Technik der Realisierung einer Spitze am Ende 8 der optischen Faser 7 liegt darin, exakt an der gleichen Stelle den Emitter für das durch den Abstands-Fühler 6 verwendete Licht und eine metallische Spitze zu lokalisieren, die fähig ist, unter der Einwirkung des infolge der durch die elektrische Speisung 25 gelieferten Potentialdifferenz entstandenen elektrischen Feldes Elektronen zu emittieren.

Die Verfahrensweise zur Anwendung der Mikrolithographie-Vorrichtung 21 ist in etwa identisch mit der, die bei der Funktionsweise der Mikrolithographie-Vorrichtung 1 im Zusammenhang mit der ersten Ausführungsvariante beschrieben wurde. Lediglich die Eigenschaften des Harzes und die Art seiner Exponierung wurden verändert.

In dieser Weise wurde das positive photosensible Harz durch ein Harz ersetzt, das unter der Einwirkung eines Elektronenstrahl-Bündels polymerisiert, beispielsweise durch ein negatives Harz von dem unter dem Namen PMMA bekannten Typ (es handelt sich um ein auf dem Gebiet der Erfindung viel verwendetes Photopolymeres). Dieses Harz wird in Chlorbenzen gelöst und anschließend in flüssiger Phase auf eine Silicium-Scheibe aufgetragen, die zuvor im Ofen getrocknet und mit dem Mittel eines Adhäsions-Promotors beschichtet wurde. Die Verteilung des Harzes erfolgt mit Hilfe einer Schleudervorrichtung unter einer Drehzahl von 8000 U/min. Nach 8stündigem Erhitzen des Harzes auf eine Temperatur von 175°C erhält man eine PMMA-Harzscheibe von 20 Angstrom Dicke.

Die Silicium-Scheibe wird in das abgedichtete Gehäuse 3 gebracht und danach nimmt man die Positionierung des metallisierten Endes 8 der optischen Faser 7 in der Nähe der Oberfläche des Substrates 2 vor. Wenn diese vorherige Positionierung erfolgt ist, steuert der Rechner 15 gleichzeitig das Abschalten der elektrischen Speisung 25 und die reziproke Verschiebung des Endes 8 der optischen Faser 7 und des Substrates 2 (das heißt, das Mittel zur Positionierung das in dem schwingungsdämpfenden Träger 9 integriert ist und das Mittel zur lateralen „Fein“-Positionierung, das in dem Mittel zur vertikalen Positionierung 10 integriert ist, abschalten).

Elektronen von 25 Volt können auf diese Weise auf der PMMA-Harz auftreffen, und zwar gemäß der Motive, deren Beschreibung informatisch durch den Rechner 15 geliefert wird. Während der gesamten Exponierungsdauer hält der Abstands-Fühler 6 eine Entfernung von einigen zehn Nanometern zwischen der Oberfläche des Substrates 2 und dem metallisierten Ende 8 der optischen Faser 7. Man erinnert sich, daß die Oberfläche, die als Referenz für die durch den Abstands-Fühler 6 durchgeführte Messung mit Hilfe der Wellenlänge, beispielsweise eines von einem Helium-Neon-Laser emittierten Lichtes, dient, durch die Zwischenfläche zwischen dem Harz und der Oberfläche der Siliciumdioxidschicht gebildet wird, die gleichmäßig die Silicium-Scheibe bedeckt. Die Entwicklung des durch die unter einer Potentialdifferenz von 25 Volt beschleunigten Elektronen exponierten PMMA-Harzes kann mit Aceton durchgeführt werden (die Entwicklung beseitigt bei den negativen Harzen die exponierten Bereiche). Es soll erwähnt werden, daß bei der Verwendung von Elektronen geringer Energie die exponierten Bereiche in einer Methanol-Verbindung gelöst werden können.

Ein klassisches Erhitzen ermöglicht dann die Härtung des Harzes, bevor die Bereiche der Silicium-Scheibe, die entwickelt wurden und die von den „photographischen“ Reserven begrenzt sind, einer Ionenstrahlung ausgesetzt werden, um die darunter liegende Struktur des Siliciums zu modifizieren.

Die in diesem Fall realisierten Motive konnten mittels Elektronen-Mikroskop beobachtet werden; ihre Größe kann 100 nm erreichen.

Bei den zwei Ausführungsvarianten einer Mikrolithographie-Vorrichtung, die bei dem den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bildenden Verfahren angewendet wurden, empfiehlt es sich schließlich zu präzisieren, daß die Lineargeschwindigkeit der „Beschriftung“ auf dem Harz 1 Mikrometer/Sekunde erreicht hat.

Des weiteren, und gemäß einer dritten Ausführungsform einer Mikrolithographie-Vorrichtung, die in den Figuren nicht dargestellt ist, dabei im wesentlichen der in Figur 1 gezeigten Mikrolithographie-Vorrichtung 1 entspricht, besteht die optische Faser 7 aus einer fluoreszierenden Faser, wobei die Wellenlänge des Fluoreszenz-Lichtes bedeutend niedrigere Werte erreichen kann, als sie die Grenze für die Ausbreitung einer optischen Welle in einer Faser aus Siliciumdioxid oder Quarz darstellt (180 Nanometer). Insbesondere ist man in der Lage fluoreszierende Fasern zur Verfügung zu stellen, die im Bereich der Röntgenstrahlen reemittieren. Eine erfindungsgemäße Mikrolithographie-Vorrichtung, die eine Faser dieses Typs verwendet, kann aufgrund ihrer Unkompliziertheit in sehr vorteilhafter Weise mit den Mikrolithographie-Verfahren konkurrieren, bei denen die Röntgenstrahlen durch sehr feine Masken hindurchgehen, die schwer herzustellen und ebenso schwierig auf einer Silicium-Scheibe zu positionieren sind.

Es ist selbstverständlich offensichtlich, daß das Verfahren und die Mikrolithographie-Vorrichtungen, die den Gegenstand der vorliegenden Erfindung bilden, in keiner Weise durch die gegebene Beschreibung oder die anliegenden Zeichnungen eingeschränkt werden, die lediglich als nicht einschränkend zur Erläuterung dienen.

Das Anwendungsgebiet der Erfindung ist das der Mikrolithographie eines Substrates vom Typ einer Silicium-Scheibe im Hinblick auf die Realisierung submikrometrischer Strukturen, ja sogar nanometrischer, auf seiner Oberfläche.

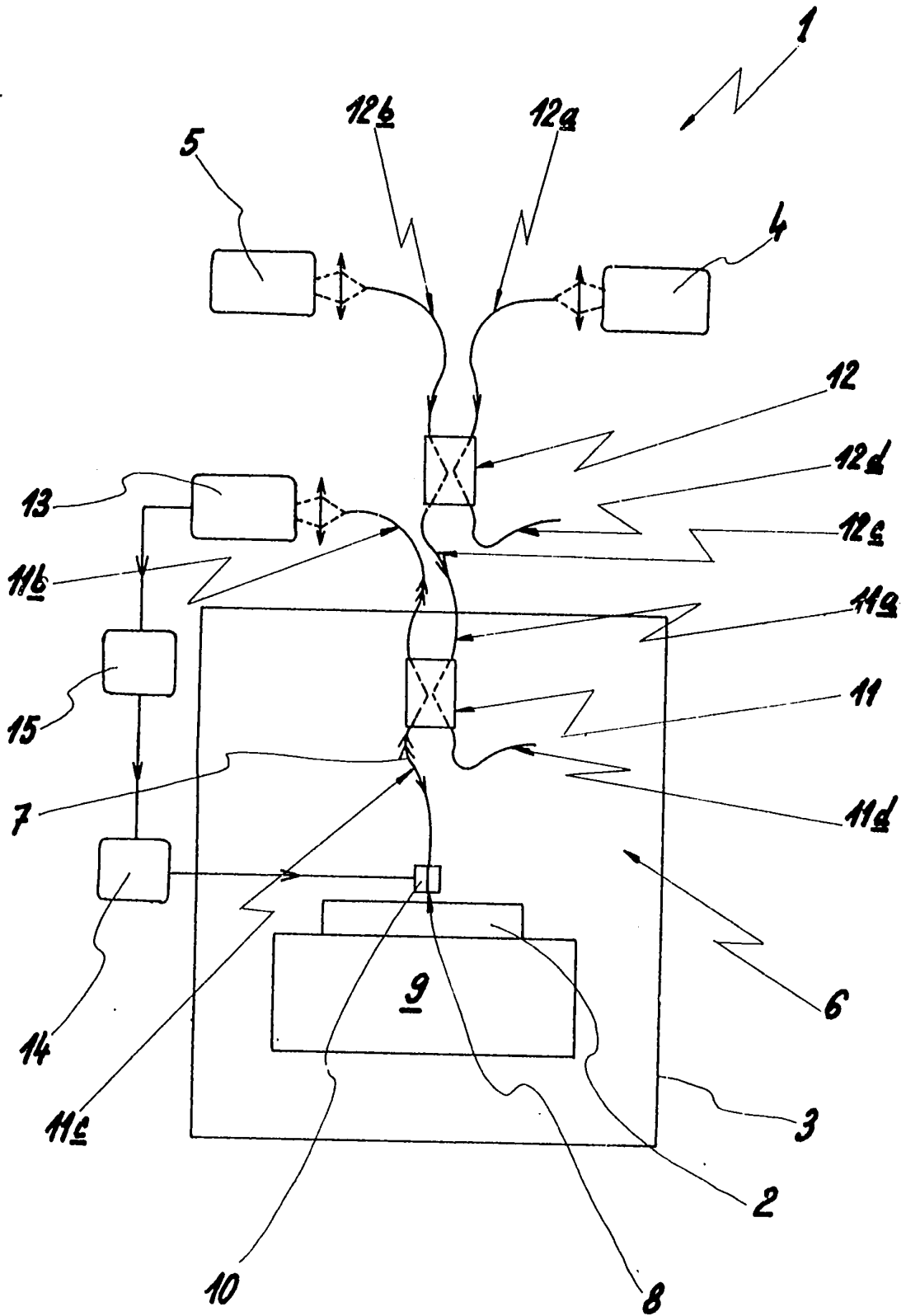


Fig 1

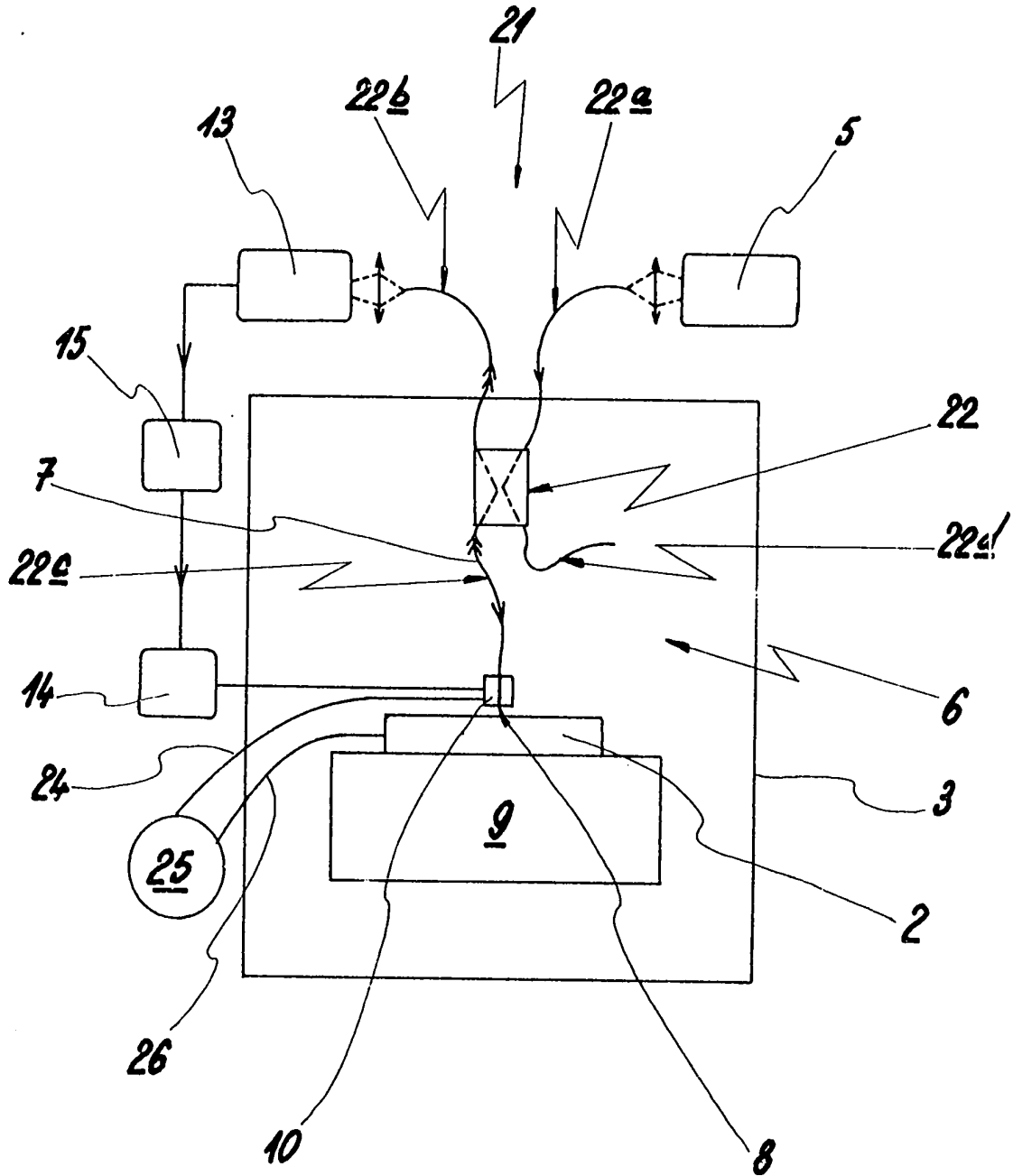


Fig 2

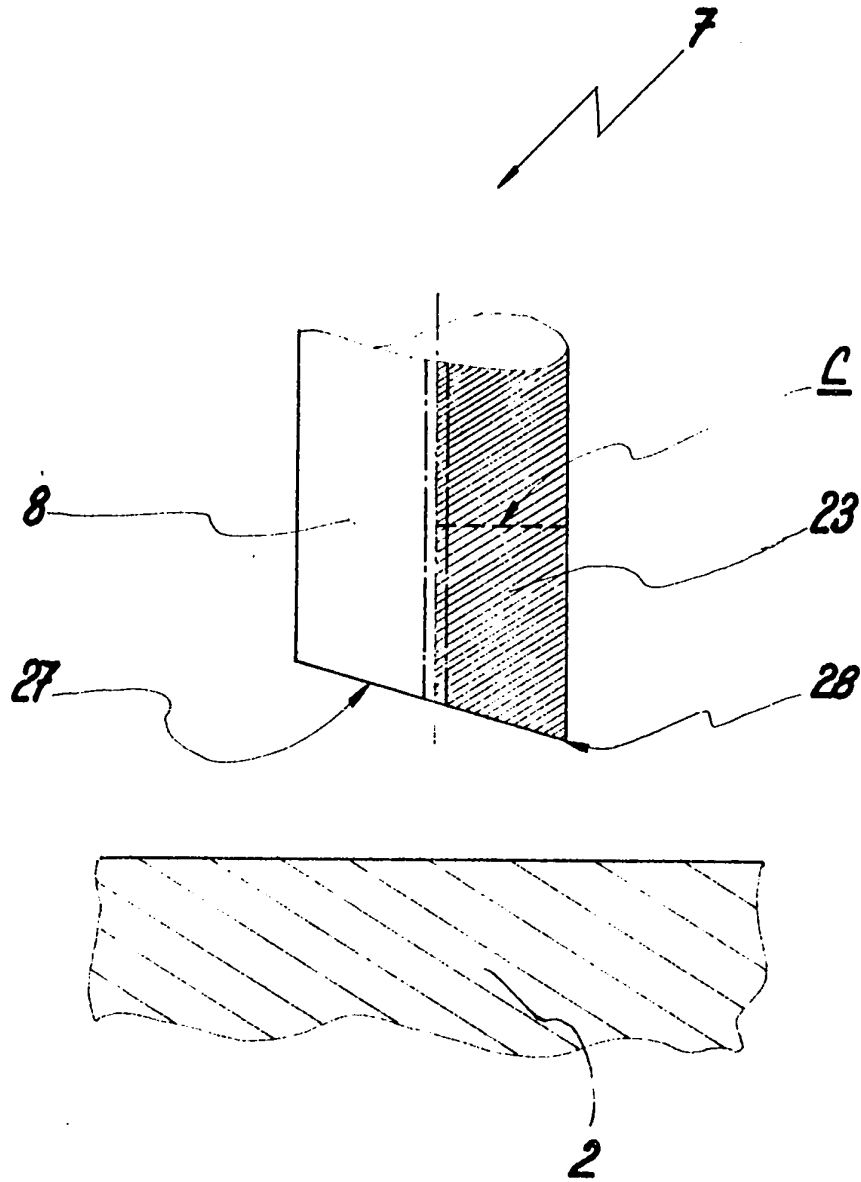


Fig 3