DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(19) DD (11) 250 401 A1

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

4(51) H 01 L 21/31

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 01 L / 291 557 2 (22) 23.06.86 (44) 08.10.87

(71) VEB ZFT Mikroelektronik, 8080 Dresden, Karl-Marx-Straße, DD

(72) Pforr, Rainer, Dr. rer. nat.; Müller, Frank, Dipl.-Phys.; Woischke, Dieter, Dipl.-Phys.; Grundke, Wolfram, Dipl.-Chem., DD

(54) Schablonenabbildungsverfahren zur Verringerung des Strukturrasters

(57) Die Erfindung betrifft ein Schablonenabbildungsverfahren zur Verringerung des Strukturrasters für licht- oder korpuskularstrahloptische Systeme und wird insbesondere zum Strukturieren von Oberflächenschichten auf Substraten bei der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente eingesetzt. Die Strukturverkleinerung soll dabei auf gleicher gerätetechnischer Grundlage bei ausreichender Überdeckungsgenauigkeit und hoher Produktivität erfolgen. Erfindungswesentlich ist, daß die Aufteilung der nicht auflösbaren Figuren in Form transparenter Gebiete in gedecktem Umfeld von einer Mutterschablone auf mehrere Tochterschablonen derart erfolgt, daß die auflösungskritischen Abstände der Figuren im zur sicheren Auflösung hinreichenden Maße aufgeweitet werden. Die Positionskoordinaten der Figurenschwerpunkte bezogen auf die Schablonenjustiermarken gegenüber den auf der Mutterschablone korrespondierenden Figuren weisen dabei eine solche Lageversetzung auf, daß nur beim Übereinanderbringen aller Tochterschablonen im an den Justiermarken überdeckten Zustand die nunmehr durchsichtigen Gebiete die auf der Mutterschablone korrespondierenden Figuren repräsentieren.

ISSN 0433-6461

9 Seiten

Erfindungsanspruch:

1. Schablonenabbildungsverfahren zur Verringerung des Strukturrasters mittels licht- oder koruskularstrahloptischer Systeme auf Oberflächenschichten von Substraten, insbesondere zum Strukturieren von Isolier- und elektrisch leitenden Schichten auf Halbleitersubstraten bei der Herstellung von mikroelektronischen Bauelementen, wobei der strukturelle Inhalt einer Mutterschablone auf mehrere Tochterschablonen verteilt wird und diese nacheinander abgebildet werden, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Aufteilung zumindest der auflösungskritischen Figuren (1.01; 1.02; 1.04) in Form transparenter Gebiete in gedecktem Umfeld der Mutterschablone (1.0) auf einen ersten Satz Q Tochterschablonen (1.1; 1.2) derart erfolgt, daß die auflösungskritischen Abstände der Begrenzungen der Figuren im zur sicheren Auflösung hinreichenden Maße aufgeweitetet werden und die Positionskoordinaten der Schwerpunkte der Figuren (1.11; 1.12; 1.14; 1.21; 1.22; 1.24) bezogen auf die Schablonenjustiermarken (1.4) gegenüber den auf der Mutterschablone (1.0) korrespondierenden Figuren (1.01; 1.02; 1.04) eine solche Lageversetzung aufweisen, daß nur beim Übereinanderbringen aller Q Tochterschablonen des ersten Satzes im an den Justiermarken (1.4) überdeckten Zustand die nunmehr durchsichtigen Gebiete (1.01'; 1.02'; 1.04') die auf der Mutterschablone (1.0) korrespondierenden Figuren (1.01; 1.02; 1.04) repräsentieren.
2. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet durch** nachstehende Prozeßfolge:
   a) Aufbringen einer technologischen Schicht (2.2) und einer Zwischenresistschicht (2.3) auf ein Substrat (2.1),
   b) Aufbringen einer ersten strahlungsempfindlichen Schicht (2.41) auf die Zwischenresistschicht (2.3),
   c) Bestrahlen der strahlungsempfindlichen Schicht (2.41) durch die auf der ersten Tochterschablone (1.1) des ersten Satzes befindlichen transparenten Gebiete (1.11; 1.12; 1.14),
   d) Entwickeln und Stabilisieren der Resistschicht (2.41),
   e) Musterübertragung mittels der erzeugten maskierenden Resistschicht (2.41) durch Ätzen der Zwischenresistschicht auf etwa halbe Schichtdichte,
   f) Entfernen der Reste der Resistschicht (2.41)
   g) Wiederholen der Prozeßschritte c) bis f) nach jeweils erneut aufgebrachter strahlungsempfindlicher Schicht (2.42...) auf die partiell geätzte Zwischenresistschicht (2.3) solange, bis alle weiteren transparenten Gebiete (1.21; 1.22; 1.24) jeder Tochterschablone (1.2) des ersten Satzes abgebildet sind, so daß sich nach dem Q-ten Ätzen die gesamten auflösungskritischen Figuren der Mutterschablone in der Zwischenresistschicht (2.3) befinden.
3. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch,** daß auf der Mutterschablone (1.0) vorhandene auflösbare Figuren (1.03) in Form transparenter Gebiete in gedecktem Umfeld so auf einen zweiten Satz P mit mindestens einer weiteren Tochterschablone (1.3) aufgeteilt werden, daß hier die analogen Figuren (1.33) in ihrer Geometrie und Positionskoordinate des Figurenschwerpunktes bezogen auf die Schablonenjustiermarken (1.4) übereinstimmen und diese Tochterschablonen (1.3) im Anschluß an Schritt g) des 2. Punktes zum Bestrahlen jeweils einer weiteren aufgebrachten strahlungsempfindlichen Schicht (2.51) eingesetzt wird, die nach dem Entwickeln und Stabilisieren durch Ätzen in die Zwischenresistschicht (2.3) übertragen wird.
4. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1 bis 4, **gekennzeichnet dadurch,** daß die transparenten Gebiete (1.11; 1.12; 1.14; 1.21; 1.22; 1.24; 1.33) auf allen Tochterschablonen durch bezüglich des Figurenschwerpunktes symmetrische Vorverzerrung der Kanten so dimensioniert werden, daß sowohl die Sollmaße der Resiststrukturen bei Verwendung des für die Bestrahlung optimalen Arbeitspunktes als auch die Sollmaße der Zwischenresistmaske (2.3) unter Berücksichtigung der durch ihre Ätzung bedingten Kantenverschiebung erreicht werden.
5. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die erste strahlungsempfindliche Schicht (2.41) direkt auf die Oberfläche des Substrates (2.1) bzw. der technologischen Schicht (2.2) aufgebracht, danach durch die transparenten Gebiete (1.11; 1.12; 1.14) der ersten Tochterschablone (1.1) des ersten Satzes bestrahlt sowie entwickelt und stabilisiert wird, anschließend darauf die zweite strahlungsempfindliche Schicht (2.42) aufgebracht und diese durch die transparenten Gebiete (1.21; 1.22; 1.24) der zweiten Tochterschablone (1.2) bestrahlt sowie entwickelt und stabilisiert wird, so daß die entstandenen Öffnungen in der Doppelresistmaske

mit den gesamten auflösungskritischen Figuren der Mutterschablone übereinstimmen und zur Strukturierung zur Verfügung stehen.

6. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1, 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Zwischenresistschicht (2.3) aus einem organischen Polymer besteht, das einen hohen Absorptionskoeffizient für den zur Belichtung und einen niedrigen für den zur Justierung benutzten Spektralbereich aufweist.
7. Schablonenabbildungsverfahren nach Punkt 1, 2 und 3, **gekennzeichnet dadurch,** daß die Zwischenresistschicht (2.3) als Träger für Lift-Off-Prozesse verwendet wird.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Schablonenabbildungsverfahren zur Verringerung des Strukturrasters für licht- oder korpuskularstrahloptische Systeme auf Oberflächenschichten von Substraten. Es wird insbesondere zum Strukturieren von Isolier- und elektrisch leitenden Schichten auf Halbleitersubstraten bei der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente eingesetzt. Des weiteren kann es aber auch bei der lithografischen Strukturierung anderer planer Werkstückflächen Anwendung finden, wo Elementarabmessungen bis zum Submikrometerbereich erforderlich sind.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Zur Herstellung von Halbleiterbauelementen oder integrierten Schaltkreisen mit lithografischen Verfahren wird bekanntlich auf ein Halbleitersubstrat, auf dem sich eine zu strukturierende technologische Schicht — beispielsweise aus SiO_2 — befindet, eine dünne Resistschicht aufgebracht. Diese wird in einem licht- oder korpuskularstrahloptischen System unter Verwendung einer einzigen, den vollständigen Strukturinhalt tragenden Schablone belichtet und anschließend selektiv entwickelt, so daß eine Resistmaske entsteht, die das „Schablonenbild" je nach Resisttyp als positives oder negatives Muster trägt. Mittels geeigneter Ätzprozesse wird das entstandene Muster in die technologische Schicht übertragen, die so wiederum entsprechend der Zielstellung auch als Maske bei der Dotierung zur Veränderung der elektrischen Eigenschaften des Substrates, zur selektiven Oxidation, zur Substratätzung o.ä. verwendet werden kann. Gemäß DD-WP 231452 ist ein Verfahren zur Projektion von Mikrostrukturen bekannt, bei dem die Resistschicht mit mehreren Schablonen mindestens dreimal aufeinanderfolgend mit entsprechend der Schablonenanzahl reziprok anteiligen Belichtungszeiten belichtet wird. Der strukturelle Inhalt der in Abhängigkeit von der Anzahl der Teilbelichtungen eingesetzten Schablonen ist auf jeder Schablone vollständig und daher gleich. Aufgabenstellung dieses Verfahrens ist die Unterdrückung von strukturellen Fehlern auf der Schablone, verursacht durch aufliegende Partikel oder auch statistisch verteilte Defekte. Nachteilig dabei sind die beträchtliche Reduzierung der Produktivität, die erhöhten Schablonenkosten und vor allem erhöhte verfahrensbedingte lokale Strukturbreitenschwankungen und daraus resultierende Defektdichten.
Zur Verringerung der Defektdichte der Resistmaske — insbesondere bezüglich Pinholes — sind ebenfalls verschiedene Verfahren bekannt. Die DE-AS 1639253 beschreibt ein Maskierungsverfahren, bei dem zwei Resistmasken übereinander aufgebracht werden, wobei mindestens zwei Schablonen mit gleichem geometrischen Muster zur Anwendung kommen.
Die resultierende Doppelresistmaske weist dann eine Pinholdichte auf, die sich annähernd aus dem Produkt der Wahrscheinlichtkeiten für das Auftreten von Pinholes in den Einzelmasken ergibt, das heißt wesentlich geringer als die jeder Einzelmaske ist. Weitgehend analog diesem Verfahren ist das in der US-PS 3922148 beschriebene, wobei vor der Erzeugung der zweiten Resistmaske eine Ätzung des darunter liegenden Substrates auf etwa halbe Schichttiefe durchgeführt und anschließend die erste Resistmaske entfernt wird. Die beiden Verfahren weisen allerdings den Nachteil auf, daß sich bedingt durch Überdeckungsfehler und Maßtoleranzen die resultierende Maßtoleranz der Doppelresistmaske erheblich vergrößert. Dieser Nachteil wird gemäß der DD-WP 204574 dadurch vermieden, daß die Strukturen der zweiten Schablone gegenüber der Breite der ersten Schablone geeignet vorverzerrt werden, so daß sich keine Überlappung der Strukturkanten der beiden Resistmasken ergibt.
Der erforderliche Wert der Vorverzerrung ergibt sich aus den Toleranzen der Strukturmaße und dem Überdeckungsfehler der angewandten lithografischen Verfahren. Alle genannten Verfahren ermöglichen aber keine Verringerung der Strukturbreitentoleranz oder gar der Strukturauflösung gegenüber dem Einzelresistmaskierungsprozeß.
Hierfür ist in DE-OS 2835313 vorgesehen, daß der Strukturinhalt einer Mutterschablone auf verschiedene Tocherschablonen so verteilt wird, daß auf den Tochterschablonen immer nur Strukturen relativ begrenzten Strukturbreitenspektrums auftreten, die mit denen der Mutterschablone in Form und Lage übereinstimmen. Diese werden nacheinander in die gleiche Resistmaske belichtet, wobei eine Anpassung der Belichtungszeit für die verschiedenen Belichtungsprozesse derart erfolgt, daß die übertragenen Maximalintensitäten für alle Strukturbreiten gleichgroß sind. Gegenüber dem üblichen Verfahren der gleichzeitigen Übertragung der Strukturen verringert sich die Streuung der Strukturbreiten und verbessert sich die Einhaltung der Strukturbreiten. Nachteilig ist, daß sich die Luftbilder eng benachbarter Strukturen wie beim üblichen Verfahren der gleichzeitigen Abbildung aller Strukturelemente überlagern, wodurch keine Verbesserung der Strukturauflösung ermöglicht wird. Ein weitgehend analoges Verfahren mit den gleichen Nachteilen ist aus dem EP 126786 bekannt. Beide Verfahren setzen eine sehr gute Überdeckungsleistung der Abbildungsanlage voraus, weil beim Auftreten größerer Überdeckungsfehler beim Übertragen der Tochterschablonen die gegenseitige Beeinflussung der Intensitäten benachbarter Figuren im Resist gegebenenfalls so stark ist, daß der zwischen zwei nacheinander übertragenen Grabenfiguren befindliche Steg infolge

Anbelichtung nicht aufgelöst wird. Eine weitere Modifikation des „Schablonenzerlegungsverfahrens" wird in der DE-OS 31 33 350 angegeben. Dabei werden mehrere Resists verschiedener spektraler Empfindlichkeit übereinander auf einen Festkörper aufgebracht, unter Verwendung mehrerer Schablonen mit Wellen- oder Teilchenstrahlung spektral angepaßter Energie belichtet und anschließend einzeln nacheinander entwickelt.
Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Belichtung der zur Strukturierung der Werkstücke letztlich verwendeten Resistschichten mittels mehrerer Belichtungsanlagen mit verschiedenen Auflösungsvermögen und unterschiedlicher Produktivität vorgenommen werden kann.
Zum Beispiel können auf auflösungskritischen Strukturen einer Mutterschablone mit hochauflösenden, aber unproduktiven e-Strahlbelichtungsanlagen und vergleichsweise große Strukturen mit wesentlich produktiveren UV-Belichtungsanlagen übertragen werden. Als problematisch sind die Prozesse der Mehrfachbeschichtung der HL-Scheibe mit Resists verschiedener physikalisch und chemischer Konsistenz sowie die technologische Stabilität des Mehrschrittentwicklungsprozesses zu betrachten. Bedingt durch die vergleichsweise hohe Dicke der Mehrfachresistschicht wird die Substratreflexion herabgesetzt und dadurch ein schneller Überdeckungsvorgang beispielsweise für Anlagen mit schrittweiser Überdeckung und Belichtung der HL-Scheibe erschwert. Da jedoch die technologischen Ebenen mit hohen Anforderungen an die Strukturauflösung in den meisten Fällen auch diejenigen der höchsten geforderten Überdeckungsgenauigkeit sind, im gemischten Betrieb von Belichtungsanlagen jedoch zusätzliche Überdeckungsfehler auftreten, ist die Anwendungsbreite dieser sogenannten „Mischtechnik" begrenzt.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren der Strukturübertragung für maskenabbildende Techniken zu entwickeln, das insbesondere für integrierte Halbleiteranordnungen eine Erhöhung der Integrationsdichte durch Strukturverkleinerung auf gleicher gerätetechnischer Grundlage — d. h. ohne Mischbetrieb — ermöglicht und damit zu einer wesentlichen Produktivitätssteigerung, niedrigeren Anlagenkosten und hohen Überdeckungsgenauigkeit führt.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Schablonenabbildungsverfahren anzugeben, das mit einem licht- oder korpuskularstrahloptischen System eine Verbesserung des Elementauflösungsvermögens sowie eine Verringerung des effektiv erzeugbaren Strukturrasters und dadurch beispielsweise eine Erhöhung der Integrationsdichte bei der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente gewährleistet.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß der strukturelle Inhalt einer Mutterschablone auf mehrere nacheinander abzubildende Tochterschablonen verteilt wird. Bei dieser Aufteilung ist wesentlich, daß die auf der Mutterschablone auflösungskritischen Abstände der Begrenzungen der Figuren — verstanden als transparente Gebiete in gedecktem Umfeld — auf einem ersten Satz von Q Tochterschablonen in zur sicheren Auflösung hinreichendem Maße aufgeweitet werden. Dabei weisen die Positionskoordinaten der Schwerpunkte dieser Figuren gegenüber den auf der Mutterschablone befindlichen korrespondierenden Figuren bezogen auf die Schablonenjustiermarken eine solche Lageversetzung auf, daß nur beim Übereinanderbringen aller Q Tochterschablonen des ersten Satzes im an den Justiermarken überdeckten Zustand die verbleibenden durchsichtigen Gebiete die auf der Mutterschablone korrespondierenden Figuren repräsentieren.
Eine mögliche Prozeßfolge unter Verwendung der erfindungsgemäßen Tochterschablonen besteht darin, auf ein Substrat eine zu strukturierende technologische Schicht, darauf eine Zwischenresistschicht — vorzugsweise aus einem organischen Polymer — und eine erste strahlungsempfindliche Schicht aufzubringen. Die erste strahlungsempfindliche Schicht wird durch die auf der ersten Tochterschablone des ersten Satzes befindlichen — aufgeweiteten — transparenten Gebiete bestrahlt, anschließend entwickelt und stabilisiert. Das entstandene Muster wird durch Ätzen in die Zwischenresistschicht auf etwa halbe Schichtdicke übertragen.
Nach dem Entfernen der Reste der strahlungsempfindlichen Schicht wird der Zyklus
— Beschichten mit einer strahlungsempfindlichen Schicht
— Bestrahlen dieser Schicht mit der nächsten Tochterschablone des ersten Satzes
— Resistentwicklung und -stabilisierung
— Übertragen des Musters in die Zwischenresistschicht sowie
— Entfernen der Reste der strahlungsempfindlichen Schicht
solange fortgesetzt, bis alle Tochterschablonen nacheinander abgebildet sind. Nach dem Q-ten Ätzen repräsentiert die Zwischenresistschicht alle auf der Mutterschablone korrespondierenden auflösungskritischen Figuren.
Des weiteren ist auch vorgesehen, daß auf der Mutterschablone vorhandene auflösbare Figuren in Form transparenter Gebiete in gedecktem Umfeld auf einen zweiten Satz von P Tochterschablonen — in Geometrie und Positionskoordinate des Figurenschwerpunktes übereinstimmend — aufgeteilt werden. Diese können im Bedarfsfall im Anschluß an den oben beschriebenen Zyklus in weitere strahlungsempfindliche Schichten abgebildet und durch Ätzen in die Zwischenresistschicht übertragen werden.
Die durch die genannten Prozesse erzeugte Zwischenresistschicht wird als Maske zur Strukturierung des Substrates und/oder darauf befindlicher Schichten beispielsweise durch Ätzung, Ionenimplantation oder ähnliches verwendet.
In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung können die Figuren auf den Tochterschablonen durch bezüglich des Figurenschwerpunktes symmetrische Vorverzerrung der Kanten so dimensioniert werden, daß sowohl die Sollmaße der Resiststrukturen bei Verwendung des für die Bestrahlung optimalen Arbeitspunktes als auch die Sollstrukturmaße der Zwischenresistmaske unter Berücksichtigung der durch ihre Ätzung verursachte Kantenverschiebung erreicht werden.
Besonders günstig ist, wenn die Zwischenresistschicht aus einem organischen Polymer besteht, das einen hohen Absorptionskoeffizient für den zur Belichtung und einen niedrigen für den zur Justierung benutzten Spektralbereich aufweist.
Die erfindungsgemäß erzeugte Zwischenresistmaske kann auch als Maske für Lift-Off-Prozesse — oder auch als Übergangsmaske für die Herstellung einer Lift-Off-Resistmaske verwendet werden.

Das Schablonenabbildungsverfahren ist auch ohne Verwendung einer Zwischenresistschicht durchführbar, indem die erste strahlungsempfindliche Schicht direkt auf die Oberfläche des Substrates bzw. der technologischen Schicht aufgebracht, danach durch die transparenten Gebiete der ersten Tochterschablone des ersten Satzes bestrahlt sowie entwickelt und stabilisiert wird. Anschließend wird darauf die zweite strahlungsempfindliche Schicht aufgebracht und durch die transparenten Gebiete der zweiten Tochterschablone bestrahlt sowie ebenfalls entwickelt und stabilisiert. Die erzeugte Doppelresistmaske dient beispielsweise zur Strukturierung der darunterliegenden Schichten durch Ätzung. Der entscheidende Vorteil der erfinderischen Lösung ergibt sich aus dem Vermeiden der Überlagerung der Luftbilder der Strukturkanten nicht auflösbarer Figuren in der strahlungsempfindlichen Schicht, indem die zueinander parallelen Strukturkanten der auflösungskritischen Figuren durch voneinander unabhängige Resiststrukturierungsprozesse auf das Substrat beziehungsweise die Zwischenresistschicht übertragen werden. Dadurch können Figuren aufgelöst und Strukturraster erzeugt werden, die wesentlicher kleiner als das Grenzleistungsvermögen der verwendeten Abbildungstechnik für herkömmliche Einschrittprozesse selbst bei optimalen Bedingungen sind.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend in einem Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher erläutert werden.
Dabei zeigen

Fig. 1 a bis d: die Zerlegung der Figuren einer Mutterschablone und deren Aufteilung auf zwei Sätze Tochterschablonen
Fig. 2 a bis e: eine Variante der erfindungsgemäßen Verfahrensschrittfolge unter Verwendung der Tochterschablonen in schematischer Darstellung
Fig. 3 a bis c: eine Variante zur Verringerung des Strukturrasters im Anschluß an den Schritt gemäß Fig. 2 c unter Verwendung einer zusätzlichen Schablone
Fig. 4 a bis b: eine weitere Variante einer erfindungsgemäßen Verfahrensschrittfolge unter Verwendung der Tochterschablonen mit Doppelresistmaskentechnik

Nachstehende Erläuterungen sollen sich auf die schrittweise verkleinerte Projektionsabbildung beziehen, weil hierbei die wichtige Voraussetzung hoher Überdeckungsleistung erfüllt wird.
In Fig. 1 ist dargestellt, wie der figurelle Inhalt von einer Mutterschablone 1.0 (nachstehend MS) auf mehrere Tochterschablonen 1.1; 1.2; 1.3 (nachstehend TS) verteilt wird. Im Beispiel ist die MS 1.0 mit den Justiermarken 1.4 und den Figuren 1.01 bis 1.04 in Form transparenter Gebiete in gedecktem Umfeld gezeigt.
Die einzusetzende Abbildungsanlage möge voraussetzungsgemäß die als Fenster bzw. Gräben ausgebildeten Figuren 1.01; 1.02; 1.04 und die Stege zwischen den Figuren 1.02 und 1.03 sowie 1.03 und 1.04 nicht auflösen können; hingegen möge die Figur 1.03 auflösbar sein (Fig. 1 a).
Zur Gewährleistung einer sicheren Auflösung auch der nicht auflösbaren Figuren 1.01; 1.02 und 1.04 der MS 1.0 werden diese auf einen ersten Satz mit Q TS — im Beispiel Q gleich zwei TS 1.1; 1.2 — derart verteilt, daß dort ihre auflösungskritischen Abstände in hinreichendem Maße aufgeweitet und gegebenenfalls die Kantenverhältnisse modifziert sind. Dabei weisen die Positionskoordinaten der Schwerpunkte der Figuren 1.11; 1.12; 1.14 auf der ersten TS 1.1 (Fig. 1 b) und der Figuren 1.21; 1.22; 1.24 auf der zweiten TS 1.2 (Fig. 1 c) des ersten Satzes bezogen auf die Justiermarken 1.4 gegenüber den auf der MS 1.0 korrespondierenden Figuren 1.01; 1.02; 1.04 eine solche Lageversetzung auf, daß nur beim Übereinanderbringen aller Q TS 1.1; 1.2 dieses Satzes im an den Justiermarken 1.4 überdeckten Zustand die verbleibenden durchsichtigen Gebiete 1.01'; 1.02'; 1.04' die nicht auflösbaren Figuren 1.01; 1.02; 1.04 repräsentieren.
Vorhandene auflösbare Figuren 1.03 der MS 1.0 werden auf einen zweiten Satz mit PTS — im Beispiel P gleich eine TS 1.3 — derart verteilt, daß deren Geometrie und Positionskoordinate der Schwerpunkte der Figur(en) 1.33 erhalten bleiben (Fig. 1 d).
Fig. 2 a–e zeigt eine mögliche Verfahrensschrittfolge zur Strukturerzeugung auf Substraten unter Verwendung der beschriebenen TS 1.1; 1.2 des ersten Satzes (Fig. 1 b, 1 c) und gegebenenfalls der TS 1.3 des zweiten Satzes (Fig. 1 d).
Mit Fig. 2 a ist der Querschnitt einer strukturierten technologischen Schicht 2.2 auf einem Susbstrat 2.1 nach Abschluß des erfindungsgemäßen Abbildungsverfahrens mit dem figurellen Inhalt der MS 1.0 dargestellt.
Bei der Prozeßfolge beispielsweise zur Herstellung einer Halbleiteranordnung wird auf das Substrat 2.1 eine technologische Schicht 2.2 — wie Siliziumdioxid, Polysilizium, Silox oder Aluminium —, darauf eine Zwischenresistschicht 2.3 (nachstehend ZRS) aus einem organischen Polymer und eine strahlungsempfindliche Schicht 2.41 — hier Positivfotokopierlacke PFKL — aufgebracht.
Bei Durchstrahlung der transparenten Gebiete 1.11; 1.12; 1.14 der ersten TS 1.1 des ersten Satzes wird aus der PFKL-Schicht 2.41 nach dem Entwickeln und Stabilisieren eine erste Resistmaske erzeugt. Das entstandene Muster wird dann durch Ätzen auf etwa halbe Schichtdicke in die ZRS 2.3 übertragen, wie in Fig. 2 b durch gestrichelte Linien angedeutet.
Nach dem Entfernen der PFKL-Reste wird eine erneute PFKL-Schicht 2.42 aufgebracht und diese durch die transparenten Gebiete 1.21; 1.22; 1.24 der zweiten TS 1.2 des ersten Satzes bestrahlt, anschließend entwickelt und stabilisiert. Das Übertragen des Musters der zweiten Resistmaske erfolgt ebenfalls durch Ätzen der ZRS 2.3 auf etwa halbe Schichtdicke (Fig. 2 c), wobei die zweifach geätzten Gebiete der ZRS vollständig abgetragen werden.
Nach der erneuten Entfernung der PFKL-Reste liegt eine ZRS-Maske vor, die den strukturellen Inhalt der MS 1.0 mit den Figuren aufweist, die kleiner sind als die mittels der angewandten Belichtungsanlage in einem herkömmlichen Einebenenprozeß oder den bekannten Mehrschrittstrukturierungsprozessen erzeugbaren.
Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird vorteilhafterweise erreicht, daß die Luftbilder der einander gegenüberliegenden Kanten der Figuren, die sich bei bisherigen Verfahren überlagern und dadurch nicht aufgelöst würden, in verschiedene Resistschichten übertragen werden.
Für auflösbare Figuren kann die oben angeführte Schrittfolge unter Verwendung von TS 1.3 eines zweiten Satzes fortgesetzt werden, indem eine weitere PFKL-Schicht 2.51 auf die strukturierte ZRS 2.3 aufgebracht, bestrahlt, entwickelt und stabilisiert (Fig. 2 d) sowie durch Ätzen — im vorliegenden Beispiel auf volle Schichtdicke — in die ZRS 2.3 und weiter in die technologische Schicht 2.2 übertragen wird (Fig. 2 e).

Anstelle der Schrittfolge gemäß Figur 2d und 2e bzw. auch zusätzlich kann das mit den TS 1.1; 1.2 des ersten Satzes erzeugte Strukturraster durch Bestrahlung der PFKL-Schicht 2.51 mit einer weiteren geeigneten Schablone 1.5 erheblich verringert werden, wie das in den Fig. 3a–3c gezeigt ist, wobei die strukturierte ZRS 2.3 bei der Musterübertragung wiederum auf etwa halbe Schichtdicke geätzt wird.
Die Zwischenresistmaske 2.3 kann beispielsweise als Träger für übliche Lift-Off-Prozesse verwendet werden. Bekanntlich wird dabei die Resistmaske mit der zu strukturierenden technologischen Schicht 2.2 — z. B. aus Aluminium — überdeckt. Anschließend erfolgt das Abheben der Resistmaske, wobei auf den nicht mit Resist belegten Gebieten des Substrates das Aluminium verbleibt und somit maskeninvers strukturiert ist. Wenn die Dicke der mit dem Lift-Off-Verfahren zu strukturierenden technologischen Schicht ≥ der halben Dicke der ZRS ist, ist es von Vorteil, diese ZRS zunächst in eine weitere ZRS zu übertragen und erst dann die üblichen Lift-Off-Prozesse durchzuführen. Die Dicke der zweiten ZRS sollte dabei mindestens so groß wie die der zu strukturierenden technologischen Schicht sein.
Bei der Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß die Figuren 1.11; 1.12; 1.14; 1.21; 1.22; 1.24; 1.33 auf allen TS durch bezüglich des Figurenschwerpunktes symmetrische Vorverzerrung der Kanten so dimensioniert werden, daß die Sollmaße der Resiststrukturen bei Verwendung des für die Belichtung optimalen Arbeitspunktes erreicht werden.
Als ZRS können geeignete Polymere eingesetzt werden, die vorzugsweise durch oxidierende plasmaphysikalische Prozesse ätzbar sind. Dabei sind solche Materialien bevorzugt anwendbar, die durch spektral angepaßte Colorierung einen hohen Absorptionskoeffizienten für den zur Belichtung des Resists und einen niedrigen für den zur Justierung benutzten Spektralbereich aufweisen.
Fig. 4a und b) zeigt eine mögliche Variante der Schablonenabbildung mit den TS 1.1; 1.2 zur Erzeugung nur kleiner Gräben und Fenster ohne Verwendung einer ZRS. Hierzu wird die direkt auf die technologische Schicht 2.2 aufgebrachte erste PFKL-Schicht 2.41 mit der ersten TS 1.1 des ersten Satzes bestrahlt, entwickelt und stabilisiert und darüber in gleicher Weise mit der zweiten TS 1.2 des ersten Satzes eine zweite Resistmaske 2.42 erzeugt. Anschließend kann das entstandene Muster durch Ätzen in die technologische Schicht 2.2 und mindestens teilweise in das Substrat 2.1 übertragen werden.

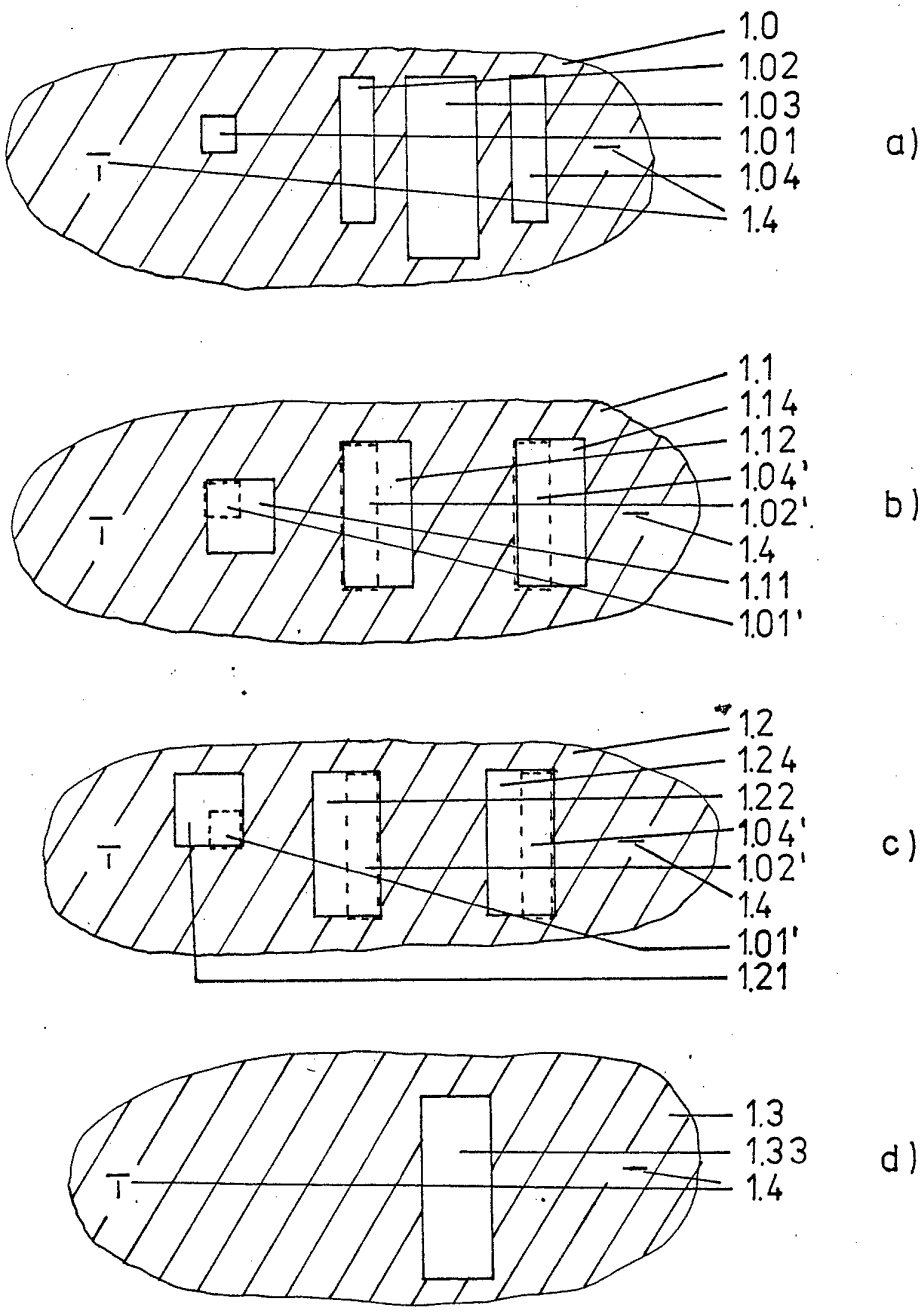

1.0
1.02
1.03
1.01
1.04
1.4
a)
1.1
1.14
1.12
1.04'
1.02'
1.4
1.11
1.01'
b)
1.2
1.24
1.22
1.04'
1.02'
1.4
1.01'
1.21
c)
1.3
1.33
1.4
d)

FIG. 1

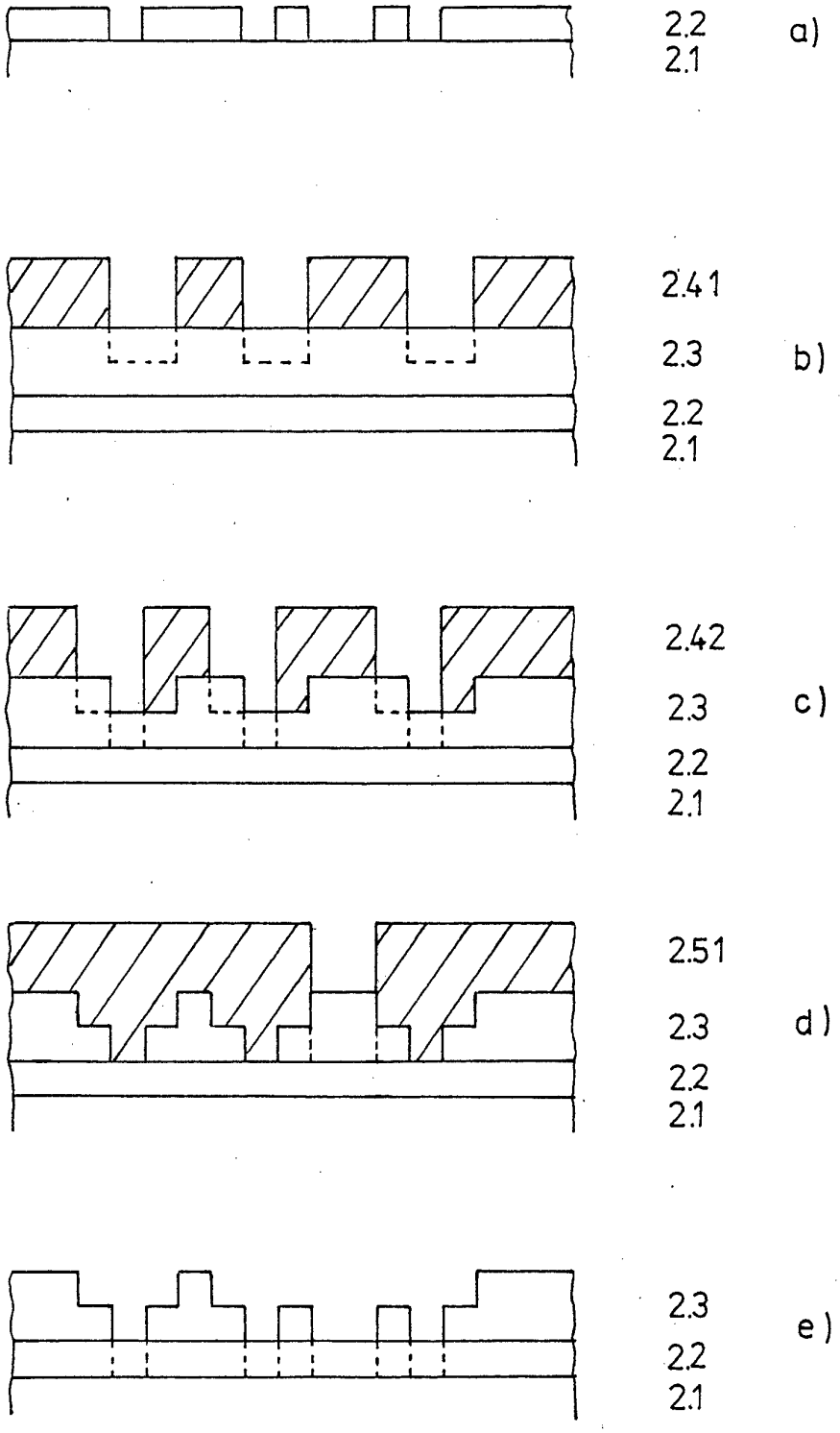


FIG. 2

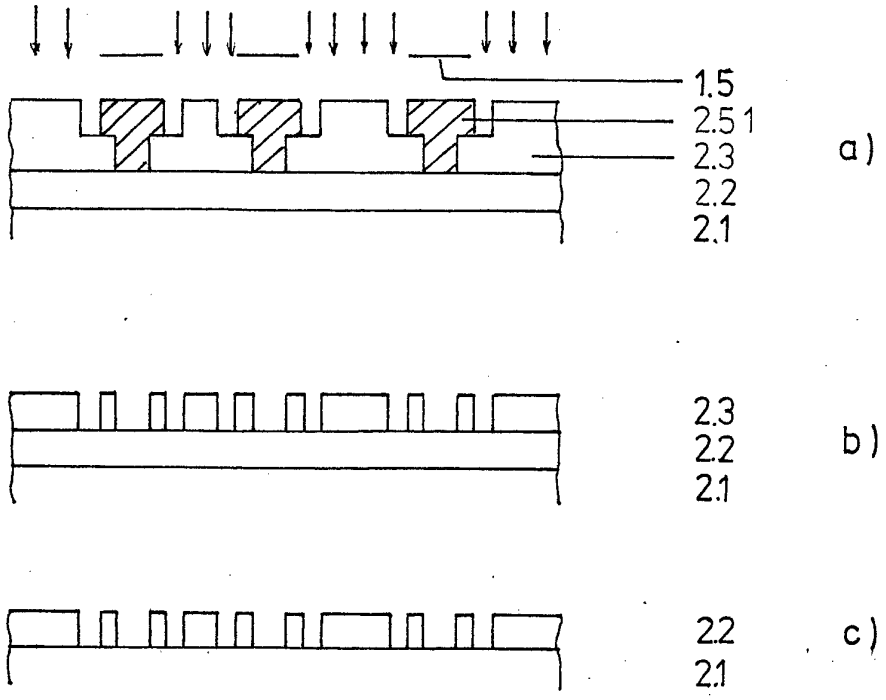


FIG. 3

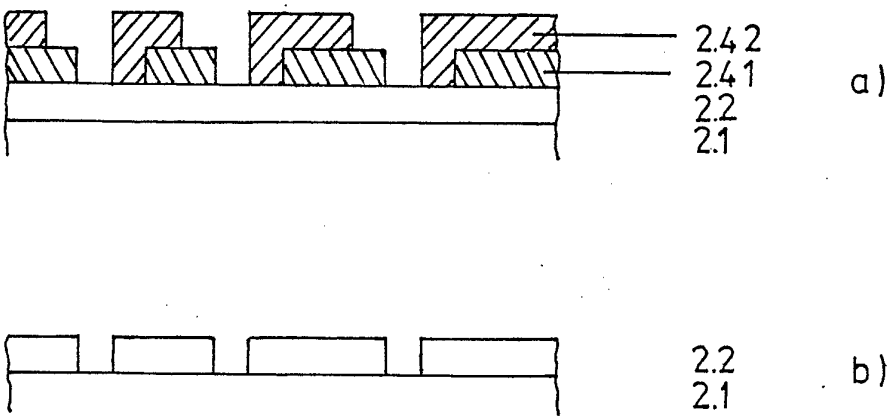


FIG. 4