



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 198 29 609 B4 2008.04.30

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 198 29 609.6

(22) Anmelddatum: 02.07.1998

(43) Offenlegungstag: 05.01.2000

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 30.04.2008

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: B81C 1/00 (2006.01)

H01L 21/822 (2006.01)

H01L 25/04 (2006.01)

G12B 1/00 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:

Heyers, Klaus, Dr., 72766 Reutlingen, DE; Elsner, Bernhard, 70806 Kornwestheim, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 44 14 970 C2

DE 43 32 843 C2

DE 196 43 893 A1

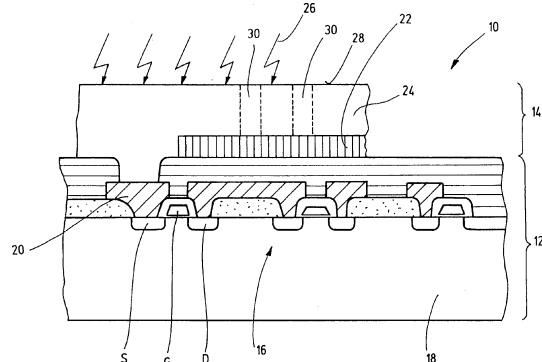
DE 44 18 163 A1

DE 44 14 968 A1

EP 01 02 069 A2

### (54) Bezeichnung: Verfahren zur Herstellung eines Mikrosystems

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Herstellung eines Mikrosystems mit einer in einem Halbleitersubstrat strukturierten integrierten Schaltung und wenigstens einer mikromechanischen Struktur, die feste und/oder bewegliche Elemente umfaßt, und die wenigstens eine mikromechanische Struktur aus einem Schichtaufbau aus Halbleitermaterialien erzeugt wird, wobei die wenigstens eine mikromechanische Struktur (30) nachträglich auf das die fertig prozessierte integrierte Schaltung (16) aufweisende Halbleitersubstrat (18) strukturiert wird, wobei auf das Halbleitersubstrat (18) eine Opferschicht (22) aufgebracht wird, auf die Opferschicht (22) wenigstens eine Schicht (24, 32, 34) von hochdotiertem, amorphem Silizium abgeschieden wird, die wenigstens eine Schicht (24, 32, 34) des amorphen Siliziums einer Laserbehandlung (26) unterzogen wird, um eine Rekristallisierung und/oder elektrische Leitfähigkeit der Schicht (24, 32, 34) zu erzeugen und die Opferschicht (22) zur Erzeugung beweglicher Elemente der mikromechanischen Struktur (30) zumindest teilweise unterhalb der Schicht (24) entfernt wird.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrosystems mit einer in einem Halbleitersubstrat strukturierten, integrierten Schaltung und wenigstens einer mikromechanischen Struktur.

**Stand der Technik**

**[0002]** Mikrosysteme der gattungsgemäßen Art sind bekannt. Diese weisen üblicherweise eine in einem Halbleitersubstrat angelegte integrierte Schaltung sowie wenigstens eine mikromechanische Struktur, die feste und/oder bewegliche Elemente umfassen kann, auf. Bekannt ist, Elemente der mikromechanischen Struktur gegebenenfalls elektrisch mit der integrierten Schaltung zu verbinden, so daß zwischen der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Struktur eine elektrisch leitende Verbindung besteht, die eine Einbindung der integrierten Schaltung in eine Ansteuerschaltung und/oder Auswertschaltung für die mikromechanische Struktur gestattet.

**[0003]** Um ein derartiges Mikrosystem zu erhalten, sind verschiedene Herstellungsverfahren bekannt. So werden beispielsweise das Halbleitersubstrat mit der integrierten Schaltung und die mikromechanische Struktur auf zwei separaten Chips hergestellt, die anschließend gefügt und mittels Drahtbondtechnik elektrisch leitend verbunden werden. Bekannt ist ferner ein Verfahren, bei dem die mikromechanische Struktur unmittelbar auf das die integrierte Schaltung aufweisende Halbleitersubstrat aufgebracht wird. Hierbei werden die festen und/oder beweglichen Elemente der mikromechanischen Struktur mittels galvanischer Metallabscheidung in einer Polymermaske aufgebracht. Hierdurch ist für mikromechanische Strukturen kein zusätzlicher Flächenbedarf auf dem Chip erforderlich, und die Prozesse zur Erzeugung der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Struktur können unabhängig voneinander realisiert werden. Jedoch ist nachteilig, daß durch die Verfahren von Metallstrukturen untypische Prozesse der Halbleitertechnologie, wie beispielsweise Galvanik, Sputterdeposition auf Polymerschichten erforderlich sind. Darüber hinaus führt das Fügen von relativ dicken Metallstrukturen (mikromechanische Strukturen) und Halbleitermaterialien (integrierte Schaltungen) aufgrund ihrer deutlich unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu starken thermischen Verspannungen, die eine fehlerfreie Funktion des Mikrosystems beeinträchtigen können.

**[0004]** Aus der DE 44 14 968 A1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines Mikrosystems bekannt, bei dem sowohl die integrierte Schaltung als auch die mikromechanischen Strukturen mittels aus der Strukturierung von Halbleitermaterialien bekannten Verfahrensschritten erzeugt werden. Hierbei werden die mi-

kromechanischen Strukturen und die integrierte Schaltung auf einem Halbleitersubstrat (Chip) parallel angelegt, so daß die Prozessierung der integrierten Schaltung mit der Prozessierung der mikromechanischen Strukturen gekoppelt ist. Hierbei ist neben dem erhöhten Flächenbedarf, da die mikromechanischen Strukturen und die integrierten Schaltungen nebeneinander angelegt werden, ferner nachteilig, daß die Prozessierung der integrierten Schaltung und die Prozessierung der mikromechanischen Strukturen nicht unabhängig voneinander optimierbar sind, da diese miteinander verknüpft sind. So wird durch das quasi gleichzeitige beziehungsweise parallele Prozessieren der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Strukturen ein beiden Prozessierungen gerecht werdender Kompromiß notwendig.

**[0005]** Die Druckschrift EP 0102069 A2 zeigt eine Vorrichtung mit einem mikroelektronischen und einem mikromechanischen Teil, welche teilweise übereinander angeordnet sind. Die Druckschrift DE 43 32 843 C2 zeigt einen Verfahrensschritt in der Laserbehandlung zur Rekristallisation von Silizium. Dieser Verfahrensschritt findet am Anfang eines Prozesses zur Herstellung einer mikroelektronischen Struktur Anwendung.

**Vorteile der Erfindung**

**[0006]** Das erfindungsgemäße Verfahren mit den im Anspruch 1 genannten Merkmalen bietet demgegenüber den Vorteil, daß in einfacher Weise eine voneinander unabhängige Optimierung der Prozessierung der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Strukturen möglich ist. Dadurch, daß die wenigstens eine mikromechanische Struktur nachträglich auf das die fertig prozes sierte integrierte Schaltung aufweisende Halbleitersubstrat strukturiert wird, können diese unabhängig voneinander erzeugt werden. Durch diese Unabhängigkeit können, ohne Rücksicht auf die Prozessierung der integrierten Schaltung, beliebige mikromechanische Strukturen erzeugt werden. Die Prozessierung des gesamten Mikrosystems wird einfacher handhabbar, da dieses in zwei Teilprozessierungen aufgeteilt ist, die jeweils für sich optimierbar sind. Insbesondere läßt sich hierdurch eine höhere Ausbeute an prozessierten Mikrosystemen erzielen, da durch die zwei Teilschritte die Handhabung der Prozesse vereinfacht wird. Ferner wird es möglich, einen Flächenbedarf des Mikrosystems zu reduzieren, da aufgrund der nacheinanderfolgenden Prozessierung der integrierten Schaltung und des mikromechanischen Systems die Möglichkeit besteht, diese übereinander anzuordnen. Gegenüber den bekannten Prozessen, bei denen die mikromechanischen Strukturen mittels galvanischer Metallabscheidungen ebenfalls oberhalb der integrierten Schaltungen erzeugbar sind, treten keine thermischen Ausdehnungsprobleme auf, da durch

die Verwendung von Halbleitermaterialien, sowohl für die integrierte Schaltung als auch für die mikromechanischen Strukturen, die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Strukturen im Wesentlichen gleich sind.

**[0007]** In bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß auf den die integrierte Schaltung aufweisenden Halbleitersubstraten wenigstens eine Kontaktmetallisierung aufgebracht wird, über die die elektrische Verbindung zwischen der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Struktur erfolgt. Hierdurch lassen sich in einfacher Weise definierte Anschlußpunkte zwischen der integrierten Schaltung und der mikromechanischen Struktur erzeugen, die durch die nachfolgende Strukturierung der mikromechanischen Strukturen in diese zur elektrischen Kontaktierung mit eingebunden werden können. Die Lage der wenigstens einen Kontaktmetallisierung kann gleichzeitig zur justierten Erzeugung der mikromechanischen Strukturen auf dem die integrierte Schaltung aufweisenden Halbleitersubstrat herangezogen werden.

**[0008]** Ferner ist bevorzugt, daß die mikromechanischen Strukturen durch Aufbringen einer Opferschicht und nachfolgendem Erzeugen wenigstens einer Polysiliziumschicht erzeugt werden, wobei die Opferschicht zumindest bereichsweise unterhalb der wenigstens einen Polysiliziumschicht entferbar ist, so daß bewegliche mikromechanische Strukturen entstehen. Diese Prozesse sind an sich bekannt und in einfacher Weise in einer Massenproduktion und somit kostengünstig beherrschbar. Insbesondere ist bevorzugt, daß auf die Opferschicht hochdotiertes amorphes Silizium abgeschieden wird, das vorzugsweise mittels einer Plasmaabscheidung aufgebracht wird und anschließend mittels einer Laserbestrahlung eine Rekristallisierung und eine elektrische Leitfähigkeit eingestellt wird. Hierdurch läßt sich insbesondere durch Einstellung von Parametern der Laserbestrahlung, insbesondere einer Bestrahlungszeit, Bestrahlungsintensität, Bestrahlungswellenhöhe die elektrische Leitfähigkeit von Bereichen der mikromechanischen Struktur exakt einstellen, ohne daß eine Beeinträchtigung der bereits prozessierten integrierten Schaltung erfolgt.

**[0009]** Ferner ist in bevorzugter Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, daß zur Erzeugung mehrlagiger mikromechanischer Strukturen in aufeinanderfolgenden Prozeßschritten wenigstens zwei Schichten aus amorphem Silizium aufgebracht werden, die jeweils einer Laserbestrahlung unterzogen werden. Hierdurch lassen sich vorteilhafterweise mehrlagige, beispielsweise dreidimensionale mikromechanische Strukturen erzeugen, wobei durch die nacheinanderfolgende Prozessierung die einzelnen Schichten dieser Strukturen unterschiedliche Eigenschaften, bei-

spielsweise unterschiedliche elektrische Leitfähigkeiten, eine unterschiedliche mechanische Spannung oder dergleichen aufweisen können. Dies erfolgt vorzugsweise durch Wahl unterschiedlicher Halbleitermaterialien für die einzelnen Schichten und/oder unterschiedlicher Dotierstoffkonzentrationen während der Abscheidung der einzelnen Schichten und/oder einer unterschiedlichen Parameterwahl bei der Laserbehandlung.

**[0010]** Ein darart hergestelltes Mikrosystem bietet den Vorteil, daß aufgrund gleicher Prozessierungsschritte bei der nacheinanderfolgenden Herstellung der integrierten Schaltung und der wenigstens einen mikromechanischen Struktur, ein lediglich geringer Platzbedarf auf einem Halbleitersubstrat notwendig ist und durch die gleichen Materialeigenschaften sich die Einsatzmöglichkeiten eines derartigen Mikrosystems, beispielsweise auch in temperaturbelasteten Bereichen, verbessern. Infolge der im wesentlichen gleichen Temperaturausdehnungskoeffizienten des die integrierte Schaltung aufweisenden Halbleitersubstrats sowie die darauf angeordneten mikromechanische Strukturen können diese auch in relativ hochtemperaturbelasteten Bereichen, beispielsweise in Kraftfahrzeugen, eingesetzt werden.

**[0011]** Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

#### Zeichnungen

**[0012]** Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**[0013]** [Fig. 1](#) eine schematische Schnittdarstellung durch ein Mikrosystem in einer ersten Ausführungsvariante und

**[0014]** [Fig. 2](#) eine schematische Schnittdarstellung durch ein Mikrosystem in einer zweiten Ausführungsvariante.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0015]** In [Fig. 1](#) ist ein insgesamt mit **10** bezeichnetes Mikrosystem schematisch dargestellt. Das Mikrosystem **10** umfaßt einen Elektronikteil **12** sowie einen Mechanikteil **14**. Der Elektronikteil **12** umfaßt eine integrierte Schaltung **16**, die auf einem Halbleitersubstrat **18** strukturiert ist. Die Strukturierung der integrierten Schaltung **16** kann beispielsweise mittels eines MOS-Prozesses, insbesondere mittels eines CMOS-Prozesses erfolgen. Hierdurch lassen sich bekanntmaßen digitale und gemischt analog/digitale Schaltungen erzeugen, die sich durch eine hohe Packungsdichte auszeichnen. Die integrierte Schaltung **16** besitzt beispielsweise einen Eingangstran-

sistor, dessen Source mit S, dessen Drain mit D und dessen Gate mit G bezeichnet ist. Dieser Eingangstransistor dient der Ankopplung des Mechanikteiles **14** an den Elektronikteil **12**. Hierzu ist die Source S mit einer Kontaktmetallisierung **20** verbunden. Die Verfahrensschritte der Herstellung der integrierten Schaltung **16** sind allgemein bekannt, so daß im Rahmen der vorliegenden Beschreibung hierauf nicht näher eingegangen werden soll. Bei der Strukturierung der integrierten Schaltung **16** ist die Kontaktmetallisierung **20** so anzuordnen, daß eine spätere Kontaktierung mit dem Mechanikteil **14** erfolgen kann.

**[0016]** Zur Herstellung des Mikrosystems **10** wird auf den fertigprozessierten Elektronikteil **12** eine Opferschicht **22** abgeschieden. Die Opferschicht **22** besteht beispielsweise aus Siliziumoxid  $\text{SiO}_2$ . Die Opferschicht **22** wird in einem Layout aufgebracht, das im Bereich der Kontaktmetallisierung **20** eine Maskenöffnung aufweist, so daß die Kontaktmetallisierung **20** nicht mit der Opferschicht **22** bedeckt ist. Die Opferschicht **22** kann beispielsweise als Plasmaoxid mittels einer APCVD(atmospheric Pressure chemical vapor deposition)-Abscheidung aufgebracht werden. Nach einem anderen Ausführungsbeispiel kann die Opferschicht **22** durch Aufschleudern einer flüssigen Oxidschicht (Spin-an-Glas) aufgebracht werden. Bei beiden möglichen Verfahren treten Prozeßtemperaturen auf, die circa  $400^\circ\text{C}$  nicht überschreiten, so daß der bereits prozessierte Elektronikteil **12** keine negative thermische Beeinflussung erfährt.

**[0017]** In einem nächsten Verfahrensschritt wird auf die Opferschicht **22** eine Schicht **24** aus einem hochdotierten, amorphen Silizium aufgebracht. Dies erfolgt beispielsweise mittels einer Plasmaabscheidung bei einer Temperatur von kleiner  $400^\circ\text{C}$ , so daß wiederum eine thermische Beeinträchtigung des Elektronikteils **12** ausgeschlossen ist. Da im Bereich der Kontaktmetallisierung **20** keine Opferschicht **22** angelegt wurde, wird die Siliziumschicht **24** im Bereich der Kontaktmetallisierung **20** bis zu dieser abgeschieden.

**[0018]** In einem nächsten Verfahrensschritt wird die hochdotierte, amorphe Siliziumschicht **24** einer hier angedeuteten Laserbehandlung **26** unterzogen. Die Laserbehandlung **26** erfolgt mit wählbaren Prozeßparametern, die insbesondere die Einstellung einer Intensität des Laserlichtes und einer Behandlungsdauer sowie die Wahl einer Wellenlänge des verwendeten Laserlichtes betreffen. Bekanntermaßen erfolgt mittels der Laserbehandlung **26** von hochdotiertem, amorphem Silizium **24** eine Rekristallisierung innerhalb der Siliziumschicht **24**, so daß diese in eine Polysiliziumschicht umgewandelt wird. Durch die Laserbehandlung **26** wird oberflächennah durch Photonenabsorption eine hohe Energiedichte eingekoppelt, die das amorphe Silizium oberflächlich aufschmilzt und hierbei mittels Flüssigphasenabschei-

dung ein Kornwachstum stattfindet, das zu der polykristallinen Struktur der Schicht **24** führt. Gleichzeitig erfolgt eine Aktivierung der Dotierungsstoffe innerhalb der Schicht **24**, so daß diese eine hohe elektrische Leitfähigkeit erhält. Über die dann elektrisch leitfähige Siliziumschicht **24** erfolgt eine Ankopplung an die integrierte Schaltung **16**, da die Schicht **24** mit der Kontaktmetallisierung **20** elektrisch leitend verbunden ist. Die Laserbehandlung **22** erfolgt beispielsweise mit einem Licht mit einer Wellenlänge  $\lambda$  von  $308\text{ nm}$ , einer Pulszeit  $t_p$  von  $50\text{ ns}$ . Hierdurch wird eine Oberflächentemperatur auf der Siliziumschicht **24** von größer  $1400^\circ\text{C}$  erreicht, die zur Einkopplung der hohen Energiedichte notwendig ist. Das Halbleitersubstrat **18** und somit die integrierte Schaltung **16** wird hierbei mit einer Temperatur von kleiner  $250^\circ\text{C}$  belastet, so daß negative thermische Auswirkungen auf die integrierte Schaltung **16** ausgeschlossen sind.

**[0019]** In einem nächsten Verfahrensschritt wird die Oberfläche **28** der nun polykristallinen Siliziumschicht **24** geglättet, beispielsweise mittels eines chemisch-mechanischen Polierens, mit dem sich völlig plane Oberflächen erreichen lassen. Nachfolgend wird in der polykristallinen Siliziumschicht **24** wenigstens eine mikromechanische Struktur **30** erzeugt (gestrichelt angedeutet). Die Strukturen **30** lassen sich mittels bekannter anisotroper Silizium-Ätzungsverfahren erzielen, bei denen nach entsprechender Maskierung Trenchgräben oder dergleichen aus der polykristallinen Siliziumschicht **24** herausgelöst werden können. Die aus Siliziumoxid bestehende Opferschicht **22** dient hierbei als Ätzstop und schützt somit die integrierte Schaltung **16**. Nach erfolgter Strukturierung der mikromechanischen Strukturen **30** wird die Opferoxidschicht **22** durch isotropes naßchemisches Ätzen entfernt. Hierdurch werden zwischen der polykristallinen Siliziumschicht **24** und der integrierten Schaltung **16** Freiräume erzielt, die eine bewegliche Anordnung von mikromechanischen Strukturen **30** über dem Elektronikteil **12** des Mikrosystems **10** gestatten. Derartig beweglich angeordnete mikromechanische Strukturen **30** werden beispielsweise als Sensoren oder Aktoren eingesetzt. Durch die elektrische Leitfähigkeit der polykristallinen Siliziumschicht **24** und somit der mikromechanischen Strukturen **30** und deren Ankopplung an die integrierte Schaltung **16** über die Kontaktmetallisierung **20** können diese in eine Ansteuer- und/oder Auswertschaltung des Mikrosystems **10** einbezogen werden. Beispielsweise bei elektrostatisch antreibbaren mikromechanischen Strukturen **30** oder kapazitiven Auswertemitteln, bei denen die mikromechanischen Strukturen **30** mit der Oberfläche der integrierten Schaltung **16** eine Kapazität bilden, lassen sich integrierte Mikrosysteme **10** erzielen.

**[0020]** Anhand des Ausführungsbeispiels wird deutlich, daß nach Abschluß der Prozessierung des

Elektronikteils, das heißt der integrierten Schaltung **16**, der Mechanikteil **14** ebenfalls mittels Verfahrensschritte der Silizium-Halbleitertechnologie strukturiert wird. Der Mechanikteil **14** wird quasi dem Elektronikteil **12** aufgesetzt, so daß durch diese additive Technik kein zusätzlicher Flächenbedarf für den Mechanikteil **14** besteht. Insbesondere kann die Erzeugung des Mechanikteils **14** vollkommen unabhängig von der Prozessierung des Elektronikteils **12** erfolgen, wobei lediglich an geeigneter Stelle die wenigstens eine Kontaktmetallisierung **20** vorzusehen ist. Elektronikteil **12** und Mechanikteil **14** lassen sich so unabhängig voneinander optimieren, wobei insbesondere die einzelnen Prozeßschritte an die gewünschten Eigenschaften des Elektronikteils **12** und des Mechanikteils **14** angepaßt werden können, ohne daß auf den jeweils anderen Teil Rücksicht zu nehmen wäre. Durch die Verwendung von Halbleitermaterialien für den Mechanikteil weist dieser einen im Wesentlichen gleichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten wie der Elektronikteil **12** auf, so daß negative mechanische Einflüsse zwischen dem Elektronikteil **12** und dem Mechanikteil **14** nahezu ausgeschlossen sind. Insbesondere, wenn der Mechanikteil **14** als bewegliche Strukturen **30** Membranen umfaßt, beispielsweise bei Drucksensoren, oder seismische Massen, bei Beschleunigungssensoren, ist eine Eliminierung mechanischer Einflüsse zwischen dem Elektronikteil **12** und dem Mechanikteil **14** eminent wichtig.

**[0021]** In der [Fig. 2](#) ist ein Mikrosystem **10** in einem weiteren Ausführungsbeispiel gezeigt, wobei gleiche Teile wie in [Fig. 1](#) mit gleichen Bezeichnungen versehen und nicht nochmals erläutert sind. Das Mikrosystem **10** gemäß [Fig. 2](#) baut auf dem anhand von [Fig. 1](#) beschriebenen Mikrosystem **10** auf. Zusätzlich sind auf die Siliziumschicht **24**, nachdem diese rekristallisiert, poliert und strukturiert wurde, weitere Siliziumschichten **32** und **34** aufgebracht. Die Schichten **32** und **34** werden ebenfalls als hochdotierte, amorphe Siliziumschichten aufgebracht und analog zu dem in [Fig. 1](#) erläuterten Verfahren rekristallisiert, poliert und strukturiert. Hierbei kann eine Schichtdicke der Siliziumschichten **24**, **32** und **34** unterschiedlich gewählt sein. Ferner kann gleichzeitig eine Dotierstoffkonzentration in den Schichten **24**, **32** und **34** unterschiedlich sein. Schließlich ist auch die Laserbehandlung zur Rekristallisation der Siliziumschichten **24**, **32** oder **34** mit unterschiedlichen Parametern durchführbar. Durch die zur Verfügung stehenden Kombinationsmöglichkeiten können so mehrlagige mikromechanische Strukturen **30** erzeugt werden. Insbesondere durch unterschiedliche Strukturierung der mikromechanischen Strukturen **30** in den Siliziumschichten **24**, **32** und **34** lassen sich dreidimensionale Strukturen, beispielsweise Aktuatoren, Motoren, smart mechanical tools, in einfacher Weise mittels Verfahren der Silizium-Halbleitertechnologie erzielen. Über die Dotierstoffkonzentration kann eine elektrische Leitfähigkeit zwischen den einzelnen Schich-

ten **24**, **32** und **34** eingestellt beziehungsweise gegebenenfalls verhindert werden. In den Schichten **24**, **32** und **34** sind jeweils nur schematisch unterschiedlich strukturierte mikromechanische Strukturen **30** angedeutet, die jeweils durch separates anisotropes Ätzen der einzelnen Schichten **24**, **32** und **34** in ihrer Geometrie und Dimensionierung auslegbar sind. Insbesondere kann auch durch eine unterschiedliche Schichtdicke und/oder eine unterschiedliche Dotierstoffkonzentration in den Schichten **24**, **32** und **34** eine gezielte Beeinflussung des mechanischen Spannungszustandes des Mechanikteils **14** erfolgen. So läßt sich beispielsweise eine mechanische Vorspannung von beweglich angeordneten mikromechanischen Strukturen **30** erzielen.

**[0022]** Die Erfindung beschränkt sich selbstverständlich nicht auf die dargestellten Ausführungsbeispiele. So sind einerseits auch Mechanikteile **14** mit zwei oder mehr als drei nacheinander abgeschiedenen Siliziumschichten **24**, **32** und **34** möglich. Ferner kann ein Mikrosystem **10** mehrere unabhängig voneinander zusammenwirkende integrierte Schaltungen **16** und mikromechanische Strukturen **30** aufweisen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Mikrosystems mit einer in einem Halbleitersubstrat strukturierten integrierten Schaltung und wenigstens einer mikromechanischen Struktur, die feste und/oder bewegliche Elemente umfaßt, und die wenigstens eine mikromechanische Struktur aus einem Schichtaufbau aus Halbleitermaterialien erzeugt wird, wobei die wenigstens eine mikromechanische Struktur (**30**) nachträglich auf das fertig prozessierte integrierte Schaltung (**16**) aufweisende Halbleitersubstrat (**18**) strukturiert wird, wobei auf das Halbleitersubstrat (**18**) eine Opferschicht (**22**) aufgebracht wird, auf die Opferschicht (**22**) wenigstens eine Schicht (**24**, **32**, **34**) von hochdotiertem, amorphem Silizium abgeschieden wird, die wenigstens eine Schicht (**24**, **32**, **34**) des amorphen Siliziums einer Laserbehandlung (**26**) unterzogen wird, um eine Rekristallisation und/oder elektrische Leitfähigkeit der Schicht (**24**, **32**, **34**) zu erzeugen und die Opferschicht (**22**) zur Erzeugung beweglicher Elemente der mikromechanischen Struktur (**30**) zumindest teilweise unterhalb der Schicht (**24**) entfernt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine mikromechanische Struktur wenigstens eine elektrisch leitende Verbindung zu dem Halbleitersubstrat erhält.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem die integrierte Schaltung (**16**) aufweisenden Halbleitersubstrat (**18**) wenigstens eine Kontaktmetallisie-

rung (20) aufgebracht wird, über die die elektrische Verbindung zwischen der integrierten Schaltung (16) und der mikromechanischen Struktur (30) erfolgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Opferschicht (22) eine Siliziumoxid-Schicht abgeschieden wird, die durch naßchemisches isotropes Ätzen teilweise entfernt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Siliziumoxid-Schicht durch Plasmaoxid-Abscheidung aufgebracht wird oder als Spin-on-Glas.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine Schicht (24, 32, 34) aus amorphem Silizium durch Plasmaabscheidung aufgebracht wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in wenigstens einer der laserbehandelten Schichten (24, 32, 34) die mikromechanischen Strukturen (30) strukturiert werden.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung mehrlagiger mikromechanischer Strukturen in aufeinanderfolgenden Prozeßschritten wenigstens zwei Schichten (24, 32, 34) aus amorphem Silizium aufgebracht werden, die jeweils einer Laserbehandlung (26) unterzogen werden.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten (24, 32, 34) aus amorphem Silizium mit unterschiedlicher Schichtdicke und/oder unterschiedlicher Dotierstoffkonzentration aufgebracht werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichten (24, 32, 34) vor und/oder nach der Laserbehandlung (26) und/oder vor und/oder nach der Strukturierung der mikromechanischen Strukturen (30) geglättet, insbesondere chemisch-mechanisch poliert werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

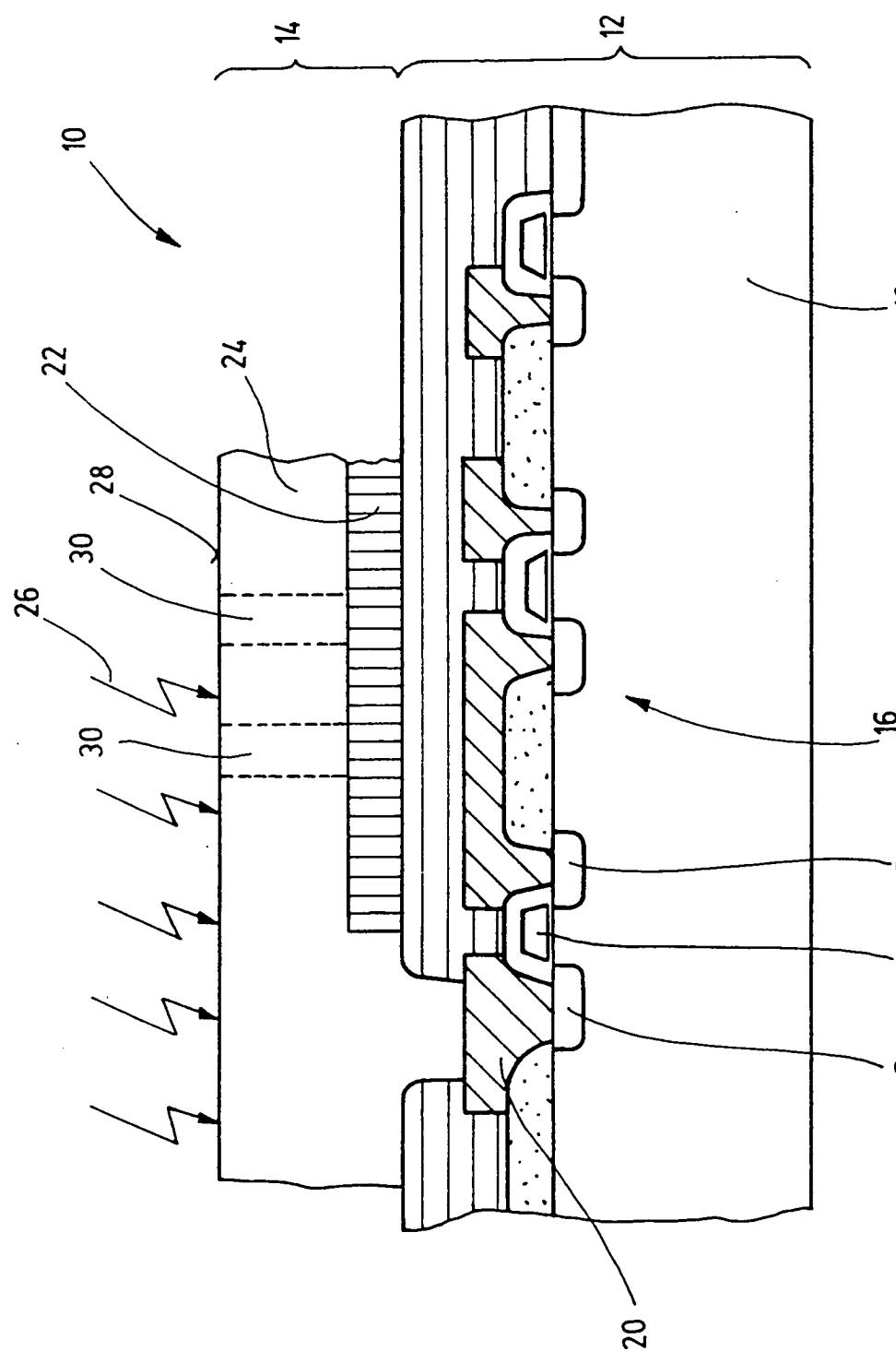


Fig. 1

