



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 195 39 178 B4 2005.12.15**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **195 39 178.0**
 (22) Anmeldetag: **20.10.1995**
 (43) Offenlegungstag: **25.04.1996**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **15.12.2005**

(51) Int Cl.7: **B81B 3/00**
H01L 21/66, H01L 21/58, G01P 15/12,
G01P 21/00

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).

(30) Unionspriorität:
256587/94 21.10.1994 JP

(73) Patentinhaber:
Fuji Electric Co., Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP;
Fujitsu Ten Ltd., Kobe, Hyogo, JP

(74) Vertreter:
KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 81245
München

(72) Erfinder:
Ueyanagi, Katsumichi, Kawasaki, Kanagawa, JP

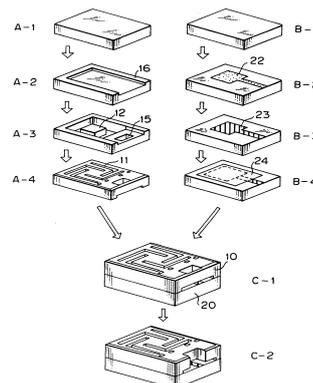
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 44 26 590 A1
DE 44 19 267 A1
DE 43 09 786 A1
=GB 22 66 151 A
DE 39 22 476 A1
GB 22 66 151 A
US 51 03 667 A

US 52 64 075
US 33 97 278
EP 03 69 352 A1
EP 03 68 446 A2
LEONARD, Milt: IC Fabrication Techniques Sculpt
Silicon Sensors. In: Electronic Design, Oct.26,
1989, S.39-42-46;
IVERSEN R. WESLEY: The Vendors are betting
their
Chips on. Silicon Sensors. In: Electronics,
July 1989, S.54-56,59;
BÜTTGENBACH, Stephanus:
Mikromechanik, Verlag
B.G.Teubner, Stuttgart, 1991, S.134-136,168-171;
ALBAUGH, Kevin B.: Electrode Phenomena during
Anodic Bonding of Silicon to Sodium Borosilicate
Glass. In: J.Electrochem.Soc., Vol.138, No.10,
Oct.1991, S.3089-3094;
WALLIS, George, POMERANTZ, Daniel I.: Field
Assisted Glass-Metal Sealing. In: Journal of
Applied Physics, Vol.40, Nr.10, Sep.1969,
S.3946-3949;

(54) Bezeichnung: **Halbleiterbeschleunigungssensor und Verfahren zu seiner Herstellung**

(57) Hauptanspruch: Halbleiterbeschleunigungssensor, mit einem Siliziumdetektorelement (10) mit einem Gewicht (12), einem Halterahmen (16), mindestens einem Träger (11) zum Ankoppeln des Gewichtes an den Halterahmen, und einem Durchgangsloch (15) von einer Oberseite des Siliziumdetektorelements zu einer Unterseite desselben, die integral aus einem Silizium-Wafer herausgearbeitet sind, wenigstens einem Halbleiterdehnungsmeßstreifen (13), der auf einer Oberfläche des mindestens einen Trägers (11) ausgebildet ist, einem Glassubstrat (20), das mit dem Halterahmen (16) des Siliziumdetektorelements (10) elektrostatisch zusammengefügt ist, einem Spalt (17), der zwischen einer oberen Oberfläche des Glassubstrats (20) und der unteren Fläche des Gewichtes (12) gebildet ist, und einem leitenden Film (21) auf der oberen Oberfläche des Glassubstrats (20),

wobei der leitende Film (21) einen ersten Abschnitt, der die untere Oberfläche des Gewichtes (10) anblickt und der eine Fläche, die größer als die Fläche der unteren Oberfläche des Gewichtes ist, aufweist und zusätzlich einen länglichen zweiten Abschnitt (21a), der...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Halbleitersensor (Beschleunigungsmesser) zum Wahrnehmen der Änderung einer Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf einen Halbleiterbeschleunigungsmesser einer Art, bei der ein Dehnungsmeßstreifen verwendet wird unter Ausnutzung der Widerstandsänderung, die durch Ausdehnen oder Verformen eines Halbleiters verursacht wird. Ferner bezieht sich die Erfindung auf ein Verfahren zur Herstellung des Sensors.

[0002] Die in den verschiedenen industriellen Bereichen eingesetzten Beschleunigungsmesser können im allgemeinen in die folgenden Typen eingeordnet werden:

- (i) Servo-Typ Beschleunigungsmesser, der die Verschiebung seines Gewichtselements oder einer dünnen Platte aus einer Gleichgewichtsposition erfaßt, wenn er dem Einfluß einer Beschleunigung unterliegt;
- (ii) Piezoelektrischer Beschleunigungsmesser, der ein piezoelektrisches Material benutzt, das abhängig von einer zu verursachenden Verformung eine elektrische Spannung oder Ladungen erzeugt; und
- (iii) Dehnungsmeßstreifen-Typ Beschleunigungsmesser, der die Veränderung im Widerstand ausnutzt, die durch Ausdehnung oder Zusammenziehen eines Metalls oder eines Halbleiters verursacht wird.

[0003] In der Automobilindustrie werden z.B. bei dem sogenannten Airbag-System zum Gewährleisten der Sicherheit eines Fahrers bei einem Verkehrsunfall Beschleunigungsmesser eingesetzt. Das Airbagsystem soll verhindern, daß der Fahrer gegen einen Handgriff oder dergleichen prallt, indem der Airbag plötzlich expandiert, wenn ein in ihm enthaltener Beschleunigungsmesser eine plötzliche Verminderung der Geschwindigkeit als Folge eines Unfalls oder dergleichen erfaßt. In diesem Fall ist die Sicherheit des Fahrers unmittelbar von dem Zustand des Beschleunigungsmessers abhängig, so daß der Beschleunigungsmesser des Airbagsystems eine hohe Zuverlässigkeit aufweisen muß. Deshalb sind Beschleunigungsmesser kleiner Abmessungen, die auf einem Halbleitersubstrat einen Dehnungsmeßstreifen enthalten, bei Airbagsystemen ausprobiert worden.

[0004] Im allgemeinen gibt es zwei Arten von Halbleiterdehnungsmeßstreifen, nämlich den Massetyp und den Diffusionstyp. Zur Herstellung des Beschleunigungsmessers vom Diffusionstyp können bekannte Verfahren zur Herstellung integrierter Schaltungen benutzt werden, so daß es möglich ist, eine Verstärkerschaltung, eine Kompensationsschaltung und dergleichen auf einem gemeinsamen Substrat zu in-

tegrieren. Außerdem kann der Einfluß von Temperaturänderungen auf den Dehnungsmesser exakt durch Integrieren einer Brückenschaltung in den Dehnungsmesser kompensiert werden.

[0005] Üblicherweise kann die Funktion des Halbleiterbeschleunigungsmessers durch Durchführung eines Vibrationstests (Beschleunigungstests) unter Verwendung einer großen Vibrationsprüfmaschine abgeschätzt werden. Zum Herstellen des Beschleunigungsmessers, der stets stabil arbeitet, wird der Beschleunigungsmesser einem Prozess unterworfen, der den Kompensationsschritt der Änderung in den erhaltenen Empfindlichkeitswerten des Beschleunigungsmessers unter Verwendung einer Kompensationsschaltung umfaßt.

[0006] Um den Test in großem Umfang auszuführen, sollten eine Vielzahl von Prüfmaschinen gleichzeitig betrieben werden, um eine Vielzahl von Halbleiterbeschleunigungsmessern gleichzeitig prüfen zu können. Damit erfordert dieser Prozess eine Menge an Zeit und verursacht extrem hohe Produktionskosten.

Stand der Technik

[0007] Um diese Probleme zu lösen haben Allen und seine Mitarbeiter in dem US-Patent 51031667 einen Beschleunigungsmesser vorgestellt, der die Fähigkeiten besitzt sich selbst zu prüfen und zu eichen. Dieser Beschleunigungsmesser ist in **Fig. 1** dargestellt.

[0008] Der Beschleunigungsmesser nach **Fig. 1** enthält einen Siliziumrahmen **120**, eine Siliziumkappe **140**, eine Siliziummasse **110** und eine Siliziumbasis **150**. Außerdem wird die Siliziummasse **110** durch den Siliziumrahmen **120** mit Hilfe von Biegestellen **112**, **114** abgestützt, auf denen die Piezowiderstände **130**, **132** ausgebildet sind. Eine Öffnung der Kappe **140** ist so angeordnet, daß sie gegen den Siliziumrahmen **120** weist, um zwischen diesen Elementen einen Luftspalt **142** zu bilden. Wie in der Figur dargestellt ist, ist ferner an der Innenfläche der Kappe **140** eine Durchbiegungselektrode **160** angeordnet. Andererseits ist die Masse **110** so angeordnet, daß sie gegen die Siliziumbasis **150** weist, um zwischen diesen Elementen einen Luftspalt **152** zu bilden. Der Rahmen **120** weist auf seiner Oberfläche ein Anschlußfeld **161** auf. Damit ist die Elektrode **160** mit dem Anschlußfeld **161** mittels eines auf einer Oberfläche der Kappe **140** ausgebildeten metallischen Leiters **180** elektrisch verbunden.

[0009] Bei der bekannten Ausführungsform nach **Fig. 1** sind der Siliziumrahmen **120**, die Siliziumkappe **140** und die Siliziumbasis miteinander verbunden bzw. zusammengebonded. Selbst wenn versucht wird ein Bindemittel, ein Lot oder ein anderes geeig-

netes Mittel zum Verbinden zu benutzen um den Aufbau nach **Fig. 1** zu realisieren, besteht die Möglichkeit einer Verschlechterung der gebondeten oder verbundenen Schichten. Deshalb besteht die Gefahr, daß die Zuverlässigkeit des Beschleunigungsmessers reduziert wird. Um die Luftspalte **142**, **152** zu steuern, die wichtige Parameter für eine Speicherung darstellen, sollte auch die Dicke der verbundenen bzw. gebondeten Schichten gesteuert werden. Dies ist jedoch technisch schwierig.

[0010] Übrigens als ist als Verbindungsprozess ohne Verwendung irgendeines Verbindungsmittels oder Verbindungsmaterials das elektrostatische Bonden (Anoden-Bonden) bekannt geworden. Der Prozess umfaßt die Schritte Kontaktierens von Silizium und Glas und Anlegen einer Spannung von ungefähr 600 Volt bei einer Temperatur von 300 bis 500° C, um Alkali-Ionen des Glases zur Zwischenfläche wandern zu lassen, mit dem Ergebnis der Bildung einer Raumladungsschicht um deren Zwischenfläche. Die Raumladungsschicht ist verantwortlich für die Erzeugung eines statischen Feldes, um zwischen dem Silizium und dem Glas eine chemische Verbindung zu bilden. Die chemische Verbindung kann das Ergebnis der Bildung von SiO₂ in der Zwischenfläche zwischen dem Silizium und dem Glas sein, durch Verbinden von Si mit O⁻, das durch das Glas unter der Einwirkung des elektrischen Feldes wandert.

[0011] Bei Anwendung des elektrostatischen Verbindungsprozesses zum Zusammenbonden zweier Siliziummaterialen, wie es in dem genannten US-Patent beschrieben ist, wird auf der Verbindungsfläche des jeweiligen aufzubringenden Siliziummaterials mittels einer Naßoxidation eine SiO₂ Membran gebildet. Gleichzeitig werden eine Menge an SiOH-Gruppen in der SiO₂ Membran gebildet, da H⁺ als Träger für die folgende Reaktion benutzt wird:



[0012] Aluminiummaterial, das im allgemeinen für die elektrische Verdrahtung bzw. Verbindung benutzt wird, kann bei dem obengenannten Prozess des elektrostatischen Bondens jedoch nicht benutzt werden, da der Prozess den Schritt umfaßt, daß das Material der hohen Temperatur von 900° C unterworfen wird. Während des Prozesses kann außerdem die Vorrichtung auf der die Schaltung gebildet wird, durch die thermische Belastung beschädigt werden. Es ist demzufolge in der Praxis schwierig, das elektrostatische Bonden bei einem Prozess zur Herstellung eines Halbleiterbeschleunigungsmessers einzusetzen.

[0013] Um dieses Problem zu lösen, glaubte man, daß anstelle der Siliziumkappe **140** eine Glaskappe benutzt werden könnte, um den Schritt des elektrostatischen Verbindens mit dem Siliziumrahmen bei einer Temperatur von 300 bis 500° C ausführen zu

können.

[0014] Die **Fig. 2A** und **2B** zeigen ein Beispiel eines bekannten Beschleunigungsmessers bei dem eine Kappenschicht **200** und ein Substrat **300** aus Glas hergestellt sind, während ein Detektor **100** aus Silizium besteht. Die Elemente sind zu Schichten ausgebildet, mittels des elektrostatischen Bondens bei niedriger Temperatur. **Fig. 2A** ist eine Querschnittsgesamtansicht des bekannten Beschleunigungsmessers und **Fig. 2B** eine vergrößerte Ansicht des in **Fig. 2A** mittels einer gestrichelten Linie umrandeten Teils.

[0015] Eine innere Aushöhlung **210** der Kappe **200** weist eine elektrisch leitende Membran **202** auf, die nach außen hin verlängert ist, mittels einer Verbindungsfläche **400** als elektrischer Verbindung mit dem Siliziumdetektor **100**. Eine Vielzahl von Halbleiterdehungsmeßstreifen **104** auf der Biegestelle **101** bildet eine Wheatstone'sche Brückenschaltung mit einer Erde, die sowohl mit dem Siliziumdetektor **100** als auch der Masse **102** verbunden ist. Der Siliziumdetektor **100** enthält einen Rahmen **103** zum Abstützen der Masse **102** mittels der Biegestellen **101**. Eine Oberfläche des Rahmens **103** ist elektrostatisch mit der Basis **300** verbunden, um eine Aushöhlung **301** zu bilden.

[0016] Zur Verwirklichung dieses Aufbaus ist es jedoch erforderlich, die Elektrode **202** mit dem Siliziumdetektor **100** dadurch zu verbinden, daß die Elektrode von der Aushöhlung **201** der Kappe zur Verbindungs- bzw. Kontaktfläche **400** geführt wird. Wie in **Fig. 2B** dargestellt ist, sollte ferner die der Basis gegenüberliegende Stirnfläche der Kappe als geneigte Ebene ausgebildet sein, um zwischen der Kappe und der Basis Platz zu schaffen, so daß es schwierig ist, die Verbindungs- bzw. Kontaktfläche **400** gleichmäßig zu gestalten. Deshalb ist die Verbindungs- bzw. Kontaktfläche **400** nicht zuverlässig im Hinblick auf ihre mechanische Festigkeit. Insbesondere im Falle des Einsatzes des Beschleunigungsmessers als Stoßfassungssensor, wie bei einem Airbagsystem eines Automobils sollte der Sensor mit hoher Zuverlässigkeit hinsichtlich seiner mechanischen Festigkeit aufgebaut sein. Ansonsten könnte der Sensor einen fatalen Schaden verursachen. Um derartige Probleme zu vermeiden, hatte man die Idee, die Kontakt- und Verbindungsflächen zu vergrößern.

[0017] Dies verursacht jedoch andere Probleme, wie eine Zunahme der Herstellungskosten als Folge einer vergrößerten Chip-Größe. Im allgemeinen ist es verglichen zu Silizium sehr schwierig, wenn bei Glasmaterial, das dem Prozess des elektrostatischen Bondens unterworfen wird, eine kleine Aussparung (5-15 µm) auf der Oberfläche des Glases herzustellen ist und die Kosten hierfür sind sehr groß.

[0018] Ein Wafer kann in Chips geschnitten werden, die einen Drei-Schicht-Aufbau unterschiedlicher Materialien (d.h. Silizium und Glas) besitzen, indem ein Chip-Schneidergerät eingesetzt wird. In diesem Fall muß jedoch das Schneiden mit einer extrem niedrigen Geschwindigkeit von 1 bis 5 mm/sec durchgeführt werden, da ein Chip aus verschiedenen Materialien geschnitten wird, was hohe Herstellungskosten zur Folge hat.

[0019] Aus der DE 43 09 786 A1, der EP 0 368 446 A2 und der EP 0 369 352 A1 sind weitere Halbleiterbeschleunigungssensoren, Prüfverfahren für diese und Herstellungsverfahren für diese bekannt.

Aufgabenstellung

[0020] Aufgabe der Erfindung ist es, einen Halbleiterbeschleunigungssensor mit hoher Zuverlässigkeit, dessen Herstellungskosten verhältnismäßig niedrig sind und der einfach geprüft bzw. geeicht werden kann, und ein Herstellungsverfahren für einen solchen Halbleiterbeschleunigungssensor anzugeben.

[0021] Die Aufgabe wird gelöst durch einen Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1 bzw. ein Herstellungsverfahren nach Anspruch 4.

[0022] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ausführungsbeispiel

[0023] Es folgt die Beschreibung von Ausführungsbeispielen anhand der Figuren. Von den Figuren zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine Schnittansicht eines bekannten Halbleiterbeschleunigungsmessers;

[0025] [Fig. 2A](#) eine Schnittansicht eines weiteren bekannten Halbleiterbeschleunigungsmessers;

[0026] [Fig. 2B](#) eine vergrößerte Teilansicht des bekannten Halbleiterbeschleunigungsmessers nach [Fig. 2A](#);

[0027] [Fig. 3](#) eine perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Halbleiterbeschleunigungsmessers;

[0028] [Fig. 4](#) eine Querschnittsansicht längs der Linie A-A' des Halbleiterbeschleunigungsmessers nach [Fig. 3](#);

[0029] [Fig. 5](#) eine Darstellung der jeweiligen Verfahrensschritte zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Halbleiterbeschleunigungsmessers; und

[0030] [Fig. 6](#) eine Kennlinie der Beziehung zwi-

schen der angelegten Spannung und der künstlichen Beschleunigung.

[0031] Es werden nun unter Bezugnahme auf die Figuren die bevorzugten Ausführungsformen dieser Erfindung erläutert.

[0032] [Fig. 3](#) ist eine perspektivische Ansicht der ersten Ausführungsform eines Halbleiterbeschleunigungsmessers gemäß dieser Erfindung. [Fig. 4](#) ist eine Querschnittsansicht längs der Linie A-A' des Halbleiterbeschleunigungsmessers nach [Fig. 3](#).

[0033] Der Halbleiterbeschleunigungsmesser gemäß der vorliegenden Erfindung enthält eine Basisplatte **20** aus Glas, einen Siliziumdetektor **10**, der durch integrales Bearbeiten von Siliziummaterial mittels Mikrobearbeitungstechnologie hergestellt ist, sowie eine auf der Glasbasisplatte **20** vorgesehene elektrokonduktive Membran **21**.

[0034] Der Siliziumdetektor enthält einen Träger **11** in Form eines indischen Hakenkreuzes auf dem Halbleiterdehnungsmeßstreifen angeordnet sind; ein in der Mitte des Detektors **10** und durch den Träger **11** abgestütztes Gewicht; und einen Halterahmen **16** auf dem Anschlußfelder **14** ausgebildet sind als Ausgangssignalelemente, die mit einer externen Vorrichtung zu verbinden sind und die integral im Detektor **10** bearbeitet sind.

[0035] Halbleiterdehnungsmeßstreifen sind dem Fachmann bekannt und deshalb können die Halbleiterdehnungsmeßstreifen **13** der vorliegenden Ausführungsform nach einem der bekannten Verfahren hergestellt werden. Bei dieser Ausführungsform bilden die Halbleiterdehnungsmeßstreifen eine Wheatstone'sche Brückenschaltung (nicht dargestellt), so daß sie eine Ausgangsdifferenz erzeugen, wenn die Beschleunigung auftritt. Eine Basiselektrode des Siliziumdetektors **10** stellt eine Verbindung mit einer Speiseelektrode für die Wheatstone'sche Brückenschaltung her. Zum Ändern der Form des Gewichts **12**, das durch den Träger **11** gehalten wird, ist außerdem zwischen dem Gewicht **12** und der Glasplatte **20** ein Spalt **17** ausgebildet. Bei einem derartigen Aufbau kann der Halbleiterbeschleunigungsmesser eine übermäßige Vibration verhindern, die durch die Resonanzfrequenz des Aufbaus aus dem Träger **11** und dem Gewicht **12** hervorgerufen wird, indem in dem Spalt zwischen dem Gewicht und der Glasbasisplatte **20** ein Quetschfilmeffekt erzeugt wird.

[0036] Die elektrokonduktive Membran **21**, die an einer Oberfläche der Glasbasisplatte angeordnet ist, weist einen Endabschnitt **21a** auf, um eine Verbindung zu einer äußeren Vorrichtung herzustellen. Der Endabschnitt **21a** erstreckt sich zu einem Ende der Glasbasisplatte **20**. Wie in der Figur dargestellt, ist ein Teil des einen dem Endabschnitt **10** gegenüber-

liegenden Endes des Detektors **10** entfernt um einen Durchgang **15** zu bilden, durch den der Endabschnitt **21a** der elektrokonduktiven Membran **21** mittels Drahtbonden oder dergleichen mit einer externen Vorrichtung verbunden werden kann. Um während des Schneidens eines Wafers in Chips (d.h. im Chipschneideschritt) die Erzeugung kleiner Bruchstücke oder dergleichen zu vermeiden, weist eine Kante des Halterahmens **16** einen Unterschied im Pegel als Schneideaussparbereich **18** auf, mit einer Breite von über einigen 10 µm mehr als die einer Schleifscheibe, die im Schritt des Schneidens benutzt werden soll.

[0037] Es wird nun das Verfahren zur Herstellung des Halbleiterbeschleunigungsmessers mit dem obigen Aufbau anhand von [Fig. 5](#) im einzelnen beschrieben.

[0038] In dieser Figur stellen A-1 bis A-4 die Schritte zur Herstellung eines Silizium-Wafers, die Schritte B-1 bis B4 die Schritte zur Herstellung eines Glassubstrates und C-1 bis C-2 die Schritte zum Herstellen eines Halbleiterbeschleunigungssensors dar.

[0039] Beim Schritt A-1 wird ein Silizium-Wafer mit vorgegebenen Abmessungen hergestellt.

[0040] Im Schritt A-2 wird der Silizium-Wafer einer Spalt-Bildung unterworfen um einen U-förmigen Halterahmen **16** zu bilden. Der Rahmen **16** dient zur Schaffung eines Spalts zwischen einem Gewicht **12** und einem Glas **20** und ist außerdem sehr wichtig um Abzudämpfen und eine elektrostatische Kraft zu erzeugen. Deshalb sollte der Halterahmen exakt bearbeitet werden. Eine bevorzugte Dämpfung und eine bevorzugte elektrostatische Kraft können erhalten werden durch Ausbilden des Spalts in einer Größe im Bereich von 4 µm bis 20 µm. Falls der Spalt zu klein ist, wird der Frequenz-Ansprechbereich des Sensors zu schmal aufgrund des Effekts einer Überdämpfung. Falls andererseits der Spalt zu groß ist, wird der Dämpfungseffekt verringert und die Resonanz des Aufbaus kann nicht unterdrückt werden, was zur Folge hat, daß die elektrostatische Kraft nicht erzeugt wird.

[0041] Im Schritt A-3 wird eine Oberfläche des Siliziums so bearbeitet, daß ein Trägermuster einer vorgegebenen Dicke und ein Öffnungsmuster **15** zum Herausführen der Verdrahtung des Glases erzeugt werden.

[0042] Im Schritt A-4 wird die gegenüberliegende Oberfläche des Siliziums bearbeitet, um Durchgangslöcher herzustellen, mit dem Ziel den Träger und die Öffnung **15** zu bilden.

[0043] Im Schritt B-1 wird ein Glassubstrat **20** mit vorgegebenen Abmessungen hergestellt.

[0044] Im Schritt B-2 wird auf dem Glassubstrat **20** ein elektrokonduktiver Film **22** ausgebildet. D.h. der Cr-Film **22** wird auf eine Oberfläche des Glassubstrats **20** aufgedampft oder aufgesprüht unter Berücksichtigung der Adhäsionseigenschaften der elektrokonduktiven Membran.

[0045] Im Schritt B-3 wird ferner ein elektrokonduktiver Al-Film **23** mittels aufdampfen oder aufsprühen auf dem Glassubstrat **20** ausgebildet.

[0046] Beim Schritt B-4 wird auf einem Teil des Glassubstrats, das der Masse des konduktiven Al-Films **23** gegenüberliegt, ein SiO₂-Isolationsfilm **24** gebildet um zwischen dem konduktiven Al-Film **23** und der Masse einen Kontakt zu vermeiden, wenn die elektrostatische Verbindung durchgeführt oder eine elektrostatische Kraft aufgebracht wird.

[0047] Im Schritt C-1 wird das Siliziumsubstrat mit dem Glas elektrostatisch verbunden um einen Wafer zu erhalten.

[0048] Im Schritt C-2 wird ein Ende des Wafers geschnitten um eine Seite der Öffnung **15** zu öffnen und den Aufbau für ein Drahtbonden des elektrokonduktiven Films des Glases geeignet zu machen.

[0049] Es wird nun das Verfahren zum Eichen des Halbleiterbeschleunigungssensors beschrieben.

[0050] Durch Anlegen einer Spannung V an die auf dem Glassubstrat **20** ausgebildete konduktive Membran **21** kann zwischen der Bodenfläche **12** des Gewichtes und der konduktiven Membran **21** des Glases eine elektrostatische Kraft F_v veranlaßt werden, die sich durch die folgende Gleichung ausdrücken läßt:

$$F_v = 0.5 \times \epsilon \times \epsilon_0 \times S \times (V/(d - \Delta X))^2$$

wobei ϵ die relative Dielektrizitätskonstante des zwischen dem Glassubstrat **20** und dem Gewicht **12** angeordneten Mediums, ϵ_0 die Dielektrizitätskonstante (F/M) in Vakuum, S den Flächenbereich (m²) der Bodenfläche des Gewichtes, d die Tiefe (m) des Spalts **17** und ΔX die Verschiebung des Gewichtes **12** aufgrund der elektrostatischen Kraft bedeuten.

[0051] In diesem Fall wirkt der Träger als Feder, die die durch die Federkonstante k ausgedrückte Feder-spannung F_k erzeugt. Die Federspannung F_k ist mit der elektrostatischen Kraft F_v in einer Position ausgeglichen, in der das Gewicht aus der Normalposition aufgrund der Verschiebung ΔX verschoben ist. Die Beziehung kann deshalb wie folgt ausgedrückt werden:

$$F_v = F_k (= K \times \Delta X)$$

[0052] Die Verschiebung ΔX unter dem obigen Gleichgewichtszustand kann ersetzt werden durch die Auslenkung die im Zustand des Auftretens der Beschleunigung beobachtet wird. Deshalb kann die elektrostatische Kraft F_v als künstliche Beschleunigung G vorgesehen werden, um sie zum Eichen der Empfindlichkeit des Beschleunigungsmessers zu benutzen.

[0053] [Fig. 6](#) zeigt die Beziehung zwischen der künstlichen Beschleunigung G und der angelegten Spannung V , die zum Erzeugen der elektrostatischen Kraft des nach dem obigen Herstellungsverfahren hergestellten Halbleiterbeschleunigungsmessers maßgeblich ist. Demgemäß können die Empfindlichkeiten des Beschleunigungsmessers unter Verwendung der Kennlinie nach [Fig. 6](#) als Eichkurve geeicht werden.

[0054] Im übrigen kann anstelle des Anlegens einer Gleichspannung gemäß [Fig. 6](#) auch eine Wechselspannung angelegt werden. In diesem Fall kann eine verhältnismäßig hohe künstliche Beschleunigung durch Anlegen einer verhältnismäßig niedrigen Spannung, deren Frequenz nahezu der Eigenfrequenz des Aufbaus entspricht, die durch die Masse des Gewichtes und die Federkonstante des Trägers bestimmt sind, erzielt werden.

[0055] Bei dem erfindungsgemäßen Halbleiterbeschleunigungssensor kann das Gewicht des Beschleunigungsdetektors als Folge der Beschleunigung ohne Behinderung verschoben werden. In diesem Fall kann zusätzlich ein Quetschfilmeffekt im Spalt zwischen dem Gewicht und dem Glassubstrat erzeugt werden. Deshalb kann eine Zunahme in der Schwingungsamplitude des Siliziumdetektors durch Aufbringen einer Dämpfungswirkung auf die Bewegung des Siliziumdetektors als Folge des genannten Quetschfilmeffekts unterdrückt werden. Darüberhinaus weist der Halterahmen des Siliziumdetektors, wie oben beschrieben wurde, ein Durchgangsloch auf. Das Loch dient zum Verbinden des Substratpotentials des Siliziumdetektors mit dem Erdpotential oder dem Potential der Stromversorgungseinrichtung für die Wheatstone'sche Brücke und die Verdrahtung kann aus der konduktiven Membran herausgezogen werden, die auf dem Glassubstrat mittels Drahtbonden oder dergleichen ausgebildet wird.

[0056] Bei dem obigen Aufbau kann der Beschleunigungsmesser unter Verwendung einer elektrostatischen Kraft als künstlicher Beschleunigung, die zwischen der Bodenfläche des Gewichtes und einer Oberfläche des Glassubstrats verursacht wird geeicht werden.

[0057] Bei dem obigen Aufbau kann außerdem beim Herstellungsprozess ein Zwei-Schichten-Schnitt angewandt und die Schnittgeschwindigkeit

auf einen relativ hohen Pegel gebracht werden, wobei nahezu kein Abfall beim Schneiden entsteht.

Patentansprüche

1. Halbleiterbeschleunigungssensor, mit einem Siliziumdetektorelement (10) mit einem Gewicht (12), einem Halterahmen (16), mindestens einem Träger (11) zum Ankoppeln des Gewichtes an den Halterahmen, und einem Durchgangsloch (15) von einer Oberseite des Siliziumdetektorelements zu einer Unterseite desselben, die integral aus einem Silizium-Wafer herausgearbeitet sind, wenigstens einem Halbleiterdehnungsmeßstreifen (13), der auf einer Oberfläche des mindestens einen Trägers (11) ausgebildet ist, einem Glassubstrat (20), das mit dem Halterahmen (16) des Siliziumdetektorelementes (10) elektrostatisch zusammengefügt ist, einem Spalt (17), der zwischen einer oberen Oberfläche des Glassubstrats (20) und der unteren Fläche des Gewichtes (12) gebildet ist, und einem leitenden Film (21) auf der oberen Oberfläche des Glassubstrats (20), wobei der leitende Film (21) einen ersten Abschnitt, der die untere Oberfläche des Gewichtes (10) anblickt und der eine Fläche, die größer als die Fläche der unteren Oberfläche des Gewichtes ist, aufweist und zusätzlich einen länglichen zweiten Abschnitt (21a), der sich von dem ersten Abschnitt in Richtung eines Randes des Glassubstrats erstreckt und der durch das Durchgangsloch derart freigelegt ist, daß die Verbindung einer externen Verdrahtung mit dem leitenden Film (21) durch das Durchgangsloch (15) ermöglicht wird, aufweist, und wobei das Durchgangsloch (15) an einem Rand des Siliziumdetektorelementes angeordnet ist und in das Siliziumdetektorelement von diesem Rand hineinragt.

2. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1, bei dem die Spaltbreite im Bereich von 4 μm bis 20 μm liegt.

3. Halbleiterbeschleunigungssensor nach Anspruch 1 oder 2, bei dem der mindestens eine Träger (11) in der Form einer Vier-Brücken-Struktur ausgebildet ist.

4. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbeschleunigungssensors mit den Schritten:
Herstellen eines Siliziumdetektorelementes mit einem Gewicht, einem Halterahmen, mindestens einem Träger zum Ankoppeln des Gewichtes an den Halterahmen, und einem Durchgangsloch von einer Oberseite des Siliziumdetektorelementes zu einer Unterseite desselben, wobei das Gewicht, der Halterahmen, das Durchgangsloch und der mindestens eine Träger integral aus einem Silizium-Wafer herausgearbeitet werden und wobei mindestens ein

Halbleiterdehnungsmeßstreifen auf einer oberen Oberfläche des mindestens einen Trägers ausgebildet wird;

Ausbilden eines leitenden Filmes, der einen ersten Abschnitt und einen zweiten Abschnitt aufweist, auf einer Oberfläche eines Glassubstrates; und

elektrostatisches Verbinden des Glassubstrats mit dem Halterahmen des Siliziumdetektorelementes, wobei ein Spalt zwischen einer oberen Oberfläche des Glassubstrats und einer unteren Oberfläche des Gewichtes vorgesehen wird;

bei dem der erste Abschnitt des leitenden Filmes so ausgebildet wird, daß er die untere Oberfläche des Gewichtes (**10**) anblickt und eine Fläche aufweist, die größer als die Fläche der unteren Oberfläche des Gewichtes ist,

bei dem der zweite Abschnitt des leitenden Filmes (**21**) länglich ist und sich von dem ersten Abschnitt des leitenden Filmes in Richtung eines Randes des Glassubstrats erstreckt, wobei der zweite Abschnitt des leitenden Filmes durch das Durchgangsloch derart freigelegt ist, daß die Verbindung einer externen Verdrahtung mit dem leitenden Film (**21**) durch das Durchgangsloch (**15**) ermöglicht wird, und

bei dem das Durchgangsloch (**15**) so ausgebildet wird, daß es an einem Rand des Siliziumdetektorelementes angeordnet ist und in das Siliziumdetektorelement von dem Rand vorsteht.

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Breite des Spalts im Bereich von 4 μm bis 20 μm ausgebildet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem der Träger in Form einer Vier-Brücken-Struktur ausgebildet wird.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

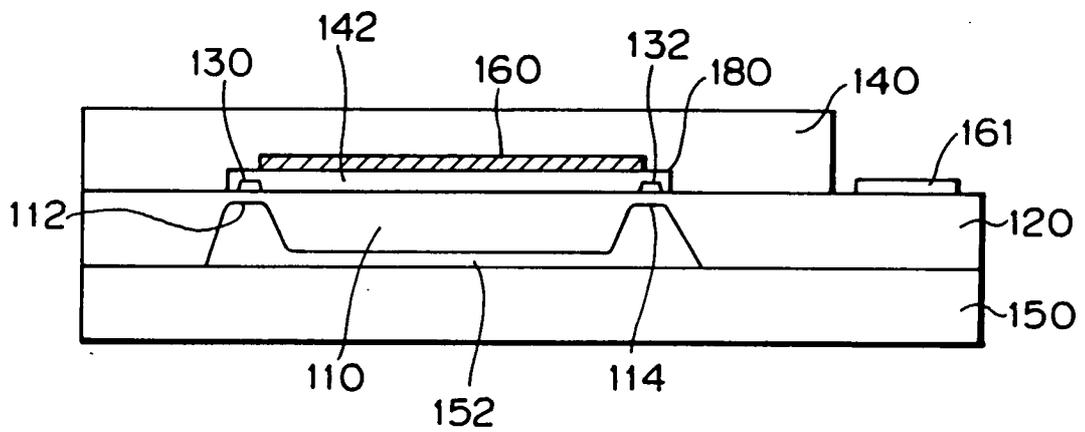


FIG. 1

STAND DER TECHNIK

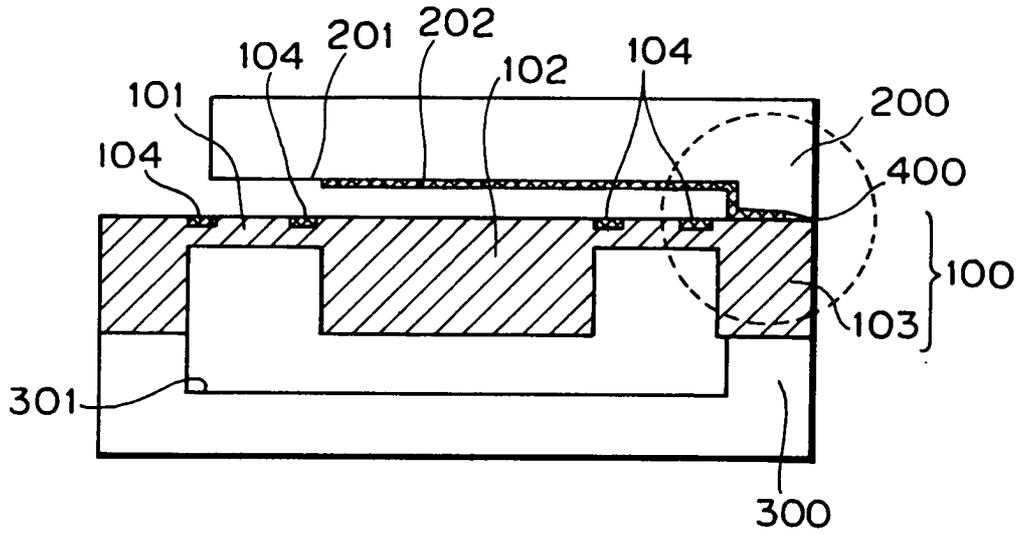


FIG. 2A
STAND DER TECHNIK

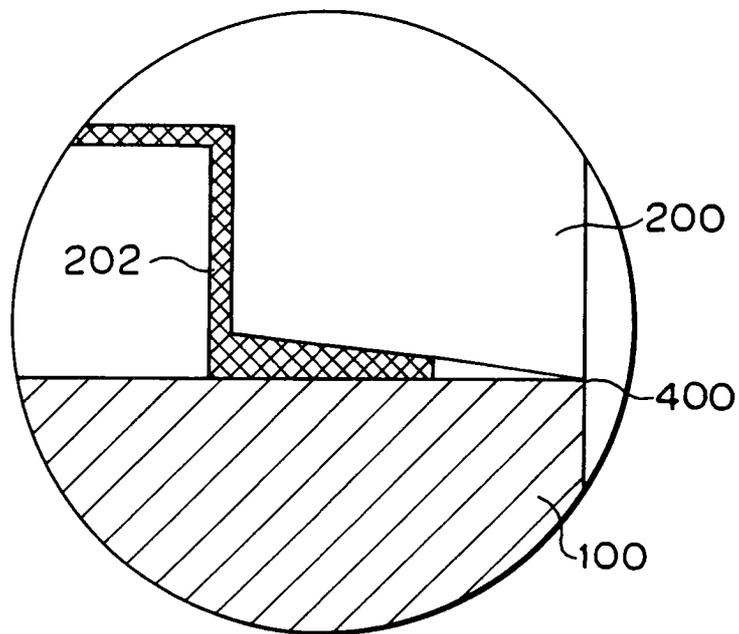


FIG. 2B
STAND DER TECHNIK

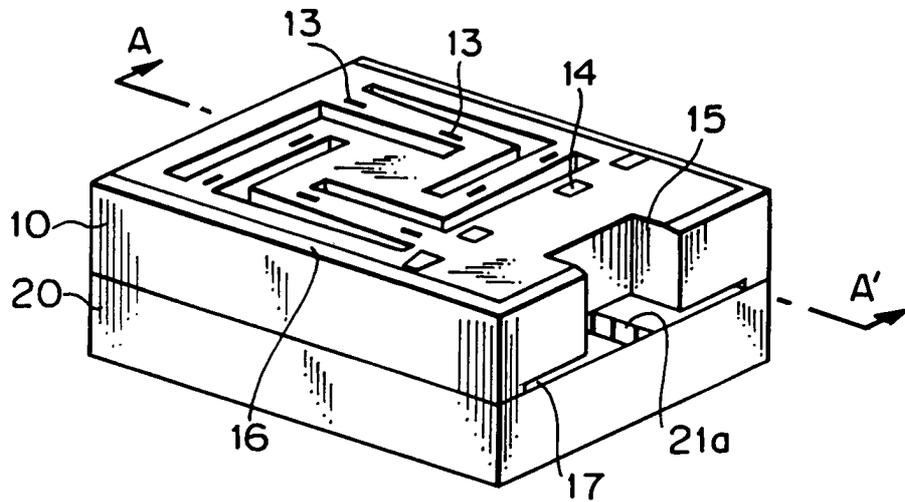


FIG. 3

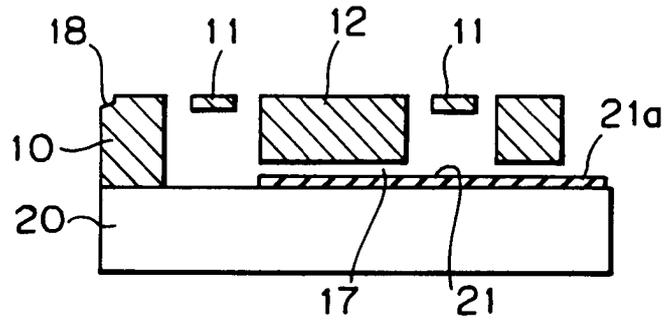


FIG. 4

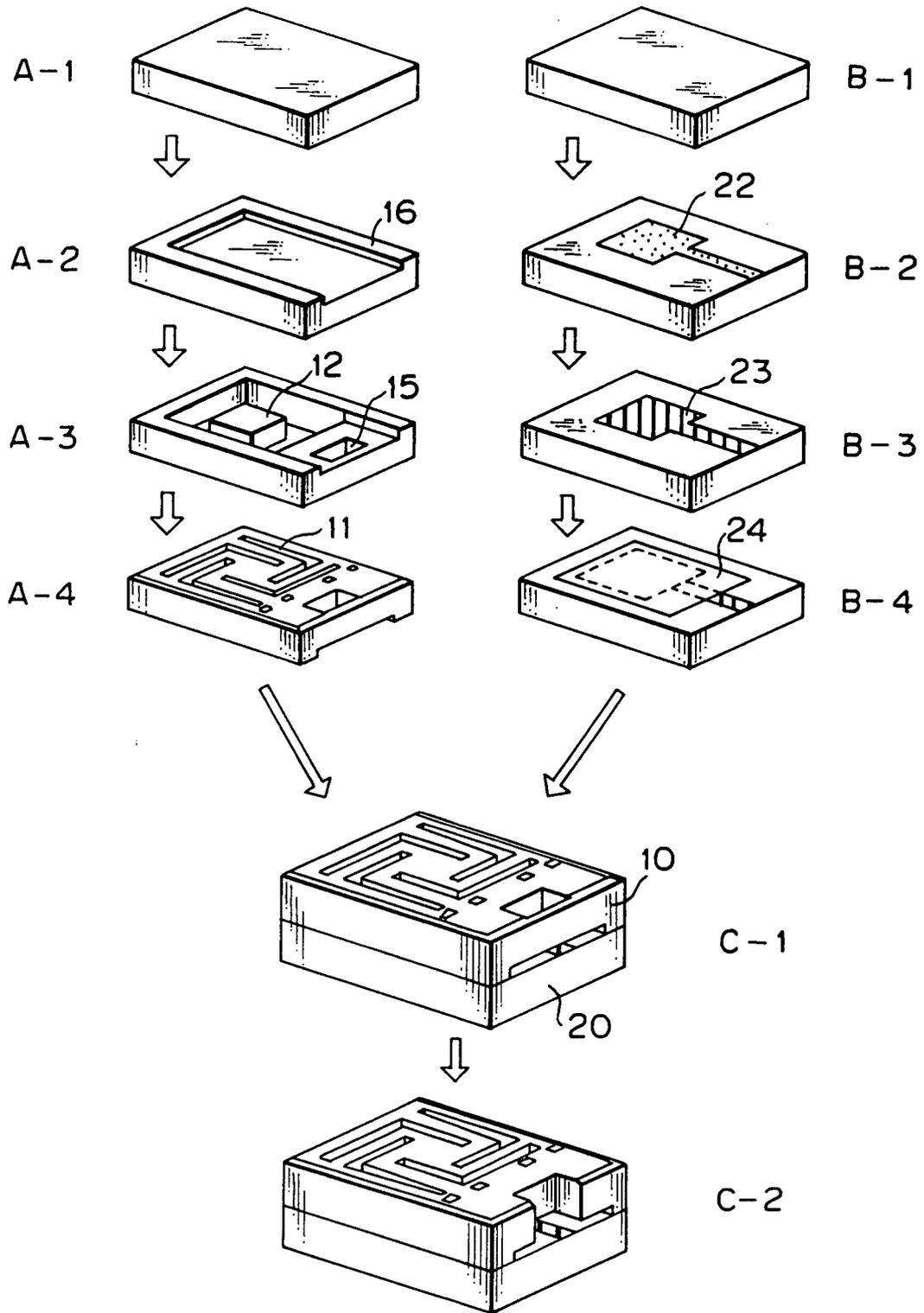


FIG. 5

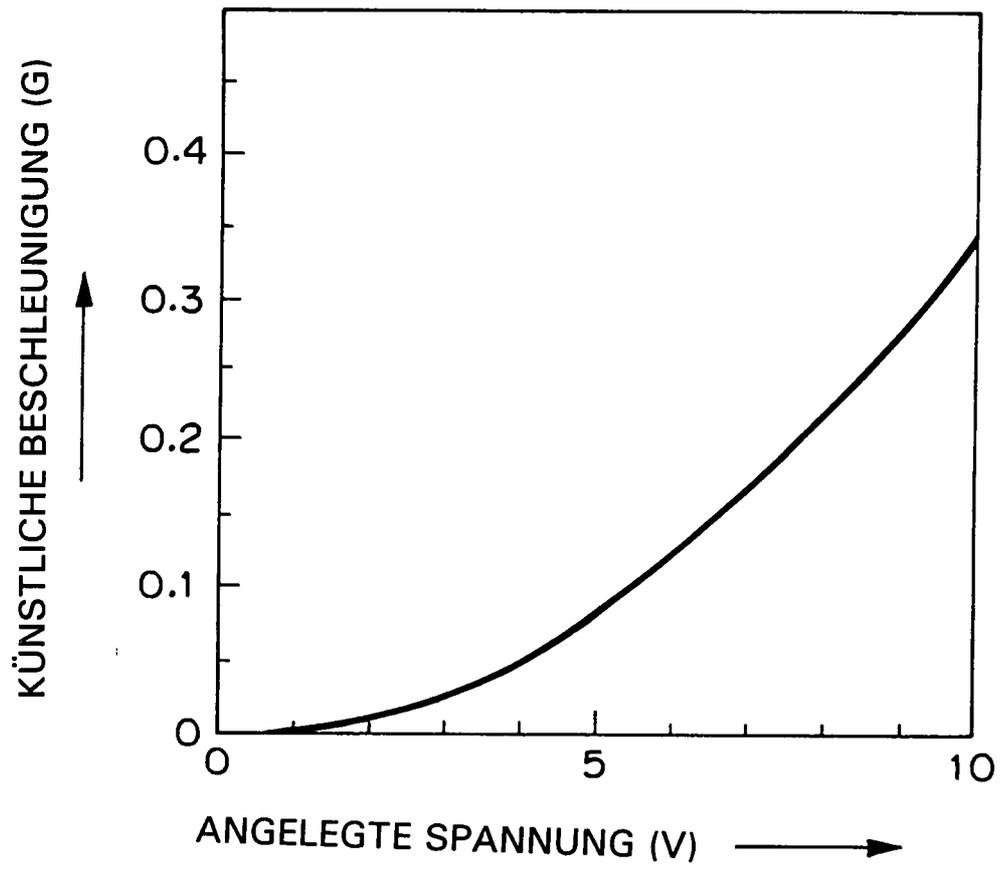


FIG.6