



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 001 518 A1** 2008.07.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 001 518.8**

(22) Anmeldetag: **10.01.2007**

(43) Offenlegungstag: **17.07.2008**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/06** (2006.01)

B81B 7/00 (2006.01)

B81C 1/00 (2006.01)

B81B 7/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049
Pullach**

(72) Erfinder:

**Bakke, Thor, Dr.-Ing., 01099 Dresden, DE;
Sandner, Thilo, Dr.-Ing., 01156 Dresden, DE**

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

DE 196 02 318 C1

DE 36 23 718 C2

DE 199 40 512 A1

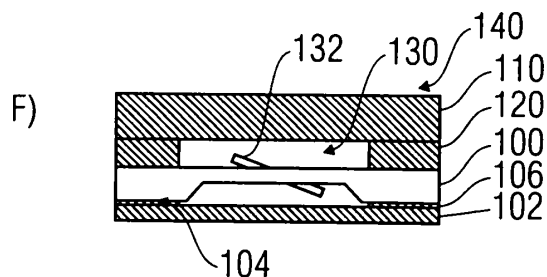
DE 102 53 163 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Häusen mikromechanischer Systeme**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Häusen eines mikromechanischen Systems (100) umfasst ein Substrat (102) mit einer Oberfläche (104), an der das mikromechanische System (100) gebildet ist, eine transparente Abdeckung (110) und eine Trockenfilmschichtanordnung (120) zwischen der Oberfläche (104) des Substrats (102) und der Glasabdeckung (110). Die Trockenfilmschichtanordnung (120) weist dabei eine Öffnung (130) auf, so dass das mikromechanische System (100) an die Öffnung angrenzt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Häusen eines mikromechanischen Systems.

[0002] Das Häusen oder die Verkapselung von mikromechanischen Systemen (Mikrosystemen) kann sowohl für einzelne Bauelemente vorgenommen werden als auch für einen Wafer, welcher eine Vielzahl von Bauelementen aufweisen kann, durchgeführt werden. Mikromechanische Systeme weisen häufig eine bewegliche mechanische Struktur auf und die vorliegende Erfindung betrifft eine Verkapselung von Mikrosystemen unter Verwendung von Wafern und insbesondere solche Systeme, wo ein relativ großer Hohlraum erforderlich bzw. wünschenswert ist, um eine einwandfreie Funktionsweise durch eine freie Bewegung der mechanischen Struktur zu gewährleisten.

[0003] Um eine lange Lebensdauer der mikromechanischen Systeme oder von MEMS-Geräten (MEMS = micro electromechanical systems) sicherzustellen, brauchen bewegliche Teile einen geeigneten Schutz durch eine Verkapselung bzw. Häusung. Die Verkapselung von Mikrosystemen ist ein wichtiger Teil des Verpackungsprozesses, welcher traditionell erst nach einer Vereinzelnung (dicing) der Bauelemente, durch einen so genannten die-by-die-Prozess, durchgeführt wird. Eine Verkapselung unter Verwendung von Wafern, welche üblicherweise eine Vielzahl von Bauelementen aufweisen, eröffnet die Möglichkeit einer wesentlichen Kostenreduktion, da dabei eine spezielle Handhabung von einzelnen Bauelementen vermieden wird. Die Verkapselung kann unmittelbar nach der Fertigstellung oder Freigabe der MEMS erfolgen, was gleichzeitig einen Schutz für das Bauelement während der nachfolgenden Prozess-Schritte insbesondere dem Vereinzeln der Bauelemente bietet. Somit wird als Ergebnis eine einfache Prozessierung erhalten und ein erhöhter Gesamtertrag kann erzielt werden.

[0004] In den vergangenen Jahren sind eine Reihe von Lösungen vorgestellt worden, wie beispielsweise in K. Najafi, "Micropackaging technologies for integrated microsystems: applications to MEMS and MOEMS", Proc. SPIE, vol. 4979, 2003. In M. B. Cohn, et al., "MEMS packaging on a budget (fiscal and thermal)", IEEE Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2002 und in W. Kim et al., "A low temperature, hermetic wafer level packaging method for RF MEMS switch", IEEE Electronic Components and Technology Conference 2005 sind hermetische Verpackungen unter Verwendung einer Wärme-Druck-Verbindung (thermal-pressure bonding) mittels Metallversiegelung beschrieben; so genannte anodische Bond-Verbindungen sind in V. Kaajakari, et al., "Stability of wafer level vacuum encapsulated

silicon resonators", 2nd International Workshop on Wafer Bonding for MEMS Technologies, Halle/Saale Germany April 9–11, 2006 beschrieben. Verbindungen unter Benutzung lokalisierter Erhitzung von Metallen sind in L. Lin, "MEMS post-packaging by localized heating and bonding", IEEE Transactions on advanced packaging, vol. 23, no. 4, November 2000 und so genannte Glas-Frit-Verbindungen sind in D. Sparks, et al., "Reliable vacuum packaging using NonoGettersTM and glass frit bonding", Proc. SPIE, vol. 5343, 2004 vorgestellt. Die meisten dieser bekannten Lösungen erfordern ein so genanntes Waferbonden. Es sind jedoch auch alternative Lösungen bekannt wie z. B. die Bildung von Hohlräumen durch thermische Zersetzung von speziellen Polymeren, siehe P. Monajemi et al., "A low cost wafer-level MEMS packaging technology", IEEE MEMS 2005.

[0005] MEMS-Bauelemente sind im Allgemeinen sensitiv in Bezug auf Luftfeuchtigkeit, die bei wechselnden Luftbedingungen leicht entsteht und zu einer Korrosion und/oder Haftreibung führen kann. Deshalb ist gewöhnlich eine Verkapselung bzw. eine Häusung für eine zuverlässige Funktionsweise erforderlich. Wegen der hohen Permeabilität bzw. Durchdringung der Luftfeuchtigkeit, werden im Allgemeinen polymere Verpackungen vermieden. Für wirklich hermetische Verpackungen werden als Materialien für das Gehäuse oder die Verkapselungen als auch für die Versiegelungen Metalle oder Glas verwendet. Hermetische Verkapselungen sind im Allgemeinen sehr teuer und stellen beispielsweise 50–80% der Kosten für die MEMS-Bauelemente dar, siehe M. B. Cohn, et al., "MEMS packaging on a budget (fiscal and thermal)", IEEE Conference on Electronics, Circuits and Systems, 2002. Einige MEMS-Bauelemente/Systeme, wie beispielsweise solche mit großen mechanischen Strukturen oder Mikromaschinen sind weniger sensitiv in Bezug auf Luftfeuchtigkeit und erfordern deshalb keine teure hermetische Verkapselung. Bei derartigen Anwendungen liefert ein Gehäuse, eine Abdeckung oder eine Verkapselung aus polymerem Material einen ausreichenden Schutz während des Prozesses des Vereinzeln und des Verpackens. Eine solche Lösung ist eine Kapselstruktur, wie sie beispielsweise in Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level micro cap array to enable high-yield micro system packaging", IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004, welche eine Massenproduktion in großer Stückzahl bei geringen Kosten erlaubt. Die dort beschriebene Verpackung geschieht mittels eines Abdruckes und ist dahingehend nachteilig, dass hohe Kosten für die Abdruckform entstehen. Ein weiterer Nachteil ist das optische Fenster für das verwendete polymere Material, welches eine niedrigere optische Qualität aufweist als beispielsweise bei der Verwendung von Glas. Dies ist beispielsweise eine Folge des unterschiedlichen Absorptionsverhaltens von Glas im Vergleich zu einem polymeren Material.

[0006] Eine besondere Herausforderung besteht darin, Gehäuse oder Kapseln zu bilden, die einen großen Hohlraum für ein MEMS-Gerät aufweisen, so dass eine Bewegung im Bereich von 10 bis 300 µm und mehr außerhalb einer Ebene möglich ist. Die Bildung von so genannten Spacer-Frames (d. h. Schichtstrukturen, die als Abstandshalter fungieren) in Silizium sind beispielsweise durch Kaliumhydroxidätzung (KOH-Ätzung) möglich bzw. bekannt, siehe DE 199 40 512. Derart erhaltene Strukturen sind jedoch teuer und unflexibel.

[0007] Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Häusen bzw. zum Verkapseln eines mikromechanischen Systems zu schaffen, welches flexibel und kostengünstig ist und darüber hinaus eine hohe Qualität aufweist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 12 gelöst.

[0009] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass eine Vorrichtung zum Häusen eines mikromechanischen oder eines mikro-optoelektronischen Systems dadurch geschaffen werden kann, dass auf einer Oberfläche eines Substrats, an der das mikromechanische System gebildet ist, eine Trockenfilmschichtanordnung abgeschieden wird, wobei die Trockenfilmschichtanordnung eine Öffnung in dem Bereich des mikromechanischen Systems aufweist und eine transparente Abdeckung, wie z. B. eine Glasabdeckung, abschließend aufgebracht wird. Die so strukturierte Trockenfilmschichtanordnung bildet ein so genanntes Spacer-Frame, d. h. eine Schichtstruktur als Abstandshalter. Die Trockenfilmschichtanordnung lässt sich aufgrund der Applikation bzw. durch Aufbringung mittels eines Trägerfilms somit dicker auftragen als beispielsweise durch Aufschleudern.

[0010] Erfindungsgemäß wird somit zur Verkapselung oder zum Häusen die Verwendung von beispielsweise qualitativ hochwertigem Glas für das optische Fenster mit einer Schicht, welche beispielsweise ein polymeres Material aufweisen kann, als Spacer-Frame kombiniert. Das entsprechende Herstellungsverfahren wird für den Wafer ausgeführt, ist sehr flexibel, qualitativ hochwertig und bietet die Möglichkeit von signifikanten Kostenersparnissen für eine Produktion optischer Mikrosysteme in kleinen bzw. mittleren Stückzahlen.

[0011] Die Verkapselung weist somit eine Glasabdeckung mit einer dicken polymeren Abstandsschicht (Spacer), die derart ausgelegt ist, dass eine freie Bewegung der mechanischen Struktur auf dem MEMS-Gerät möglich ist. Das MEMS-Gerät kann beispielsweise einen beweglichen Mikrospiegel aufwei-

sen mit einer Bewegung außerhalb einer Grundebene von mehr als 100 µm. Eine der Glasabdeckung abgewandte rückseitige Abdeckung kann für den Fall eingeschlossen werden, wenn das MEMS-Gerät eine Öffnung zur Rückseite aufweist, wie es beispielsweise bei einem Mikrospiegel der Fall sein kann. Eine Verwendung von Glas als optisches Fenster ist dahingehend vorteilhaft, dass eine Entspiegelung beispielsweise durch Aufbringen einer Antireflexionsschicht möglich ist, welche vorzugsweise an die verwendete Wellenlänge des Lichts angepasst sein kann. Die Dicke der polymeren Schicht wird dabei der Bewegung des MEMS-Gerätes angepasst, so dass es zu keiner Funktionsstörung infolge einer Behinderung kommt und beispielsweise der Mikrospiegel sich frei bewegen kann. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist eine mögliche Öffnung der Glasabdeckung oberhalb von Kontaktanschlüssen (Kontaktpads), die beispielsweise für ein konventionelles Drahtbonden verwendet werden. Die Öffnungen der Glasabdeckungen können entweder auf dem ursprünglichen Glaswafer, d. h. vor einem Aufbringen der Abstandsschicht bzw. des MEMS-Gerätes, gebildet werden oder aber später während des Vereinzelungsprozesses der Bauelemente gebildet werden. Im letzteren Fall wird das Glas oberhalb der Bondpads entfernt (beispielsweise durch ein Schneiden), und in einem zweiten Schritt werden die einzelnen Bauelemente des Wafers separiert bzw. vereinzelt.

[0012] Ein entsprechendes Fabrikationsverfahren kann beispielsweise wie folgt durchgeführt werden. Die Fabrikation beginnt mit der Bereitstellung eines Glaswafers, welches das optische Fenster für das mikromechanische System darstellt. Der Glaswafer kann optional eine Entspiegelung beispielsweise durch eine aufgebrachte Antireflexionsschicht aufweisen und kann darüber hinaus Öffnungen für die Bondpads des MEMS-Gerätes bieten. Die Öffnungen für die Bondpads in dem Glaswafer können alternativ auch später erzeugt werden, beispielsweise während des Prozesses des Vereinzelns der Bauelemente. Dies ist beispielsweise in Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level micro cap array to enable high-yield micro system packaging", IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004 und in Z.-H Liang et al., "A low temperature wafer-level hermetic MEMS package using UV curable adhesive", IEEE Electronic Components and Technology Conference, 2004 beschrieben. Ein Schlüsselproblem ist die Bildung der Abstandsschicht, welche den Abstand zwischen der Glasabdeckung (Glasfenster) und des MEMS-Gerätes definiert. Dies wird erfindungsgemäß durch Aufbringen einer polymeren Trockenfilmschichtanordnung auf dem Glaswafer erreicht. Falls eine einfache Trockenfilmschicht nicht die gewünschte Schichtdicke aufweist, können alternativ Mehrfachfilmschichten nacheinander aufgebracht werden. Damit kann die Schichtdicke entsprechend den Erfordernissen für eine einwandfreie Funktionsweise des

mikromechanischen Systems angepasst werden. Trockenfilme werden traditionell für so genannte Bumping-Prozesse verwendet und sind in unterschiedlichen Schichtdicken verfügbar. Die Verwendung von Trockenfilmen ist von besonderem Interesse bei Schichtdicken im Bereich von einigen 10 bis mehreren 100 µm, da Schichten mit einer derartig großen Schichtdicke nur sehr schwer durch ein konventionelles Aufschleudern oder einer Rotationsbeschichtung (spin-coating-Verfahren) gleichmäßig aufgebracht werden können.

[0013] Nach dem Aufbringen der beispielhaften polymeren Trockenschicht wird die Schicht strukturiert. Dies kann beispielsweise unter Verwendung optischer Lithographie durch eine Belichtung unter Benutzung einer beispielhaften Maske einschließlich einer Entwicklung, z. B. durch ein so genanntes Spray-Development, geschehen. Der Glaswafer mit der polymeren Abstandsschicht kann dann direkt auf dem Wafer mit dem MEMS-Gerät fixiert werden, beispielsweise mit Hilfe eines so genannten Thermo-Druck-Bondgeräts (z. B. das Süss MicroTec SB6). Die Anwendung von Druck und Wärme fixiert die polymere Schicht auf den Gerätewafer was für gewöhnlich keine zusätzliche Plasmaaktivierung erfordert, siehe Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level microcap array to enable high-yield microsystem packaging", IEEE Transactions on Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004. Optional kann eine zusätzliche Klebe- oder Haftmittelschicht auf die Abstandsschicht aufgebracht werden, um die Adhäsion zwischen dem Abdeckwafer (Glaswafer mit oder ohne Trockenfilmschichtanordnung) und dem MEMS-Gerätewafer zu erhöhen, wie es beispielsweise entweder bei dem so genannten Stamping in DE 196 02 318 und in G. Klink et al., "Wafer bonding with an adhesive coating", Proc. SPIE, vol. 3514, 1998 beschrieben ist oder für das Aufschleuder-Verfahren in Z.-H Liang et al., "A low temperature wafer-level hermetic MEMS package using UV curable adhesive", IEEE Electronic Components and Technology Conference, 2004 gezeigt wurde. Eine Verwendung von zusätzlichen Adhäsionsschichten kann auch dann vorteilhaft sein, wenn der Gerätewafer Unebenheiten (Topographie) aufweist, die auszugleichen sind. Die Rückseitenabdeckung beispielsweise unter Verwendung eines Siliziumwafers, kann in ähnlicher Art und Weise verarbeitet werden. Die Rückseitenabdeckung kann ebenso zusätzliche Abstandsschichten aufweisen, wenn dies beispielsweise für die Funktionsweise des MEMS-Gerätes erforderlich ist. Als letzter Schritt erfolgt die Vereinzelung der Bauelemente.

[0014] Die so erhaltene Verkapselung eines mikromechanischen Systems ist somit insbesondere dahingehend vorteilhaft, dass flexibel auch große Hohlräume für die mechanische Struktur realisiert werden können und darüber hinaus die Verwendung von

Glas ein qualitativ hochwertiges optisches Fenster ermöglicht. Schließlich bietet die beispielhafte Waferprozessierung eine signifikante Kostenersparnis.

[0015] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0016] Fig. 1A bis 1F Prozessfolge zur Herstellung einer Verkapselung für einen Wafer;

[0017] Fig. 2 Verfahrensschritte zum Häusen eines mikromechanischen Systems; und

[0018] Fig. 3 eine Raumsicht eines gehäuseten mikromechanischen Systems.

[0019] Bevor im Folgenden die vorliegende Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert wird, wird darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente in den Figuren mit den gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen sind, und dass eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente weggelassen wird.

[0020] Fig. 1A bis 1F beschreiben die Prozessschritte zum Häusen eines mikromechanischen Systems **100**.

[0021] In Fig. 1A wird zunächst ein Glassubstrat **110** bereitgestellt, auf welches wie in Fig. 1B gezeigt eine Trockenfilmschichtanordnung **120** aufgebracht wird. Die Aufbringung sieht beispielsweise eine sequentielle Aufbringung mehrerer Trockenfilmschichten übereinander vor. Dabei befindet sich eine Trockenfilmschicht oder aber gleich die Trockenfilmschichtanordnung **120** auf einem eigens zur Aufbringung vorgesehenen Aufbringungssubstrat (nicht gezeigt) gegebenenfalls geschützt zwischen Aufbringungssubstrat und einer Abdeckschicht (nicht gezeigt), wobei zur Aufbringung die Abdeckschicht entfernt und die Anordnung aus Aufbringungssubstrat und Trockenfilmschicht(anordnung) **120** mit der Trockenfilmschicht(anordnung) **120** dem Glassubstrat **110** zugewandt unter Abrollen auf dem Glassubstrat **110** aufgebracht wird.

[0022] Als nächsten Schritt wird wie in Fig. 1C gezeigt die Trockenfilmschichtanordnung **120** strukturiert. Das kann beispielsweise durch ein Verwenden einer Maske **122** und einer anschließenden Belichtung, wie sie durch die Strahlen **124** angedeutet ist, geschehen. Das Aufbringungssubstrat (nicht gezeigt) kann entweder nach dem Belichten entfernt bzw. abgezogen werden oder vorher bereits entfernt worden sein. Im Rahmen der Strukturierung kann auch noch ein Entwicklungsschritt zur Aushärtung und besseren Vernetzung des Trockenfilmmaterials erfolgen. Anschließend kann beispielsweise durch einen Ätzprozess die Trockenfilmschichtanordnung **120** im Be-

reich der Maske **122** entfernt werden, der nicht vernetzt worden ist, wie z. B. der belichtete oder unbelichtete Teil, so dass eine Öffnung **130** entsteht. Dies ist in **Fig. 1D** gezeigt. Die erreichte Dicke der Trockenschichtanordnung hängt von der Dicke ab, in der die Trockenfilmschicht(anordnung) **120** auf dem Aufbringungssubstrat vorbereitet war, bzw. wie oft der Vorgang wiederholt wird.

[0023] Die in **Fig. 1D** erzeugte Struktur wird auf das mikromechanische System **100** aufgebracht, wobei die Öffnung **130** sich in einem Bereich erstreckt, in dem das mikromechanische System **100** sich befindet. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ist das mikromechanische System **100** beispielsweise ein Mikrospiegel **132** und die Öffnung **130** ist dabei derart gestaltet, dass der Mikrospiegel **132** sich im Rahmen seiner Verwendung (d. h. beispielsweise um einen vorbestimmten Winkel) frei bewegen kann. Wie in **Fig. 1F** gezeigt wird die Struktur, die in **Fig. 1E** erzeugt wurde auf eine Oberfläche **104** eines Trägersubstrats **102** aufgebracht. Um eventuelle Unebenheiten auszugleichen und darüber hinaus die Haftung des mikromechanischen Systems **100** auf dem Trägersubstrat **102** zu verbessern kann optional eine Haftmittelschicht **106** zwischen dem mikromechanischen System **100** und der Oberfläche **104** des Trägersubstrats **102** angeordnet sein.

[0024] Optional kann das Trägersubstrat **102** darüber hinaus noch weitere Abstandsschichten aufweisen (nicht in der Figur gezeigt). Diese weiteren Abstandsschichten bzw. Spacer haben dabei die Funktion, dass der beispielhafte Spiegel **132** sich um einen durch die Anwendung gesetzten Winkel frei bewegen kann und nicht durch das darunter befindliche Trägersubstrat **102** behindert wird. Darüber hinaus kann sich zwischen dem mikromechanischen System **100** und der Trockenfilmschichtanordnung **120** eine zusätzliche Haftmittelschicht befinden (nicht in der Figur gezeigt). Ähnlich wie die Haftmittelschicht **106**, ist die zusätzlich Haftmittelschicht zwischen dem mikromechanischen System **100** und der Trockenfilmschichtanordnung **120** dahingehend vorteilhaft, dass sie eventuelle Unebenheiten ausgleichen kann und darüber hinaus die Haftung zwischen dem mikromechanischen System **100** und der Trockenfilmschichtanordnung **120** erhöht.

[0025] Die Schritte 1A–1F können für einen gesamten Wafer ausgeführt werden, d. h. nicht nur für ein Bauelement mit einem mikromechanischen System **100** wie es in der **Fig. 1F** gezeigt ist, sondern für eine Vielzahl von mikromechanischen Systemen. Um die einzelnen Bauelemente zu erhalten, wird abschließend eine Vereinzelung durchgeführt. Diese Vereinzelung kann beispielsweise durch ein Schneiden der Schichtfolge, wie sie beispielsweise in **Fig. 1F** gezeigt ist, erfolgen.

[0026] Somit erhält man einen Fabrikationsprozess für eine Waferverkapselung. Obwohl ein einzelnes Bauelement gezeigt ist, kann ein typischer Wafer hunderte von Bauelementen aufweisen. Die Glasabdeckung **110** kann außerdem mit einer Entspiegelung versehen werden (z. B. durch eine Antireflexionsschicht auf einer äußeren Oberfläche **140**) und die äußere Oberfläche **140** befindet sich auf der der Trockenfilmschichtanordnung **120** abgewandten Seite der Glasabdeckung **110**. Die Trockenfilmschicht **120** kann optional mehrere Schichten aufweisen, so dass eine gewünschte Schichtdicke erreicht wird. Mögliche Schichtdicken sind dabei in dem Bereich zwischen 1 und 1000 µm und bevorzugt zwischen 10 und 300 µm. Die Strukturierung wie beispielsweise durch die Belichtung **124** und einem Ätzen unter Verwendung der Maske **122** liefert die Trockenfilmschichtanordnung **120** in Form eines Rahmens. D. h. jedes mikromechanische System **100** ist in einem Rahmen eingebettet, wodurch das mikromechanische System **100** von allen Seiten geschützt ist. Die Glasabdeckung **110** mit der Rahmenstruktur für die Trockenfilmschichtanordnung **120** wird wie gesagt auf einer oberen Fläche des mikromechanischen Systems **100** fixiert. Schließlich wird auf der entgegengesetzten Seite des mikromechanischen Systems **100** beispielsweise ein Siliziumwafer **102** mit einer Adhäsionsschicht **106** fixiert. Als letzter Schritt wird eine Vereinzelung der Bauelemente vorgenommen.

[0027] **Fig. 2** zeigt eine entsprechende Schrittfolge zur Herstellung eines gehäuteten mikromechanischen Systems. Zunächst wird eine Glasabdeckung bereitgestellt, auf die ein Abstandsmaterial aufgebracht wird. Optional kann zwischen der Glasabdeckung **110** und dem Abstandsmaterial **120** eine Haftmittelschicht angeordnet und das Abstandsmaterial **120** weist vorzugsweise eine Trockenfilmschichtanordnung auf. In einem nächsten Schritt wird das Abstandsmaterial **120** strukturiert, so dass eine Öffnung **130** entsteht, wobei die Öffnung **130** derart angeordnet wird, dass das mikromechanische System **100** wie beispielsweise ein Mikrospiegel, sich frei bewegen kann. Nach dem Strukturieren des Abstandsmaterials **120** wird die erhaltene Struktur auf das mikromechanische System **100** aufgebracht, wobei die durch das Strukturieren entstandene Öffnung **130** so angeordnet wird, dass das mikromechanische System **100** sich frei bewegen kann. Auf der dem Abstandsmaterial **120** abgewandten Seite des mikromechanischen Systems **100** wird ein Trägersubstrat **102** aufgebracht. Optional kann das mikromechanische System **100** auf beiden Hauptseitenflächen eine Haftmittelschicht aufweisen, so dass etwaige Unebenheiten ausgeglichen werden und die Haftung des mikromechanischen Systems **100** sowohl an dem Abstandsmaterial **120** als auch an dem Trägersubstrat **102** erhöht wird. In einem letzten Schritt werden die einzelnen Bauelemente vereinzelt. Dies kann bei-

spielsweise durch ein Schneiden oder Fräsen geschehen.

[0028] Fig. 3 zeigt eine Raumsicht eines gehäuteten mikromechanischen Systems **100**, das bei einem Ausführungsbeispiel einen Mikrospiegel **132** aufweist. Der Mikrospiegel **132** ist bei dieser Raumsicht durch die Glasabdeckung **110** von oben verdeckt und wird seitlich durch einen Rahmen, der durch die Trockenfilmschichtanordnung **120** gebildet wird, geschützt. Die Trockenfilmschichtanordnung **120** weist vorzugsweise ein polymeres Material auf. Darüber hinaus ist das mikromechanische System **100** auf einem Trägersubstrat **102** aufgebracht, wobei zwischen dem Trägersubstrat **102** und dem mikromechanischen System **100** eine optionale Haftmittelschicht **106** angeordnet ist. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind auch Kontaktpads **140** gezeigt, die zur elektrischen Kontaktierung des mikromechanischen Systems **100** dienen.

[0029] Zusammenfassend schafft die vorliegende Erfindung eine Abdeckstruktur für ein mikromechanisches System **100** und zwar nicht nur für ein einzelnes Bauelement, sondern für einen Wafer mit einer Vielzahl von mikromechanischen Systemen **100** (MEMS-Bauelementen). Darüber hinaus erlaubt die vorliegende Erfindung die Bildung von Hohlräumen mit großer Ausdehnung, beispielsweise von mehr als 100 µm oder auch von mehr als 200 µm, die durch einen Rahmen definiert werden, der beispielsweise durch einen polymeren Rahmen gebildet wird und durch ein Aufbringen und Strukturieren von einer oder mehreren Trockenfilmschichten auf dem Glaswafer **110** erzeugt werden kann. Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung dahingehend vorteilhaft, dass Glas als Abdeckmaterial verwendet werden kann, welches optional entspiegelt werden kann, z. B. durch das Aufbringen einer Antireflexionsschicht. Weiterhin kann die Glasabdeckung **110** einen optischen Filter aufweisen, so dass ein vorteilhaftes optisches Fenster für das mikromechanische System **100** bereitgestellt werden kann, d. h. das verwendete optische Spektrum kann dem beispielhaft verwendeten Mikrospiegel **132** entsprechend angepasst werden. Somit ist eine erfindungsgemäße Vorrichtung kostengünstig herstellbar und darüber hinaus flexibel anpassbar an Hohlräumen verschiedener Ausdehnung.

[0030] Die Verwendung von Glas als Abdeckmaterial oder als Glaswafer **110** kann bei weiteren Ausführungsbeispielen auch durch ein Verwenden eines anderen transparenten Materials ersetzt werden. Das entstehende optische Fenster oder die optische Rücksicht kann beispielsweise neben Glas auch Silizium, Germanium, Quarz, optische Polymere, Kalziumfluorid oder ein anderes in einem vorbestimmten Wellenlängenbereich transparentes optisches Material aufweisen. Der vorbestimmte Wellen-

längenbereich kann dabei der konkreten Anwendung angepasst werden, wie zum Beispiel der Sensitivität eines optischen Sensors, der durch die Abdeckung geschützt werden soll. Darüber hinaus ist es vorteilhaft nur so viel Strahlung dem mikromechanischen System **100** zuzuführen, wie zu dessen Funktionsweise zumindest erforderlich ist und weitere Strahlung zu unterdrücken. Zum einen wird dadurch das mikromechanische System **100** geschützt und außerdem wird eine übermäßige Erwärmung vermieden.

[0031] Alternativ oder zusätzlich zu der vorhergehenden Beschreibung kann das optische Fenster (z. B. die Glasabdeckung **110**) auch mit einer Antireflexions/Polarisationsschicht versehen sein, die hinsichtlich des vorbestimmten Wellenlängenbereiches optimiert sein kann. Optional können aber auch mikrooptische Bauelemente auf die optische Abdeckung **110** aufgebracht werden, um die optischen Eigenschaften anwendungsspezifisch positiv zu beeinflussen. Beispielsweise können Mikrolinsen, Mikrolinsenarrays und Mikroprismen eine verstärkte Fokussierung der einfallenden Strahlung bewirken. Das kann insbesondere bei schwacher Intensität der einfallenden Strahlung vorteilhaft sein. Es können aber auch Zonenplatten, Transmissionsgitter, Strahlteiler oder Verspiegelungen angebracht sein. Diese zusätzlichen mikrooptischen Bauelemente können ganzflächig oder aber auch nur teilweise aufgebracht werden und können beispielsweise bewirken, dass ein Teil der einfallenden Strahlung reflektiert oder anderweitig am Passieren des optischen Fensters **110** gehindert wird. Somit kann nur in einem Teilbereich des optischen Fensters **110** Strahlung in das mikromechanische System **100** eindringen, wodurch beispielsweise die oben erwähnte Erwärmung unterdrückt werden kann.

[0032] Anstelle des mikromechanischen Systems **100** kann auch ein mikro-optoelektrisches System durch die transparente Abdeckung **110** geschützt sein, also nicht nur MEMS oder MOEMS (MOEMS = Micro-Opto-Electro-Mechanical Systeme). Die vorliegende Erfindung kann also auch für das Häusen von optische Flächendetektoren (oder optische Einzeldetektoren) oder allgemeinen Strahlungsdetektoren wie z. B. CCDs (CCD = Charge-coupled Device), Solometer-Arrays, Thermopile-Arrays, pyroelektrische Sensoren, CMOS-Imagern (CMOS-Bildaufnahmeverrichtungen, CMOS = complementary-Metal-Oxid-Semiconductor) oder CMOS/CCD-Kameraschips verwendet werden. Weitere Anwendungen umfassen das Häusen von Flächenlichtmodulatoren (spatial light modulator) wie z. B. Mikrospiegel-Arrays, Flüssigkeitskristall-Displays, OLED-Displays (OLED = organische Licht-emittierend Diode) oder LCOS-Displays (LCOS = Liquid Cristal an Silicon). In dem Falle eines zu schützenden mikromechanischen Systems sind Beispiele für eine Anwendung obiger

Ausführungsbeispiele Laser-scanning Projektions-
displays oder Barcodescanner, Mikrospiegel-basierte
Bildaufnehmer (z. B. Endoskopen) oder Retina-Pro-
jektionsdisplays.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

- G. Klink et al., "Wafer bonding with an adhesive coating", Proc. SPIE, vol. 3514, 1998 [\[0013\]](#)
- Z.-H Liang et al., "A low temperature wafer-level hermetic MEMS package using UV curable adhesive", IEEE Electronic Components and Technology Conference, 2004 [\[0013\]](#)

Zitierte Patentliteratur

- DE 19940512 [\[0006\]](#)
- DE 19602318 [\[0013\]](#)

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- K. Najafi, "Micropackaging technologies for integrated microsystems: applications to MEMS and MOEMS", Proc. SPIE, vol. 4979, 2003 [\[0004\]](#)
- M. B. Cohn, et al., "MEMS packaging an a budget (fiscal and thermal)", IEEE Conference an Electronics, Circuits and Systems, 2002 [\[0004\]](#)
- W. Kim et al., "A low temperature, hermetic wafer level packaging method for RF MEMS switch", IEEE Electronic Components and Technology Conference 2005 [\[0004\]](#)
- V. Kaajakari, et al., "Stability of wafer level vacuum encapsulated silicon resonators", 2nd International Workshop an Wafer Bonding for MEMS Technologies, Halle/Saale Germany April 9–11,2006 [\[0004\]](#)
- L. Lin, "MEMS post-packaging by localized heating and bonding", IEEE Transactions an advanced packaging, vol. 23, no. 4, November 2000 [\[0004\]](#)
- D. Sparks, et al, "Reliable vacuum packaging using NonoGetters™ and glass frit bonding", Proc. SPIE, vol. 5343, 2004 [\[0004\]](#)
- P. Monajemi et al., "A low cost wafer-level MEMS packaging technology", IEEE MEMS 2005 [\[0004\]](#)
- M. B. Cohn, et al., "MEMS packaging an a budget (fiscal and thermal)", IEEE Conference an Electronics, Circuits and Systems, 2002 [\[0005\]](#)
- Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level micro cap array to enable high-yield micro system packaging", IEEE Transactions an Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004 [\[0005\]](#)
- Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level micro cap array to enable high-yield micro system packaging", IEEE Transactions an Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004 [\[0012\]](#)
- Z.-H Liang et al., "A low temperature wafer-level hermetic MEMS package using UV curable adhesive", IEEE Electronic Components and Technology Conference, 2004 [\[0012\]](#)
- Y.-M. J. Chiang et al., "A wafer-level microcap array to enable high-yield microsystem packaging", IEEE Transactions an Advanced Packaging, vol. 27, no. 3, August 2004 [\[0013\]](#)

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Häusen eines mikromechanischen oder eines mikro-optoelektrischen Systems (100), mit:

einem Substrat (102) mit einer Oberfläche (104), an der das mikromechanische System (100) gebildet ist; einer transparenten Abdeckung (110); und einer Trockenfilmschichtanordnung (120) zwischen der Oberfläche (104) des Substrats (102) und der transparenten Abdeckung (110), wobei die Trockenfilmschichtanordnung (120) eine Öffnung (130) aufweist, so dass das mikromechanische System (100) an die Öffnung angrenzt.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die transparente Abdeckung (110) ein in einem vorbestimmten Wellenlängenbereich transparentes optisches Material aufweist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei der die transparente Abdeckung (110) Glas, Quarz, Silizium, Germanium, Kalziumfluorid oder ein optisches Polymer aufweist.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der an der transparenten Abdeckung (110) ein optisches Bauelement angebracht ist.

5. Vorrichtung gemäß Anspruch 4, bei der das zusätzliche optische Bauelement eine Mikrolinse, Mikrolinsenarray, eine Zonenplatte, ein Mikroprisma, ein Transmissionsgitter, einen Strahlteiler oder eine Verspiegelung aufweist.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das mikromechanische oder mikro-optoelektrische System (100) einen CCD-Bildsensor, ein CCD-Array, ein Bolometer, ein Bolometer-Array, ein Thermopile, ein Thermopile-Array, einen pyroelektrischen Sensor, einen CMOS-Bildsensor oder ein CMOS/CCD-Array aufweist.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die transparente Abdeckung (110) ferner eine Entspiegelung oder eine Spektral- oder/und Polarisationsfilterbeschichtung aufweist.

8. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die transparente Abdeckung (110) eine Öffnung für Anschlusskontakte (140) in lateraler Beabstandung zu der Öffnung der Trockenfilmschichtanordnung (120) aufweist und die Anschlusskontakte (140) elektrisch mit dem mikromechanischen Systems (100) koppelbar sind.

9. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Trockenfilmschichtanord-

nung (120) ein Polymermaterial aufweist.

10. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Trockenfilmschichtanordnung (120) eine Schichtfolge mehrerer aufeinander liegender Trockenfilmschichten aufweist.

11. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Trockenfilmschichtanordnung (120) eine Schichtdicke von mehr als 100 µm aufweist.

12. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Substrat (100, 102) eine Schicht, in der das mikromechanische System (100) gebildet ist und ein Trägersubstrat (102) aufweist, zwischen denen eine Haftmittelschicht (106) angeordnet ist.

13. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Substrat (100) mit der Trockenfilmschichtanordnung (120) mittels einer Wärme-Druck-Bond-Verbindung verbunden ist.

14. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Substrat (102) eine Ausnehmung aufweist, in das sich ein Teil des mikromechanischen Systems (100) ausdehnt oder bewegen kann.

15. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, die ferner eine Adhäsionsschicht aufweist, wobei die Adhäsionsschicht zwischen dem mikromechanischen System (100) und dem Substrat (102) und/oder zwischen dem mikromechanischen System (100) und der Trockenfilmschichtanordnung (120) gebildet ist, wobei die Adhäsionsschicht ausgelegt ist, um eine verbesserte Haftung und/oder einen Ausgleich für Unebenheiten benachbarter Schichten zu erreichen.

16. Verfahren zum Häusen eines mikromechanischen oder mikro-optoelektrischen Systems (100), mit:

Bereitstellen einer transparenten Abdeckung (110); Aufbringen einer Trockenfilmschichtanordnung (120) auf die transparente Abdeckung (110); Strukturieren der Trockenfilmschichtanordnung (120), um eine Öffnung (130) zu erzeugen; Verbinden einer Oberfläche (104) eines Substrats (102), an der das mikromechanische System (100) gebildet ist, mit der Trockenfilmschichtanordnung (120), so dass das mikromechanische System (100) an die Öffnung (130) angrenzt.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, das ferner einen Schritt des Entspiegeln oder des Aufbringens einer Spektral- oder/und Polarisationsfilterbeschichtung auf die transparente Abdeckung (110) aufweist.

18. Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, bei der der Schritt des Bereitstellens der transparenten Abdeckung (**110**) ein Ausbilden von Öffnungen aufweist, wobei die Öffnungen derart ausgebildet sind, so dass ein elektrisches Kontaktieren an Anschlusskontakten des mikromechanischen Systems (**100**) ermöglicht wird.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, bei der der Schritt des Aufbringens der Trockenfilmschichtanordnung (**120**) ein Aufbringen einer Schichtfolge von mehreren Trockenfilmschichten umfasst.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 19, welches ferner einen Schritt des Klebens des mikromechanischen Systems (**100**) auf das Substrat (**102**) umfasst.

21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 20, welches ferner den Schritt des Aufbringens einer Abstandsschicht zwischen dem Trägersubstrat (**102**) und dem mikromechanischen System (**100**) umfasst, so dass das mikromechanische System (**100**) von dem Trägersubstrat (**102**) in einem vorbestimmten Abstand durch die Abstandsschicht getrennt wird.

22. System mit einer Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei das System ein Laser-scanning Projektionsdisplay, ein Barcodelesegerät, ein Bildaufnehmer, ein Retina-Projektionsdisplay, ein optischer Detektor oder ein Flächenlichtmodulator ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

FIG 1

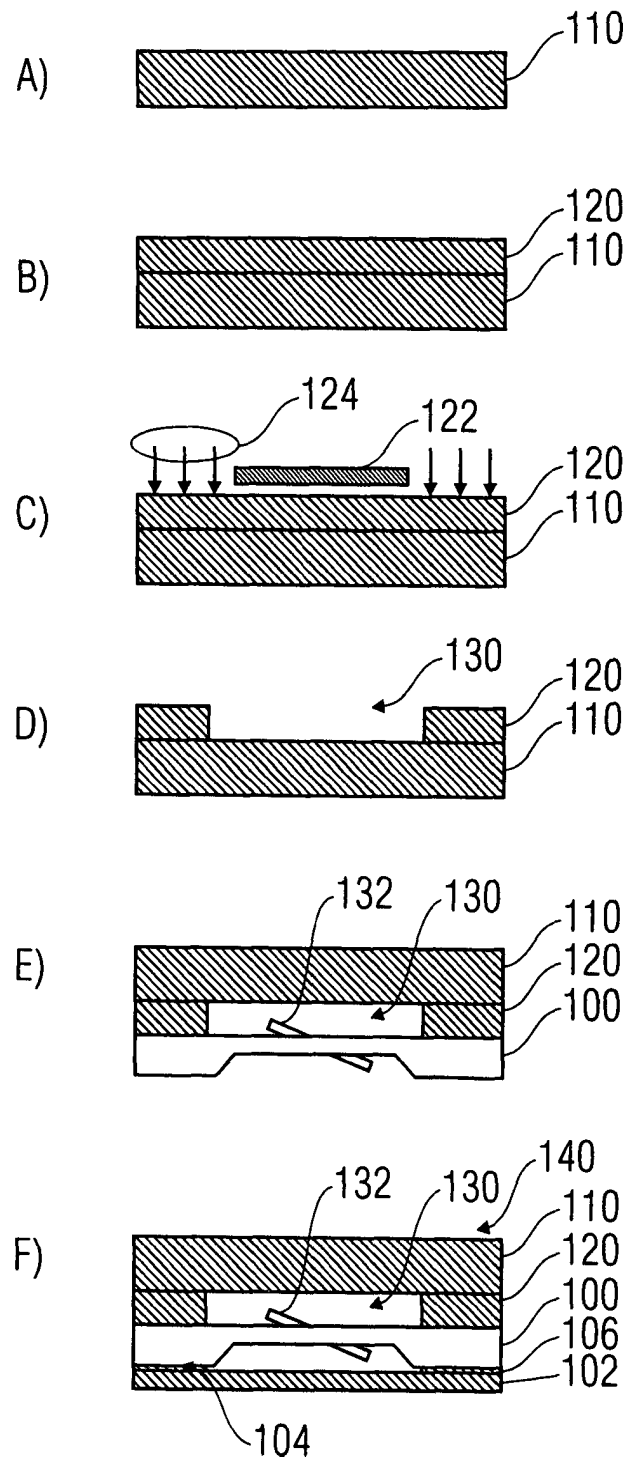


FIG 2

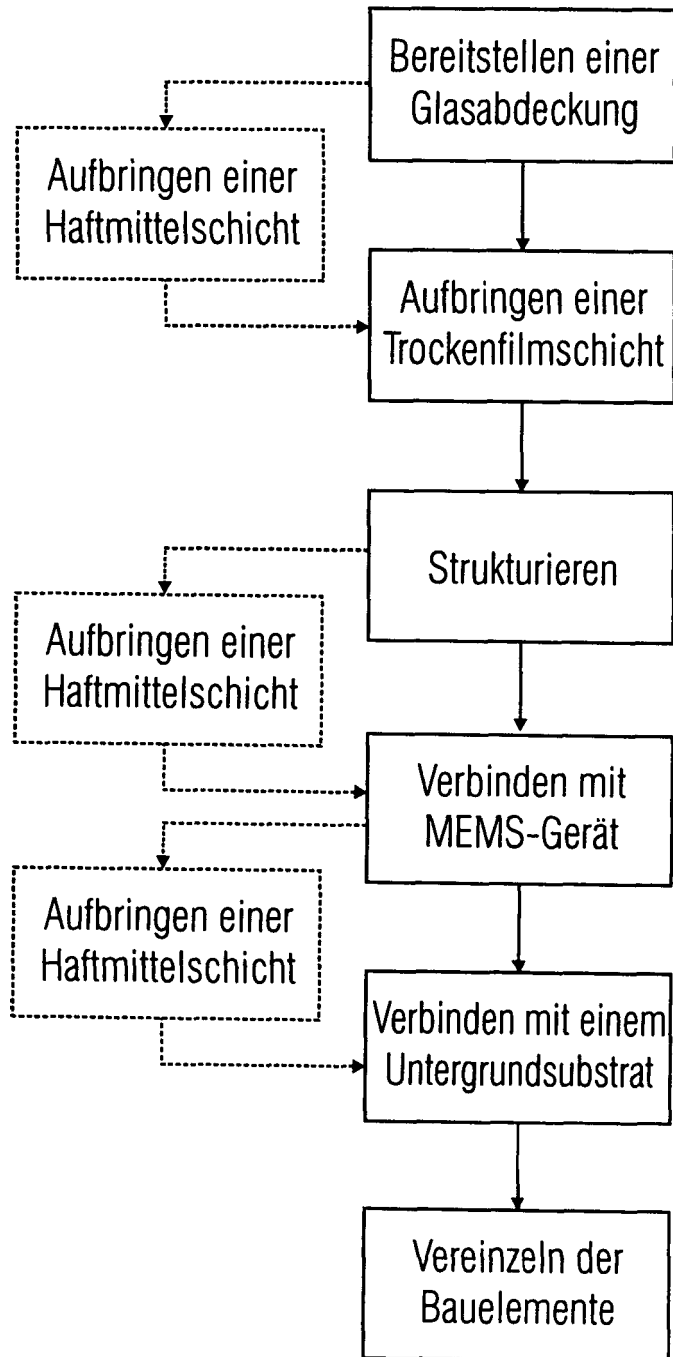


FIG 3

