

Verpackung für mikroelektronische Bauteile

B e s c h r e i b u n g

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Verpackung für auf einem Struktursubstrat aufgebrachte mikroelektronische und/oder mikromechanischen Bauteile gemäß Anspruch 1 sowie korrespondierende Verfahren gemäß Ansprüchen 8, 9 und 10 und ein Struktursubstrat gemäß Anspruch 11.

Im Stand der Technik ist eine Vielzahl von Verfahren zur Verpackung von mikroelektronischen Bauteilen bekannt. Technische Probleme bestehen vor allem darin, dass die Anzahl der Verpackungsschritte zum Verkapseln von mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen groß ist. Auch sind teilweise aufwendige Zwischenschritte vorgesehen, so dass das Verpacken langwierig und kostenintensiv ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Verpackung beziehungsweise ein korrespondierendes Verfahren anzugeben, mit dem eine schnelle, effiziente, billige und einfache Verpackung von mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen ermöglicht wird.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der Ansprüche 1, 8, 9 und 10 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, mikroelektronische und/oder mikromechanische Bauteile unter Verwendung eines Trägerwafers mit einer zumindest teilweise, vorzugsweise zumindest überwiegend auf der Verpackungsaufnahme­fläche des Trägersubstrats aufgetragenen Antihaf­tschicht mit einem auf dem Trägersubstrat temporär aufgetragenen Strukturmaterial mit Kammeröffnungen zur Aufnahme der mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile zu verpacken.

Insbesondere nach Entfernung des Trägersubstrats, was durch die erfindungsgemäße Antihaf­tschicht erleichtert wird, sind die verpackten, auf dem Struktur­substrat aufgetragenen mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile nur noch von dem Strukturmaterial, insbesondere jeweils einzeln in Kammern, verpackt, vorzugsweise verkapselt, noch bevorzugter hermetisch verkapselt. Der Vorteil der Verwendung eines Trägersubstrats mit einer Antihaf­tschicht besteht in dem stark vereinfachten Handling beim Verpacken mit wenigen Verpackungsschritten und darüber hinaus sind insbesondere sehr günstige Materialien verwendbar, angefangen mit dem Trägersubstrat, bei dem ein vergleichsweise einfaches Substrat verwendet werden kann und kein einkristalliner Wafer benötigt wird. Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass die Verpackung äußerst platzsparend ist. Ein weiterer technischer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass

gleichzeitig eine Vielzahl von mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen verpackt werden kann.

Demnach ist die beschriebene Verpackung bestehend aus dem Trägersubstrat, der Antihafschicht und dem Strukturmaterial mit Kammeröffnungen als eigenständige Erfindung anzusehen, insbesondere in Kombination mit dem als eigenständige Erfindung offenbarten Verfahren zur Herstellung der Verpackung durch Aufbringen des Strukturmaterials auf die Antihafschicht des Trägersubstrats sowie Vorsehen von Kammeröffnungen im Strukturmaterial.

Aus den vorgenannten Erfindungen ergibt sich als weitere, eigenständige Erfindung ein Verfahren zum Verpacken von auf einem Trägersubstrat aufgebrachten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen durch Ausrichten der vorgenannten Verpackung gegenüber einem die mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile aufweisenden Struktursubstrat und Verbinden der Verpackung mit dem Struktursubstrat und insbesondere mit einem sich daran anschließenden Ablösen des Trägersubstrats.

Als Verfahrensprodukt ergeben sich daraus als weitere, eigenständige Erfindung, insbesondere ausschließlich, aus dem Strukturmaterial (insbesondere ohne Trägersubstrat) und dem Struktursubstrat verpackte, insbesondere jeweils separat verkapselte, mikroelektronische und/oder mikromechanische Bauteile.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Kammeröffnungen durch Strukturelemente, insbesondere Kammerwände, begrenzt sind. Somit ist eine, insbesondere dichtende, vorzugsweise hermetische, Verkapselung der mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile in, insbesondere separat für jedes

mikroelektronische und/oder mikromechanische Bauteil vorgesehene, Kammern möglich.

Dabei ist es von besonderem Vorteil, wenn Stirnseiten der Strukturelemente, insbesondere parallel zu dem Trägersubstrat, fluchtend ausgebildet sind. Auf diese Weise lässt sich die Verpackung (insbesondere ohne weiteren Verarbeitungsschritt wie eine Begradigung) mit dem Struktursubstrat mit den darauf aufgebrachtten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen verbinden.

In Weiterbildung der Erfindung ist es von Vorteil, wenn die Strukturelemente mit einem die mikroelektronischen Bauteile aufnehmenden Struktursubstrat verbindbar sind, insbesondere über eine auf den Strukturelementen, vorzugsweise deren Stirnseiten, aufgebrachte Klebeschicht. Die Art der Verbindung hängt insbesondere von dem verwendeten Material für das Strukturmaterial ab, das insbesondere zur dichtenden Verbindung der Kammeröffnungen mit dem Struktursubstrat, vorzugsweise hermetisch dichtend, geeignet ist. Auf diese Weise ist es erfindungsgemäß insbesondere denkbar, bei der Verpackung Vakuum und/oder Schutzgas in die Verpackung einzubringen, insbesondere in die durch das Strukturmaterial und das Struktursubstrat begrenzten Kammern.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist das Strukturmaterial aus einem oder mehreren der nachfolgend aufgeführten Materialien gewählt: Kunststoff, Photolack, Polymer, Keramik, Metall, Glas. Insbesondere die Verwendung von Polymeren und/oder Photolack, insbesondere ausschließlich Polymer, ist bevorzugt, da hierdurch eine thermische und/oder elektrische Isolierung sowie Schutz gegen Stöße gewährleistet wird. Das Strukturmaterial wird demnach vorzugsweise derart gewählt, dass es thermisch und/oder elektrisch isolierend ausgebildet ist.

Mit Vorteil ist das Strukturmaterial einstückig ausgebildet, woraus sich eine langlebige und mit geringst möglichem Aufwand herstellbare Verpackung ergibt.

Gemäß einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Antihafschicht eine Randzone mit höherer, insbesondere mindestens doppelt so hoher, Haftkraft wie eine von der Randzone zumindest überwiegend, vorzugsweise vollständig, umgebende Antihafzone der Antihafschicht aufweist. Auf diese Weise ist einerseits während des Verpackungsprozesses eine sichere Haftung des Trägersubstrats an dem Strukturmaterial gewährleistet und andererseits wird das erfindungsgemäße Ablösen des Trägersubstrats nach dem Verpacken der mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile auf einfache Art und Weise ermöglicht. Insbesondere ist es erfindungsgemäß nicht notwendig, auf die Antihafzone der Antihafschicht einzuwirken, so dass allenfalls – soweit vorhanden – auf die Randzone, also insbesondere vom Umfang des Trägersubstrats her, mit entsprechend geringerem Aufwand die Haftkraft reduziert werden kann.

Soweit vorliegend und/oder in der anschließenden Figurenbeschreibung Verpackungsmerkmale offenbart sind, sollen diese auch als Verfahrensmerkmale offenbart gelten und umgekehrt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen ersten Herstellungsschritts zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verpackung,

- Fig. 2a eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen zweiten Herstellungsschritts nach einer erfindungsgemäß ersten Variante zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verpackung,
- Fig. 2b eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen zweiten Herstellungsschritts nach einer erfindungsgemäß zweiten Variante zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verpackung,
- Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen dritten Herstellungsschritts zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verpackung,
- Fig. 4 eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäßen vierten Herstellungsschritts zur Herstellung einer erfindungsgemäßen Verpackung,
- Fig. 5 eine schematische Querschnittsansicht eines ersten erfindungsgemäßen Verpackungsschrittes,
- Fig. 6 eine schematische Querschnittsansicht eines zweiten erfindungsgemäßen Verpackungsschrittes und
- Fig. 7 eine schematische Querschnittsansicht eines erfindungsgemäß verpackten bestückten Strukturwafers.

In den Figuren sind Vorteile und Merkmale der Erfindung mit diese jeweils identifizierenden Bezugszeichen gemäß Ausführungsformen der Erfindung gekennzeichnet, wobei Bauteile beziehungsweise Merkmale mit gleicher oder gleichwirkender Funktion mit identischen Bezugszeichen gekennzeichnet sind.

In Figur 1 ist ein Trägersubstrat 1 mit einer Verpackungsaufnahmefläche 1v gezeigt. Das Trägersubstrat 1 ist insbesondere als starres Trägersubstrat 1

ausgebildet, um eine Stützfunktion zu erfüllen. Vorzugsweise wird als Trägersubstrat 1 ein Wafer verwendet. Die Dicke D_1 des Trägersubstrats 1 liegt insbesondere zwischen 100 μm und 2000 μm , bevorzugter zwischen 500 μm und 2000 μm , noch bevorzugter zwischen 1000 μm und 2000 μm . Dem Fachmann auf dem Gebiet ist allerdings bekannt, dass Wafer mit entsprechend standardisierten Durchmessern auch bezüglich deren Dicken genormt sind. Sollten die als Trägerwafer verwendeten Substrate steif genug sein, um das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, so sind vorzugsweise standardisierte Waferdicken zu bevorzugen. Der Durchmesser des Trägersubstrats 1 beträgt insbesondere 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 18 Zoll. Im Allgemeinen kann das Trägersubstrat 1 jeden Durchmesser besitzen.

Gemäß Figur 2a wird auf der Verpackungsaufnahme­fläche 1v im gezeigten Ausführungsbeispiel vollflächig eine Antihaf­tschicht 2 aufgebracht, auf der wiederum gemäß Figur 3 ein Strukturmaterial 3, im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Photoresist, aufgebracht wird. Die Aufbringung des Photoresists erfolgt durch bekannte Verfahren.

Nach einer erfindungsgemäß zweiten Ausführungsform gemäß Figur 2b wird auf der Verpackungsaufnahme­fläche 1v im gezeigten Ausführungsbeispiel eine Antihaf­tschicht 2 nicht vollflächig, sondern nur in einer Zentralregion aufgebracht, während ein konzentrisch liegendes Kreis­segment mit Dicke R frei von der Antihaf­tschicht bleibt. Der Vorzug dieser zweiten Ausführungsform liegt in der höheren Haftfestigkeit, die am Rand zwischen dem Material 3, respektive 3' und der Verpackungsaufnahme­fläche 1v des Trägersubstrats 1 besteht. Es handelt sich hierbei um eine Modifikation des, in der Industrie bekannten, Zonebond™ Verfahrens. In der erfindungsgemäßen Ausführungsform wird allerdings an­statt des Klebstoffes ein entsprechend strukturierbares Material 3 verwendet.

Die (auf die Einheitsfläche bezogene) Haftkraft zwischen der Antihafschicht 2 und dem Strukturmaterial 3 ist insbesondere kleiner als 1 N/mm^2 , mit Vorzug kleiner als 0.1 N/mm^2 , mit größerem Vorzug kleiner als 0.01 N/mm^2 , mit noch größerem Vorzug kleiner als 0.001 N/mm^2 , mit größtem Vorzug kleiner als 0.0001 N/mm^2 , mit allergrößtem Vorzug kleiner als 0.00001 N/mm^2 .

Das Strukturmaterial 3 wird in einer, insbesondere einheitlichen, Dicke D_2 , insbesondere größer als die Dicke D_1 des Trägersubstrats 1, aufgebracht. Insbesondere liegt die Dicke D_2 des Strukturmaterials 3 zwischen $1000 \text{ }\mu\text{m}$ und $1 \text{ }\mu\text{m}$, mit Vorzug zwischen $100 \text{ }\mu\text{m}$ und $10 \text{ }\mu\text{m}$.

In dem in Figur 4 gezeigten Verfahrensschritt werden von der dem Trägersubstrat 1 abgewandten Seite des Strukturmaterials 3 Kammeröffnungen 4 eingebracht, um einen Aufnahmeraum 8 zur Aufnahme von mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen 7 (siehe Figur 5) auszubilden.

Bei der gezeigten Ausführungsform wird für jedes mikroelektronische und/oder mikromechanische Bauteil 7 ein separater Aufnahmeraum 8 mit einer Höhe H ausgebildet. Die Aufnahmeräume sind zumindest in der Höhe H identisch.

Die Höhe H des Aufnahmeraums ist kleiner als die Dicke D_2 des Strukturmaterials 3, damit sich die Aufnahmeräume 8 nicht bis zu dem Trägersubstrat 1 beziehungsweise zu der Antihafschicht 2 erstrecken, die später (siehe Figur 7) abgelöst wird.

Die Aufnahmeräume 8 sind durch Kammerwände 9 des entsprechend bearbeiteten Strukturmaterials 3' begrenzt. Stirnseiten 10 der Kammerwände (Strukturelemente) 9 begrenzen die Aufnahmeräume 8

seitlich (also parallel) zur Verpackungsaufnahmefläche 1v. Die Stirnflächen 10 sind fluchtend zueinander, insbesondere parallel zu der Verpackungsaufnahmefläche 1v, ausgebildet.

Bevorzugt handelt es sich bei dem Strukturmaterial 3 um einen, insbesondere permanent aushärtbaren, Fotolack, der durch bekannte Verfahren, insbesondere Belichtung und entsprechende bekannte Folgeschritte (in Figur 4 gezeigt) strukturiert wird.

Auf diese Weise ist eine erfindungsgemäß hergestellte Verpackung 5 für die auf einem Struktursubstrat 6 aufgebrachten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile 7 vorgesehen.

Die Verpackung 5 wird gemäß Figur 5 gegenüberliegend zu den auf dem Struktursubstrat 6 aufgebrachten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen 7 ausgerichtet, wobei jedem Aufnahmeraum 8 beziehungsweise jeder Kammeröffnung 4 gegenüber ein korrespondierendes, in dem Aufnahmeraum 8 aufzunehmendes, mikroelektronisches und/oder mikromechanisches Bauteil 7 angeordnet wird.

In dem in Figur 6 gezeigten Verfahrensschritt werden die Verpackung 5 und das Struktursubstrat 6 kontaktiert, indem diese aufeinander zu bewegt werden.

Die Stirnseiten 10 liegen auf einer die mikromechanischen und/oder mikroelektronischen Bauteile 7 aufnehmenden Aufnahmeseite 6o des Struktursubstrats 6 direkt auf, und zwar jeweils in Zwischenräumen 11 zwischen den beabstandet zueinander auf dem Struktursubstrat 6 aufgebrachten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen 7.

Nach einer, insbesondere die Aufnahmeräume 8 an den Kammeröffnungen 4 dichtenden, vorzugsweise hermetisch dichtenden, Verbindung der Stirnseiten 10 mit dem Struktursubstrat 6 sind die mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile in ihren jeweiligen Aufnahmeräumen 8 eingekapselt. Das Kontaktieren und Verbinden der Verfahrensschritte gemäß Figuren 5 und 6 erfolgt vorzugsweise unter Vakuum und/oder Schutzgasatmosphäre.

In dem in Figur 7 gezeigten Verfahrensschritt wird das Trägersubstrat 1 an der Antihafschicht 2 von dem, insbesondere ausgehärteten, Strukturmaterial 3' abgelöst, was auf Grund der Antihafschicht 2 auf einfachste Art und Weise, insbesondere durch einfaches Abziehen, erfolgen kann.

B e z u g s z e i c h e n l i s t e

1	Trägersubstrat
1v	Verpackungsaufnahmefläche
2	Antihaftschicht
3, 3'	Strukturmaterial
4	Kammeröffnungen
5	Verpackung
6	Struktursubstrat
6o	Aufnahmeseite
7	mikroelektronische Bauteile
8	Aufnahmeraum
9	Strukturelemente
10	Stirnseiten
11	Zwischenräume
D ₁	Dicke
D ₂	Dicke
H	Höhe
R	Dicke des Kreisrings

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verpackung für auf einem Struktursubstrat (6) aufgebrachte mikroelektronische Bauteile (7) mit:
 - einem Trägersubstrat (1) mit einer Verpackungsaufnahmefläche (1v), wobei auf der Verpackungsaufnahmefläche (1v) zumindest überwiegend eine Antihafschicht (2) aufgebracht ist,
 - einem auf der Antihafschicht (2) aufgebrachten Strukturmaterial (3') mit Kammeröffnungen (4) zur Aufnahme der mikroelektronischen Bauteile (7).

2. Verpackung nach Anspruch 1, wobei die Kammeröffnungen (4) durch Strukturelemente (9), insbesondere Kammerwände, begrenzt sind.
3. Verpackung nach Anspruch 2, wobei Stirnseiten (10) der Strukturelemente (9), insbesondere parallel zu dem Trägersubstrat (1), fluchtend ausgebildet sind.
4. Verpackung nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Strukturelemente (9) mit einem die mikroelektronischen Bauteile (7) aufnehmenden Struktursubstrat (6) verbindbar sind, insbesondere über eine auf den Strukturelementen (9), vorzugsweise deren Stirnseiten, aufgebrachte Klebeschicht.
5. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Strukturmaterial (3, 3') gewählt ist aus einem oder mehreren der nachfolgend aufgeführten, insbesondere isolierenden, Materialien: Kunststoff, Photolack, Polymer, Keramik, Metall.
6. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Strukturmaterial (3, 3') materialeinstückig ausgebildet ist.
7. Verpackung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antihafschicht (2) eine Randzone mit höherer, insbesondere mindestens doppelt so hoher, Haftkraft wie eine von der Randzone zumindest überwiegend, vorzugsweise vollständig, umgebene Antihafzone der Antihafschicht (2) aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Verpackung für auf einem Trägersubstrat (1) aufgebrachte mikroelektronische Bauteile (7) mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:
 - Aufbringen eines Strukturmaterials (3) auf eine an einer Verpackungsaufnahmefläche (1v) des Trägersubstrats (1) angeordneten Antihafschicht (2),
 - Vorsehen von Kammeröffnungen (4) an einer zum Trägersubstrat (1) abgewandten Seite des Strukturmaterials (3).
9. Verfahren zum Verpacken von auf einem Trägersubstrat (1) aufgebrachten mikroelektronischen Bauteilen (7) mit folgenden Schritten, insbesondere folgendem Ablauf:
 - Ausrichten einer Verpackung gemäß Patentanspruch 1 gegenüber einem die mikroelektronischen Bauteile (7) aufweisenden Struktursubstrat (6) derart, dass die zu den mikroelektronischen Bauteilen (7) jeweils korrespondierenden Kammeröffnungen (4) zueinander fluchtend ausgerichtet sind,
 - Verbinden der Verpackung mit dem Struktursubstrat (6).
10. Verfahren zum Ablösen eines Trägersubstrats (1) von einer nach einem Verfahren gemäß Anspruch 9 verpackten, insbesondere nach einem Verfahren nach Anspruch 8 hergestellten, Verpackung, bei dem das Trägersubstrat (1) an der Antihafschicht (2) von dem Strukturmaterial (3') abgelöst wird.

11. Struktursubstrat (6) mit auf dem Struktursubstrat (6) aufgebrachten mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteilen (7), wobei die mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile (7) durch ein Strukturmaterial (3') mit Kammeröffnungen (4) zur Aufnahme der mikroelektronischen und/oder mikromechanischen Bauteile (7) verpackt ist.