



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 053 722 B4** 2007.08.16

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 053 722.7**

(22) Anmeldetag: **10.11.2005**

(43) Offenlegungstag: **24.05.2007**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **16.08.2007**

(51) Int Cl.⁸: **B81B 1/00** (2006.01)
B81C 3/00 (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:
**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686 München, DE**

(74) Vertreter:
Leonhard Olgemöller Fricke, 80331 München

(72) Erfinder:
**Oldsen, Marten, 22761 Hamburg, DE; Reinert,
Wolfgang, 24536 Neumünster, DE; Merz, Peter,
25557 Beldorf, DE**

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

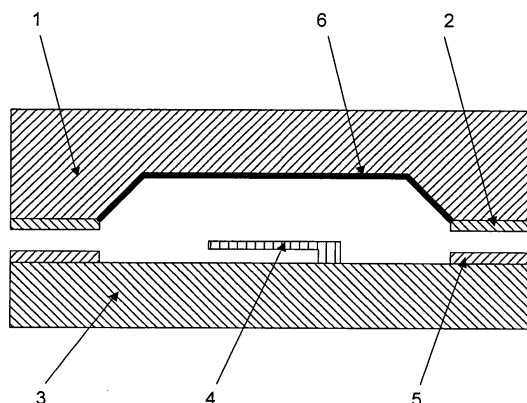
DE 197 11 283 A1

DE 195 37 814 A1

DE 100 05 555 A1

(54) Bezeichnung: **Deckelwafer, in der Mikrosystemtechnik einsetzbares Bauelement mit einem solchen Wafer sowie Lötverfahren zum Verbinden entsprechender Bauelement-Teile**

(57) Hauptanspruch: Deckelwafer mit einem Kern (1) und einer Innenseite, wobei die Innenseite einen ringförmigen Außenbereich (7), einen sich an den Außenbereich nach innen anschließenden ringförmigen Bereich sowie einen Innenbereich umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der sich nach innen anschließende ringförmige Bereich eine Pufferschicht (6) aufweist, die einen Benetzungswinkel von $< 35^\circ$ für ein metallisches Eutektikum aufweist, das im Bereich von $> 265^\circ\text{C}$ und 450°C schmilzt.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung ist auf Gegenstände und Verfahren gerichtet, die der Kontrolle der Benetzungsausbreitung von überschüssiger Metallschmelze bei der Verkapselung von Mikrobauteilen auf Waferenebene dienen.

[0002] Die heutigen mikrosystemtechnischen Bauelemente werden vorzugsweise mit Herstellungsverfahren der Halbleitertechnik gefertigt. Dadurch können kostengünstig viele Bauelemente gleichzeitig hergestellt werden. Diese Bauteile sind jedoch, bedingt durch ihre sehr kleinen Abmessungen, äußerst empfindlich und müssen während des Betriebs bzw. auch schon während der Fertigung gegen äußere Einflüsse geschützt werden. Dies wird bewerkstelligt, indem diese Bauteile durch Schutzkappen hermetisch verschlossen werden.

[0003] Verkappungsverfahren sind schon länger bekannt. Oft angewendet wird dabei, dass separate Deckelchips (Deckelwafer) auf den die aktiven Strukturen enthaltenden Wafer aufgeklebt oder durch andere Fügeverfahren aufgebracht werden (siehe z.B. die DE 100 05 555 A1) und so die Elemente hermetisch verschlossen werden. Ebenfalls schon länger bekannt sind Verfahren, die den MST-Wafer auf Waferenebene verkapseln. Dabei wird ein Wafer, der beispielsweise aus Glas oder Silizium bestehen kann und in der Regel eine oder mehrere Kavitäten zur Aufnahme der aktiven Bauelement-Teile enthält, mittels einer anodischen Verbindung oder durch Einsatz von Glasloten mit dem Deckelwafer verbunden. Weniger verbreitet in der Waferverbindungstechnik ist der Einsatz von metallischen oder metallhaltigen Lötten.

[0004] Das Material für derartige Lote muß unter Berücksichtigung der Temperaturen ausgewählt werden, die bei der Herstellung der später miteinander zusammenzufügenden Bauelemente auftreten können oder müssen, während das Lotmaterial bereits möglicherweise an der geeigneten Stelle aufgebracht ist. Das Lotmaterial muß also so ausgewählt sein, dass es bei den höchsten für die genannten Verfahrensschritte notwendigen oder erreichten Temperaturen noch nicht schmilzt. Auf der anderen Seite sollte das Lotmaterial bei einer Temperatur schmelzen, die ein Zusammenfügen der Bauteile ermöglicht, ohne dass durch die hierfür notwendigen Temperaturen Schäden an den Teilen auftreten könnten. Als geeignet hat sich hierfür ein Temperaturbereich zwischen etwas oberhalb von 260°C und 450°C erwiesen. In diesem Bereich schmelzen allerdings nur wenige metallische Materialien. Die meisten dieser Materialien enthalten Gold, häufig in Form ihres Eutektikums mit einem anderen Element wie Zinn oder Silicium. Auch zinnbasierte Lote können eingesetzt werden. Insbesondere die AuSi-Verbindungstechnik ist an-

spruchsvoll, verfügt aber auch über einige wesentliche Vorzüge wie schmale Versiegelungsrahmen, Abdeckungen von Oberflächenstrukturen, hohe Festigkeit und keine Notwendigkeit für eine bauteilseitige Metallisierung. Nachteilig ist jedoch bei der Anwendung der vorgenannten Lotmaterialien die schwierige Kontrolle der Ausbreitung von überschüssigem, sehr dünnflüssigem Lotmaterial. Dieses bildet insbesondere beim Austreten in den/die inneren Hohlraum/Hohlräume kleine Tröpfchen auf den Oberflächen dieser Räume. Da in der Regel das Bauteil beim Löten insgesamt und oft für mehrere Minuten auf der Löttemperatur gehalten wird, fallen oder tropfen diese kleinen Tröpfchen sodann von der Decke der Hohlräume hinunter und können dabei die aktive(n) Struktur(en) des Bauelements beschädigen.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Vermeidung des Entstehens solcher Tröpfchen und damit die Vermeidung von Schäden an den aktiven Bauteilen beim Lötprozess.

[0006] Gelöst wird die Aufgabe durch den Vorschlag, bei einem Deckelwafer in einem Ringbereich innerhalb des ringförmigen Außenbereichs, in dem die Bauteile miteinander verlötet werden, ein Puffermaterial vorzusehen, auf der das eingesetzte Lotmaterial so gut benetzt, dass es zu keiner Tröpfchenbildung kommt. Mit anderen Worten: Die Pufferschicht sollte einen sehr kleinen Benetzungswinkel für Flüssigkeitströpfchen des flüssigen Lotmaterials haben. In der Regel wird ein solches Material zusätzlich eine gewisse Aufnahmekapazität für das flüssige Lotmaterial besitzen, so dass dieses "aufgesogen" wird, was zusätzlich zu dem erwünschten Effekt beiträgt.

[0007] Die Erfindung stellt dementsprechend einen Deckelwafer gemäß Anspruch 1, ein in der Mikrosystemtechnik (MST) einsetzbares Bauelement gemäß Anspruch 16 sowie ein Fügeverfahren gemäß Anspruch 18 bereit. Spezielle Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen offenbart.

[0008] Der Deckelwafer kann aus einem beliebigen Material, z.B. einem Metall, einer Keramik, Glas oder Silizium oder einem oxidischen Material gebildet sein oder dieses Material als äußerste Schicht aufweisen.

[0009] Gleiches gilt für denjenigen Wafer, der als Substrat oder Basis für eine darauf angebrachte aktive Struktur, beispielsweise einen Sensor oder einen Detektor, dient.

[0010] Nachstehend soll die Erfindung anhand der Fig. 1(a) bis 1(c) sowie der Fig. 2 näher erläutert werden.

[0011] Es wird ein Deckelwafer **1**, der an der zu verbindenden Stelle das eine zur Verbindung benötigte Metall **2** bereitstellt, zu einem Sensorwafer **3** justiert.

Auf dem Sensorwafer sind die aktiven zu schützenden Strukturen **4** und optional ein weiteres für die Verbindung benötigtes Metall enthalten. Um die kontrollierte Benetzung des in der Verbindung anfallenden metallhaltigen Lotes zu gewährleisten, wird eine Pufferschicht **6** auf den Deckelwafer oder aber auch auf den Sensorwafer zwischen aktiver Struktur und Verbindungsareal **7** aufgebracht. Diese Pufferschicht besteht vorzugsweise aus einem Metall, kann aber auch aus einem Mehrschichtsystem aufgebaut sein, und kann entweder strukturiert oder ganzflächig in den Kavitäten des Deckels oder Sensorwafers aufgebracht werden. Ein mehrschichtiges System ist vor allem dann ins Auge zu fassen, wenn z.B. ein Haftvermittler und/oder eine Gassperrschicht benötigt werden oder deren Vorhandensein zu vorteilhaften Effekten führt.

[0012] Wird nun der Deckelwafer mit dem Sensorwafer verbunden, entsteht ein metallisches oder metallhaltiges (z.B. eutektisches AuSi) Lot **8**. Die Pufferschicht nimmt überschüssiges Lot auf und sorgt für eine kontrollierte Benetzung. Ohne Pufferschicht würde sich das Lot auf von Metallen schlecht benetzbaren Oberflächen, wie z.B. oxidischen Oberflächen oder Silizium, unkontrolliert in Klumpen sammeln, die sich auf die Sensorstruktur legen und so einen Ausfall des Bauteils provozieren können.

[0013] Der Vorteil der Integration dieser Pufferschicht liegt somit in der Steigerung der Fertigungsausbeute und in der Vermeidung von Ausfällen des Bauteils während des Betriebs, und führt so zu einer kostengünstigeren Produktion von mikrosystemtechnischen hermetisch verkapselten Komponenten.

[0014] Die Bereitstellung der Pufferschicht erfolgt in vorteilhafter Weise durch Aufdampfen einer Metallschicht bzw. durch sequentielles Aufdampfen mehrerer Metallschichten. Günstig ist das Vorsehen einer zusätzlich aufgetragenen metallischen Galvanikschicht. Das Aufdampfen kann allseitig erfolgen oder mit Hilfe von geeigneten Masken, wenn strukturierte Schichten gewünscht werden.

[0015] Der Benetzungswinkel der Pufferschicht ist in vorteilhafter Weise kleiner 35° ; vorzugsweise liegt er unter 12° , und besonders bevorzugt ist er kleiner als 9° .

Patentansprüche

1. Deckelwafer mit einem Kern (**1**) und einer Innenseite, wobei die Innenseite einen ringförmigen Außenbereich (**7**), einen sich an den Außenbereich nach innen anschließenden ringförmigen Bereich sowie einen Innenbereich umfasst, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest der sich nach innen anschließende ringförmige Bereich eine Pufferschicht (**6**) aufweist, die einen Benetzungswinkel von $< 35^\circ$ für

ein metallisches Eutektikum aufweist, das im Bereich von $> 265^\circ\text{C}$ und 450°C schmilzt.

2. Deckelwafer nach Anspruch 1, worin die Pufferschicht (**6**) als ringsum durchgehende Schicht oder in Form von radial nach innen weisenden Stegen ausgebildet ist.

3. Deckelwafer nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der sich nach innen anschließende ringförmige Bereich sowie der Innenbereich Teile einer Ausnehmung sind.

4. Deckelwafer nach Anspruch 1 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ringförmige Bereich und der Innenbereich mit einer durchgehenden Pufferschicht bedeckt sind.

5. Deckelwafer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Innenseite einen im Wesentlichen planaren ringförmigen Außenbereich (**7**) besitzt und der sich nach innen anschließende ringförmige Bereich als Schräge mit einem Winkel α von 45 bis 90° , vorzugsweise von 54° zum ringförmigen Außenbereich (**7**) ausgebildet ist.

6. Deckelwafer nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Pufferschicht (**6**) eine metallische Deckschicht aufweist, wobei das Metall der Deckschicht ausgewählt ist unter Edelmetallen, insbesondere Gold, Kupfer und Silber, Nickel und Nickellegierungen, vorzugsweise einer Nickel-/Silberlegierung, und oxidfreien Nichtedelmetallen und Halbmetallen.

7. Deckelwafer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Pufferschicht (**6**) unterhalb der Deckschicht eine Haftvermittlerschicht und/oder eine Barrierschicht aufweist.

8. Deckelwafer nach Anspruch 7, worin unterhalb der Deckschicht eine Schicht angeordnet ist, die aus Wolfram, Titan, Chrom, einer Legierung der vorgenannten Metalle mit einem weiteren Metall, einer Legierung von zweien oder dreien der vorgenannten Metalle, Nickel (unter der Bedingung, dass die Deckschicht nicht ausschließlich aus Nickel gebildet ist), einer Nickellegierung, insbesondere einer Nickel-Vanadium-Legierung, Palladium oder Platin besteht.

9. Deckelwafer nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass sich unter der Deckschicht eine Barrierschicht und unter der Barrierschicht eine Haftvermittlerschicht befindet.

10. Deckelwafer nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Haftvermittlerschicht in einer Dicke von etwa 20 bis 100 nm und/oder eine Barrierschicht in einer Dicke von 30 bis etwa 400 nm angeordnet ist und/oder dass die

Deckschicht eine Dicke von etwa 100 nm bis etwa 800 nm, vorzugsweise bis etwa 500 nm besitzt.

11. Deckelwafer nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Deckschicht aus Gold besteht.

12. Deckelwafer nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er in seinem Innenbereich der Innenseite und/oder im sich nach innen anschließenden ringförmigen Bereich der Innenseite eine Getterschicht unterhalb der Pufferschicht oder unterhalb der Deckschicht aufweist.

13. Deckelwafer nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass auch der ringförmige Außenbereich (7) eine Pufferschicht (6) wie in Anspruch 1 definiert aufweist, die vorzugsweise aus Gold gebildet ist und stärker bevorzugt eine Dicke von mindestens 100 nm aufweist.

14. Deckelwafer nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auch seine Außenseite(n) mit einer Deckschicht aus Gold bedeckt ist (sind).

15. Deckelwafer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Pufferschicht als durchgehende Schicht oder in Form von radial nach innen weisenden Stegen ausgebildet ist.

16. In der Mikrosystemtechnik einsetzbares Bauelement, umfassend ein Substrat (3) mit einer Oberseite, die einen ringförmigen Außenbereich (7) und innerhalb des ringförmigen Außenbereichs angeordnet eine aktive Struktur (4), beispielsweise einen Sensor oder Detektor aufweist, sowie einen Deckelwafer nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei der ringförmige Außenbereich (7) der Oberseite des Substrats und der ringförmige Außenbereich (7) der Innenseite des Deckelwafers eine zueinander passende Struktur aufweisen und mit Hilfe eines Lotmaterials miteinander verbunden sind, das in einem Temperaturbereich zwischen 265 und 450°C schmilzt.

17. Bauelement nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass das Lotmaterial, mit dem die jeweiligen ringförmigen Außenbereiche (7,) miteinander verbunden sind, ein gold- und/oder zinnhaltiges Eutektikum, bevorzugt ein Gold-Zinn- oder Gold-Silizium-Eutektikum ist.

18. Verfahren zum Verbinden von zwei in der Mikrosystemtechnik einsetzbaren Bauelement-Teilen, deren erstes als Bodenteil und deren zweites als Deckelteil ausgebildet ist, wobei sowohl das Bodenteil als auch das Deckelteil einander zugewandte, aufeinander passende, ringförmige Außenbereiche (7) aufweisen, dadurch gekennzeichnet, dass
– mindestens eines der beiden Teile in einem Zu-

stand bereitgestellt wird, in dem sich ein Lotmaterial auf dem ringförmigen Außenbereich (7) befindet, das einen Schmelzpunkt im Bereich zwischen 265°C und 450°C besitzt und dass zumindest das als Oberteil dienende Teil in einem sich an den Außenbereich nach innen anschließenden ringförmigen Bereich mit einer Pufferschicht versehen ist, die einen Benetzungswinkel von $< 35^\circ$ für das genannte Lotmaterial in flüssigem Zustand besitzt, und
– die beiden Teile bei einer Temperatur von über 265 bis 450°C miteinander verbunden werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1a

