



①



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 694 792 A5

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑤ Int. Cl.<sup>7</sup>: B 23 K 003/06  
H 01 L 021/60  
H 05 K 003/34  
B 23 K 001/20

## ⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑲ Gesuchsnummer: 01624/00

⑳ Anmeldungsdatum: 17.08.2000

㉑ Priorität: 10.09.1999 CH 1695/99

㉔ Patent erteilt: 29.07.2005

㉕ Patentschrift  
veröffentlicht: 29.07.2005

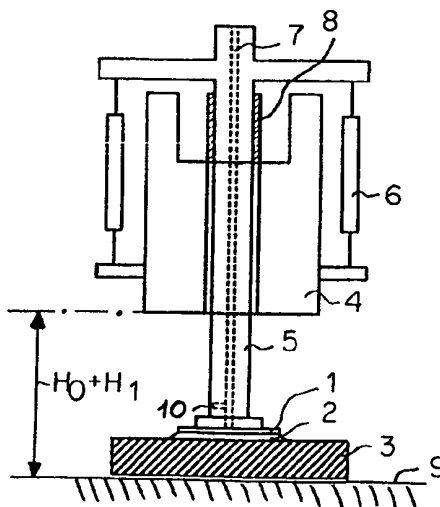
㉗ Inhaber:  
ESEC Trading SA  
Hinterbergstrasse 32, Postfach 5503  
6330 Cham (CH)

㉘ Erfinder:  
Markus Limacher, Hans-Reinhard Strasse 3  
6048 Horw (CH)  
Christoph Lüchinger, 576 Giotto  
Irvine, CA 92614 (US)

㉙ Vertreter:  
Dr. Urs Falk Patentanwaltsbüro Dr. Urs Falk  
Eichholzweg 9a  
6312 Steinhausen (CH)

## ⑤④ Verfahren und Vorrichtung für die Montage von Halbleiterchips

⑤⑦ Bei der Montage von Halbleiterchips (1) auf einem eine Lotportion (2) aufweisenden Substrat (3) wird der von einem an einem Bondkopf (4) federnd gelagerten Greifer (5) gehaltene Halbleiterchip (1) auf das Substrat (3) abgesenkt. Dabei wird der Greifer (5) gegenüber dem Bondkopf (4) ausgelenkt. Anschliessend wird der Halbleiterchip (1) um eine vorbestimmte Distanz angehoben und dann losgelassen. Fakultativ wird der Halbleiterchip (1) vor dem Loslassen auf und ab bewegt. Bei diesem Verfahren befindet sich der Halbleiterchip (1) unter mechanischer Kontrolle, bis das Lot (2) eine stabile Form eingenommen und der Halbleiterchip (1) seine endgültige Lage erreicht hat.



## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für die Montage von Halbleiterchips der im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Art und eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

Lötverfahren dieser Art werden typischerweise – jedoch nicht ausschliesslich – bei der Montage von Halbleiterchips auf einem metallischen Träger, einem sogenannten Leadframe, angewendet. Hauptsächlich Leistungshalbleiter werden in der Regel mit dem Substrat (üblicherweise Kupfer) mittels Weichlötung verbunden, um über die Lötverbindung eine wirksame Ableitung der beim Betrieb entstehenden Verlustwärme aus dem Halbleiterchip zu gewährleisten.

Aus der europäischen Patentanmeldung EP 752 294 ist eine Vorrichtung zum Austragen von flüssigem Lot auf ein Substrat und zur nachfolgenden Montage eines Halbleiterchips auf der noch flüssigen Lotportion bekannt. Unter der Bezeichnung «Die Bonder 2007 SSI» bietet die Anmelderin eine derartige Vorrichtung an, wobei der Halbleiterchip mittels eines als «Overtravel» bekannten Vorganges über der Lotportion auf dem Substrat platziert wird. Bei diesem Vorgang wird der Bondkopf so weit abgesenkt, dass der den Halbleiterchip haltende Greifer beim Auftreffen auf der Lotportion gegenüber dem Bondkopf ausgelenkt wird. Auf diese Weise können Dickenvariationen der Halbleiterchips, die typischerweise bis zu 40 µm betragen, und Höhenvariationen der Oberfläche des Substrates problemlos bewältigt werden.

Das flüssige Weichlot hat eine sehr tiefe Viskosität und verhält sich beim Auftreffen des Halbleiterchips wie Wasser d.h. es fliesst leicht und fast instantan unter dem Halbleiterchip hervor und verteilt sich ausserhalb des Halbleiterchips. Untersuchungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera haben gezeigt, dass dabei zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat ein Spalt bleibt, der zwar mit Lot gefüllt ist, dessen Dicke aber nur noch einige Mikrometer beträgt. Beim Wegfahren des Bondkopfes fliesst im Idealfall ein Grossteil des Lotes in den Spalt zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat zurück, wobei sich der Spalt wieder vergrössert, die Dicke der Lotschicht unterliegt jedoch gewissen Schwankungen, selbst wenn der Halbleiterchip noch parallel zur Substratoberfläche hin- und herbewegt wird. Oftmals fliesst das Lot nicht mehr unter den Halbleiterchip zurück, sondern verharrt in Wülsten neben dem Halbleiterchip. Dabei resultieren sehr dünne Lotschichten. Falls das Lot nur teilweise oder einseitig zurückfliesst, resultieren Lotschichten mit grosser Keiligkeit (Tilt). Das Zurückfliessen des Lotes und die Bildung einer Lotschicht ausreichender Dicke und Homogenität geschieht unkontrolliert. An die Lötverbindung werden nun aber zunehmend höhere Anforderungen gestellt: gleichmässige Dicke der Lotschicht, Verteilung der Lotschicht über die ganze Chipfläche, völlige Blasenfreiheit, hohe Reinheit der Lötstelle.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Qualität der Lötverbindung zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat weiter zu verbessern.

Die Erfindung ist im Anspruch 1 gekennzeichnet. Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Das erfindungsgemässe Verfahren für die Montage von Halbleiterchips auf einem eine Lotportion aufweisenden Substrat ist gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- a) Bereitstellen des Substrates auf einer Auflage;
- b) Ergreifen des Halbleiterchips mittels eines an einem Bondkopf federnd gelagerten Greifers;
- c) Absenken des Halbleiterchips auf das Substrat, wobei der den Halbleiterchip tragende Greifer gegenüber dem Bondkopf ausgelenkt wird;
- d) Anheben des Halbleiterchips um eine vorbestimmte Distanz;
- e) Loslassen des Halbleiterchips;
- f) Wegfahren des Bondkopfes.

Beim Schritt c trifft der Halbleiterchip zunächst auf das flüssige Lot, wobei die Lotportion infolge des Aufpralls zuerst flachgedrückt wird und das Lot dann zum grössten Teil aus dem Spalt zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat herausgedrückt wird. Das Lot sammelt sich seitlich des Halbleiterchips in Wülsten an. Zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat verbleibt ein mit Lot gefüllter Spalt, dessen Dicke nur wenige Mikrometer, typisch nur etwa 5 Mikrometer beträgt. Das Ziel ist, dass bei diesem Schritt c die gesamte Rückseite des Halbleiterchips inklusive den Ecken mit Lot benetzt wird und dass sich das Lot möglichst gleichmässig auf allen vier Seiten des Halbleiterchips ansammelt. Ob und wie die Benetzung auf der ganzen Rückseite des Halbleiterchips erfolgt, hängt aber nicht nur von der Aufprallgeschwindigkeit des Halbleiterchips und des Grades der Parallelität seiner Rückseite zur Substratoberfläche, sondern auch von anderen Faktoren wie z.B. der Sauberkeit der Rückseite des Halbleiterchips und der auf dem Substrat zu benetzenden Fläche, der Form und der Qualität des Lotes etc. ab.

Beim Schritt d wird nun der Halbleiterchip, anders als beim Stand der Technik, unter mechanischer Kontrolle des Greifers in eine vorbestimmte Höhe über dem Substrat gebracht, wobei wieder Lot in den sich vergrössernden Spalt zwischen dem Halbleiterchip und dem Substrat zurückfliesst. Das Zurückfliessen des Lotes erfolgt unter kontrollierten Bedingungen, insbesondere unter kontrollierter Sogwirkung des vom Greifer geführten Halbleiterchips. Dadurch wird erreicht, dass der Spalt relativ homogen und bis zu den Ecken des Halbleiterchips mit Lot gefüllt wird. Die Benetzung ist inzwischen auch abgeschlossen, d.h. das Lot hat Menisken gebildet und somit eine stabile Lage erreicht. Jetzt kann die mechanische Verbindung zwischen dem Halbleiterchip und dem Greifer gelöst und der Bondkopf weggefahren werden, ohne dass sich die Lage und/oder Keiligkeit des Halbleiterchips ändert.

Es ist möglich, dass im Lot Blasen, sogenannte Voids, eingeschlossen sind. Durch eine kontrollierte Auf- und Abbewegung des Halbleiterchips nach dem Schritt d kann bei Bedarf erreicht werden, dass allfällige grosse Blasen in mehrere kleine Blasen zerfallen und dass die Blasen gegen den Rand des Halbleiterchips wandern, wobei am Rand ankomm-

mende Blasen verschwinden. Die Verkleinerung oder sogar völlige Eliminierung der Blasen, die selbst ein Qualitätsmerkmal ist, bewirkt zudem, dass sich die Lage des Halbleiterchips beim Lösen vom Greifer weniger stark oder nicht mehr ändert, d.h. eine verbesserte Keiligkeit und somit auch einen höheren Wert der dünnsten Stelle der Lotschicht bzw. eine gleichmässige Dicke der Lotschicht. Solange grössere Blasen vorhanden sind, besteht nämlich die Gefahr, dass sich der Halbleiterchip lokal absenkt und sich in einer zur Substratoberfläche schrägen Lage befindet.

Eine Voraussetzung für das Erreichen der geforderten Qualität der Lotschicht ist natürlich, dass der Bondkopf so justiert ist, dass die Unterseite des Halbleiterchips planparallel zur Oberfläche des Substrates ist.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1A–1C ein erstes Ausführungsbeispiel einer für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeigneten Vorrichtung in verschiedenen Stadien des Verfahrens,

Fig. 2 einen Halbleiterchip mit einem herumlaufenden Lotsaum,

Fig. 3 ein Diagramm,

Fig. 4 ein zweites Ausführungsbeispiel einer für die Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens geeigneten Vorrichtung,

Fig. 5A, B montierte Halbleiterchips, und

Fig. 6 ein zweites Diagramm.

Die Fig. 1A bis 1C zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel einer für die Durchführung dieses Verfahrens geeigneten Vorrichtung in verschiedenen Stadien des Verfahrens. Mit dem Bezugszeichen 1 ist der zu montierende Halbleiterchip, mit 2 das Lot und mit 3 das Substrat bezeichnet. Die Vorrichtung weist einen in vertikaler z-Richtung bewegbaren Bondkopf 4 mit einem Greifer 5 für den Halbleiterchip 1 auf. Der Greifer 5 ist am Bondkopf 4 mittels zwei vorgespannten Zugfedern 6 federnd gelagert und ist somit aus der in der Fig. 1A dargestellten Ruhelage entgegen einer von den Zugfedern 6 ausgeübten Kraft bezüglich des Bondkopfes 4 in vertikaler z-Richtung auslenkbar. Der Greifer 5 weist eine Bohrung 7 auf, damit der Halbleiterchip 1 durch Anlegen von Vakuum an die Bohrung 7 ergriffen werden kann.

Am Bondkopf 4 sind zwei von einem Antrieb in horizontaler Richtung bewegbare Klemmbacken 8 angeordnet. Die Klemmbacken 8 können den Greifer 5 einklemmen, damit dann der Greifer 5 der Bewegung des Bondkopfes 4 folgt. Das Substrat 3 befindet sich auf einer Auflage 9 der Vorrichtung.

Die Fig. 1A zeigt die Vorrichtung vor dem Schritt c: Die Zugfedern 6 ziehen den Greifer 5 gegen eine Anschlagfläche des Bondkopfes 4, d.h. der Greifer 5 befindet sich gegenüber dem Bondkopf 4 in seiner Ruhelage. Die Klemmbacken 8 klemmen den Greifer 5 nicht.

Die Fig. 1B zeigt die Vorrichtung nach dem Schritt c: Der Bondkopf 4 befindet sich auf der Höhe  $H_0$  über der Auflage 9, der Greifer 5 ist gegenüber dem

Bondkopf 4 um die Distanz D ausgelenkt. Die Distanz D variiert infolge der Dickenvariationen von Substrat 3 und Halbleiterchip 1. Die Höhe  $H_0$  ist so vorbestimmt, dass die Distanz D im Mittel etwa 0.2 mm beträgt. Infolgedessen kommt der Halbleiterchip 1 beim Absenken des Bondkopfes 4 zunächst auf dem Lot 2 zur Auflage und beim weiteren Absenken des Bondkopfes 4 auf die endgültige Höhe  $H_0$  wird der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 ausgelenkt. Bei diesem Vorgang fliesst der grössere Teil des flüssigen Lotes 2 aus dem Spalt zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 heraus und sammelt sich seitlich des Halbleiterchips 1 in Wülsten an. Zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 verbleibt ein mit Lot gefüllter Spalt, dessen Dicke typisch nur etwa 5  $\mu\text{m}$  beträgt.

Nachdem der Bondkopf 4 die Höhe  $H_0$  erreicht und sich das Lot 2 seitlich des Halbleiterchips 1 angesammelt hat, werden die Klemmbacken 8 zusammengefahren, so dass sie den Greifer 5 im ausgelenkten Zustand am Bondkopf 4 festklemmen. Beim Schritt d wird der Bondkopf 4 um eine vorbestimmte Distanz  $H_1$  angehoben, womit auch der festgeklemmte Greifer 5 und der Halbleiterchip 1 um die Distanz  $H_1$  angehoben werden.

Die Fig. 1C zeigt die Situation nach dem Schritt d. Der Bondkopf 4 ist auf die Höhe  $H_0 + H_1$  so weit angehoben worden, dass der Spalt zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 etwa so gross wie die endgültige, gewünschte Schichtdicke des Lotes 2 ist. Diese Schichtdicke liegt typisch im Bereich von 20 bis 100  $\mu\text{m}$ . Das Lot 2 fliesst bei diesem Vorgang in den Spalt zurück. Der vom Greifer 5 festgehaltene Halbleiterchip 1 befindet sich in einer wohl definierten Lage. Sobald das Zurückfliessen des Lotes 2 in den Spalt beendet oder zumindest annähernd beendet ist, wird im Schritt e zunächst das Vakuum, mit dem der Halbleiterchip 1 vom Greifer 5 gehalten wird, abgestellt, und sobald der Halbleiterchip 1 vom Greifer 5 nicht mehr oder nurmehr sehr schwach gehalten ist, wird der Bondkopf 4 weggefahren, wobei sich der Greifer 5 vom Halbleiterchip 1 löst, und die Montage des nächsten Halbleiterchips eingeleitet.

Es hat sich nun gezeigt, dass die Keiligkeit des platzierten Halbleiterchips 1 markant verbessert werden kann, wenn der Greifer 5 nach dem Schritt d zusätzlich einmal oder mehrmals in z-Richtung gegen das Substrat 3 hin und wieder davon weg bewegt wird, d.h. wenn die Breite des Spalts zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 durch Auf- und Abbewegen des Bondkopfes 4 und des Greifers 5 noch kontrolliert variiert wird. Mit diesem «Pumpen» wird einerseits erreicht, dass das Lot 2 entlang den Kanten des Halbleiterchips 1 fliesst und um den Halbleiterchip 1 herum einen vollständigen Lotsaum 2a bildet (siehe Fig. 2). Andererseits werden allfällige vorhandene Blasen verkleinert und gegen den Rand des Halbleiterchips 1 befördert. Insgesamt resultiert eine vollständige, d.h. blasenfreie, und gleichmässige Verteilung des Lotes 2 im Spalt, was sich in einer geringeren Keiligkeit und damit verbunden in einem höheren Wert der dünnsten Stelle des Lotes 2 manifestiert.

Die Auf- und Abbewegung des Bondkopfes 4

kann mit dem den Bondkopf 4 in vertikaler Richtung antreibenden Antrieb erfolgen. Bevorzugt wird jedoch die Auf- und Abbewegung des Bondkopfes 4 mittels einer Exzentrerscheibe bewerkstelligt, die direkt auf den Bondkopf 4 einwirkt. Damit die Bewegungen der Exzentrerscheibe einwandfrei auf den Bondkopf 4 übertragen werden, ist es nötig, dass der Bondkopf 4 und die Exzentrerscheibe in ständigem Kontakt sind. Dies wird dadurch erreicht, dass der Bondkopf 4 so ausgestaltet ist, dass er beim Anfahren der Bondposition in Kontakt mit der Exzentrerscheibe kommt und schliesslich in der Bondposition mit leichter Vorspannung gegen diese drückt. Gleichzeitig werden auf diese Weise Schwingungen des Bondkopfes 4 in z-Richtung wirksam unterbunden.

Die Fig. 3 zeigt den Verlauf der z-Höhe des Halbleiterchips 1 (gestrichelte Linie) und des Bondkopfes 4 (ausgezogene Linie) über der Auflage 9 in Funktion der Zeit t. Zunächst wird der Bondkopf 4 abgesenkt bis auf die vorbestimmte Höhe  $H_0$ , die er zum Zeitpunkt  $t_1$  erreicht, wobei der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 ausgelenkt wird, was als «Overtravel» bezeichnet wird. Bereits vorher, zum Zeitpunkt  $t_0$ , prallt der Halbleiterchip 1 auf das Lot 2. Anschliessend ruht der Bondkopf 4 eine vorbestimmte Zeitspanne  $T_{12}$  bis zum Zeitpunkt  $t_2$ . Während der Zeitspanne  $T_{02}$  fliesst ein grosser Teil des Lotes 2, das sich im Spalt zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 befindet, aus dem Spalt heraus und sammelt sich seitlich des Halbleiterchips 1 an. Dieser Prozess erfolgt meistens ruckartig, d.h. der Halbleiterchip 1 kommt zuerst auf dem heissen Lot 2 zur Auflage, erwärmt sich, und senkt sich dann rasch, weil plötzlich fast alles Lot 2 aus dem Spalt herausfliesst. Erst jetzt befindet sich der Halbleiterchip 1 in einer von der ursprünglichen Form des Lotes 2 weitgehend unabhängigen und reproduzierbaren Lage, nämlich nur noch einige Mikrometer über dem Substrat 3. Sobald diese Lage erreicht wurde, wird der Greifer 5 zum Zeitpunkt  $t_2$  mit den Klemmbacken 8 festgeklemt und der Bondkopf 4 um die Distanz  $H_1$  angehoben. Während der anschliessenden Zeitspanne  $T_{34}$  wird, fakultativ, der Bondkopf 4 auf und ab bewegt, wobei die Amplitude A der Auf- und Abbewegung typischerweise etwa der Distanz  $H_1$  entspricht. Die Frequenz der Auf- und Abbewegung beträgt typisch 50 Hz bis 250 Hz, kann aber auch bis zu 500 oder 800 Hz betragen. Die Anzahl der Auf- und Abbewegungen beträgt je nach Frequenz nur 2 bis 5 oder bei höheren Frequenzen einige 10. Es ist auch möglich, die Amplitude A mit zunehmender Zahl der Auf- und Abbewegungen zu verringern. Nach dem Abschluss der Auf- und Abbewegung des Bondkopfes 4 wird zum Zeitpunkt  $t_4$  das Vakuum gelöst und schliesslich zum Zeitpunkt  $t_5$  der Bondkopf 4 weggefahren.

Bei diesem Ausführungsbeispiel erfolgen die Schritte c und d somit folgendermassen:

c) Absenken des Bondkopfes 4 auf eine vorbestimmte Höhe über der Auflage 9, wobei die Höhe so vorbestimmt ist, dass der den Halbleiterchip 1 haltende Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 ausgelenkt wird; und

d) Fixieren des Greifers 5 am Bondkopf 4 und Anheben des Bondkopfes 4 um die vorbestimmte Distanz  $H_1$ ;

Die zeitliche Abfolge der Schritte e und f kann einerseits derart vorgesehen sein, dass nach dem Lösen des Vakuums zum Zeitpunkt  $t_4$  vorerst eine vorbestimmte Zeitspanne  $T_{45}$  gewartet wird und erst anschliessend der Bondkopf 4 weggefahren wird. Die Zeitspanne  $T_{45}$  ist so zu bemessen, dass sich der Bondkopf 4 beim Wegfahren problemlos vom Halbleiterchip 1 löst. Andererseits kann auch ein Sensor vorgesehen sein, der die Stärke des Vakuums misst und das Wegfahren des Bondkopfes 4 erfolgt, sobald das Vakuum zum Zeitpunkt  $t_5$  einen vorbestimmten Wert unterschreitet.

Eine vorteilhafte Lösung, die einen schnellen Abbau des Vakuums an der Spitze des Greifers 5 ermöglicht, besteht darin, oberhalb der Spitze des Greifers 5 eine Bohrung 10 (Fig. 1C) vorzusehen, die ein kontrolliertes Leck darstellt. Das Leck soll klein genug sein, damit der Greifer 5 beim Anlegen von Vakuum den Halbleiterchip 1 ergreifen und transportieren kann, und gross genug, dass sich die Bohrung 7 an der Spitze des Greifers 5 sofort, d.h. innerhalb weniger Millisekunden, mit dem in der Umgebung herrschenden Schutzgas füllt, wenn die Verbindung zur Vakuumquelle unterbrochen wird. Es wird dann möglich, das Vakuum zu lösen unmittelbar bevor der Halbleiterchip die Höhe  $H_0 + H_1$  erreicht hat, so dass die mechanische Führung des Halbleiterchips 1 beim Erreichen etwa der Höhe  $H_0 + H_1$  durch den Greifer 5 beendet ist und der Bondkopf 4 ohne anzuhalten (d.h.  $T_{45} = 0$ ) weggefahren kann.

Es hat sich gezeigt, dass es vorteilhaft sein kann, die Aufprallgeschwindigkeit des Halbleiterchips 1 auf das Lot 2 zu reduzieren, damit sich das verdrängte Lot 2 möglichst nahe neben dem Halbleiterchip 1 ansammelt, und den Halbleiterchip 1 dafür wenigstens einmal, vorzugsweise mehrmals, auf und ab zu bewegen. Die Auf- und Abbewegung des Halbleiterchips 1 fördert nämlich die vollständige Benetzung und Bedeckung der Rückseite des Halbleiterchips 1 mit Lot 2 bzw. die Bildung des um den Halbleiterchip 1 vollständig herumlaufenden Lotsaums 2a.

Anstelle der Klemmbacken 8 können auch andere Mittel vorgesehen sein, um den Greifer 5 am Bondkopf 4 zu arretieren. Der Greifer 5 kann beispielsweise mittels eines von einem Elektromagneten betriebenen, um eine Achse drehbaren Hebel gegen den Bondkopf 4 gedrückt werden oder mittels Vakuum am Bondkopf 4 fixiert werden.

Anstatt den Greifer 5 am Bondkopf 4 zu arretieren und den Bondkopf 4 um die Distanz  $H_1$  anzuheben, kann auch eine Lösung vorgesehen sein, bei der der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 um die Distanz  $H_1$  angehoben wird.

Die Fig. 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Vorrichtung. Bei dieser Vorrichtung ist anstelle der Klemmbacken 8 (Fig. 1A) ein Sensor 11 vorhanden. Der Sensor 11 besteht aus einem durch zwei elektrische Kontakte gebildeten Schalter. Der eine elektrische Kontakt befindet sich am Bondkopf 4, der andere am Greifer 5. Im Normalzustand, d.h. wenn der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 nicht ausgelenkt ist, berühren sich die beiden Kontakte: der Schalter ist geschlossen. Beim Absenken des Bondkopfes 4 während des Schrittes c öffnet sich der

Schalter, sobald der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 ausgelenkt wird. Mittels geeigneter elektronischer Mittel wird nun beim Anheben des Bondkopfes 4 während des Schrittes d der Zeitpunkt  $t_c$  erfasst, an dem der Schalter wieder schliesst, die Höhe  $H_2$  des Bondkopfes 4 zu diesem Zeitpunkt  $t_c$  ermittelt und der Bondkopf 4 auf die Höhe  $H_3 = H_2 + H_1$  angehoben. Das Schliessen des Schalters bedeutet, dass der Greifer 5 gegenüber dem Bondkopf 4 nicht mehr ausgelenkt ist und der Bewegung des Bondkopfes 4 von der Höhe  $H_2$  auf die Höhe  $H_3 = H_2 + H_1$  folgt. Die Distanz  $H_1$  entspricht in etwa der gewünschten Schichtdicke des Lotes 2. Der Greifer 5 legt somit die Distanz  $H_1$  zurück. Die Fig. 4 zeigt die Vorrichtung im Zustand nach dem Verfahrensschritt d.

Mit dem Sensor 11 kann zudem überprüft werden, ob der Greifer 5 am Bondkopf 4 verklemmt. Dies ist dann der Fall, wenn die beiden Kontakte des Sensors 11 entweder immer offen oder immer geschlossen bleiben.

Wie beim ersten Ausführungsbeispiel bereits beschrieben, kann auch hier nach dem Schritt d eine Auf- und Abbewegung des Bondkopfes 4 mit dem Greifer 5 erfolgen und kann auch hier beim Schritt e nach dem Lösen des Vakuums entweder vorerst eine vorbestimmte Zeitspanne gewartet und erst anschliessend der Bondkopf 4 weggefahren werden oder das Wegfahren des Bondkopfes 4 beim Schritt f kann erst dann erfolgen, wenn das den Halbleiterchip 1 haltende Vakuum einen vorbestimmten Wert unterschreitet. Dabei kann auch das Schliessen der Kontakte des Sensors 11 zur Triggerung des Zeitpunktes, an dem das Vakuum zu lösen ist, benutzt werden.

Die Fig. 5a zeigt einen nach dem erfindungsgemässen Verfahren montierten Halbleiterchip 1 guter Qualität, bei dem das Lot schöne Menisken 12 ausgebildet hat, und der parallel zur Oberfläche des Substrates 3 ausgerichtet ist, dessen Keiligkeit daher null ist. Die Fig. 5b zeigt zum Vergleich einen montierten Halbleiterchip 1 schlechterer Qualität, der schräg montiert ist: Die Lotschicht 2' ist unterschiedlich dick, die Keiligkeit, dargestellt durch den Winkel  $\phi$ , ist nicht null.

Die Fig. 6 zeigt eine weitere Möglichkeit für den Verlauf der z-Höhe des Halbleiterchips 1 (gestrichelte Linie) und des Bondkopfes 4 (ausgezogene Linie) über der Auflage 9 in Funktion der Zeit t. Hier wird der Bondkopf 4 auf die Höhe  $H_0$  abgesenkt, der Greifer 5 unmittelbar beim Erreichen der Höhe  $H_0$ , d.h. bereits etwa zum Zeitpunkt  $t_1$  festgeklemt, und, sobald der Greifer 5 am Bondkopf 4 fixiert ist, der Bondkopf 4 auf eine Höhe  $H_0 + H_4$  angehoben, bevor das Wegfliessen des Lotes 2 aus dem Spalt zwischen dem Halbleiterchip 1 und dem Substrat 3 und das ruckartige Absinken des Halbleiterchips 1 erfolgen. Bei diesem Vorgang wird die Lotportion 2 zwar verformt, das unkontrollierte Wegfliessen des Lotes 2 aus dem Spalt aber findet nicht statt. Die Distanz  $H_4$  bestimmt sich entsprechend dem Ausmass der Auslenkung des Greifers 5 gegenüber dem Bondkopf 4 und der zu erreichenden Dicke der Lotschicht.

Bei gewissen Materialpaarungen Lot 2 – Substrat 3 ist es möglich, den Bondkopf 4 ohne die Auf- und Abbewegung direkt wegzufahren. Es ist dann vorteil-

haft, das Vakuum bereits vor dem Erreichen der Höhe  $H_0 + H_4$  zu lösen, so dass der Bondkopf 4 wegfahren kann, ohne auf der Höhe  $H_0 + H_4$  zu verweilen. Vorteilhaft wird dazu die Stärke des Vakuums geregelt und der Greifer 5 mit der als kontrolliertes Leck dienenden Bohrung 10 versehen, so dass die Zeitspanne  $\tau$ , die vom Abstellen des Vakuums bis zum Lösen des Halbleiterchips 1 vom Greifer 5 vergeht, reproduzierbar ist. Das Vakuum kann dann entsprechend der Bahnkurve des Bondkopfes 4 um diese Zeitspanne  $\tau$  vor dem Erreichen der Höhe  $H_0 + H_4$  gelöst werden. Auch bei dieser Bewegung wird der Halbleiterchip 1 bis zum Erreichen der vorbestimmten Höhe  $H_0 + H_4$  mechanisch geführt.

Bei anderen Materialpaarungen Lot 2 – Substrat 3 ist es hingegen besser, den Bondkopf 4 nach dem Erreichen der Höhe  $H_0 + H_4$  noch auf und ab zu bewegen.

Das erfindungsgemässe Verfahren ergibt hervorragende Lötverbindungen, wenn der Halbleiterchip auf eine flachgedrückte Lotportion (siehe EP 852 983) montiert wird, deren lineare Abmessungen etwas grösser als die linearen Abmessungen des Halbleiterchips sind. Das erfindungsgemässe Verfahren ergibt aber auch sehr gute Lötverbindungen, wenn der Halbleiterchip auf eine tropfenförmige Lotportion montiert wird. Die verschiedenen Parameter des erfindungsgemässen Verfahrens erlauben eine optimale Anpassung des Bewegungsablaufes des Halbleiterchips an die durch die Materialkombination Lot-Substrat diktierten Bedingungen. Die mechanisch kontrolliert geführte Bewegung des Halbleiterchips bis zum Erreichen seiner Endlage mit einer stabil ausgebildeten Lotschicht erlaubt tiefere Prozesstemperaturen, d.h. dass das Substrat und das Lot nur um einige wenige °C über die Schmelztemperatur des Lotes aufgeheizt werden müssen. Bei den vorbekannten Verfahren sind Prozesstemperaturen nötig, die 50 oder 80 °C über der Schmelztemperatur des Lotes liegen, damit das Lot zurückfliesst.

#### Patentansprüche

1. Verfahren für die Montage eines Halbleiterchips (1) auf einem eine Lotportion (2) aufweisenden Substrat (3), gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:

- Bereitstellen des Substrates (3) auf einer Auflage (9);
- Ergreifen des Halbleiterchips (1) mittels eines an einem Bondkopf (4) federnd gelagerten Greifers (5);
- Absenken des Halbleiterchips (1) auf das Substrat (3), wobei der den Halbleiterchip (1) tragende Greifer (5) gegenüber dem Bondkopf (4) ausgelenkt wird;
- Anheben des Halbleiterchips (1) um eine vorbestimmte Distanz;
- Loslassen des Halbleiterchips (1), und
- Wegfahren des Bondkopfes (4).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Schritt c der Bondkopf (4) auf eine vorbestimmte Höhe über der Auflage (9) abgesenkt wird, dass nach dem Schritt c der Greifer (5) am Bondkopf (4) fixiert wird, und dass beim Schritt d der Bondkopf (4) um die vorbestimmte Distanz angehoben wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass beim Schritt c der Bondkopf (4) auf eine vorbestimmte Höhe über der Auflage (9) abgesenkt wird, dass während des Schrittes d mittels eines Sensors (11) der Zeitpunkt  $t_c$  ermittelt wird, an dem der Greifer (5) gegenüber dem Bondkopf (4) nicht mehr ausgelenkt ist, dass die Höhe  $H_2$  des Bondkopfes (4) zu diesem Zeitpunkt  $t_c$  ermittelt wird und dass der Bondkopf (4) auf die Höhe  $H_3 = H_2 + H_1$  angehoben wird, wobei  $H_1$  die vorbestimmte Distanz ist. 5 10
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Schritt d der Halbleiterchip (1) in vertikaler Richtung einmal oder mehrmals auf- und abbewegt wird. 15
5. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1, 2 oder 4, mit einem Bondkopf (4) mit einem Greifer (5) zum Ergreifen eines Halbleiterchips (1), wobei der Greifer (5) gegenüber dem Bondkopf (4) auslenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel vorhanden sind, um den Greifer (5) in einer beliebigen, ausgelenkten Position am Bondkopf (4) vorübergehend zu fixieren. 20
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel für die vorübergehende Fixierung des Greifers (5) am Bondkopf (4) einen Antrieb und vom Antrieb betätigbare Klemmbacken (8) umfassen. 25
7. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel für die vorübergehende Fixierung des Greifers (5) am Bondkopf (4) einen Elektromagneten und einen mittels des Elektromagneten betätigbaren, um eine Achse drehbaren Hebel umfassen. 30
8. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel für die vorübergehende Fixierung des Greifers (5) am Bondkopf (4) ein Vakuumsystem umfassen. 35
9. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 3, mit einem Bondkopf (4) mit einem Greifer (5) zum Ergreifen eines Halbleiterchips (1), wobei der Greifer (5) gegenüber dem Bondkopf (4) auslenkbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein Sensor (11) vorhanden ist, der angibt, ob der Greifer (5) ausgelenkt ist. 40 45
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (11) ein aus zwei Kontakten gebildeter Schalter ist. 50

55

60

65

6

Fig.1A

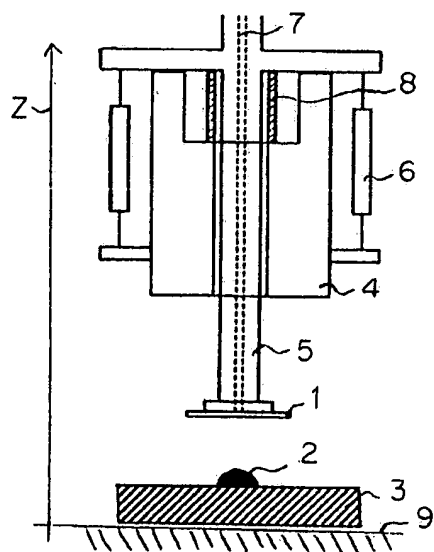


Fig.1B

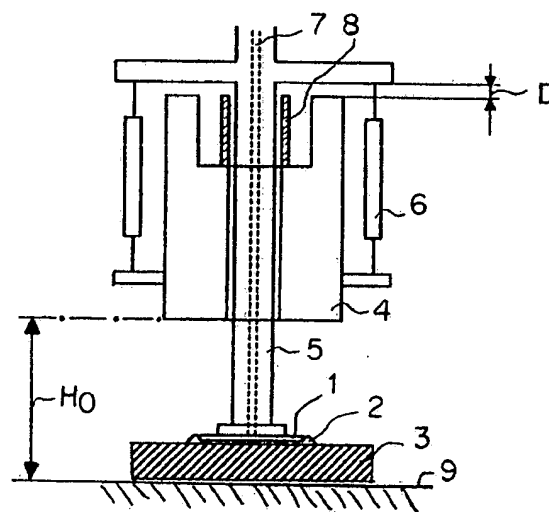


Fig.1C

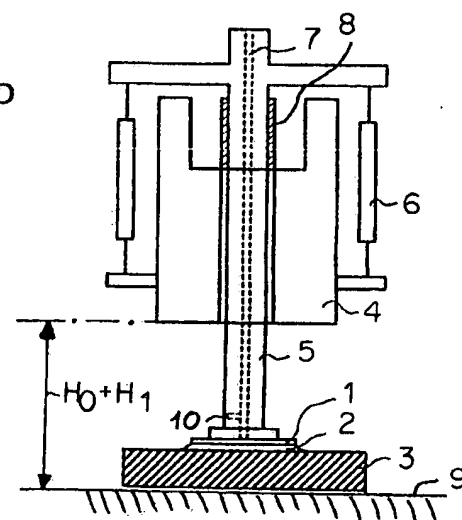


Fig. 3

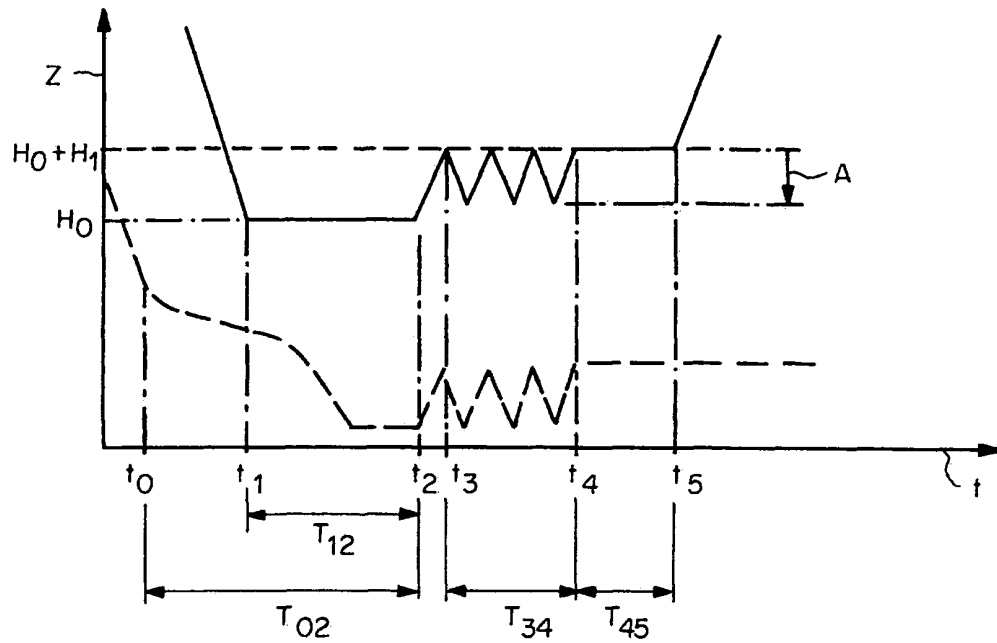


Fig.6

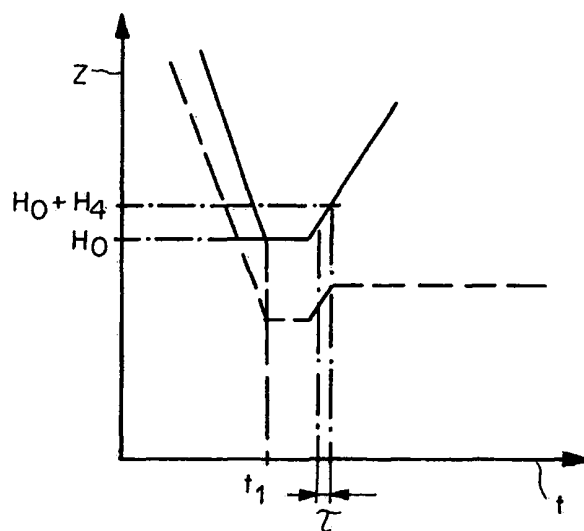


Fig.2



Fig. 4

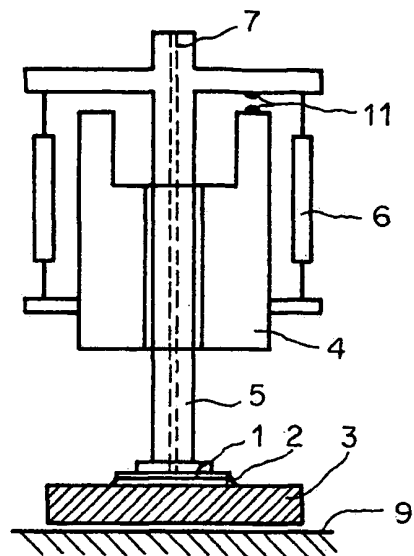


Fig. 5A

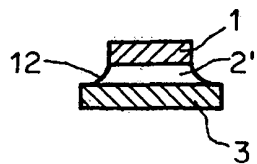


Fig. 5B

