



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum

(11) CH 707 378 A1

(51) Int. Cl.: B23K 3/00 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 02915/12

(71) Anmelder:
Besi Switzerland AG, Hinterbergstrasse 32A
6330 Cham (CH)

(22) Anmeldedatum: 21.12.2012

(72) Erfinder:
Hannes Kostner, 6067 Absam (AT)

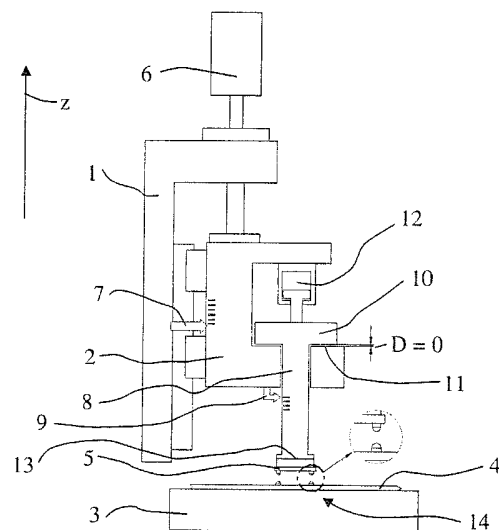
(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.06.2014

(74) Vertreter:
Patentanwaltbüro Dr. Urs Falk, Eichholzweg 9A
6312 Steinhausen (CH)

(54) Thermokompressionsverfahren und Vorrichtung für die Montage von Halbleiterchips auf einem Substrat.

(57) Gegenstand der Erfindung ist ein Thermokompressionsverfahren für die Montage von Halbleiterchips (5) auf einem Substrat (4) und umfasst:

- Aufnehmen des Halbleiterchips (5) mit einem an einem TC-Bondkopf (2) verschiebbar gelagerten Chipgreifer (8),
- positionieren des Chipgreifers (8) oberhalb des zugeordneten Substratplatzes (4),
- absenken des TC-Bondkopfs (2) bis auf eine Position, bei der der Chipgreifer (8) relativ zum TC-Bondkopf (2) um eine vorbestimmte Distanz ausgelenkt ist,
- aufheizen des Halbleiterchips (5) auf eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels, so dass die Auslenkung des Chipgreifers (8) wieder null wird,
- warten bis die Temperatur des Halbleiterchips (5) auf einen Wert unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels abgesunken ist, und
- anheben des TC-Bondkopfs (2).



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Thermokompressionsverfahren und eine Vorrichtung für die Montage von Halbleiterchips auf einem Substrat.

[0002] Thermokompressionsverfahren für die Montage von Halbleiterchips sind beispielsweise bekannt aus US 6 131 795, US 7 296 727, WO 2 011 152 479 und WO 2 012 002 300.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein solches Thermokompressionsverfahren zu verbessern.

[0004] Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1.

[0005] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt eine für die Durchführung des erfindungsgemässen Thermokompressionsverfahrens geeignete Vorrichtung wie auch eine Momentaufnahme des erfindungsgemässen Thermokompressionsverfahrens,

Fig. 2–4 zeigen weitere Momentaufnahmen des erfindungsgemässen Thermokompressionsverfahrens,

Fig. 5 zeigt ein Schaltschema, und

Fig. 6, 7 zeigen eine alternative Vorrichtung wie auch Momentaufnahmen eines für eine elastische Vorrichtung modifizierten Thermokompressionsverfahrens.

[0006] Das Thermokompressionsverfahren ist ein etabliertes Verfahren für die Montage von Halbleiterchips, die mit einem Substrat über wenige bis sehr viele Lötverbindungen in Form von Lötunkten verbunden werden. Das Substrat kann auch ein Wafer sein. Das Substrat kann des Weiteren ein Halbleiterchip sein, der bereits auf einem anderen Substrat montiert ist. Der Halbleiterchip wird dabei gegen das Substrat gedrückt und erwärmt, bis das Lötmedium schmilzt und die Lötunkte aufschmelzen und Halbleiterchip und Substrat miteinander verbinden. Anschliessend wird der Halbleiterchip gekühlt, so dass die Lötunkte erstarren und feste Lötverbindungen werden. Die Figuren sind aus Gründen der zeichnerischen Klarheit nicht massstäblich gezeichnet, insbesondere die Lötunkte und ein Abstand D sind vergrössert dargestellt.

[0007] Das erfindungsgemässe Thermokompressionsverfahren wird nachfolgend im Detail erläutert anhand der Montage von Halbleiterchips. Das erfindungsgemässe Thermokompressionsverfahren kann aber auch für die Montage anderer Bauteile verwendet werden. Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung unmittelbar erforderlichen Teile eines Halbleiter-Montageautomaten angezeigt.

Ausführungsbeispiel 1

[0008] Eine Halbleiter-Montageeinrichtung umfasst ein Pick and Place System, das einen Halbleiterchip nach dem andern aufnimmt und auf einem Substrat absetzt. Das Pick and Place System umfasst einen Thermokompressions-Bondkopf (TC-Bondkopf). Die Fig. 1 zeigt schematisch das Pick and Place System 1 mit dem TC-Bondkopf 2 und ein auf einer Auflage 3 bereitgestelltes Substrat 4, auf dem ein vom TC-Bondkopf 2 aufgenommener Halbleiterchip 5 zu montieren ist. Der TC-Bondkopf 2 ist in einer senkrecht zu der Oberfläche des Substrats 4 verlaufenden Richtung, die üblicherweise die vertikale Richtung ist und hier als z-Richtung bezeichnet wird, verschiebbar am Pick and Place System 1 gelagert. Ein am Pick and Place System 1 befestigter Antrieb 6 dient dazu, den TC-Bondkopf 2 in der z-Richtung auf und ab zu bewegen. Ein erstes Positionsmesselement 7 dient dazu, die z-Position des TC-Bondkopfs 2 zu erfassen. Diese positionsgeregelte Antriebsachse, die die Verschiebung des TC-Bondkopfs 2 relativ zum Pick and Place System 1 in z-Richtung ermöglicht, wird im Folgenden als z-Achse bezeichnet. Der TC-Bondkopf 2 ist für die Durchführung des erfindungsgemässen Thermokompressionsverfahrens wie folgt ausgebildet. Der TC-Bondkopf 2 umfasst einen Chipgreifer 8 mit einem Fortsatz 10 und einer mit Vakuum beaufschlagbaren Saugfläche, um in der Saugfläche eine Saugkraft zum Ansaugen des Halbleiterchips 5 zu erzeugen. Der Chipgreifer 8 ist in z-Richtung verschiebbar am TC-Bondkopf 2 gelagert. Das Lager ist beispielsweise ein Luftlager. Der TC-Bondkopf 2 umfasst weiter einen Anschlag 11 und einen Kraftgeber 12, der den Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 gegen den Anschlag 11 drückt. Der Kraftgeber 12 ist beispielsweise ein pneumatischer, hydraulischer oder elektromechanischer Kraftgeber wie zum Beispiel eine Voice coil, kann aber auch eine vorgespannte Feder sein. Wenn der Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 an dem Anschlag 11 aufliegt, ist der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 in einer Ruheposition. Die Auslenkung des Chipgreifers 8 aus dieser Ruheposition ist definiert durch den Abstand zwischen dem Anschlag 11 und dem Fortsatz 10, der nachfolgend als Abstand D bezeichnet wird. Ein zweites Positionsmesselement 9 dient dazu, diesen Abstand D zu erfassen. Der Zeitpunkt, an dem der vom Chipgreifer 8 gehaltene Halbleiterchip 5 das Substrat 4 berührt, wird als Touch Down bezeichnet. Der Touch Down wird mittels des zweiten Positionsmesselementes 9 detektiert, könnte aber auch mittels eines separaten Touch Down Detektors bestimmt werden. Der Chipgreifer 8 enthält einen Heizer 13, um den Halbleiterchip 5 aufzuheizen, und mit Vorteil auch eine Kühlung, um den Halbleiterchip 5 aktiv zu kühlen, sowie einen integrierten Temperatursensor. Eine vorteilhafte Ausgestaltung eines solchen Chipgreifers 8 mit einer Spaltkühlung ist in der schweizerischen Patentanmeldung Nr. 686/12 beschrieben. Die Kühlung kann auch im Chipgreifer 8 integrierte Kühlkanäle (nicht dargestellt) umfassen, die zum Kühlen mit einem Kühlfluid, z.B. Druckluft, beaufschlagt werden.

[0009] Das erste Positionsmesselement 7 ist am Pick and Place System 1 angeordnet, das zweite Positionsmesselement 9 ist am TC-Bondkopf 2 angeordnet. Die aus dem Lötmedium bestehenden Lötunkte sind mit dem Bezugszeichen 14 bezeichnet.

[0010] Das erfindungsgemässe Thermokompressionsverfahren zur Montage eines Halbleiterchips umfasst folgende Schritte:

- Aufnehmen des Halbleiterchips 5 mit dem Chipgreifer 8.
- Positionieren des Chipgreifers 8 oberhalb eines zugeordneten Substratplatzes des Substrats 4. Das Pick and Place System 1 bewegt den TC-Bondkopf 2 an eine Position und der TC-Bondkopf 2 dreht den Chipgreifer 8 wenn nötig um seine Längsachse, so dass der Chipgreifer 8 lagegenau und mit der richtigen Orientierung oberhalb des zugeordneten Substratplatzes positioniert ist. Der Kraftgeber 12 ist so eingestellt, dass er den Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 mit einer vorbestimmten Kraft gegen den Anschlag 11 des TC-Bondkopfs 2 drückt, so dass sich der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 in der Ruheposition mit $D = 0$ befindet. Diese Kraft ist typischerweise vergleichsweise klein, sie beträgt beispielsweise einige wenige Newton.
- Absenken des TC-Bondkopfs 2 bis auf eine z-Position, bei der der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 um eine vorbestimmte Distanz D_S ausgelenkt ist. Die Distanz D_S ist prozessabhängig. Sie entspricht typischerweise der Distanz, um die die Lötunkte 14 beim Schmelzen des Lötmittels verkleinert werden. D_S wird insofern auch als Bumpkollaps-Distanz bezeichnet.

[0011] Sobald der Halbleiterchip 5 auf das Substrat 4 auftrifft, senkt sich nur noch der TC-Bondkopf 2 ab, während der Chipgreifer 8 stehen bleibt. Der TC-Bondkopf 2 wird also soweit abgesenkt, bis der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 um eine vorbestimmte Distanz D_S ausgelenkt ist, d.h. bis der Abstand D den Wert $D = D_S$ erreicht hat. Dieser Schritt kann in verschiedenen Varianten durchgeführt werden, wie beispielsweise:

[0012] Variante 1

- Absenken des TC-Bondkopfs 2 und gleichzeitig Überwachen des Abstands D . An dem Zeitpunkt, an dem der Halbleiterchip 5 auf das Substrat 4 auftrifft, beginnt der Abstand D zuzunehmen. Dieses Auftreffen wird in der Fachwelt als Touch Down bezeichnet. Die Überwachung des Abstands D erfolgt mittels des zweiten Positionsmesselementes 9.
- Erfassen der z-Position des TC-Bondkopfs 2 sobald festgestellt wird, dass der Abstand D zunimmt. Diese z-Position wird als Position z_1 bezeichnet. Die Position z_1 entspricht der z-Position des TC-Bondkopfs 2 am Zeitpunkt, an dem der Touch Down detektiert wurde. Dieser Zeitpunkt liegt unmittelbar, d.h. wenige Mikrosekunden, nach dem Zeitpunkt, an dem der Touch Down tatsächlich eintrat.
- Stoppen des Absenkens des TC-Bondkopfs 2, wenn der TC-Bondkopf 2 eine z-Position $z_2 = z_1 - D_S$ erreicht hat. Dies wird mittels des Positionsmesselementes 7 überwacht.
- Regeln der z-Position des TC-Bondkopfs 2 auf den Wert z_2 .

[0013] Variante 2

- Absenken des TC-Bondkopfs 2 und gleichzeitig Überwachen des Abstands D .
- Stoppen des Absenkens des TC-Bondkopfs 2, wenn das zweite Positionsmesselement 9 angibt, dass der Abstand D zwischen dem Anschlag 11 und dem Fortsatz 10 den vorbestimmten Wert $D = D_S$ erreicht hat.
- Fakultativ, Verwenden des zweiten Positionsmesselementes 9 zum Regeln der z-Position des TC-Bondkopfs 2 derart, dass der Abstand $D = D_S$ beibehalten wird, bis die vom Temperatursensor gemessene Temperatur des Chipgreifers 8 einen vorbestimmten Wert T , erreicht, der noch unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegt, und
- Ablesen des vom ersten Positionsmesselement 7 angezeigten Wertes, der der aktuellen z-Position des TC-Bondkopfs 2 entspricht, und ab jetzt Verwenden des ersten Positionsmesselementes 7 zum Regeln der z-Position des TC-Bondkopfs 2 auf den soeben abgelesenen Wert. Die Fig. 5 illustriert anhand eines Schaltschemas, wie für diesen Zweck entweder das Positionssignal des ersten Positionsmesselementes 7 oder das Positionssignal des zweiten Positionsmesselementes 9 einer Regeleinrichtung zum Steuern des Antriebs 6 zugeführt wird, mit dem die z-Position des TC-Bondkopfs 2 geregelt wird.

[0014] Die vom Kraftgeber 12 erzeugte Kraft drückt nun den Halbleiterchip 5 mit einer relativ geringen Kraft, die als Kontaktkraft bezeichnet wird und auch das Eigengewicht des Chipgreifers 8 einschliesst, gegen das Substrat 4.

[0015] Die vom Kraftgeber 12 erzeugte Kraft wird, falls nötig, erhöht, so dass der Chipgreifer 8 den Halbleiterchip 5 mit einer grösseren Kraft, die als Bondkraft bezeichnet wird, gegen das Substrat 4 drückt. Die Bondkraft bewirkt, dass eine allfällige Höhendifferenz der Bumps des Halbleiterchips 5 durch Bump-Coining ausgeglichen wird.

[0016] Die Fig. 1 zeigt eine Momentaufnahme während des Absenkens des TC-Bondkopfs 2 bevor der Touch Down eingetreten ist. Die Fig. 2 zeigt eine Momentaufnahme am Zeitpunkt des Touch Down. Die Fig. 3 zeigt eine Momentaufnahme beim Erreichen der z-Position z_2 bzw. des Abstands D_S .

- Einschalten des Heizers 13, um den Halbleiterchip 5 aufzuheizen. Der Halbleiterchip 5 wird erwärmt. Der Kraftgeber 12 drückt den Chipgreifer 8 und somit den Halbleiterchip 5 mit der Kontaktkraft bzw. gegebenenfalls der Bondkraft gegen das Substrat 4.
- Fakultativ, Ausschalten des Kraftgebers 12 oder zumindest Reduzieren der Kraft des Kraftgebers 12, bevor die Temperatur des Halbleiterchips 5 die Schmelztemperatur des Lötmittels erreicht. Es bleibt zumindest eine Restkraft übrig, mit

der der Chipgreifer 8 den Halbleiterchip 5 gegen das Substrat 4 drückt. Die Restkraft ist z.B. gleich der ursprünglichen Kontaktkraft.

Das Erreichen der Schmelztemperatur des Lötmittels steht nun unmittelbar bevor, d.h. wird innerhalb weniger Millisekunden erfolgen. Die z-Position des TC-Bondkopfs 2 ist so eingestellt, dass sich der Chipgreifer 8 und mit ihm der Halbleiterchip 5 bei dem beim Erreichen und Überschreiten der Schmelztemperatur des Lötmittels eintretenden Kollaps der Lötunkte um die Distanz D_S absenken wird.

Sobald die Temperatur des Halbleiterchips 5 die Schmelztemperatur des Lötmittels erreicht hat, beginnen sich die Lötunkte 14 infolge des vom Kraftgeber 12 erzeugten und vom Chipgreifer 8 auf die Lötunkte 14 übertragenen Drucks zu verformen. Der Chipgreifer 8 senkt sich deshalb relativ zum TC-Bondkopf 2 bis der Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 wieder auf dem Anschlag 11 des TC-Bondkopfs 2 aufliegt, d.h. bis wieder der Abstand $D = 0$ erreicht ist. Der Chipgreifer 8 übt ab jetzt keine Kraft mehr auf das Substrat 4 aus, so dass der Kraftgeber 12 ausgeschaltet werden kann, sofern dies nicht bereits früher geschehen ist.

Die Fig. 4 zeigt eine Momentaufnahme an dem Zeitpunkt, an dem der Abstand $D = 0$ erreicht ist.

– Ausschalten des Heizers 13 sobald eine erste vorgegebene Bedingung erfüllt ist, die sicherstellt, dass die Temperatur des Halbleiterchips 5 einen Wert oberhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels erreicht hat.

Die erste vorgegebene Bedingung ist beispielsweise, dass die Temperatur des Chipgreifers 8 einen vorbestimmten Wert T_1 erreicht hat, der oberhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegt. Die erste vorgegebene Bedingung kann alternativ sein, dass seit dem Einschalten des Heizers 13 eine vorgegebene Zeitdauer verstrichen ist. Die Zeitdauer wird so lang festgesetzt, dass die Temperatur des Chipgreifers 8 mit Sicherheit einen Wert erreicht hat, der oberhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegt. Weil der TC-Bondkopf 2 auf der z-Position z_2 gehalten wird und der Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 auf dem Anschlag 11 des TC-Bondkopfs 2 aufliegt, werden die Lötunkte 14 nicht zerdrückt.

– Warten, bis die Temperatur des Chipgreifers 8 unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels abgesunken ist.

Die Dauer dieses Schrittes wird bevorzugt durch aktives Kühlen des Chipgreifers 8 verkürzt, beispielsweise durch:

– Einschalten der Kühlung des Chipgreifers 8.

Die Kühlung dauert so lange, bis die Lötunkte 14 ausreichend fest sind.

– Ausschalten der Kühlung des Chipgreifers 8, sobald eine zweite vorgegebene Bedingung erfüllt ist, die sicherstellt, dass die Temperatur des Halbleiterchips 5 auf einen Wert unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels abgesunken ist. Die zweite vorgegebene Bedingung ist beispielsweise, dass die Temperatur des Chipgreifers 8 auf einen vorbestimmten Wert T_2 abgesunken ist, der unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegt. Die zweite vorgegebene Bedingung kann alternativ sein, dass seit dem Einschalten der Kühlung eine vorgegebene Zeitdauer verstrichen ist. Die Zeitdauer wird so lang festgesetzt, dass die Temperatur des Chipgreifers 8 mit Sicherheit einen Wert erreicht hat, der unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegt.

– Anheben des TC-Bondkopfs 2.

Der TC-Bondkopf 2 wird angehoben und dann vom Pick und Place System 1 weggefahren, um den nächsten Halbleiterchip zu holen.

[0017] Wenn die Steifigkeit des Pick und Place Systems 1 ausreichend gross ist, dass die auf das Substrat 4 ausgeübte Kontaktkraft die Substratauflage 3 nicht nach unten zu drücken vermag, dann kann das Montageverfahren wie oben beschrieben durchgeführt werden. Wenn die Steifigkeit des Pick und Place Systems 1 jedoch ungenügend ist, so dass die auf das Substrat 4 ausgeübte Kontaktkraft die Substratauflage 3 relativ zum TC-Bondkopf 2 nach unten verschiebt und somit das Substrat 4 relativ zum TC-Bondkopf 2 aus einer Nulllage nach unten auslenkt, dann werden die oben beschriebene Vorrichtung und das Verfahren modifiziert, nämlich gemäss den folgenden Ausführungsbeispielen 2 und 3.

Ausführungsbeispiel 2

[0018] Bei der Vorrichtung wird das zweite Positionsmesselement 9 ersetzt durch einen Distanzsensor 16, der am TC-Bondkopf 2 angebracht ist und einen Abstand A zwischen dem Distanzsensor 16 und der Auflage 3 oder der Oberfläche des Substrats 4 misst. Die Fig. 6 zeigt die modifizierte Vorrichtung an dem Zeitpunkt, an dem der Halbleiterchip 5 das Substrat 4 berührt. Die Auflage 3 befindet sich relativ zur z-Achse des Pick und Place Systems 1 bzw. dem TC-Bondkopf 2 in ihrer Ruhelage. Die Fig. 7 zeigt die modifizierte Vorrichtung an dem Zeitpunkt, an dem das Absenken des TC-Bondkopfs 2 beendet ist. Die Auflage 3 ist wegen der Elastizität des Gesamtsystems relativ zum TC-Bondkopf 2 um einen Wert D_{TS} abgesenkt und der Chipgreifer 8 ist relativ zum TC-Bondkopf 2 um einen Wert $D_S - D_{TS}$ angehoben.

[0019] Das Absenken des TC-Bondkopfs 2 bei einer Vorrichtung, bei der die beim Thermokompressionsbunden auftretenden Kräfte elastische Verformungen bewirken, kann in drei aufeinander folgende Phasen unterteilt werden, nämlich eine erste Phase, in der sich der Abstand A kontinuierlich verkleinert, eine zweite Phase, in der der Abstand A konstant bleibt, und eine dritte Phase, in der sich der Abstand A wieder verkleinert.

[0020] In der ersten Phase berührt der Halbleiterchip 5 das Substrat 4 noch nicht. Der Abstand A verkleinert sich deshalb beim Absenken des TC-Bondkopfs 2 kontinuierlich.

[0021] Die zweite Phase beginnt, wenn der Halbleiterchip 5 das Substrat 4 berührt. Die vom Kraftgeber 12 erzeugte Kraft, die oben erwähnte Kontaktkraft, drückt den Halbleiterchip 5 gegen das Substrat 4 und bewirkt eine Verformung des elastischen Gesamtsystems mit der Folge, dass die Auflage 3 für das Substrat 4 relativ zur z-Achse des Pick und Place Systems 1 nach unten und/oder der TC-Bondkopf 2 relativ zur z-Achse des Pick und Place Systems 1 nach oben gedrückt

wird und/oder das Pick und Place System 1 sich verbiegt. Insgesamt ergibt sich eine Relativverschiebung der Auflage 3 relativ zum TC-Bondkopf 2 um eine Distanz D_{TS} . Die Verformung des Gesamtsystems erzeugt eine der Kontaktkraft entgegen gerichtete Kraft. Solange diese Kraft kleiner ist als die Kontaktkraft, drückt der Kraftgeber 12 den Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 gegen den Anschlag des TC Bondkopfs 2. Der Chipgreifer 8 bewegt sich deshalb zusammen mit dem TC-Bondkopf 2 nach unten, drückt auf die Auflage 3 und verschiebt somit die Auflage 3 und den TC-Bondkopf 2 relativ zueinander um die Distanz D_{TS} aus ihrer Normaldistanz. Mit Normaldistanz bzw. Normallage ist die Distanz zwischen der Auflage 3 und dem TC-Bondkopf 2 bzw. deren Lage bei fehlender Krafteinwirkung des Chipgreifers 8 gemeint. Sobald diese Kraft gleich gross ist wie die Kontaktkraft, hört die Verformung des Gesamtsystems auf, d.h. die Auflage 3 bleibt an Ort. Die zweite Phase ist zu Ende. Der Abstand A bleibt in dieser zweiten Phase konstant.

[0022] Es beginnt nun die dritte Phase, in der die Kontaktkraft und die genannte Kraft gleich gross sind. Das Absenken des TC-Bondkopfs 2 geht weiter. Weil die Auflage 3 nicht mehr weiter nach unten ausgelenkt wird, verkleinert sich der Abstand A wieder, aber nun verschiebt sich der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2. Die dritte Phase und somit das Absenken des TC-Bondkopfs 2 wird beendet, sobald der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 um die Distanz $D = D_S - D_{TS}$ ausgelenkt ist.

[0023] Der Schritt des Absenkens des TC-Bondkopfs 2 wird bei dem modifizierten Verfahren entsprechend diesen drei Phasen wie folgt durchgeführt:

– Absenken des TC-Bondkopfs 2 bis auf eine z-Position, bei der der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 um die Distanz $D = D_S - D_{TS}$ ausgelenkt ist, wobei die Distanz D_S vorgegeben und die Distanz D_{TS} während dieses Schrittes ermittelt wird.

[0024] Die Distanz D_{TS} wird während des Absenkens des TC-Bondkopfs 2 ermittelt durch

- Überwachen des Abstandes A und Ablesen eines ersten z-Wertes z_{11} , der von dem ersten Positionsmesselement 7 geliefert wird an dem Zeitpunkt, ab dem der Abstand A nicht weiter abnimmt und für eine Weile konstant bleibt, und Ablesen eines zweiten z-Wertes z_{12} , der von dem ersten Positionsmesselement 7 geliefert wird an dem Zeitpunkt, ab dem der Abstand A wieder abnimmt, und
- Berechnen der Distanz $D_{TS} = z_{11} - z_{12}$.

[0025] Daraus ergibt sich, dass am Ende der dritten Phase der TC-Bondkopf 2 die z-Position $z = z_{11} - D_S - D_{TS}$ erreicht hat, während die Auflage 3 und der TC-Bondkopf 2 relativ zueinander bezüglich ihrer Normaldistanz um den Wert D_{TS} verschoben sind.

[0026] Wenn der Halbleiterchip 5 beim Aufheizen die Schmelztemperatur des Lötmittels erreicht und überschreitet, schmilzt das Lötmedium, kollabieren die Lötunkte 14 und die Kontaktkraft verschwindet. Infolgedessen bewegt sich das Gesamtsystem um die Distanz D_{TS} in seine Normallage und der Chipgreifer 8 senkt sich um die Distanz $D_S - D_{TS}$ in seine Ruhelage, in der der Fortsatz 10 auf dem Anschlag des TC-Bondkopfs 2 aufliegt. Die Lötunkte 14 werden deshalb um die Distanz D_S zusammengedrückt.

[0027] In diejenigen Fällen, in denen $D_{TS} > D_S$ ist, wird das Verfahren weiter modifiziert. Die Vorrichtung ist die gleiche wie beim Ausführungsbeispiel 2.

Ausführungsbeispiel 3

[0028] Der Schritt des Absenkens des TC-Bondkopfs 2 wird wie beim Ausführungsbeispiel 2 durchgeführt, allerdings mit der Modifikation, dass der TC-Bondkopf 2 bis auf eine z-Position abgesenkt wird, bei der der Chipgreifer 8 relativ zum TC-Bondkopf 2 um die Distanz $D = D_S$ ausgelenkt ist. Während des Absenkens wird wie beim Ausführungsbeispiel 2 die Distanz D_{TS} ermittelt, die angibt, wie stark die Auflage 3 gegenüber der z-Achse des Pick und Place Systems 1 abgesenkt ist.

[0029] Sobald das Absenken des TC-Bondkopfs 2 beendet ist, wird der z-Wert des Positionsmesselementes 7 abgelesen und als Wert z_3 gespeichert. Der Abstand A bleibt nun bis zum Aufschmelzen des Lötmittels konstant. Sobald das Aufschmelzen des Lötmittels beginnt, verschwindet die Kontaktkraft und das Gesamtsystem bewegt sich in seine Normallage, d.h. an diesem Zeitpunkt beginnt der Abstand A abzunehmen.

[0030] Der Zeitpunkt, an dem das Aufschmelzen des Lötmittels erfolgt, wird mittels des Distanzsensors 16 als Abnahme des Abstandes A detektiert und dann das Anheben des TC-Bondkopfs 2 um die Distanz D_{TS} auf die z-Höhe $z = z_{31} + D_{TS}$ eingeleitet. Alternativ wird unmittelbar vor, während oder nach dem Zeitpunkt, an dem der Halbleiterchip 5 beim Aufheizen die Schmelztemperatur des Lötmittels erreicht hat, der TC-Bondkopf 2 um die Distanz D_{TS} auf die z-Höhe $z = z_{31} + D_{TS}$ angehoben. Der genaue Zeitpunkt hängt von den Eigenheiten des Prozesses ab. Damit das Anheben des TC-Bondkopfs 2 ausreichend schnell erfolgen kann, muss der Antrieb 6 ein hochdynamischer Antrieb sein, beispielsweise ein Linearmotor oder ein Voice-Coil Antrieb.

[0031] Die Erfindung bietet mehrere Vorteile:

- Es ist nur eine positionsgeregelte Antriebsachse nötig, um den Halbleiterchip auf den Substratplatz abzusenken, nämlich die z-Achse des TC-Bondkopfs 2.
- Die Detektion des Touch Down und die nur passive Bewegung des Chipgreifers 8 aus der Ruheposition mit $D = 0$ in eine ausgelenkte Position mit $D = D_S$ bzw. $D = D_S - D_{TS}$ (weil der TC-Bondkopf 2 nach dem Erreichen des Touch Down Punkts noch ein Stück weiter abgesenkt wird) und wieder in die Ruheposition mit $D = 0$ (weil die Lötunkte 14 weich werden und

sich unter dem Druck des Chipgreifers 8 verformen) bringt im Ergebnis eine innerhalb geringer Toleranzen hochpräzise Konstanz der Höhe der Lötunkte 14.

– Die Konstruktion ist mechanisch und regeltechnisch einfach.

– Der fakultative Schritt des Verwendens des zweiten Positionsmesselementes 9 zum Regeln der z-Position des TC-Bondkopfs 2 derart, dass der Abstand $D = D_S$ beibehalten wird, bis kurz vor dem Erreichen der Schmelztemperatur des Lötmittels bewirkt, dass bei der Erwärmung des Halbleiterchips 5 auftretende Wärmeausdehnungen des Chipgreifers 8 keinen Einfluss auf den Abstand D haben und gewährleistet auch, dass der Fortsatz 10 des Chipgreifers 8 in dieser Phase nicht unbeabsichtigt auf dem Anschlag 11 des TC-Bondkopfs 2 aufliegt.

– Das Verfahren bzw. modifizierte Verfahren eignet sich sowohl für Vorrichtungen mit einer hohen Steifigkeit, die sich durch die Kontaktkraft nicht verformen, als auch für Vorrichtungen, die sich unter dem Einfluss der Kontaktkraft elastisch deformieren.

Patentansprüche

1. Thermokompressionsverfahren für die Montage von Halbleiterchips (5) auf einer Oberfläche eines Substrats (4), bei dem ein Halbleiterchip (5) nach dem Andern von einem Chipgreifer (8) aufgenommen und auf dem Substrat (4) montiert wird, wobei ein TC-Bondkopf (2) mittels eines Antriebs (6) in einer senkrecht zur Oberfläche des Substrats (4) verlaufenden z-Richtung verschiebbar ist, der Chipgreifer (8) an dem TC-Bondkopf (2) in der z-Richtung verschiebbar gelagert ist und ein am TC-Bondkopf (2) befestigter Kraftgeber (12) eingerichtet ist, einen Fortsatz (10) des Chipgreifers (8) in Richtung eines Anschlags (11) des TC-Bondkopfs (2) zu drücken, und wobei der Chipgreifer (8) einen Heizer (13) aufweist, wobei folgende Schritte durchgeführt werden, um feste Lötverbindungen in Form von Lötunkten (14) zwischen einem Halbleiterchip (5) und dem Substrat (4) herzustellen:
 - Aufnehmen des Halbleiterchips (5) mit dem Chipgreifer (8),
 - positionieren des Chipgreifers (8) oberhalb des zugeordneten Substratplatzes (4),
 - mittels des Antriebs (6) Absenken des TC-Bondkopfs (2) bis auf eine z-Position, bei der der Chipgreifer (8) relativ zum TC-Bondkopf (2) um eine vorbestimmte Distanz D_S ausgelenkt ist, so dass der Fortsatz (10) des Chipgreifers (8) nicht auf dem Anschlag (11) des TC-Bondkopfs (2) aufliegt,
 - aufheizen des Halbleiterchips (5) mittels des Heizers (13),
 - stoppen des Aufheizens des Halbleiterchips (5), nachdem der Halbleiterchip (5) eine Temperatur oberhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels der Lötunkte (14) erreicht hat, so dass die Lötunkte (14) schmelzen und der Fortsatz (10) des Chipgreifers (8) auf dem Anschlag (11) des TC-Bondkopfs (2) zur Auflage kommt,
 - warten bis die Temperatur des Halbleiterchips (5) auf einen Wert unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels abgesunken ist, und
 - anheben des TC-Bondkopfs (2).
2. Thermokompressionsverfahren nach Anspruch 1, weiter umfassend: den Chipgreifer (8) während des genannten Wartens aktiv kühlen.
3. Thermokompressionsverfahren nach Anspruch 1 oder 2, weiter umfassend: ab dem Beginn des Aufheizens des Halbleiterchips (5) bis zu dem Zeitpunkt, an dem die Temperatur des Chipgreifers (8) einen vorbestimmten, unterhalb der Schmelztemperatur des Lötmittels liegenden Wert erreicht hat, Messen der Auslenkung des Chipgreifers (8) relativ zum TC-Bondkopf (2) und Verwenden des Positionssignals zum Regeln der z-Position des TC-Bondkopfs (2) derart, dass der Chipgreifer (8) um die vorbestimmte Distanz D_S ausgelenkt bleibt.
4. Thermokompressionsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Schritt des Absenkens des TC-Bondkopfs (2) umfasst: Erfassen einer Distanz D_{TS} , um die eine Auflage (3), auf der das Substrat (4) aufliegt, und der TC-Bondkopf (2) durch die durch den Chipgreifer (8) ausgeübte Kraft relativ zueinander verschoben werden, und Reduzieren der Distanz D_S um die Distanz D_{TS} .
5. Thermokompressionsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Schritt des Absenkens des TC-Bondkopfs (2) umfasst: Erfassen einer Distanz D_{TS} , um die eine Auflage (3), auf der das Substrat (4) aufliegt, und der TC-Bondkopf (2) durch die durch den Chipgreifer (8) ausgeübte Kraft relativ zueinander verschoben werden, und Anheben des TC-Bondkopfs (2) um die Distanz D_{TS} , sobald das Lötmittel schmilzt.
6. Vorrichtung für die Montage von Halbleiterchips auf einer Oberfläche eines Substrats (4) gemäss dem Thermokompressionsverfahren nach Anspruch 1, umfassend:
 - einen TC-Bondkopf (2), der in einer senkrecht zur Oberfläche des Substrats (4) verlaufenden z-Richtung verschiebbar gelagert ist und einen Anschlag (11) aufweist,
 - einen am TC-Bondkopf (2) in der z-Richtung verschiebbar gelagerten Chipgreifer (8), der einen Fortsatz (10) aufweist,
 - einen am TC-Bondkopf (2) befestigten Kraftgeber (12), der den Fortsatz (10) des Chipgreifers (8) in der z-Richtung gegen den Anschlag (11) des TC-Bondkopfs (2) drückt,
 - einen Antrieb (6) zum Bewegen des TC-Bondkopfs (2) in der z-Richtung,
 - ein erstes Positionsmesselement (7) für die Erfassung der z-Position des TC-Bondkopfs (2),
 - ein zweites Positionsmesselement (9) für die Erfassung einer Auslenkung des Chipgreifers (8) relativ zum TC-Bondkopf (2),

CH 707 378 A1

eine Regeleinrichtung (15) zum Steuern des Antriebs (6), wobei die Regeleinrichtung (15) eingerichtet ist, den Antrieb (6) wahlweise aufgrund eines von dem ersten Positionsmesselement (7) oder eines von dem zweiten Positionsmesselement (9) gelieferten Positionssignals zu steuern.

Fig. 1

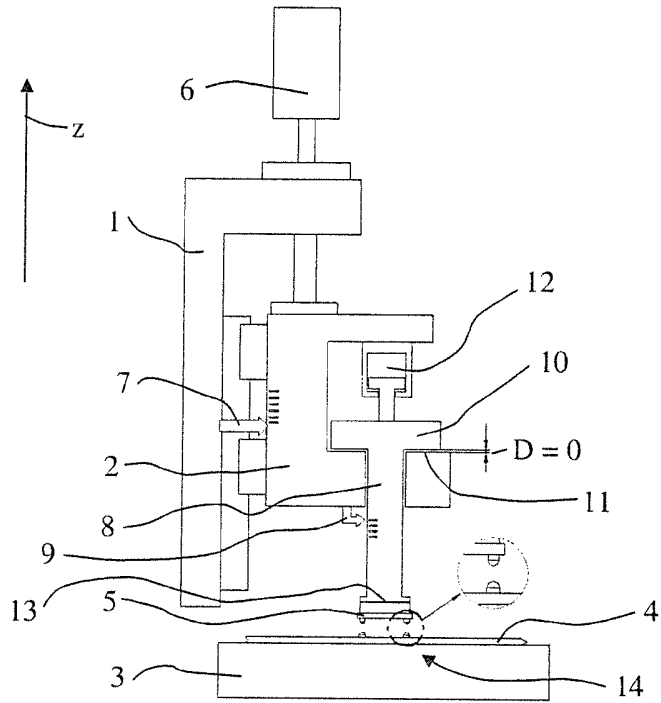


Fig. 2

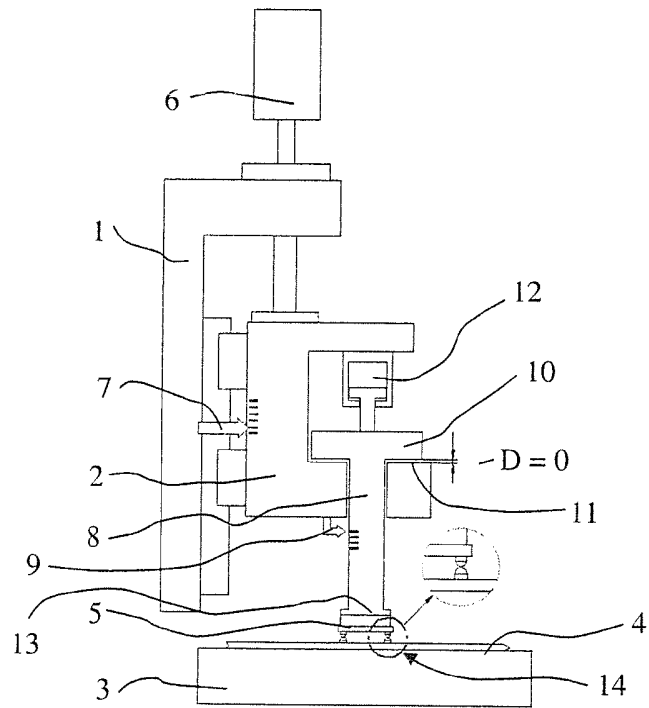


Fig. 3

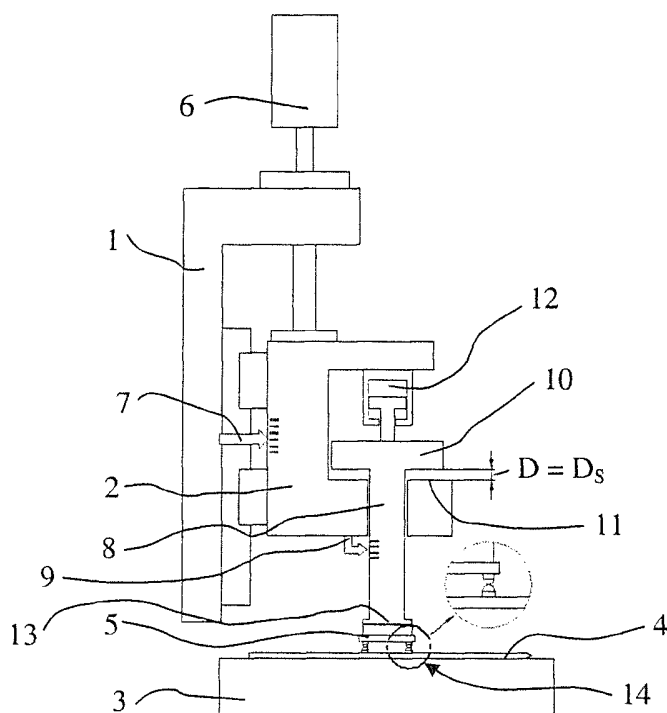


Fig. 4

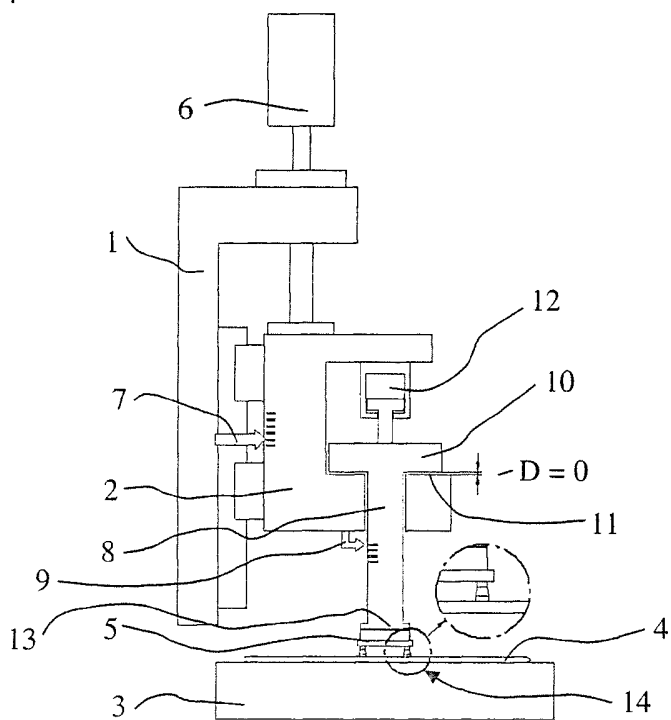


Fig. 5

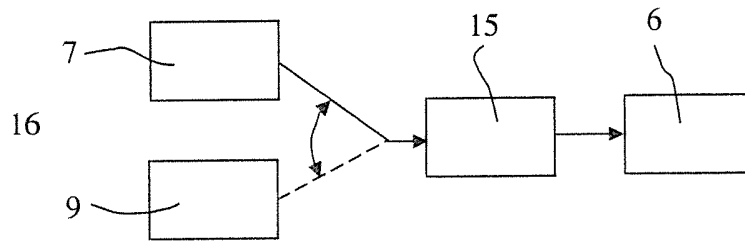


Fig. 6

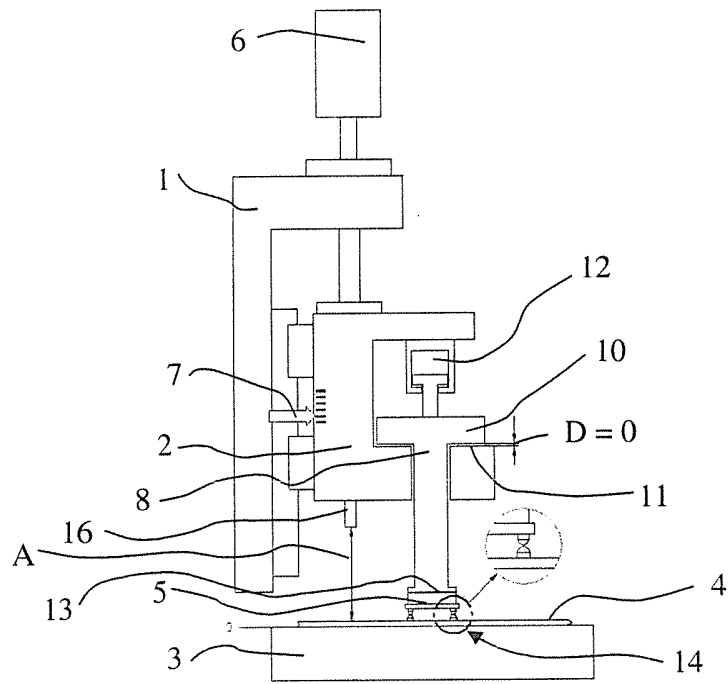
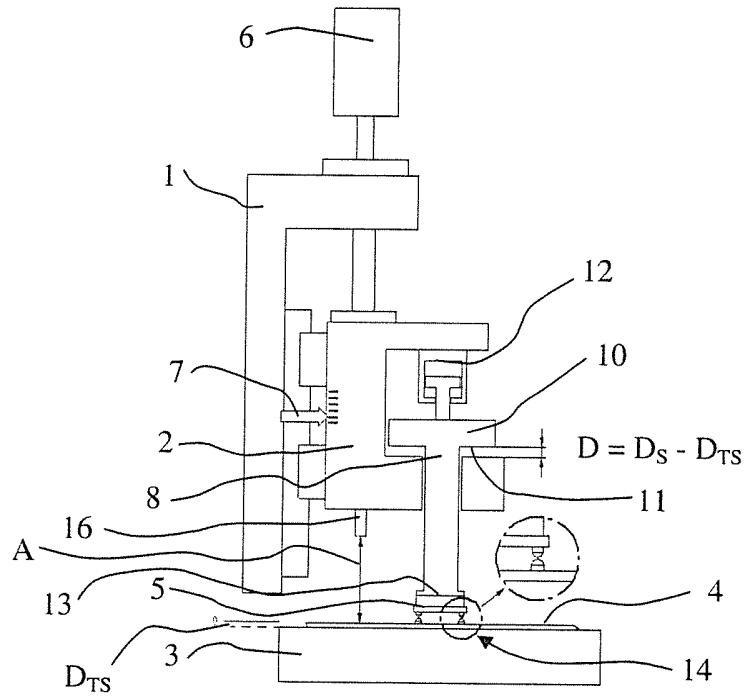


Fig. 7



**RECHERCHENBERICHT ZUR
SCHWEIZERISCHEN PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: CH02915/12

Klassifikation der Anmeldung (IPC):
B23K3/00, H01L21/02**Recherchierte Sachgebiete (IPC):**
H01L, H05K, B23K**EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE:**

(Referenz des Dokuments, Kategorie, betroffene Ansprüche, Angabe der massgeblichen Teile(*))

- 1 **JP11145197 A** (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 28.05.1999
Kategorie: **X** Ansprüche: **1,3**
* Abschn. [0009],[0012],[0013],[0017],[0019],[0020]; Fig. 1-3 *
- 2 **JP2008117993 A** (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 22.05.2008
Kategorie: **A** Ansprüche: **1,3,6**
* Abschn. [0014],[0016],[0019]; Fig. 1-2 *
- 3 **JP2007335894 A** (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 27.12.2007
Kategorie: **A** Ansprüche: **1**
* Abschn. [0011],[0014],[0015]; Fig. 2 *
- 4 **US6471110 B1** (ESEC TRADING SA [CH]) 29.10.2002
Kategorie: **A** Ansprüche: **1**
* Sp. 6, Z. 1-22,Z. 46-61; Fig. 1a-c, 4 *
- 5 **US5240165 A** (MOTOROLA INC [US]) 31.08.1993
Kategorie: **A** Ansprüche: **1,6**
* Sp. 3, Z. 33-38; Sp. 4, Z. 1-28; Fig. 1 *

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE:

X:	stellen für sich alleine genommen die Neuheit und/oder die erfinderische Tätigkeit in Frage	D:	wurden vom Anmelder in der Anmeldung angeführt
Y:	stellen in Kombination mit einem Dokument der selben Kategorie die erfinderische Tätigkeit in Frage	T:	der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
A:	definieren den allgemeinen Stand der Technik ohne besondere Relevanz bezüglich Neuheit und erfinderischer Tätigkeit	E:	Patentdokumente, deren Anmelde- oder Prioritätsdatum vor dem Anmeldedatum der recherchierten Anmeldung liegt, die aber erst nach diesem Datum veröffentlicht wurden
O:	nichtschriftliche Offenbarung	L:	aus anderen Gründen angeführte Dokumente
P:	wurden zwischen dem Anmeldedatum der recherchierten Patentanmeldung und dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht	&:	Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

Die Recherche basiert auf der ursprünglich eingereichten Fassung der Patentansprüche. Eine nachträglich eingereichte Neufassung geänderter Patentansprüche (Art. 51, Abs. 2 PatV) wird nicht berücksichtigt.

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt, für die die erforderlichen Gebühren bezahlt wurden.

Rechercheur:	Bollenbeck Felix
Recherchebehörde, Ort:	Eidgenössisches Institut für Geistiges Eigentum, Bern
Abschlussdatum der Recherche:	05.04.2013

FAMILIENTABELLE DER ZITIERTEN PATENTDOKUMENTE

Die Familienmitglieder sind gemäss der Datenbank des Europäischen Patentamtes aufgeführt. Das Europäische Patentamt und das Institut für Geistiges Eigentum übernehmen keine Garantie für die Daten. Diese dienen lediglich der zusätzlichen Information.

CH 707 378 A1

JP11145197 A	28.05.1999	NONE	
JP2008117993 A	22.05.2008	JP2008117993 A	22.05.2008
		JP4957193 B2	20.06.2012
JP2007335894 A	27.12.2007	JP2007335894 A	27.12.2007
		JP4530009 B2	25.08.2010
US6471110 B1	29.10.2002	CH694792 A5	29.07.2005
		CN1288259 A	21.03.2001
		CN1197138 C	13.04.2005
		DE10042661 A1	31.05.2001
		DE10042661 B4	13.04.2006
		SG85730 A1	15.01.2002
		US6471110 B1	29.10.2002
US5240165 A	31.08.1993	US5240165 A	31.08.1993