(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 28 457 T2** 2006.07.27

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 486 790 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 28 457.0**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 017 117.5**
(96) Europäischer Anmeldetag: **07.04.1999**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.12.2004**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.07.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***G01R 31/04*** (2006.01)
H01L 21/60 (2006.01)
H01L 21/607 (2006.01)
H01L 21/603 (2006.01)
H01L 21/66 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
9733598 **09.04.1998** **JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FI, GB

(73) Patentinhaber:
Taiyo Yuden Co., Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR Patentanwälte, 81679 München

(72) Erfinder:
Fuji, Tomonori, Tokyo, JP; Suzuki, Kazutaka, Tokyo, JP

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zur "Flip-Chip" Montage eines elektronischen Bauteils**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

GEBIET DER ERFINDUNG

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und auf eine Vorrichtung zum Montieren eines elektronischen Teils an einem Substratleiter und insbesondere auf ein Verfahren und auf eine Vorrichtung zum Montieren eines elektronischen Teils an einem Substrat, die die Untersuchung der (durch Flip-Chip-Kontaktierung hergestellten) Kontaktierungsverbindung zwischen dem elektronischen Teil und dem Substratleiter ermöglichen.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Herkömmlich wird als ein hochdichtes Montageverfahren eines Halbleiterchips an einem Substratleiter ein Flip-Chip-Kontaktierungssystem verwendet. Dieses Flip-Chip-Kontaktierungssystem arbeitet so, dass es an einer Elektrode eines Halbleiterchips oder an einer Elektrode eines Substratleiters einen Anschluss (entweder einen Lötanschluss oder einen Metallanschluss) bildet und die Elektrode des Halbleiterchips über den Anschluss mit der Gegenelektrode des Substratleiters verbindet, wobei die Elektrode des Halbleiterchips nach unten weist.

[0003] Da die Elektrode in dem Flip-Chip-Kontaktierungssystem aus einer beliebigen Lage der Oberfläche des Chips entnommen werden kann, ist die Verbindung mit dem Substratleiter durch den kürzesten Abstand möglich. Außerdem nimmt die Größe des Chips selbst dann nicht zu, wenn die Anzahl der Elektroden zunimmt, wobei eine äußerst dünne Montage ausgeführt werden kann.

[0004] Zum Verbinden des Halbleiterchips oder des an der Elektrode des Substratleiters vorgesehenen Anschlusses mit der gepaarten Elektrode können in dem Flip-Chip-Kontaktierungsverfahren ein Aufschmelzlötverfahren, ein anisotropes Verbindungsverfahren mit leitendem Harz, ein Thermokompressions-Kontaktierungsverfahren, Ultraschallwellen und dergleichen verwendet werden.

[0005] Gemäß dem Ultraschallwellen- und dem Thermokompressions-Kontaktierungsverfahren, die oben erwähnt wurden, und wie in der herkömmlichen Vorrichtung aus Fig. 12 gezeigt ist, umfasst eine Montagevorrichtung **10** eines Halbleiterchips **3** als eines elektronischen Teils eine Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung **8**, ein Horn **7**, ein Einspannwerkzeug **6**, eine Substratleiter-Heizeinheit **4** und eine Steuereinheit **9**, wobei sie unter Verwendung des Flip-Chip-Kontaktierungssystems die Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverbindung ausführt. In diesem Kontaktierungsverfahren wird ein Substratleiter **1** durch die Substratleiter-Heizeinheit **4** erwärmt und an das Einspannwerkzeug **6** auf der Seite des Halbleiterchips **3** durch das piezoelektrische Element **8** oder dergleichen über das Horn **7** eine Ultraschallschwingung angelegt, so dass sich die an dem Halbleiterchip **3** gebildeten Anschlüsse **5** durch Diffusion mit den Elektroden **2** des Substratleiters **1** verbinden.

[0006] Im Vergleich zu anderen Verfahren besitzt dieses Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverfahren die Vorteile, dass kein Verbindungsstellenwerkstoff erforderlich ist, dass die Verbindung in kurzer Zeit hergestellt werden kann und dass die Kontaktierung bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur ausgeführt werden kann.

[0007] Allerdings ist die Ausbreitung einer Ultraschallschwingung bei Verwendung der oben erwähnten herkömmlichen Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverbindungsverfahren, die das Flip-Chip-Kontaktierungssystem verwenden, instabil, was eine Gefahr der Bildung fehlerhafter Verbindungen verursacht. Diese Probleme können außerdem durch Gleiten zwischen einer hinteren Oberfläche (oberen Oberfläche in der Zeichnung) des Halbleiterchips **3** und des Einspannwerkzeugs **6**, durch Diffusion einer Schwingung von dem Horn **7** und durch Verschlechterung des piezoelektrischen Elements **8** wegen Alterns verursacht werden, wenn die in Fig. 12 gezeigte herkömmliche Vorrichtung verwendet wird.

[0008] Da der verbundene Abschnitt in dem oben beschriebenen Flip-Chip-Kontaktierungssystem vor der Ansicht des Halbleiterchips **3** verborgen ist, kann der verbundene Abschnitt außerdem nicht visuell untersucht werden, nachdem die Verbindung hergestellt worden ist. Somit kann das Auftreten der fehlerhaften Verbindungsstellen zu einem besonders ernsten Problem werden.

[0009] JP 9-51007 A offenbart eine Montagevorrichtung für einen Halbleiterchip. Diese Vorrichtung umfasst eine Einspanneinrichtung zum Halten des Halbleiterchips, die über einen Biegekopf und einen Arm an einem beweglichen Teil eines Linearmotors befestigt ist. Der bewegliche Teil des Linearmotors ist mit einer linearen Skale versehen. Die Skale kann mit einem Detektor zum Erfassen der Höhe des Einspannwerkzeugs rot sein.

[0010] US 5.341.979 offenbart eine Montagevorrichtung, die eine Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung und eine Steuereinheit, ein Horn mit einer Heizspule und ein Werkzeug/einen Effektor (ein Einspannwerkzeug) zum Aufnehmen eines elektronischen Teils umfasst.

[0011] DD 217 088 A1 offenbart in einer Drahtkontaktierungsvorrichtung mit einer Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung ein Ultraschallhorn

und als einen Drahthalter ein Ultraschallkontaktierungselement.

[0012] Mit dem Horn ist ein Schwingungssensor verbunden, um die Erregungsspannung zu steuern, die der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung über einen Vorverstärker **16** und einen Leistungsverstärker zugeführt wird. Ferner wird die Ausgabe des Schwingungssensors in einen Einhüllendendetektor eingegeben, dessen Ausgabe überwacht wird, um das erste Minimum der Schwingungsamplitude als eine Ausschaltangabe für das Kontaktierungsverfahren zu bestimmen.

[0013] JP 8-17876 A offenbart eine Drahtkontaktierungseinrichtung mit einer Spitze zum Ausführen des Kontaktierungsverfahrens, die am vorderen Ende eines Arms vorgesehen ist, der mit einem Ultraschallschwingungserreger verbunden ist. Um zu beurteilen, dass die Spitze des Arms mit einer Kontaktierungsanschlussfläche eines Chips in Kontakt gelangt, wird die elektrische Ausgabe des Ultraschallschwingungserregers während einer Zeit, wenn sie keine Schwingungsenergie erzeugt, durch eine Überwachungseinrichtung überwacht. Der Ausgabe des Überwachungsmittels, die der Ausgabe des Ultraschallschwingungserregers entspricht, wird einem Entscheidungsmittel zugeführt, um den Moment zu beurteilen, in dem die Spitze die Anschlussfläche berührt.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Montagevorrichtung und eines Montageverfahrens zum Montieren eines elektronischen Teils mit einem Anschluss an einem Substratleiter mittels Ultraschallwellen und einer Thermokompressionskontaktierung für ein Flip-Chip-Kontaktierungssystem, die es ermöglichen, den Zustand der gebildeten Verbindungsstelle zu untersuchen.

[0015] In einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Montagevorrichtung eines elektronischen Teils mit einem Kontakt zum Bilden einer Ultraschallwellen- und einer Thermokompressions-Kontaktierungsverbindung unter Verwendung eines Flip-Chip-Kontaktierungssystems geschaffen, wobei die Montagevorrichtung aus einer Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung, einem mit der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung verbundenen Horn, einem Einspannwerkzeug in Verbindung mit dem Horn, einer Steuereinheit und einer Substratleiter-Heizeinheit in Verbindung mit der Steuereinheit besteht, wobei mit der Steuereinheit eine Schwingungsmessvorrichtung zum Überwachen eines Schwingungszustands des elektronischen Teils oder des Anschlusses verbunden ist.

[0016] In einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Montageverfahren eines elektronischen Teils gemäß der obigen ersten Ausführungsform, das ein Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverfahren in einem Flip-Chip-Kontaktierungssystem verwendet, zum Montieren des elektronischen Teils an einem Substratleiter geschaffen, bei dem ein Schwingungszustand des elektronischen Teils zum Zeitpunkt der Montage gemessen und mit einer Referenzsignalform verglichen wird, eine Beurteilung erfolgt, ob eine Ultraschallschwingung normal angewendet wird, und die Verbindung unter Verwendung dieser Informationen als fehlerhaft oder als nicht fehlerhaft beurteilt wird.

[0017] Obgleich die fehlerhafte oder nicht fehlerhafte Verbindungsstelle mit einer Referenz verglichen wird, wird die Montage genauer unter Verwendung von Mitteln zur Überwachung des Schwingungszustands des elektronischen Teils oder des Anschlusses zum Zeitpunkt der Montage, d. h. der Amplitude, der Schwingungsschnelligkeit, der Schwingungsgeschwindigkeit oder dergleichen, ausgeführt, wie es in der oben beschriebenen ersten und zweiten Ausführungsform beschrieben ist.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

[0018] Fig. 1 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm der Montagevorrichtung eines elektronischen Teils der vorliegenden Erfindung gemäß den Ansprüchen 1 und 2 der vorliegenden Erfindung.

[0019] Fig. 2 ist eine graphische Darstellung, die die Änderung der Höhe eines Werkzeugkopfs der vorliegenden Erfindung in Abhängigkeit von der Zeitänderung (stündlich) zeigt.

[0020] **Fig.** 3(a) veranschaulicht die Lage der Komponenten der vorliegenden Erfindung zu Beginn des wie hier beschriebenen Montageverfahrens des Halbleiterchips.

[0021] **Fig.** 3(b) veranschaulicht den zweiten Schritt des hier beschriebenen Montageverfahrens, wobei an dem Halbleiterchip ein vorgegebenes Gewicht angewendet wird.

[0022] **Fig.** 3(c) veranschaulicht den dritten Schritt des hier beschriebenen Montageverfahrens, wobei an dem Halbleiterchip sowohl ein vorgegebenes Gewicht als auch Ultraschallschwingungen angewendet werden.

[0023] **Fig.** 3(d) veranschaulicht die letzte Phase des hier beschriebenen Montageverfahrens, wobei der Halbleiterchip mit einem Substratleiter verbunden worden ist und das Einspannwerkzeug angehoben und von dem Halbleiterchip getrennt wird.

[0024] Fig. 4 ist eine graphische Darstellung, die die Beziehung der Verbindungsstellenfestigkeit zwischen einem aus Au gebildeten Anschluss und den Elektroden eines Substratleiters und der Höhe des Anschlusses zeigt.

[0025] Fig. 5 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm, das die Montagevorrichtung eines elektronischen Teils mit Mitteln zum Erfassen des Kompressionsbetrags (Absenkbetrags) der Anschlüsse mittels Gittern zeigt.

[0026] Fig. 6 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm, das die Montagevorrichtung eines elektronischen Teils mit Mitteln zum Erfassen eines Absenkbetrags mittels einer Kapazitätsänderung zeigt.

[0027] Fig. 7 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm, das die Montagevorrichtung gemäß den Ansprüchen 3 und 4 der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0028] Fig. 8 ist eine graphische Darstellung, die die Schwingungssignalform W und die voreingestellte Referenzsignalform WO in Abhängigkeit von der Zeit vergleicht.

[0029] Fig. 9 ist eine graphische Darstellung, die zeigt, dass die Schwingungssignalform W gemäß der Frequenz zerlegt ist und ihre jeweiligen Spektren mit entsprechenden Referenzwellenspektren der Referenzsignalform WO verglichen werden.

[0030] Fig. 10 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm, das die Montagevorrichtung eines elektronischen Teils gemäß den Ansprüchen 5 und 6 der vorliegenden Erfindung zeigt.

[0031] Fig. 11 ist eine graphische Darstellung, die eine überwachte Signalform eines an ein piezoelektrisches Element angelegten Stroms i und einer Referenzsignalform iO des elektrischen Stroms in Abhängigkeit von der Zeit zeigt.

[0032] Fig. 12 ist ein konzeptionelles Systemdiagramm, das eine herkömmliche Montagevorrichtung gemäß einer Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverbindung, die ein Flip-Chip-Kontaktierungssystem verwendet, zeigt.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0033] In Fig. 1 umfasst eine Montagevorrichtung **20** eines elektronischen Teils gemäß der vorliegenden Erfindung eine Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung **8**, ein Horn **7**, ein Einspannwerkzeug **6**, eine (nicht gezeigte) Substratleiter-Heizeinheit, eine Steuereinheit **9** und ein an der Steuereinheit befestigtes Laserwegmessgerät **11**, das als eine Entfernungsmessvorrichtung zum Überwachen der Entfernung des an dem Einspannwerkzeug **6** befestigten Halbleiterchips **3** in Bezug auf einen (nicht gezeigten) Substratleiter wirkt, wobei der Substratleiter ebenfalls mit der Steuereinheit **9** verbunden ist.

[0034] Der Halbleiterchip **3** wird gemäß den folgenden Schritten durch die Montagevorrichtung **20** an dem Substratleiter montiert:
Wie in **Fig.** 3(a) gezeigt ist, wird zunächst der an einer Elektrode gebildete Halbleiterchip **3** an dem Kopf **12** des Einspannwerkzeugs befestigt, wobei Anschlüsse oder Vorsprünge **5**, die in dem Halbleiterchip **3** mit einer Höhe H = 50 µm gebildet sind (z. B. Au-Anschlüsse), in der Weise abgesenkt werden, dass sie den Elektroden **2** des Substratleiters **1** zugewandt sind.

[0035] Wie in **Fig.** 3(b) gezeigt ist, wird zweitens gerade dann, wenn die Anschlüsse **5** des Halbleiterchips **3** mit den Elektroden **2** des Substratleiters **1** in Kontakt gelangen, für allgemein etwa 10–10.000 ms ein vorgegebenes Gewicht R von etwa 0,1 bis 200 Gramm/1 Anschluss angewendet, das gemäß dem Werkstoff, der Form, der Größe, der Anzahl und dergleichen der Anschlüsse **5** (normalerweise mehrere hundert gw oder 1 kgw) geeignet eingestellt wird. Die Anwendung des Gewichts R veranlasst ein leichtes Quetschen und Absenken der Anschlüsse **5** in die Elektroden **2**. Das Gewicht wird als der Absenkbetrag H1 der ersten Phase bezeichnet.

[0036] Wie in **Fig.** 3(c) gezeigt ist, werden drittens für eine vorgegebene Zeitdauer T2, allgemein etwa 50–10.000 ms, das vorgegebene Gewicht R und eine Ultraschallschwingung US (Querschwingung) in der Weise angewendet, dass die Elektrode des Halbleiterchips **3** durch die Ultraschallwellen- und Thermokompressionskontaktierung der Anschlüsse **5** mit den Elektroden **2** des Substratleiters **1** verbunden wird.

[0037] Wie in **Fig.** 3(d) gezeigt ist, wird viertens der Kopf **12** des Einspannwerkzeugs von dem Halbleiterchip **3** getrennt, so dass er steigt, und der als Absenkbetrag H2 der zweiten Phase bezeichnete Absenkbetrag der Anschlüsse **5**, der durch Anwenden des vorgegebenen Gewichts R und der Ultraschallschwingung US veranlasst wird, durch das in Fig. 1 gezeigte Laserwegmessgerät **11** (Entfernungsmessvorrichtung) überwacht und eine Beurteilung vorgenommen, ob der Absenkbetrag H2 der Anschlüsse **5** in einem gewünschten Bereich liegt. Genauer wird eine Beurteilung vorgenommen, ob die durch die Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverbindung unter Verwendung des Flip-Chip-Kontaktierungssystems erhaltene Verbindungsstelle fehlerhaft oder nicht fehlerhaft ist.

[0038] Experimentell ist bestimmt worden, dass der Kompressionsbetrag, d. h. der Absenkbetrag H2 der

Anschlüsse **5** in der wie in **Fig.** 3(d) gezeigten zweiten Höhenphase (mit anderen Worten die Änderung des Abstands zwischen dem Halbleiterchip **3** und dem Substratleiter wegen des Quetschens der Anschlüsse **5**, wenn das vorgegebene Gewicht R und die Ultraschallschwingung US angewendet werden), und die Verbindungsfestigkeit zwischen der Elektrode des Halbleiterchips **3** und den Elektroden **2** des Substratleiters **1** mittels der Anschlüsse **5** einer wie in Fig. 4 gezeigten graphischen Beziehung genügen.

[0039] Beim Thermoschallschweißen wird an der Grenze zwischen einer Halbleiterelektrode und einem Anschluss eine fast gleichförmige Kontaktierung bewirkt. Eine Verbindungsfestigkeit für jede Flächeneinheit ist durch die Werkstoffe bestimmt, aus denen die Halbleiterelektrode und der Anschluss hergestellt sind. Es kann gesagt werden, dass dann, wenn die Festigkeiten gleich sind, die Verbindungsflächen gleich sind. Außerdem wird die Kontaktierungsfläche erhöht, falls ein Anschluss durch eine Belastung und durch eine Ultraschallschwingung komprimiert wird.

[0040] Dementsprechend sind die Kompressionen der Anschlüsse, d. h. deren Absenkbeträge und Verbindungsflächen, eindeutig bestimmt, falls die Formen der Anschlüsse zueinander gleich sind. Ferner sind die Kontaktierungsfestigkeiten ebenfalls gleich zueinander, falls die Kontaktierungsflächen zueinander gleich sind. Daher kann eine Untersuchung der zwischen dem Halbleiterchip und dem Substratleiter gebildeten Verbindungsstelle durch Messen des Kompressionsbetrags des Anschlusses (des Absenkbetrags) ausgeführt werden.

[0041] Dementsprechend wird z. B. ein Beurteilungsstandard zuvor derart eingestellt, dass die Verbindung nicht fehlerhaft ist, wenn die Verbindungsstellenverbindung zwischen den Anschlussflächen (Au-Anschlussflächen) **5** und den Elektroden **2** nicht kleiner als 50 gw ist, während die Verbindungsstelle fehlerhaft ist, wenn sie kleiner als 50 gw ist. Wenn der Absenkbetrag H2 in der zweiten Phase, wie sie in **Fig.** 3(c) gezeigt ist, nicht kleiner als 25 μm ist, ist die Verbindungsstelle fehlerhaft. Anhand der überwachten Daten von dem Laserwegmessgerät **11**, das hier auch als Entfernungsmessvorrichtung bezeichnet wird, erfolgt durch die Steuereinheit **9** eine Beurteilung, ob die Verbindungsstelle fehlerhaft oder nicht fehlerhaft ist.

[0042] Da gemäß dem obigen Verfahren ein Produkt, dessen Verbindungsstellenfestigkeit nicht mehr als 25 gw beträgt, fehlerhaft ist, wird es als ein fehlerhaftes Produkt behandelt oder kann eine nicht fehlerhafte Verbindungsstelle erzeugt werden, wenn der gewünschte Absenkbetrag H2 durch erneutes Anwenden von Ultraschallwellen erhalten werden kann. Somit beeinflusst eine fehlerhafte Verbindungsstelle, die im ersten Versuch gebildet wird, nicht notwendig die folgenden Produktionsschritte danach, wobei die Ausbeute nicht fehlerhafter Produkte verbessert werden kann.

[0043] Wie oben erwähnt wurde, ist das Montageverfahren ein Verfahren zur Überwachung nur des Absenkbetrags H2 in der zweiten Phase des Verfahrens der vorliegenden Erfindung, wie sie in **Fig.** 3(c) gezeigt ist, und kann ausreichen, um zu beurteilen, ob die Verbindungsstelle fehlerhaft oder nicht fehlerhaft ist. Um die Fehlerhaftigkeit oder Nichtfehlerhaftigkeit der Verbindungsstelle genauer zu beurteilen, ist es aber erwünscht, ebenfalls den wie in **Fig.** 3(b) gezeigten Absenkbetrag H1 in der ersten Phase des Verfahrens zu überwachen und sowohl den Absenkbetrag H1 in der ersten Phase als auch den Absenkbetrag H2 in der zweiten Phase als Daten zur Beurteilung der Fehlerhaftigkeit oder Nichtfehlerhaftigkeit der Verbindungsstelle zu verwenden.

[0044] Somit werden in dem oben beschriebenen Montageverfahren durch das Laserwegmessgerät **11**, das als eine Entfernungsmessvorrichtung wirkt, der Absenkbetrag H1 der Anschlüsse in der ersten Phase, wo für die vorgegebene Zeitdauer T1 (allgemein etwa 10–10.000 ms, üblicherweise aber in der Größenordnung von 100 ms vorgegeben) das vorgegebene Gewicht R von etwa 0,1 bis 200 Gramm/1 Anschluss angelegt wird, gerade wenn die Anschlüsse **5** mit den gepaarten Elektroden **2** in Kontakt gelangen, und der Absenkbetrag H2 der Anschlüsse in der zweiten Phase, in der außer der Anwendung des vorgegebenen Gewichts R eine Ultraschallschwingung US für die vorgegebene Zeitdauer T2 (allgemein etwa 50 bis 10.000, üblicherweise aber im Bereich von etwa 1000 bis 2000 ms vorgegeben) angewendet wird, einzeln überwacht. Diese Messungen ermöglichen, durch die Steuereinheit **9** eine Beurteilung vorzunehmen, ob die Absenkbeträge H1 und H2 der Anschlüsse in der jeweiligen Phase jeweils in vorgegebenen gewünschten Bereichen sind, so dass eine Bestimmung vorgenommen werden kann, ob die Verbindungsstelle zwischen dem Halbleiterchip **3** und dem Substratleiter **1** durch die Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverbindung unter Verwendung des Flip-Chip-Kontaktierungssystems fehlerhaft oder nicht fehlerhaft ist.

[0045] Gemäß dem oben beschriebenen Montageverfahren gelten die Anschlüsse als anomal, wobei Gleiten der Anschlüsse auftreten kann, falls der Absenkbetrag H1 der Anschlüsse **5** der in **Fig.** 3(b) gezeigten Verfahrensphase zu dem Zeitpunkt, wenn für die vorgegebene Zeitdauer T1 das vorgegebene Gewicht R angewendet wird, von einem Bereich von Sollwerten abweicht. Aus diesem Grund kann in einer Phase, bevor die Verbindungsstelle hergestellt wird, eine Beurteilung vorgenommen werden, ob die Anschlüsse fehlerhaft oder nicht fehlerhaft sind. Um eine solche Beurteilung vorzunehmen, wenn der Ab-

senkbetrag H1 in der ersten Phase und der Absenkbetrag H2 in der zweiten Phase getrennt überwacht und bewertet werden, kann die Fehlerhaftigkeit oder Nichtfehlerhaftigkeit der Verbindungsstelle mit hohem Genauigkeitsgrad beurteilt werden.

[0046] Als die Abstandsmessvorrichtung zum nacheinander folgenden Überwachen der Höhe des Kopfs **12**, d. h. zum Überwachen der Absenkbeträge H1 und H2 in der obigen Ausführungsform, können hier andere Vorrichtungen als das Laserwegmessgerät **11** verwendet werden. Zum Beispiel kann ein Zähler zum Zählen einer Impulsanzahl eines Impulsmotors verwendet werden.

[0047] Außerdem sind als die Abstandsmessvorrichtung, wie in Fig. 5 gezeigt ist, an einer Seitenfläche des Einspannwerkzeugs **6**, das das elektronische Teil hält und alle 1 μm mit dem Substratleiter verbunden ist, Gitter G als Grade gebildet, wobei auf der Grundlage der Zeit, zu der der Halbleiterchip **3** an dem Kopf des vorderen Endes des Einspannwerkzeugs mit den Anschlüssen in Kontakt gelangt, durch Licht, Laser oder dergleichen die Anzahl der Gitter gezählt wird, die an einem Gittersensor **31** während der Anwendung der Ultraschallschwingung US vorbeigehen, so dass der Absenkbetrag H2 des Chips in der zweiten Phase erhalten werden kann. Die Gitter G können durch einen magnetischen Werkstoff gebildet sein, wobei die Zählung durch einen Magnetsensor ausgeführt werden kann, wenn das der Fall ist. Außerdem können die Gitter am vorderen Ende des Horns **7** vorgesehen sein.

[0048] Ferner kann als ein weiteres Mittel zum Messen des Abstands des Kopfs in Bezug auf den Substratleiter ein Messmittel verwendet werden, das eine Kapazitätsmessung verwendet. Wie in Fig. 6 gezeigt ist, kann z. B. 1 mm unter dem unteren Totpunkt des Horns **7** eine Flachelektrode B vorgesehen sein und die Kapazität C zwischen der Flachelektrode B und dem aus Metall hergestellten Horn **7** gemessen werden. Da die Kapazität C durch den Abstand S zwischen dem Horn **7** und der Flachelektrode B bestimmt ist, wird durch Messen der Kapazität C mittels eines Kapazitätserfassungs-Messgeräts der Absenkbetrag des Halbleiterchips **3** erfasst. Diese Kapazitätsmessung ermöglicht die Beurteilung der Fehlerhaftigkeit oder Nichtfehlerhaftigkeit der Verbindungsstelle.

[0049] Außerdem kann anstelle der Flachelektrode B direkt als das Horn **7** ein Spulenhorn montiert sein, wobei der Abstand zwischen dem Spulenhorn und dem Substratleiter durch eine Induktivitätskomponente des Spulenhorns erhalten werden kann.

[0050] Die wie in Fig. 7 gezeigte Montagevorrichtung **30** enthält außer den in Fig. 12 gezeigten Komponenten der herkömmlichen Montagevorrichtung **10** eine Schwingungsmessvorrichtung **21** zum Überwachen eines Schwingungszustands des Halbleiterchips **3** oder der Anschlüsse **5**, die mit der Steuereinheit **9** des elektronischen Teils verbunden ist. In der Montagevorrichtung **30** wird eine Schwingungssignalform W z. B. des Halbleiterchips **3** zum Zeitpunkt der Montage gemessen und mit einer wie in Fig. 8 gezeigten voreingestellten Referenzsignalform WO verglichen, wobei die Verbindungsstelle untersucht wird, um zu bestimmen, ob sie fehlerhaft oder nicht fehlerhaft ist, indem eine Beurteilung vorgenommen wird, ob die Ultraschallschwingung US normal angewendet wird oder nicht.

[0051] Da sich die durch die Ultraschallschwingung US des Halbleiterchips **3** und der Anschlüsse **5** erzeugte Schwingungssignalform in den Verbindungsstellenschritten ständig ändert, kann eine Beurteilung, ob die Ultraschallschwingung US normal an den Verbindungsabschnitt angelegt wird oder nicht, dadurch vorgenommen werden, dass irgendeine Abweichung der Schwingungssignalform W von der Referenzschwingungssignalform WO überwacht wird.

[0052] Mit anderen Worten, es ist eine Aufgabe einer Ausführungsform der Erfindung, die Schwingungssignalform W zu messen, wenn der Schwingungszustand überwacht wird, wobei als die Schwingungsmessvorrichtung **21** ein Laser-Doppler-Schwingungsmessgerät **22** vorgesehen ist. Ein Laserstrahl des Laser-Doppler-Schwingungsmessgeräts **22** wird auf den Halbleiterchip **3** gerichtet und der Schwingungszustand des Halbleiterchips **3** zum Zeitpunkt der Montage (Amplitude und Schwingungsgeschwindigkeit) als eine Signalform überwacht. Die erhaltene Schwingungssignalform W wird durch die Steuereinheit **9** mit der Referenzsignalform WO verglichen, so dass eine Beurteilung vorgenommen werden kann, ob die Ultraschallschwingung US normal an die Anschlüsse **5** angewendet wird oder nicht, wobei die Verbindungsstelle als fehlerhaft gilt, wenn die Schwingungssignalform W von dem zulässigen Bereich der Referenzsignalform WO abweicht.

[0053] Wie in Fig. 9 gezeigt ist, wird die Schwingungssignalform W zum Zeitpunkt dieser Beurteilung durch eine FFT (schnelle Fourier-Transformation) gemäß der Frequenz zerlegt, wobei die Spektren W1 und W2 mit entsprechenden Referenzwellenspektren WO1 bzw. WO2 der Referenzsignalform WO verglichen werden, so dass ein Vergleich und eine Beurteilung quantitativ vorgenommen werden können.

[0054] Die in Fig. 10 gezeigte Montagevorrichtung **40** enthält außer den in Fig. 12 gezeigten Komponenten der herkömmlichen Montagevorrichtung **10** eine Messvorrichtung zum Überwachen eines an die Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (piezoelektrisches Element) **8**, die mit der Steuereinheit **9** verbunden ist, so dass sie dort positioniert ist, an-

gelegten elektrischen Stroms i. Wie in Fig. 11 gezeigt ist, wird eine Signalform des gemessenen elektrischen Stroms i mit einer voreingestellten Referenzsignalform iO des elektrischen Stroms verglichen, wobei der Anschluss untersucht und als fehlerhaft oder nicht fehlerhaft beurteilt wird, indem eine Beurteilung vorgenommen wird, ob die Ultraschallschwingung US normal an die Anschlüsse **5** angelegt wird oder nicht.

[0055] Da sich der durch die Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung **8** an das piezoelektrische Element anzulegende elektrische Strom i, wie in Fig. 11 zu sehen ist, in den Verbindungsstellenbildungsschritten ständig ändert, kann eine Beurteilung, ob die Ultraschallschwingung US normal angewendet wird oder nicht, dadurch vorgenommen werden, dass irgendeine Abweichung der entsprechenden Signalform i von einer Referenzsignalform iO des elektrischen Stroms überwacht wird.

[0056] Wenn als die Messvorrichtung zum Überwachen des in der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (piezoelektrisches Element) **8** fließenden elektrischen Stroms i eine Sonde für elektrischen Strom verwendet wird, die ein Hall-Element verwendet, kann ein zur Messungszeit vorhandenes Rauschen verringert werden und die Messgenauigkeit verbessert werden.

[0057] Wenn, wie sie in Fig. 11 gezeigt ist, die Signalform des elektrischen Stroms i mit der Referenzsignalform iO des elektrischen Stroms verglichen wird (Analyse von Spektren mittels FFT), kann bestimmt werden, ob die Ultraschallschwingung US normal an die Anschlüsse **5** angewendet wird oder nicht, wobei die Verbindungsstelle als fehlerhaft gilt, wenn die Signalform des elektrischen Stroms i von dem zulässigen Bereich der Referenzsignalform iO des elektrischen Stroms abweicht.

[0058] Außerdem kann wie oben beschrieben unter Verwendung eines elektrischen Stroms i an ein piezoelektrisches Kristallelement eine Spannung V angelegt werden und die Änderung der Spannung gemessen werden, um die Signalform zu bestimmen. Daraufhin kann diese Signalform wie oben mit einem elektrischen Strom i beschrieben mit einer Referenzsignalform verglichen werden.

[0059] Die oben erwähnten Ausführungsformen bezogen sich auf den Fall, in dem die Anschlüsse **5** an der Elektrodenseite des Halbleiterchips **3** vorgesehen sind, wobei aber die gleichen Bedingungen auch auf den Fall zutreffen, in dem die Anschlüsse **5** auf der Seite der Elektrode **2** des Substratleiters **1** vorgesehen sind.

[0060] Außerdem bezogen sich die oben erwähnten Ausführungsformen hauptsächlich auf die Montage von Halbleiterchips an Substraten, wobei aber nicht gesagt zu werden braucht, dass sie auf alle elektronischen Teile angewendet werden können, die durch das Ultraschallwellen- und Thermokompressions-Kontaktierungsverfahren Flip-Chip-kontaktiert werden können.

[0061] Wie aus den obigen ausführlichen Ausführungsformen klar ist, können in dem Montageverfahren und in der Montagevorrichtung des elektronischen Teils gemäß der vorliegenden Erfindung, da dann, wenn die Montagehöhe, der Schwingungszustand und der elektrische Strom der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (piezoelektrisches Element) gemessen und mit den Referenzwerten und Referenzsignalformen verglichen werden, gleichzeitig mit der Montage mittels der Anschlüsse eine Beurteilung vorgenommen werden kann, ob der Verbindungsstellenzustand und der Ultraschallschwingungszustand des elektronischen Teils normal sind, die folgenden Gegenmaßnahmen ergriffen werden, falls irgendeine Anomalität gemessen oder erfasst wird:

(a) die Montagevorrichtung wird sofort angehalten und die Anomalie identifiziert;
(b) das Produkt wird als fehlerhaft gekennzeichnet;
(c) es werden erneut Ultraschallwellen angewendet und das Produkt wird reproduziert; und
(d) es werden weiter Ultraschallwellen angelegt, bis der gewünschte Zustand erhalten worden ist.

[0062] Da die Verbindungsstelle als fehlerhaft oder nicht fehlerhaft beurteilt werden kann und das Produkt reproduziert werden kann, haben das obige Montageverfahren und die obige Montagevorrichtung im Ergebnis die gewünschte Qualität.

Bezugszeichenliste

1	Substratleiter
2	Elektrode
3	Halbleiterchip
4	Substratleiter-Heizeinheit
5	Anschluss (Goldanschluss)
6	Einspannwerkzeug
7	Horn
8	Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung
9	Steuereinheit
10, 20, 30, 40	Montagevorrichtung
11	Laserwegmessgerät (Entfernungsmessvorrichtung)
12	Kopf
21	Schwingungsmessvorrichtung
22	Laser-Doppler-Schwingungsmessgerät
R	vorgegebenes Gewicht
US	Ultraschallschwingung

H1	Absenkbetrag der Anschlüsse in der ersten Phase des Montageverfahrens
H2	Absenkbetrag der Anschlüsse in der zweiten Phase des Montageverfahrens
G	Gitter
B	Flachelektrode
C	Kapazität
W	Schwingungssignalform
WO	Referenzsignalform
W1, W2,	Schwingungssignalformspektrum
WO1, WO2,	Referenzwellenspektrum
i	elektrischer Strom
iO	Referenzsignalform des elektrischen Stroms
v	Spannung

Patentansprüche

1. Montagevorrichtung (**30**) zum Montieren eines elektronischen Teils (**3**) unter Verwendung von Ultraschallwellen und einer Thermokompressionskontaktierung, um ein Flip-Chip-Kontaktierungssystem zu bilden, mit einer Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (**8**), einem an der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (**8**) befestigten Horn (**7**), einem Einspannwerkzeug (**6**) zum Halten eines an dem Horn (**7**) befestigten elektronischen Teils (**3**), einer Steuereinheit (**9**), die mit der Ultraschallschwingungs-Erzeugungsvorrichtung (**8**) verbunden ist, und einer Substratleiter-Heizeinheit (**4**), die mit der Steuereinheit (**9**) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass mit der Steuereinheit (**9**) eine Schwingungsmessvorrichtung (**21**) verbunden ist, die einen Schwingungszustand des elektronischen Teils (**3**) oder des Anschlusses (**5**) überwacht.

2. Montageverfahren zum Montieren eines elektronischen Teils (**3**) an einem Substratleiter (**1**), das die Verwendung einer Ultraschallwelle und einer Thermokompressionskontaktierung unter Verwendung eines Flip-Chip-Kontaktierungssystems nach Anspruch 1 umfasst, bei dem
– ein Schwingungszustand des elektronischen Teils (**3**) zum Zeitpunkt der Montage gemessen und mit einer Referenzsignalform verglichen wird,
– eine Beurteilung erfolgt, ob eine Ultraschallschwingung normal angewendet wird, und
– die Verbindung entsprechend der Beurteilung der Ultraschallschwingungsanwendung als fehlerhaft oder als nicht fehlerhaft beurteilt wird.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

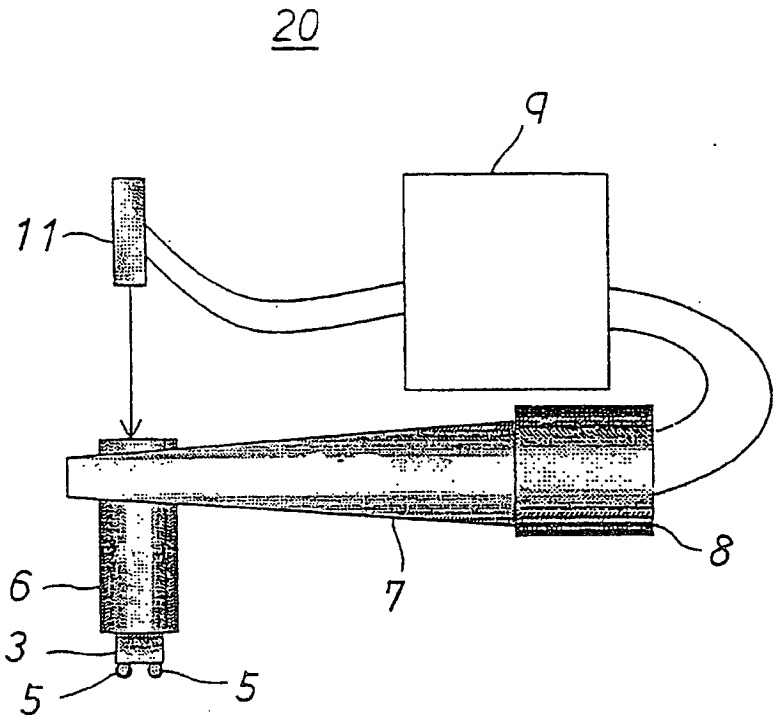

Fig. 2

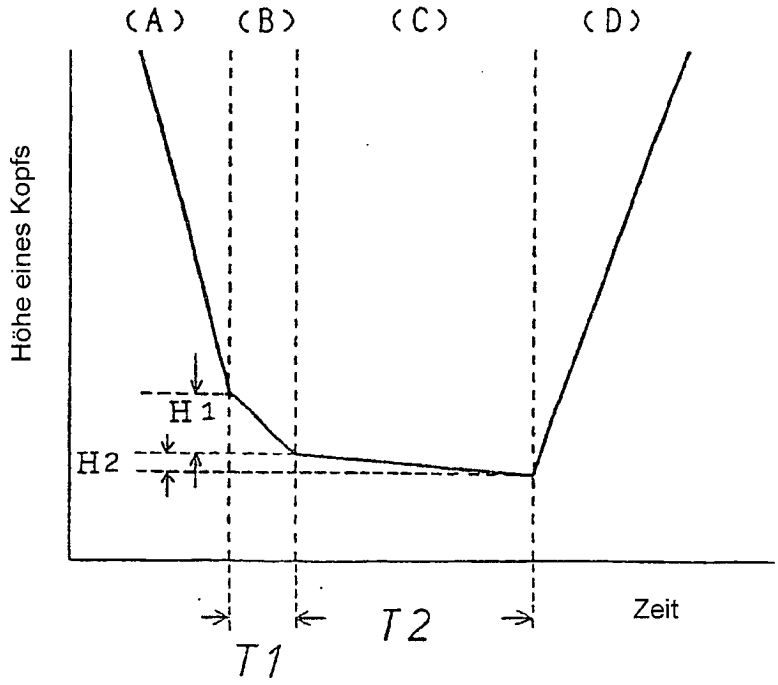

Fig. 3

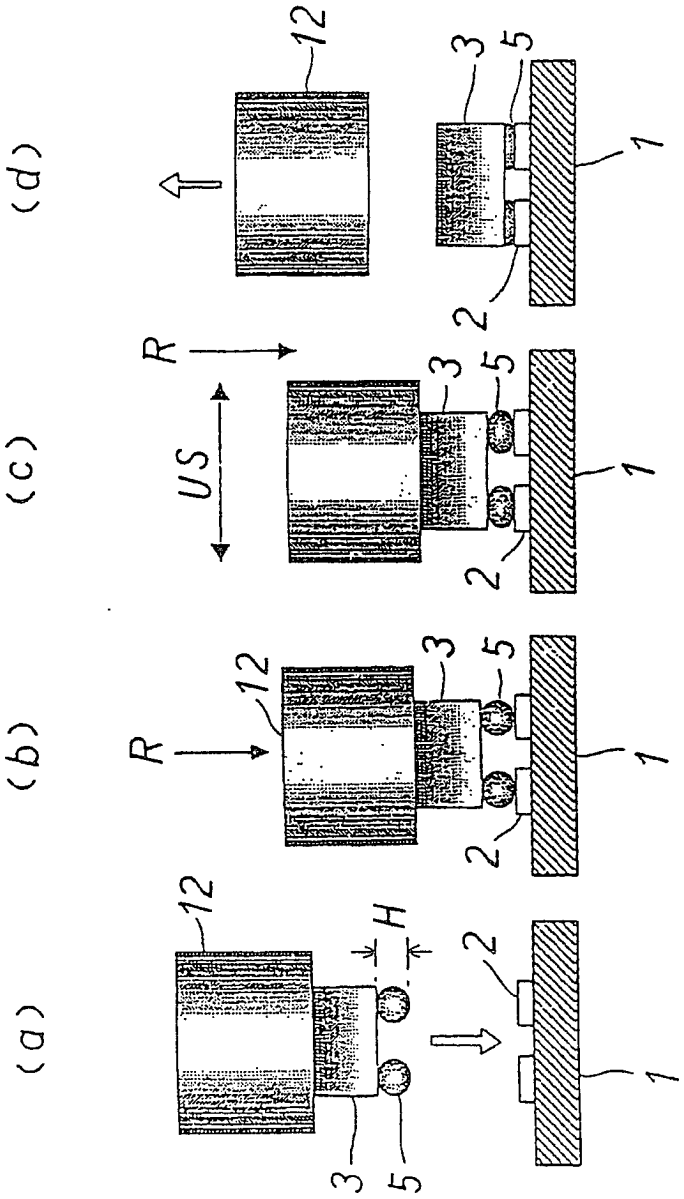

Fig. 4

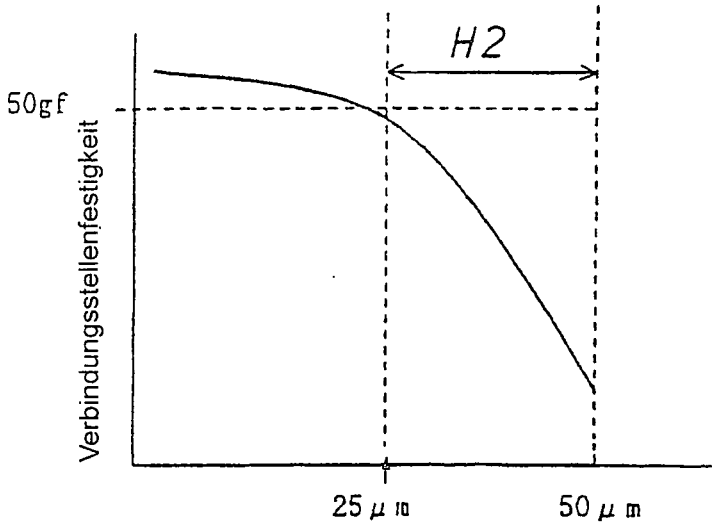
H2
50gf
Verbindungsstellenfestigkeit
25 µm
50 µm
Höhe des Anschlusses

Fig. 5

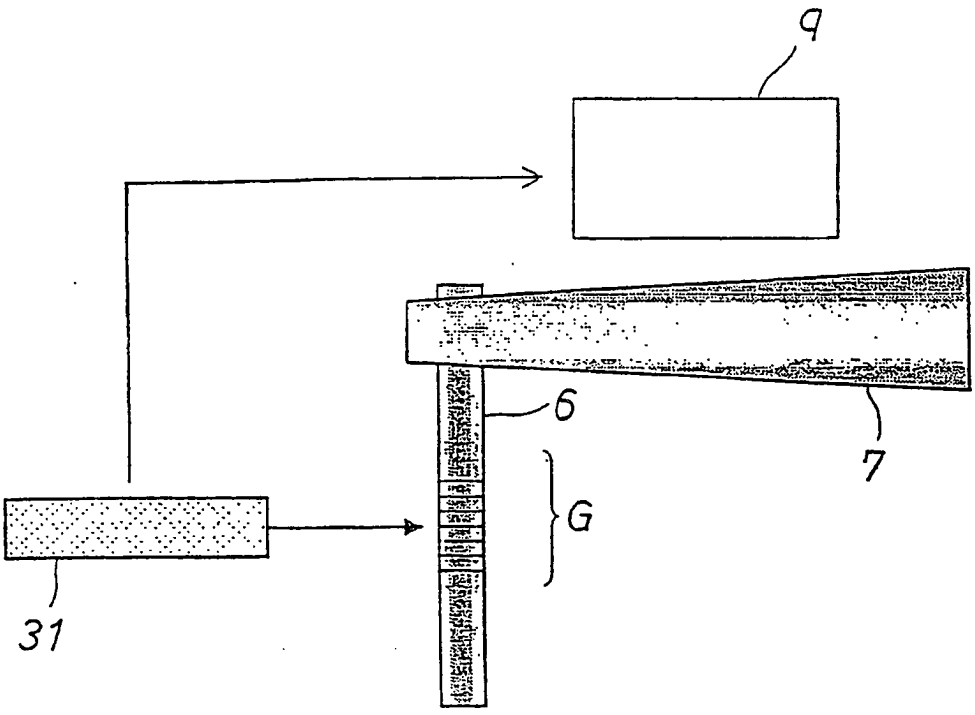

Fig. 6

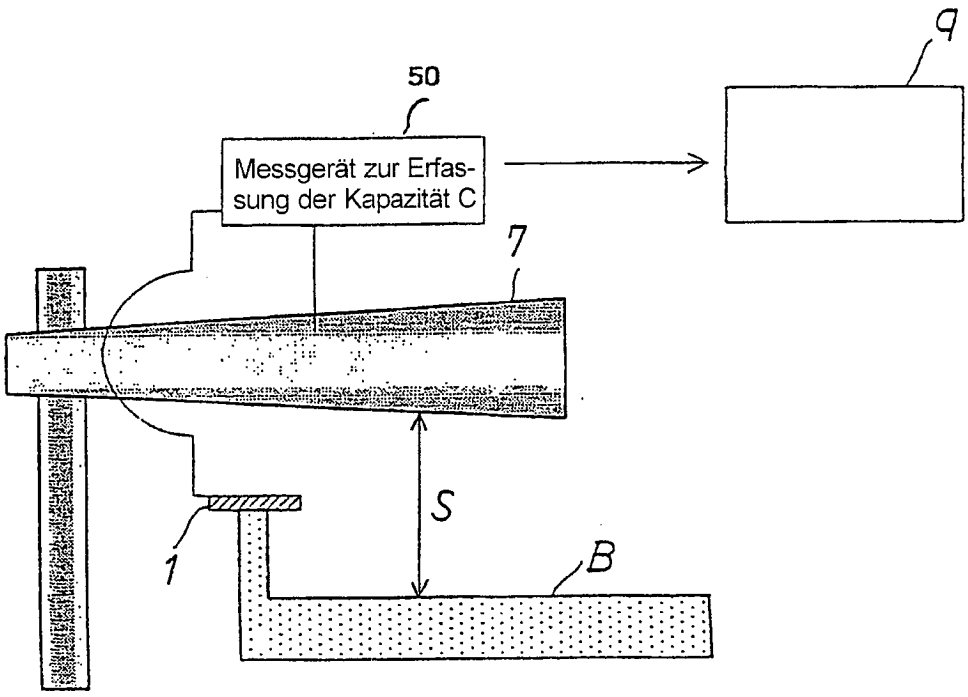

Fig. 7

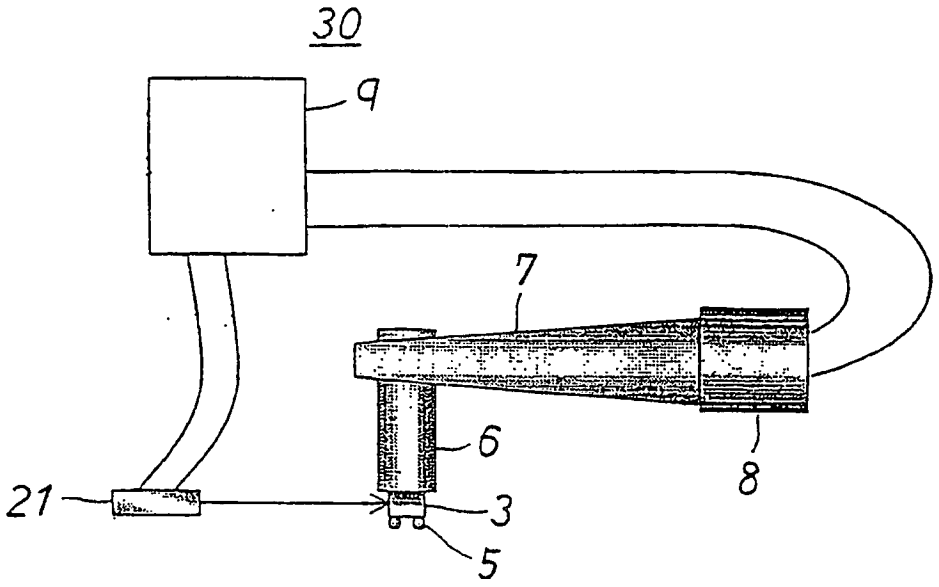

Fig. 8

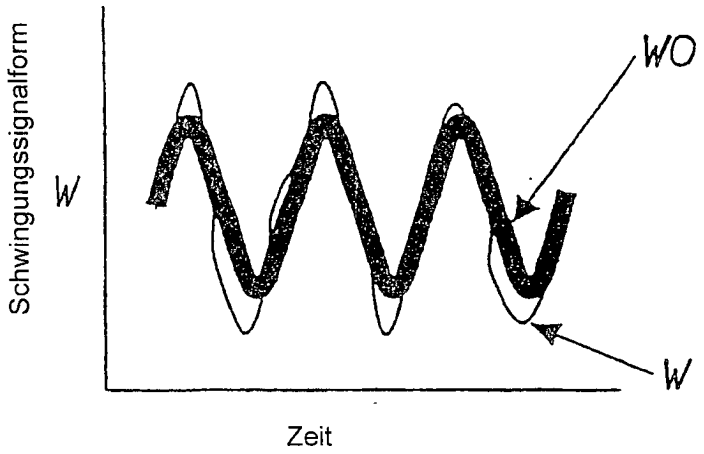

Fig. 9

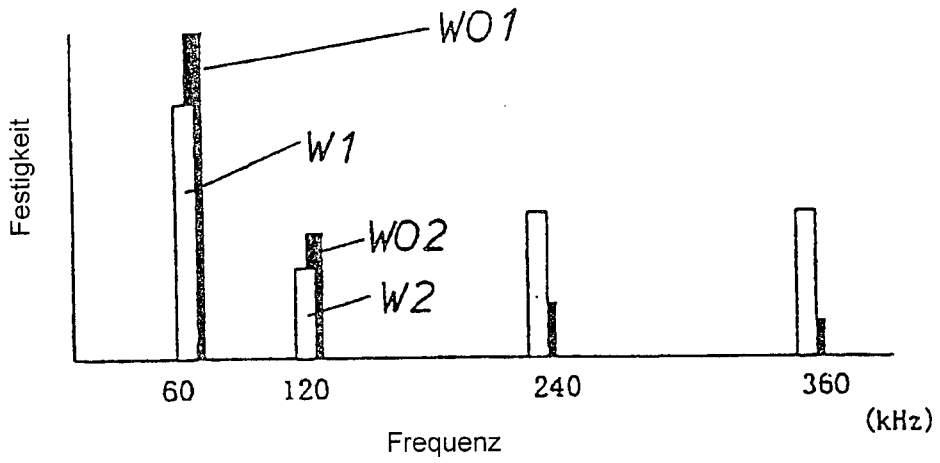

Fig. 10

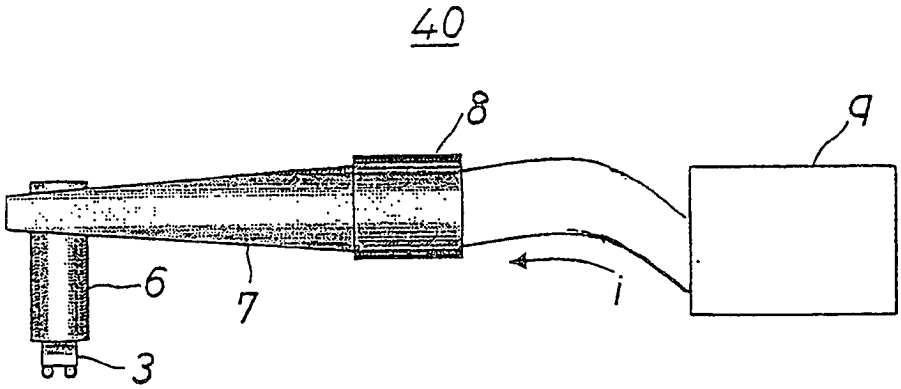

Fig. 11

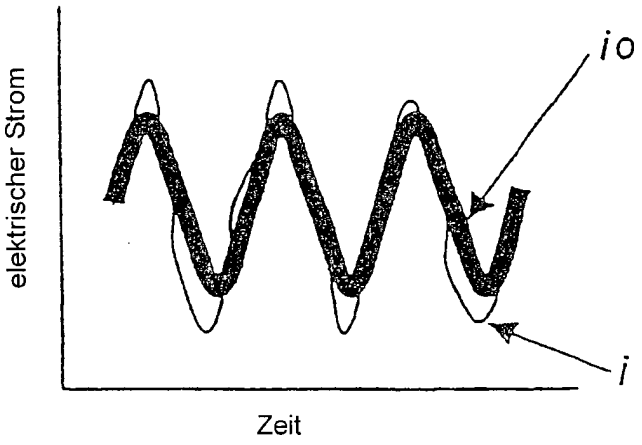

Fig. 12

