(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 40 16 720 B4** 2005.11.24

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **P 40 16 720.8**
(22) Anmeldetag: **24.05.1990**
(43) Offenlegungstag: **14.02.1991**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **24.11.2005**

(51) Int Cl.[7]: **H01R 43/02**
B23K 20/10

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten(§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
P 392435 11.08.1989 US

(73) Patentinhaber:
Orthodyne Electronics Corp., Costa Mesa, Calif., US

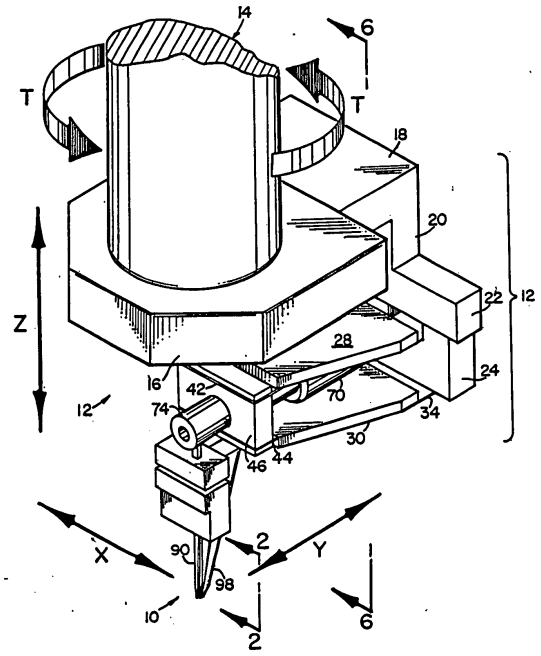
(74) Vertreter:
Stellrecht, W., Dipl.-Ing. M.Sc.; Grießbach, D., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Haecker, W., Dipl.-Phys.; Böhme, U., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Beck, J., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anwälte, 70182 Stuttgart

(72) Erfinder:
Smith, Michael C., Costa Mesa, Calif., US; Smith jun., Hal W., Costa Mesa, Calif., US

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 33 43 738 C2
DE 33 35 848 C2
DE 39 12 580 A1
DE 38 13 187 A1
DE 22 47 581 A1
US 46 45 118 A
US 47 89 095
US 45 50 871
US 44 18 858
JP 63-0 16 632 A
JP 57-1 88 840 A
User's Mannual Modl 360 Ultrasonic Large Wire Bonder, Orthodyne Electronics, Costa Mesa, USA, 1987;

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Ultraschallbonden**

(57) Hauptanspruch: Ultraschallbonder mit einem Ultraschall-Bonderwerkzeug, welches durch einen daran befestigten Wandler zu Ultraschallschwingungen anregbar ist, wobei der Ultraschallbonder folgende Merkmale aufweist:
Es ist eine Haupt-Halterungsvorrichtung (12) vorgesehen, welche zumindest teilweise längs einer Z-Achse bewegbar ist;
das Bonderwerkzeug (90) ist bezüglich der Z-Achse mittels einer flexiblen Verbindung beweglich gehaltert;
es sind Liefereinrichtungen (98) vorgesehen, die bezüglich der Z-Achse mittels einer flexiblen Verbindung beweglich gehaltert sind und mit deren Hilfe dem Ende des Bonderwerkzeugs (90) ein Draht (96) zuführbar ist;
es ist eine Schneidvorrichtung (132) vorgesehen, die mit der Haupt-Halterungsvorrichtung (12) derart verbunden ist, daß sie deren Bewegungen in Richtung der Z-Achse direkt folgt, und mit deren Hilfe in einen durch eine Bondverbindung festgelegten Draht ein Schnitt zum Abtrennen des Drahtes (96) herstellbar ist,
wobei die Schneidvorrichtung (132) mittels der Haupt-Halterungsvorrichtung (12) zum zumindest teilweisen Schneiden des Drahtes (96) bewegbar ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Ultraschallbonder und ein mit diesem durchgeführtes Verfahren zum Ultraschallbonden.

[0002] Bekanntlich dient das Ultraschallbonden dem Anbringen von Verbindungsdrähten an Halbleiterbauelementen, wobei nach dem Verfahren des sogenannten Kugel-Bondens oder nach dem Verfahren des sogenannten Keil-Bondens gearbeitet wird. Das Kugelbonden und das Keil-Bonden wird speziell mit Ultraschall-Drahtbondern durchgeführt, die an einer Trägeranordnung befestigt sind, die sie in die richtige Position zum Herstellen einer Bondverbindung bewegt. Die vorliegende Erfindung befaßt sich speziell mit dem Gebiet des Keil-Ultraschallbondens (wedge bonding).

[0003] Das Keil-Bonden von Halbleiteranordnungen ist bekannt. Dabei wird zum Bonden häufig Aluminiumdraht verwendet. Der Aluminiumdraht wird von einer Bondverbindung zu einer zweiten Bondverbindung gezogen. Der Duchmesser eines solchen Drahtes liegt in vielen Fällen im Bereich von etwa 0,025 bis 0,635 mm.

[0004] Beim Bonden wird der Draht mit Hilfe eines Bonderwerkzeugs gegen die Halbleiteroberfläche gedrückt. Das Ende des Werkzeugs wird dabei in Ultraschallschwingungen versetzt, wobei die Schwingungsrichtung in einer Ebene liegt, die im wesentlichen parallel zu der Oberfläche des Halbleiters verläuft, an der die Bondverbindung hergestellt werden soll. Die Ultraschallschwingung wird für ein Zeitintervall von einigen Zehntel Millisekunden aufrechterhalten. Die Kombination von statischem Druck auf das Bonderwerkzeug senkrecht zur Halbleiter- bzw. Chipoberfläche und von Vibrationen des Werkzeugendes parallel zu dieser Oberfläche führt zu einer plastischen Verformung des Drahtes. Bei dieser plastischen Verformung verbindet sich der Draht gleichzeitig mit dem Atomen des Materials an der Chipoberfläche, wobei eine Bondverbindung in Form einer Kaltschweißverbindung geschaffen wird. Ein übliches Merkmal vieler Keil-Bonder und Bonderwerkzeuge besteht in einer Klammer zum Festhalten des Drahtes in der richtigen Position unter der Werkzeugspitze. Eine solche Klammer ist erforderlich, während sich das Werkzeug von einem Punkt, an dem der Draht abgetrennt wurde, zu einem Punkt bewegt, an dem der Draht erneut angebondet wird. Die Klammer verhindert, daß sich der Draht aus der Werkzeugspitze herausbewegt und ermöglicht daher das Herstellen einer neuen Bondverbindung. Eine derartige Klammer ist im allgemeinen eine aktiv betätigbare Vorrichtung, beispielsweise mit einem Elektromagneten, der mit zwei Klemmbacken verbunden ist, die mit Steuerbefehlen in den betreffenden Bonderpositionen geöffnet und geschlossen werden. Das Sichern eines Drahtes mit Hilfe einer derartigen Klammer bzw. Klemmvorrichtung ist im allgemeinen wirksam. Der Elektromagnet erhöht jedoch die Masse der Bonderkopfanordnung, was unerwünscht ist, da diese im Interesse eines schnellen Betriebes und zur Minimierung der Abflachung des Drahtes aufgrund von Beschleunigungskräften beim Anpressen des Drahtes gegen die Werkstückoberfläche eine möglichst geringe Masse haben soll.

[0005] Das Arbeiten mit einer "aktiven" Klammer erfordert außerdem Treiberschaltungen und Einrichtungen zum Zuführen von Energie zu dem Elektromagneten. Damit wird die Klammer notwendigerweise zu einem problematischen Bestandteil des Bonderkopfes.

[0006] Ein weiterer Nachteil von Klammern zum Sichern des Drahtes besteht darin, daß diese häufig relativ viel Platz hinter dem bzw. angrenzend an das Bonderwerkzeug benötigen. Dies beschränkt die Einsatzmöglichkeiten des Bonders auf relativ offene Bereiche, in denen sich keine anderen Komponenten befinden. Das Werkzeug und die Klammer benötigen nämlich Rangierraum, wenn sie in die Position zum Herstellen einer Bondverbindung bewegt werden.

[0007] Um den Platzbedarf hinter dem Werkzeug zu vermeiden, sind bei einigen Bondern Klemmeinrichtungen vorgesehen, die im Abstand von dem Bonderwerkzeug angeordnet sind. Dies ist mit gewissen Nachteilen verbunden, da es um so schwieriger ist, nach dem Bonden die richtige Länge des abgezogenen Drahtes aufrechtzuerhalten, je weiter die Klammer von dem Werkzeug entfernt ist. Bei der abgezogenen Drahtlänge handelt es sich dabei um das Drahtstück, welches vor dem Herstellen einer Bondverbindung aus der Liefereinrichtung vorsteht. Diese Drahtlänge sollte so kurz wie praktisch möglich sein, jedoch keinesfalls kürzer als die gewünschte Länge der Bondverbindung.

[0008] Diese und andere Nachteile sind bei herkömmlichen Drahtbondern und Bondingverfahren anzutreffen.

Stand der Technik

[0009] So offenbart beispielsweise die DE 33 43 738 C2 einen Bonder, bei dem sich das Bonderwerkzeug unabhängig von einer Schneidvorrichtung auf- und abbewegt. Eine Drahtklemme ist längs einer schräg zur Vertikalen verlaufenden Richtung beweglich, wobei eine Klemmbacke in einer zu der Bewegungsrichtung der Drahtklemme senkrechten Richtung beweglich ist, um den Draht festzuklemmen oder freizugeben. Der Draht wird durch die Drahtklemme und einen Kanal zugeführt, welche beide längs des Drahtpfades verlaufen.

[0010] Die DE 2 247 581 A1 offenbart einen Bonder, bei dem eine Schneidvorrichtung und ein Bonderwerkzeug über Gelenke miteinander verbunden und federnd gehaltert sind, so daß diese Elemente relativ zueinander beweglich sind und ihren jeweiligen Bewegungen gegenseitig nicht direkt folgen, da eine federnde Verbindung eine flexible und nicht eine starre Verbindung ist.

[0011] Die US-Patentschrift Nr. 4,418,858 offenbart ein Bonderwerkzeug ohne eine benachbarte Klemme, wobei der Draht mit besonderen Bewegungen ausgegeben wird, um eine Schleife zu bilden und den Draht nach dem Bonden abzubrechen.

[0012] Die US-Patentschrift Nr. 4,789,095 offenbart eine Vorrichtung zum Drahtbonden mit einem Hauptarm und einem Nebenarm, der durch eine Kopplungskraft an den Hauptarm gekoppelt ist. Die Kopplungskraft wird während verschiedener Phasen des Bondingvorgangs variiert.

[0013] Die US-Patentschrift Nr. 4,550,871 offenbart einen Bonderkopf eines Drahtbonders, welcher Antriebe aufweist, die den Bonderkopf in der X-Richtung, der Y-Richtung, der Z-Richtung und in der θ-Richtung bewegen, und welcher den Bondingdraht längs der θ-Drehachse zuführt.

[0014] Die US-Patentschrift Nr. 4,645,118 offenbart einen Drahtbonder, bei dem das Bonderwerkzeug und die Schneidvorrichtung als Einheit ausgebildet sind, d.h. ein und dasselbe Element bondet und schneidet den Draht und hat eine einzige Halterung.

[0015] Die JP 57-188840 offenbart einen Drahtbonder, dessen Bonderwerkzeug sich in der Z-Richtung bewegt, während Drahtliefereinrichtungen fest mit einem Gehäuse verbunden sind, so daß das Bonderwerkzeug und die Liefereinrichtungen nicht zu einer parallelen Bewegung in der Z-Richtung fähig sind.

[0016] Die JP 63-016632 offenbart einen Drahtbonder mit einer Schneidvorrichtung, die zwischen einem Bonderwerkzeug und einer Liefereinrichtung angeordnet ist. Der Draht wird, entweder durch Preßschweißung oder mittels Ultraschall, an eine Chipelektrode und an eine Leitung gebondet. Der Draht wird dann unter Verwendung eines Stempels als Schneidvorrichtung geschnitten.

[0017] Das "Orthodyne User Manual" für das Modell 360 (1987) offenbart einen Ultraschallbonder, bei dem das Bonderwerkzeug, eine Schneidvorrichtung und eine Drahtklemme alle zusammen schwenkbar an einem Bonderkopf gehalten sind, wobei die Schneidvorrichtung unabhängig hiervon mittels eines Elektromagneten relativ zu dem Bonderwerkzeug verschwenkbar ist. Die an dem Bonderkopf gehaltene Drahtklemme ist um eine Achse drehbar, und die Schneidvorrichtung ist an einem Schwenkarm so gehalten, daß sie eine bogenförmige Bewegung ausführt. Das Bondermodell 360 weist ferner eine Abwickeleinrichtung mit einer Drahtzuführung, Führungsplatten und einem Drahtführungsrohr auf, um den Draht längs eines nicht-gewundenen Pfades zu bewegen.

Aufgabenstellung

[0018] Ausgehend vom Stand der Technik und den vorstehend aufgezeigten Problemen liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Bondverfahren sowie einen verbesserten Ultraschallbonder anzugeben, mit dem die Mängel des Standes der Technik überwunden und weitere wichtige Vorteile erreicht werden.

[0019] Die gestellte Aufgabe wird gemäß den Lehren der zu der vorliegenden Anmeldung gehörigen Patentansprüche gelöst.

[0020] Was die wesentlichen Aspekte der Erfindung im einzelnen anbelangt, so sollen nachstehend folgende Besonderheiten erwähnt werden:
Gemäß einem ersten Aspekt umfaßt das erfindungsgemäße Verfahren eine exakte Kontrolle der Positionierung und der Formgebung für den für das Bonden verwendeten Draht und gemäß einem zweiten Aspekt ein spezielles Verfahren zum Schneiden des Drahtes nach der Fertigstellung der letzten Bondverbindung.

[0021] Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist speziell darin zu sehen, daß die Notwenigkeit für den Einsatz zusätzlicher aktiver Einrichtungen entfällt. Statt dessen wird die Grundausstattung des Bonders selbst derart gestaltet, daß gemäß einem wichtigen Verfahrensaspekt der Erfindung das Festhalten des Drahtes und das Schneiden desselben ohne spezielle Zusatzeinrichtungen erfolgen kann. Eine wichtige Teilaufgabe, die gemäß der Erfindung gelöst wird, besteht also darin, daß die effektiven Einsatzmöglichkeiten des Bonders verbessert werden, da auf eine besondere Klammer oder andere Halterungseinrichtung für den Draht verzichtet werden kann. Dadurch, daß erfindungsgemäß der Draht direkt am Bonderwerkzeug festgelegt und gehalten werden kann, entfällt die Notwendigkeit für den Einsatz einer getrennten Klammer mit zugehörigen Speise-Einrichtungen. Außerdem wird erfindungsgemäß nur wenig Platz oberhalb des Werkzeugs und hinter demselben benötigt. Dies gestattet das Arbeiten auf einem begrenzten Raum zwischen anderen Bauelementen, die von der Halbleiteroberfläche getragen werden.

[0022] Gemäß einem weiteren Aspekt wird in einfacher und billiger Weise die Möglichkeit geschaffen, beim Abziehen des Drahtes von einer Spule die durch das Aufspulen des Drahtes auf eine Spule re-

lativ kleinen Durchmessers zunächst vorhandene Krümmung geradezurichten. Dies ist ein wesentlicher Aspekt für die präzise Handhabung und Positionierung des Drahtes.

[0023] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung bestehen verbesserte Möglichkeiten zwischen zwei Bondverbindungen eine Krümmung bzw. einen bogenförmigen Verlauf des Drahtes zu erreichen. Dies ist ein wesentliches Merkmal zur Vermeidung von Spannungen in dem Draht und letztlich zum Vermeiden des Ausfalls des betreffenden Bauelements. Wenn die Krümmung bzw. der Drahtbogen richtig ausgebildet wird, sind dagegen Kontraktions- und Expansionsbewegungen des Drahtes und der angrenzenden Teile ohne schädlichen Einfluß auf die Bondverbindungen möglich. Die gewünschte Schleifenbildung wird nach dem erfindungsgemäßen Verfahren auf einfache Weise erreicht, womit gegenüber dem Stand der Technik eine beträchtliche Verbesserung erzielt wird.

[0024] Eine reproduzierbare Bogen- bzw. Schleifenbildung setzt dabei voraus, daß der Draht schwach aber kontinuierlich gekrümmt wird, während sich das Werkzeug ausgehend von der ersten Bondverbindung nach oben bewegt. Erfindungsgemäß wird der Draht dabei schwach vorgeformt bzw. gekrümmt, so daß er sich in derselben Richtung weiterbiegt, wenn sich das Werkzeug vom Punkt der ersten Bondverbindung zum Punkt der nächsten Bondverbindung bewegt. Dabei ist es ganz entscheidend, daß der Draht zunächst ausgehend von der durch das Aufspulen erhaltenen Krümmung gleichmäßig gerichtet wird. Durch entsprechende Messungen läßt sich feststellen, daß gleichmäßige Schleifen bzw. Bögen dann erhalten werden, wenn die axiale Orientierung der Spulenkrümmung konstant ist. Bei den derzeit verwendeten Bondern ergibt sich dagegen in einigen Fällen eine Verdrehung des Drahtes zwischen Spule und Werkzeug, wodurch die Anfangsbedingungen für den Draht beeinträchtigt werden und damit schließlich die Schleifen- bzw. Bogenform.

[0025] Mit demselben Mechanismus, mit dem der Draht bezüglich der Spulenkrümmung gerichtet wird, wird erfindungsgemäß gleichzeitig eine sehr schwache und kontrollierte Bremswirkung beim Abziehen des Drahtes zwischen zwei Bondstellen erreicht. Die Bremswirkung ist dabei ausreichend, um demselben Zweck zu dienen wie die gemäß dem Stand der Technik verwendete Drahtklammer. Gemäß dem Stand der Technik wurde der Draht zwischen Klemmbacken festgeklemmt, wenn es erforderlich war, ihn bei der Bewegung zwischen aufeinanderfolgenden Bondpositionen festzuhalten. Bei der praktischen Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens hat es sich gezeigt, daß jede Bremswirkung, die höher ist als eine Kraft, bei der der Draht noch aufgrund von Gravitationskräften aus dem Werkzeug herausgleiten könnte, ausreichend ist. Erfindungsgemäß wird also mit einem einfachen passiven Bremssystem gearbeitet, anstatt eine komplizierte und teure aktive Drahtklemme einzusetzen.

[0026] Nach der Herstellung der ersten Bondverbindung, dem Abziehen des Drahtes von der Spule und der Erzeugung der Drahtkrümmung bzw. -schleife wird der Draht in die Position für die Herstellung einer zweiten Bondverbindung gebracht. In dieser zweiten Position wird der Draht nach dem Bonden mit Hilfe einer Schneidvorrichtung geschnitten. Die erfindungsgemäß verwendete Schneidvorrichtung stellt dabei einen erheblichen Fortschritt gegenüber allen vorbekannten Schneidvorrichtungen dar, wie dies nachstehen noch näher erläutert werden wird. Die Schneidvorrichtung besitzt eine Schneidkante, welche gegen die Oberfläche des zu schneidenden Drahtes getrieben wird, ohne daß zugehörige elektromagnetische Antriebseinrichtungen oder andere aktive Einrichtungen zum Schneiden des Drahtes vorgesehen wären. Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß eine Relativbewegung der Schneidvorrichtung gegenüber dem Bonderwerkzeug ermöglicht wird, so daß in den Draht eingeschnitten werden kann, ohne das Werkzeug "aktiv" zu verlagern.

[0027] Nachdem in dem Draht ein Einschnitt erzeugt ist, kann der Draht anschließend durchtrennt werden, während er gleichzeitig in einen Schlitz bzw. eine Nut an der Spitze bzw. am unteren Ende des Werkzeugs eingelegt wird. Dies dient dazu, den Draht im Werkzeug festzuhalten, so daß das Drahtende anschließend zu einer neuen Bondposition bewegt werden kann.

[0028] In weiterer Ausgestaltung der Erfindung besteht die Möglicheit, die Schneidvorrichtung gegen ein flexibles Substrat zu bewegen, bis sie bezüglich des Bonderkopfes eine Relativstellung einnimmt, die ausreicht, um einen Einschnitt ausreichender Tiefe herzustellen. Anschließend kann der Draht dann wieder durchtrennt werden.

[0029] Wichtige Aspekte der Erfindung sind bei einer bevorzugten Ausführungsform eines Ultraschallbonders der nachstehend beschriebenen Art realisiert. Im einzelnen umfaßt ein solcher erfindungsgemäßer Ultraschallbonder Draht-Normier- bzw. -Ausrichteinrichtungen, um eine wegen des Aufspulens vorhandene Drahtkrümmung zu entfernen bzw. geradezurichten. Diese Einrichtungen sorgen anschließend dafür, daß der Draht eine vorgegebene Krümmung erhält, welche besser auf die gewünschten Drahtbögen bzw. -schleifen zwischen aufeinanderfolgenden Bondverbindungen abgestimmt ist. Außerdem wird mit Hilfe der genannten Einrichtungen eine niedrige, für den angestrebten Zweck geeignete Brems- bzw. Schleppwirkung herbeigeführt, um den Draht bezüglich des Bonderwerkzeugs festzuhalten.

Die gewünschten Ergebnisse werden mit einem serpentinienförmigen Kanal bzw. Laufweg erreicht, durch den der Draht sich hindurchbewegen muß, ehe er die Bondoberfläche bzw. die Spitze des Bonderwerkzeugs erreicht.

[0030] Der Kanal bzw. die Liefer- und Ausrichteinrichtungen für den Draht sind im wesentlichen hinter dem Bonderwerkzeug angeordnet, wobei sich der Auslaßpunkt geringfügig über und hinter dem unteren Werkzeugende befindet. Der serpentinenförmige Kanal ist insbesondere an einer dem Bonderwerkzeug zugeordneten Wandleranordnung befestigt und nimmt bezüglich des Werkzeugs eine konstante Relativposition ein, selbst wenn sich das Werkzeug in Richtung der X-, Y- und/oder Z-Achse bewegt und/oder um einen Winkel T von vorzugsweise maximal 200° um eine Drehachse gedreht wird.

[0031] Im Anschluß an das Bonden werden das Werkzeug und der serpentinenförmige Kanal in eine Position angehoben, die gelegentlich als "Schleifenstop (loopstop)" bezeichnet wird. Die Distanz dieser Position von der fertiggestellten Bondverbindung ist dabei eine Funktion des Abstandes zur nächsten Bondposition, wobei eine zusätzliche Drahtmenge ausgeliefert wird, um einen Bogen bzw. eine Schleife in der fertigen Drahtbrücke zu erreichen. Wenn das Werkzeug zusammen mit dem gekrümmten Drahtzuführkanal angehoben wird, dann tritt der Draht aus dem Kanal aus, wobei er sich in Richtung auf das Werkzeug krümmt, da er an der Auslaßöffnung des Kanals gebogen wird. Nach dem Erreichen der Stop-Position wird kein weiterer Draht abgezogen. Die kontrollierte Bremswirkung ist ausreichend, um ein weiteres Austreten von Draht zu verhindern oder auch das Gegenteil, nämlich ein mehr oder weniger starkes Zurückweichen des bereits ausgelieferten Drahtes in den Kanal hinein.

[0032] Im Anschluß an die Herstellung der letzten Bondverbindung setzt der Bonderkopf seine Abwärtsbewegung fort bis die Klinge der am Bonderkopf vorgesehenen Schneidvorrichtung auf der Rückseite des Werkzeugs in den Draht einschneidet. Durch Kontrollieren der Vertikalbewegung des Bonderkopfes auf Bruchteile eines hundertstel Millimeters kann erfindungsgemäß ohne weiteres eine exakte Einschnitt-Tiefe erreicht werden. Der Bonderkopf bewegt sich dann wieder nach oben, wobei aus dem Drahtzuführkanal eine ausreichende Drahtmenge für die nächste Bondverbindung abgezogen wird. Das Werkzeug bewegt sich dann rückwärts (um etwa eine Bondlänge) und abwärts, um den Draht in dem Werkzeug zu "fangen". Nach dem Einschneiden und dem Anheben des Bonderkopfes zum Herausziehen des Drahtes wird das Werkzeug über dem Werkstück leicht abgesenkt und nach hinten bewegt, um ein vollständiges Durchtrennen des Drahtes herbeizuführen. Der Bonder steht dann für die Herstellung einer weiteren Serie von Bondverbindungen unter Beachtung der vorstehend aufgezählten Kriterien bereit.

[0033] Zu den Besonderheiten des erfindungsgemäßen Bonders gehört eine Schneidvorrichtung, die bezüglich des Bonderwerkzeugs speziell ausgerichtet ist, wie dies bereits aus den obigen Ausführungen deutlich wird. Insbesondere wird erfindungsgemäß eine kontrollierte Relativbewegung der Schneidvorrichtung gegenüber dem Bonderwerkzeug ermöglicht, um eine übermäßige Schnitt-Tiefe zu vermeiden. Vorzugsweise wird die Schnitt-Tiefe dabei mittels eines Endschalters überwacht.

[0034] Die vorstehend beschriebenen Eigenschaften einer bevorzugten Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bonders ermöglichen die Herstellung einer Bondverbindung und das anschließende Schneiden und Durchtrennen eines Drahtes auch bei einem flexiblen Substrat. Ein weiteres wichtiges Merkmal ist ferner darin zu sehen, daß der Draht derart an dem Bonderwerkzeug festgelegt und gehalten werden kann, daß er sich nicht von diesem löst, wenn Werkzeug und Bonderkopf zu einer anderen Position bewegt werden.

Ausführungsbeispiel

[0035] Weitere Einzelheiten, Vorteile und Besonderheiten der Erfindung werden nachstehend anhand von Zeichnungen noch näher erläutert und sind im übrigen Gegenstand der sowohl auf das erfindungsgemäße Verfahren als auch auf besonders bevorzugte Ausführungsformen von erfindungsgemäßen Ultraschallbondern gerichtete Ansprüche. Es zeigen:

[0036] Fig. 1 eine perspektivische Darstellung wesentlicher Teile einer bevorzugten Ausführungsform eines Ultraschallbonders gemäß der Erfindung;

[0037] Fig. 2 eine Teilseitenansicht, gesehen in Richtung der Pfeile 2-2 in Fig. 1;

[0038] Fig. 3 eine vergrößerte perspektivische Ausschnittsdarstellung des Ausschnitts **3** in Fig. 2;

[0039] Fig. 4 eine Vorderansicht des Bonderwerkzeugs und zugehöriger Vorspannungserzeugungs-Einrichtungen des Ultraschallbonders gemäß Fig. 1;

[0040] Fig. 5 und Fig. 5a vergrößerte Darstellungen der Ausschnitte **5** bzw. **5a**, wobei jedoch in Fig. 5a die Rückseite des im Ausschnitt **5a** von vorn sichtbaren Bereichs gezeigt ist;

[0041] Fig. 6 eine Seitenansicht wesentlicher Bonderteile, gesehen von der Linie 6-6 in Fig. 1;

[0042] Fig. 7 bis Fig. 14 Seitenansichten des Werk-

zeugs und zugehöriger Bonderteile während aufeinanderfolgender Schritte beim Herstellen von Bondverbindungen nach dem erfindungsgemäßen Verfahren;

[0043] Fig. 15 eine vergrößerte perspektivische Darstellung des unteren Endes bzw. der Spitze des Bonderwerkzeugs;

[0044] Fig. 16 eine Seitenansicht wichtiger Teile des Bonders, gesehen von der bezüglich Fig. 6 gegenüberliegenden Seite;

[0045] Fig. 17 bis Fig. 21 Teilseitenansichten – jeweils mit einer Ausschnittsvergrößerung – des Bonderwerkzeugs und zugehöriger Teile bei der Herstellung von Bondverbindungen an einem flexiblen Substrat.

[0046] Im einzelnen zeigt Fig. 1 eine perspektivische Darstellung einer Vorrichtung gemäß der Erfindung in Form eines Bonderkopfes **10** und einer Haupt-Halterungsvorrichtung **12**. Die Haupt-Halterungsvorrichtung **12** wird von einem Sicherungstisch bzw. einer Plattform gehalten oder bildet einen Bestandteil einer Fertigungslinie zum Bonden von Anschlußdrähten an Halbleitern oder elektronischen Bauteilen. Der Bonderkopf **10** ist an der Haupt-Halterungsvorrichtung **12** befestigt und wird mittels elektronischer und elektromechanischer Einrichtungen angetrieben und gesteuert. Die gesamte Anordnung kann in Verbindung mit einem Rechner angetrieben und gesteuert werden, welcher programmiert sein kann, um den Kopf und die Halterungsvorrichtung in der nachstehend beschriebenen Weise zu bewegen.

[0047] Der Bonderkopf **10** wird durch die Haupt-Halterungsvorrichtung **12** gehaltert, welche ihrerseits durch ein zylindrisches Rohr **14** gehalten und gesteuert wird, dessen Position für die Arbeitsbewegungen des Bonderkopfes **10** die mechanische Bezugs- bzw. Ausgangslage definieren kann. Das zylindrisches Rohr **14** ist ein drehbares Rohr bzw. ein Zylinder, welches bzw. welcher von einer Stütze oder einer mit Bügeln versehenen Halterung getragen und gehaltert wird, welche nicht gezeigt ist. Das ganze Rohr bzw. der ganze Zylinder **14** ist in einem kombinierten Linear/Dreh-Lager gelagert, welches als Linear-Lager-Rohr bezeichnet werden könnte und in der Zeichnung nicht gezeigt ist. Das Linear/Dreh-Lager haltert das Rohr **14** und die Haupt-Halterungsvorrichtung **12** des drehbaren Bonders gemäß der Erfindung derart, daß Bewegungen in der X-, Y-, und Z-Richtung möglich sind. Diese Richtungen bzw. Achsen sind in Fig. 1 durch Doppelpfeile X, Y und Z angegeben. Außerdem ist eine Drehbewegung möglich, wie sie durch die Pfeile T angedeutet ist. Der Bonderkopf bewegt sich zusammen mit dem Rohr bzw. dem Zylinder **14** bezüglich des Linear/Dreh-Lagers längs der Achsen X, Y, und Z. Ferner kann sich das Rohr **14** bei seiner Bewegung gegenüber der Oberfläche eines Halbleiters drehen, wie dies durch die Pfeile T angedeutet ist. (T steht für einen Drehwinkel Theta.)

[0048] An dem Rohr **14** ist eine Klammer, eine Halterung bzw. ein Block **16** mittels geeigneter Befestigungseinrichtungen befestigt. Beim Ausführungsbeispiel ist das Element **16** ein Block mit abgeschrägten Ecken. Der Block **16** kann einer geeigneten Stelle geteilt und mittels ein oder mehrerer Spannschrauben am Umfang des Rohres **14** nach Art einer "Klammer" festgespannt sein.

[0049] An dem Block **16** ist ein nach hinten abstehender Bügel **18** befestigt. Dieser hintere Bügel **18** besitzt ein nach unten gerichtetes Teilstück **20** zur Halterung einer flexiblen Halterung. Das Teilstück **20** endet in einem ersten seitlichen Element **22** und einem zweiten seitlichen Element **24**. Diese seitlichen Elemente **22**, **24** sind so ausgebildet, daß sie das Anbringen einer flexiblen Halterung ermöglichen.

[0050] Die seitlichen Elemente **22** und **24** haltern Arbeitselemente eines Tragarms eines Bonderwerkzeugs und eines Drahtrichtkanals sowie den Wandler und das Horn zum Herbeiführen von Ultraschallschwingungen des Bonderwerkzeugs.

[0051] Wie speziell aus Fig. 6 in Verbindung mit Fig. 1 und Fig. 16 deutlich wird, trägt das seitliche Halterungselement **24** das Werkzeug und den Drahtrichtkanal mittels einer vierarmigen Halterung. Diese Halterung wird durch eine obere Platte **28** und eine untere Platte **30** gebildet. Diese beiden Platten **28**, **30** sind im wesentlichen Verlängerungsarme der vierarmigen Halterung.

[0052] Die vierarmige Halterung umfaßt flexible, blattfederförmige Verbindungselemente **32**, **34**, welche an dem stabförmigen seitlichen Halterungselement **24** mittels Schrauben **36**, **38** befestigt sind. Die beiden Platten **28** und **30** sind an in der Zeichnung nicht sichtbaren Punkten mit Hilfe eines zweiten Satzes symmetrischer Blattfedern befestigt, die in Fig. 6 verdeckt hinter den Federn **32** und **34** liegen. Die Federn des zweiten Satzes sind in derselben Weise an dem seitlichen Halterungselement **24** in derselben bilateralen Position befestigt, die in Fig. 1 und Fig. 6 für die Federn **32** und **34** gezeigt ist. Die weiteren Federn sind in Fig. 1 außerdem durch andere Teile verdeckt und sind im übrigen symmetrisch zu den Federn **32**, **34** auf der linken Seite der Gesamtanordnung vorgesehen.

[0053] Die Platten **28**, **30** verjüngen sich längs ihrer Kanten nach innen bzw. vorn und sind durch flexible federförmige Einzelelemente **42** und **44** verbunden. Die nachstehend als Blattfedern **42**, **44** bezeichneten Einzelelemente sind angrenzend an eine Wandlerhalterung **46** festgeklemmt. Die Wandlerhalterung **46**

wird beidseitig mittels Schrauben **50**, **52** an den Federn **42**, **44** gehalten.

[0054] Die Platten **28** und **30** sind an den anderen Enden der Federn **42** und **44** mit Hilfe von Schrauben **56** und **58** gehaltert. Die beschriebenen Schraubverbindungen mit den Schrauben **50**, **52**, **56** und **58** sind im Interesse der Verbesserung der Übersichtlichkeit in Fig. 1 nicht dargestellt.

[0055] Bei näherer Betrachtung von Fig. 6 erkennt man, daß die als Platten **28** und **30** bezeichneten Stäbe bzw. Arme derart flexibel gehaltert sind, daß sie nach oben und unten gebogen werden können. Die betreffenden Endstellungen sind in Fig. 6 gestrichelt eingezeichnet.

[0056] An der Wandlerhalterung **46** ist ein Wandler **70** befestigt. Der Wandler **70** ist mit einer Stromquelle verbunden, um eine oszillierende Antriebsbewegung zu liefern. Die oszillierende Bewegung erfolgt in Fig. 1 längs der Y-Achse und dient der Ausbreitung einer Welle durch ein Ultraschallhorn, welches insgesamt mit dem Bezugszeichen **72** bezeichnet ist. Das Ultraschallhorn **72** umfaßt drei Teile, von denen der eine Teil **74** mit dem Ultraschall-Bonderwerkzeug **90** verbunden ist. Der Teil **74** ist mit der Wandlerhalterung **46** und mit einem verbreiterten Teil **76** verbunden. Der verbreiterte bzw. vergrößerte Teil **76** des Horns **76** ist seinerseits mit dem der Erzeugung von Ultraschallschwingungen dienenden Wandler **70** verbunden.

[0057] Durch elektrische Energie, welche dem Wandler **70** zugeführt wird, werden Ultraschallschwingungen erzeugt, wobei Impulse erhalten werden, welche das an dem Wandler befestigte Horn **72** zu Ultraschallschwingungen anregen. Die Schwingungen breiten sich in Richtung der Y-Achse derart aus, daß sich in der Halterung **46** ein Schwingungsknoten ergibt. Die Halterung **46** ist am Schwinungsknoten angeordnet und derart ausgebildet, daß sich die Schwingungen ausbreiten können und sich an einem Knoten in der Halterung **46** treffen. Die Ausbreitung der Wellen längs des Horns **72** nach unten ermöglicht ein Vibrieren des nachstehend noch näher zu beschreibenden Bonderwerkzeugs **90** in der Weise, daß sich dessen Endbereich in einer Ebene bewegt, die im wesentlichen parallel zu der Ebene verläuft, an der ein Draht durch Ultraschallbonden zu befestigen ist.

[0058] Zur Erzeugung eines Reibkontaktes und einer nach unten gerichteten Kraft mit dem von den Platten **28** und **30** gehalterten Bonderwerkzeug **90** sind Vorspannungserzeugungs-Einrichtungen vorgesehen. Ein Teil der Vorspannung wird mittels einer Feder **80** erreicht, welche die Platten **28**, **30** nach unten drückt. Die Feder erzeugt eine nach unten gerichtete Kraft von etwa 500 g. Die Feder **80** ist um eine Gewindestange **86** herum angeordnet, welche dauerhaft an dem hinteren Bügel **18** befestigt ist und endet in einer Tasche **88**, die in der oberen Platte **28** vorgesehen ist. Zur Einstellung der Federkraft ist eine Einstellmutter **84** vorgesehen.

[0059] Das Bonderwerkzeug **90** ist an dem vorderen Teil **74** des Horns mittels einer Stellschraube oder dergleichen befestigt. Das Bonderwerkzeug **90** wird im allgemeinen aus Werkzeugstahl oder Wolframcarbid hergestellt. Das aus Werkzeugstahl oder Wolframcarbid bestehende Bonderwerkzeug **90** ist, wie dies aus Fig. 5a und Fig. 15 deutlich wird, mit einem V-förmigen Kanal **92** versehen. Die Nut bzw. der Kanal **92** verläuft im wesentlichen senkrecht zur (im Betrieb vertikalen) Längsachse des Bonderwerkzeugs **90**.

[0060] Ein Draht **96**, welcher an einer Oberfläche bzw. einem Substrat an einem Kontaktpunkt eines elektronischen Bauteils, wie z.B. einer integrierten Schaltung, durch Bonden ange bracht werden soll, befindet sich unter dem unteren Ende des Bonderwerkzeugs **90**. Das Bonderwerkzeug **90** ist dabei direkt mit dem Hornteil **74** verbunden, damit es eine Vibrationsbewegung ausführt. Um den Draht **96** der Spitze des Werkzeugs zuzuführen, wird der Draht über einen Drahtrichtkanal **98** längs eines gekrümmten bzw. gewölbten Weges zugeführt. Der Kanal **98** definiert diesen gewölbten bzw. gekrümmten Pfad, welcher einer zusammengesetzten Kurve folgen kann, um einen von einer Vorratsrolle zugeführten Draht **96** gerade zu richten.

[0061] In Fig. 3 sind Einzelheiten des Kanals **98** gezeigt. Man erkennt einen Führungsblock aus Kunststoff oder einem weichen Metall. Für den Führungsblock **100** ist Kunststoff besonders geeignet, da er nicht zu einem Abrieb an dem durchlaufenden Draht **96** führt. Andererseits hat Kunststoff eine ausreichende Abriebfestigkeit, so daß kein schneller Verschleiß des Führungsblockes **100** eintritt. Als besonders günstig haben sich für den Führungsblock Polyetylenmaterialien mit extrem hohem Molekulargewicht erwiesen. Ein solches Polyetylen hoher Dichte führt am Draht nicht zu einer Erosion oder einem Abrieb. Es nutzt sich vielmehr mit vorgegebener Geschwindigkeit ab und gestattet ein Vorbeilaufen des Drahtes, ohne diesen zu verkratzen oder in sonstiger Weise zu schädigen, während es im übrigen eine ausreichende Festigkeit und eine günstige Verschleißcharakteristik aufweist.

[0062] Beim Ausführungsbeispiel besitzt der Führungsblock **100** eine obere L-förmige Führung **102**, welche zwischen der Blockoberfläche und ihrem Schenkel eine Öffnung **104** definiert, durch die der Draht **96** hindurchlaufen kann. Eine zweite L-förmige Führung **106** mit einem Kanal bzw. einer Öffnung **108** gestattet ebenfalls das Hindurchlaufen des Drahtes

96, wobei der Draht **96** durch den Innenkantenbereich **110** der Führung **106** geradegerichtet wird. Die Form der Führungen **102** und **106** gestattet ein leichtes Einfädeln des Drahtes **96**. Beispielsweise kann der Draht **96** in dem Zwischenraum **107** zwischen den Führungen **102** und **106** im wesentlichen horizontal ausgerichtet werden und dann hinter die Schenkel der Führungen gezogen und in die Öffnungen **104** und **108** bewegt werden.

[0063] Die Kante **110**, welche etwa im Bereich **111** des Pfades auf den Draht **96** einwirkt, kann auch auf andere Weise gestaltet werden. Beispielsweise kann ein dem Laufweg durch die Führungen **102** und **106** entsprechender Laufweg durch eine kapillarförmige Öffnung, ein rohrförmiges Element oder eine Anzahl von abgerundeten Zylindern realisiert werden, über die der Draht **96** längs eines serpentinenförmigen oder sinusförmigen Weges hinwegläuft. Andere Drahtrichtkanäle, bei denen eine erste Fläche, wie z.B. die Kantenfläche**110**, zum Richten des Drahtes mit einer zweiten Fläche zusammenwirkt, können ebenfalls realisiert werden.

[0064] Eine weitere Fläche **114**, die in Fig. 2 gestrichelt angedeutet ist, bildet eine zweite Ausrichtfläche des Drahtrichtkanals **98** zum Geraderichten des Drahtes **96**. Diese zweite Fläche bewirkt in Verbindung mit der ersten Fläche **110** das Laufen des Drahtes **96** längs eines gewundenen Pfades. Der Draht **96** bewegt sich dann durch ein Kanalstück **115** des Kanals **98**, wobei das Kanalstück **115** derart ausgebildet ist, daß es das Anliegen des Drahtes **96** an der Fläche **114** erzwingt.

[0065] Die Flächen **110** und **114** können durch beliebige geeignete Einrichtungen, wie z.B. einen gekrümmten oder einen aus Kurventeilen zusammengesetzten Kanal, realisiert werden, durch den der Draht **96** hindurchläuft, wobei die wirksamen Führungsflächen seitlich gegeneinander versetzt sein können. Zum Richten des Drahtes können glatte Zylinder, Blöcke oder andere Flächen verwendet werden, über die der Draht **96** hinwegbewegt wird.

[0066] Am Ende des Abschnitts **115** besitzt der Kanal **98** eine Öffnung **116**. Diese Öffnung **116** gestattet das Austreten des Drahtes **96** und das Vorrücken des Drahtes über eine Kante der Öffnung. Die betreffende Kantenfläche ist in Fig. 7 bis Fig. 14 und Fig. 17 bis Fig. 21 detailliert dargestellt.

[0067] Die untere Fläche **114** biegt den Draht **96** beim Einfädeln, wie dies weiter unten noch näher beschrieben wird. Hierin besteht eine der Hauptfunktionen des Bereichs **114**. Der Kanalabschnitt **115** und die Öffnung **116** sorgen für eine fluchtende Ausrichtung des Drahtes bezüglich der Nut **92** des Werkzeugs im Bereich des hinteren Endes desselben. Der Kanalabschnitt **115** ist ferner beim Einklemmen und Abtrennen des Drahtes wichtig. Der Kanalabschnitt **115** erhält eine Abwinkelung des Drahtes um etwa 90° aufrecht. Ohne den Kanalabschnitt **115** besteht die Wahrscheinlichkeit, daß der Draht von der Rückseite des Werkzeugs weggebogen wird, wenn der Draht bei der Abtrennbewegung herausgezogen wird. Die Einspannwirkung hängt davon ab, daß der Drahtradius sehr klein ist. Folglich ist die Führungscharakteristik des Kanalabschnitts **115** und der Öffnung **116** sehr wesentlich, wie dies nachstehend noch deutlich werden wird. Der Drahtrichtkanal **98** wird von einem Tragzapfen, einem Rohr, einer Verlängerung oder einer Stange **118** gehaltert.

[0068] Die Stange **118** für den Drahtrichtkanal **98** ist flexibel gehaltert. Diese flexible Halterung erfolgt gemäß Fig. 6 durch ein flexibles Element **120**. Das flexible Element **120** ist an einem Ende der vierarmigen Halterung befestigt und gegenüber dieser Halterung beweglich. Das flexible Element **120** ist beim Ausführungsbeispiel eine Verlängerung der Feder **44**. Die Feder **44** besitzt somit zwei Biegelinien bzw. -bereiche. Der eine Biegebereich gehört zu der vierarmigen Halterung und der andere, näher an dem Werkzeug befindliche Bereich, bildet eine flexible Halterung für die Drahtführungsanordnung aus der Stange **118** und dem Drahtrichtkanal **98**. Eine flexible Verbindung kann auch durch andere geeignete federnde Befestigungsmittel, z.B. unter Erzeugung eines Drehmoments, erreicht werden, wobei die Federwirkung des flexiblen Elements **120** nachgebildet wird. Auf diese Weise wird eine Schwenkbewegung nach vorn und hinten ermöglicht, wie sie durch den Doppelpfeil **122** in Fig. 6 angedeutet ist.

[0069] Die Platten **28** und **30** der vierarmigen Verbindung haltern das Bonderwerkzeug **90** und die Stange **118** für den Drahtrichtkanal **98**, so daß diese Teile sich gemeinsam bewegen. Obwohl sich der Kanal **98** von dem Werkzeug **90** wegbewegen kann, ist diese Bewegung auf eine Schwenkbewegung beschränkt, die längs eines Bogens auf das Werkzeug zu und von diesem weg erfolgt, während eine unabhängige Auf- und Abbewegung verhindert wird. Die elastische Halterung der Stange **118** durch das flexible Element **120** gestattet also nur eine bogenförmige Vorwärts/Rückwärts-Bewegung der Stange **118**.

[0070] Die Haupt-Halterungsvorrichtung **12** wird von dem Rohr **14** getragen, welches als mechanischer Bezugspunkt bzw. Fixpunkt betrachtet werden kann. An dem Block **16** ist das Bezugszeichen G eingetragen, um anzudeuten, daß dieser Block gegenüber einer ortsfeste Grundposition eine definierte Position einnimmt. Dasselbe gilt für einen nach unten abstehenden Bügel **128**, an dem die Halterung **130** sowie eine Schneidvorrichtung befestigt sind.

[0071] Die Schneidvorrichtungshalterung **130** dient der Halterung einer Schneidvorrichtung **132**, die mit-

tels eines Satzes von Schrauben stramm festgelegt ist. Die Halterung **130** ist über den Bügel **128** mit dem Block **16** verbunden und nimmt bezüglich der Drehachsen X, Y, Z eine definierte Position und bezüglich des Rohres **14** einen Winkel T ein. Wenn sich also das Rohr **14** nach unten bewegt, dann folgt die Schneidvorrichtung **132** vollständig den Bewegungen des Rohres **14** und der Haupthalterungsvorrichtung **12**. Auf diese Weise wird der mechanische Bezugspunkt für alle Elemente so festgelegt, daß eine Bewegung der Schneidvorrichtung **132** erzwungen wird, die direkt mit der Bewegung des Rohres **14** verknüpft ist.

[0072] Das Bonderwerkzeug **90** und der Drahtrichtkanal **98** können sich aufgrund ihrer flexiblen Aufhängung relativ zu der Schneidvorrichtung **132** bewegen. Die Feder **80** erzeugt eine Vorspannung für das Bonderwerkzeug **90**.

[0073] Eine Zusätzliche Vorspannung bis zu einer Gesamtkraft von z.B. 1 000 g wird durch einen Anker **142** erzeugt. Der Anker **142** ist in Fig. 4 detailliert gezeigt, aber auch in Fig. 6 sichtbar, wo er mit der Halterung **46** verbunden ist. Der Anker **142** bewirkt eine Bewegung der Halterung **46** und eine entsprechende Auslenkung der vierarmigen Halterung mit den Platten **28** und **30**. Der mit Der Halterung **46** verbundene Anker **142** bewirkt ferner eine gemeinsame Bewegung der Stange **118** und des Werkzeugs **90**. Wenn der Anker **142** in der einen oder anderen Richtung vorgespannt wird, kann er also bezüglich der von der Feder **80** auf das Werkzeug ausgeübten Vorspannkraft eine Zusatzkraft oder eine Gegenkraft erzeugen. Das Absenken des Bonderkopfes **10** und damit des Werkzeugs **90** auf die Oberfläche des Drahtes **96**, an welche sich eine Überlaufbewegung anschließt, bewirkt eine relative Verlagerung der Wandlerhalterung **46** und des Ankers **142** bezüglich zweier Spulen **144** und **146**.

[0074] Die magnetische Betätigung des Ankers **142** wird nachstehend anhand von Fig. 4 und Fig. 5 detailliert erläutert. Fig. 4 zeigt, daß die beiden Spule **144** und **146** über den Block **16** direkt mit dem Rohr **14** verbunden sind. Zwischen den beiden Spulen **144** und **146** befindet sich der Anker **142**, der das Profil eines I-Trägers mit zwei Querflanschen **148** und **150** und einem senkrechten Steg **152** besitzt. Der Steg **152** besitzt einen verjüngten Bereich, in dem zwei Permanentmagnete **156**, **158** mit bezüglich der Außenseiten des Steges entgegengesetzter Polung angeordnet sind. Die Magnete **156** und **158** bestehen vorzugsweise aus einer Samarium-Kobalt-Legierung.

[0075] Seitlich von den beiden Permanentmagneten **156**, **158** liegen die beiden Pole **160** bzw. **162** der Spulen **144** bzw. **146**. Die Pole bestehen aus Weicheisen und sind Elemente eines geschlossenen magnetischen Kreises. Die Polarität der Pole **160**, **162** wird durch die Stromrichtung in den Spulen **144** und **146** bestimmt. In der Zeichnung (Fig. 5) ist der Pol **160** als ein Nordpol N und der Pol **162** als ein Südpol S bezeichnet. Durch Umkehren der Stromrichtung wird auch diese magnetische Polarität umgekehrt.

[0076] Bei der in Fig. 5 eingezeichneten Polung wird die nach unten gerichtete Vorspannung der Feder **80** dadurch verstärkt, daß der Südpol des Permanentmagneten **156** vom Nordpol **160** angezogen wird, während der Nordpol des Permanentmagneten **156** von dem Südpol **162** angezogen wird. Die auf diese Weise erzeugte, nach unten gerichtete Kraft in Richtung des Pfeils **170** verstärkt die Vorspannkraft der Feder **80** und damit die Kraft, mit der das Werkzeug **90** gegen den Draht **96** gedrückt wird. Die vierarmige Halterung mit den Federn **42**, **44** sowie **32** und **34** und deren in Fig. 6 verdeckten Gegenstücken sorgt für eine Parallelverschiebung des Werkzeugs **90** sowie der Stange **118** und des damit verbundenen Drahtrichtkanals **98**.

[0077] Die nach unten gerichtete Kraft kann in Abhängigkeit von der Größe des durch die Spulen **144** und **146** fließenden Stroms erhöht oder verringert werden. Wenn die Stromrichtung umgekehrrt wird, wenn also ein Südpol **160** und ein Nordpol **162** entstehen, dann wird an dem Anker **142** eine nach oben gerichtete Kraft erzeugt, da nunmehr der Südpol des Permanentmagneten **158** von dem Nordpol **162** angezogen wird, während der Nordpol des Permanentmagneten **158** von dem Südpol **160** angezogen wird (bezüglich der Pole des jeweils anderen, vorstehend nicht erwähnten Permanentmagneten ergibt sich in den beiden beschriebenen Situationen eine abstoßende Wirkung mit der Tendenz, den betreffenden Permanentmagneten nach oben bzw. unten aus dem Spalt zwischen den beiden Magnetpolen **160** und **162** herauszutreiben).

[0078] Das als Halterung für die Gesamtanordnung dienende Rohr **14** kann in Richtung der drei Achsen X, Y, und Z verstellt und um seine senkrechte Achse um einen Winkel T verdreht werden. Der Bonderkopf **10** führt dabei entsprechende Bewegungen aus. Die direkte Verbindung der Schneidvorrichtung **132** mit dem Rohr **14** sorgt dafür, daß die Schneidvorrichtung **132** entsprechende Bewegungen ausführt. Das Werkzeug **90** und die Stange **118** können federnd ausgelenkt werden, und zwar in Abhängigkeit davon, ob die Werkzeugspitze an einem Gegenelement anliegt, sowie in Abhängigkeit davon, in welchem Umfang das Horn **72** durch die darauf einwirkende Vorspannung ausgelenkt ist. Die genannten Teile können sich also bezüglich der Schneidvorrichtung **132**, die mit dem mechanischen Fixpunkt verbunden ist, nach oben und unten bewegen.

[0079] Betrachtet man speziell Fig. 7, so kann man

sehen, wie weit das Werkzeug **90** nach unten bewegt und mit einer Vorspannung an den Draht **96** angelegt ist. Die nach unten gerichtete Vorspannung wird dabei durch die Feder **80** und das Magnetsystem gemäß Fig. 4 und Fig. 5 erzeugt. In der Position gemäß Fig. 7 erfolgt das Bonden, nämlich ein Ultraschallbonden.

[0080] Nach dem durch Ultraschallschwingungen des Werkzeugs **90** erfolgten Bonden bewegt sich der Honderkopf gemäß Fig. 8 nach oben, wobei der Draht **96** aus dem Kanal **98** herausgezogen wird. Der Draht **96** wird über die Kante **114** den Kanalbereich **115** und die Öffnung **116** abgezogen und bewegt sich durch die Führungen **102** und **106** hindurch und über die Kante **110**. Dabei wird auf den Draht **96** eingewirkt, um diesen geradezurichten, nachdem er beim Abziehen von der Vorratsrolle zunächst eine gekrümmte Form hat. Der Laufweg für den Draht **96** und der Kanalbereich **114** sind dabei so gestaltet, daß sich außerhalb des Kanals **98** eine deutlich wahrnehmbare Krümmung **204** ergibt. Die Krümmung bzw. der Bogen **204** wird bei der weiteren Aufwärtsbewegung von Werkzeug **90** und Kanal **98** vergrößert.

[0081] Anschließend bewegen sich gemäß Fig. 9 Werkzeug **90** und Kanal **98** in Richtung auf die nächste Bondposition bzw. in Fig. 9 nach rechts, während der Bogen **204** erhalten bleibt. Anschließend bewegt sich das Werkzeug **90** mit dem Kanal **98** wieder nach unten, wobei das Werkzeug **90** gegen den Draht **96** drückt. Nach dem Erreichen der Stopposition gemäß Fig. 9 bewegt sich der Kopf **10** auf der gleichen Höhe weiter in Richtung auf den nächsten Bondkontakt. Die koordinierte Abwärtsbewegung gemäß Fig. 10 und die Fortsetzung der Bewegung in Richtung auf den nächsten Bondkontakt beginnt nach Durchlaufen von etwa 40 % der Strecke zwischen den Bondkontakten, ausgehend von dem ersten Bondkontakt. Dies ist eine typische Bewegung, die jedoch durch Änderung des Rechnerprogramms geändert werden kann. Anschließend wird der Draht **96** in der in Fig. 10 gezeigten Position festgehalten und durch Aktivierung des Wandlers **70** durch Ultraschallbonden mit den Substrat verbunden.

[0082] Nachdem die letzte Bondverbindung hergestellt ist, wird das Rohr **14** gemäß Fig. 11 in Z-Richtung noch weiter nach unten bewegt. Dies hat zur Folge, daß sich die Schneidvorrichtung **132** gegen den Draht **96** bewegt. Gleichzeitig werden das Bonderwerkzeug **90** und der Kanal **98** durch die Vorspannung der Feder **80** und die magnetisch mit Hilfe der Spulen **144** und **146** erzeugte Kraft unter Vorspannung weiterhin gegen den Draht **96** gehalten. Das Werkzeug **90** und der Kanal **98** mit der Stange **118** werden also mit anderen Worten bezüglich der Schneidvorrichtung **132** nach oben bewegt, wenn diese in den Draht einschneidet.

[0083] Die Schneidvorrichtung **132** wird also nach unten bewegt und durchschneidet den Draht teilweise, wie dies in Fig. 11 sichtbar ist. Der teilweise durchschnittene Draht kann dann anschließend vollständig abgetrennt werden.

[0084] Im einzelnen ist die Schneidvorrichtung **132** zwischen dem Bonderwerkzeug **90** und dem Kanal **98** angeordnet. Wenn die nach unten – in Z-Richtung – gerichtete Bewegung durch Antreiben des Rohres **14** fortgesetzt wird, dann hat die Schneidvorrichtung **132** die Tendenz, den Kanal **98** nach hinten zu verschieben, wie dies aus Fig. 10 und Fig. 11 deutlich wird. Diese Bewegung ist aufgrund der flexiblen Befestigung von Werkzeug **90** und Kanal **90** möglich. Andererseits können Werkzeug **90** und Kanal **98** bei (relativ zu ihnen) zurückgezogener Schneidvorrichtung für die verschiedenen Bondvorgänge sehr eng beieinander angeordnet sein.

[0085] Die Abwärtsbewegung von Werkzeug **90** und Kanal **98** wird durch einen Vorsprung des Ankers **142** begrenzt. Ohne diese Maßnahme würde die Federkraft das Werkzeug völlig nach unten drücken. Der Anschlag dient gleichzeitig in der nachstehend beschriebenen Weise als Endschalter-Einrichtung, welche vom Rechner überwacht wird, um festzustellen, wann das Werkzeug **90** die Oberfläche des Werkstücks gerade erreicht bzw. verläßt. Die Schalteinrichtung ist normalerweise geschlossen, wenn das Werkzeug angehoben ist, d.h, an dem Anschlag statt am Werkstück anliegt. Die Anschlaginformation besteht einfach im Öffnen der Schalteinrichtung (Abwärtsbewegung in Z-Richtung) oder im Schließen derselben (Aufwärtsbewegung), wenn ein bestimmter Punkt auf der Z-Achse erreicht wird. Der Rechner speichert die Z-Achsen-Adresse, um die folgenden Funktionen durchzuführen: Unabhängig von der tatsächlichen Höhe des Substrats wird jeweils derselbe Überlauf erzeugt. Während der Schnittbewegung wird eine relative Zahl von Schritten über den Punkt hinaus gezählt, an dem das Schließen der Schalteinrichtung erwartet wird (im Endeffekt eine Sicherheitsgrenze). Nach dem Schnitt wird die Anzahl von Schritten nach oben von dem Punkt aus gezählt, an dem das Werkzeug die Oberfläche des Bondkontaktes verläßt, um die exakte Drahtmenge für den nächsten Bondkontakt abzuziehen.

[0086] Fig. 12 zeigt, daß sich das Bonderwerkzeug **9** und die Halterung bzw. Stange **118** mit dem Kanal **98** nach oben bewegen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Bondverbindung mit dem Draht **96** fertiggestellt und die Aufwärtsbewegung hat zur Folge, daß sich das Werkzeug **90** und der Kanal **98** gegenüber der Schneidvorrichtung **132**, die mechanisch fest mit der Haupt-Halterungsvorrichtung **12** verbunden ist, wieder nach unten bewegen. Dabei ist die Haupt-Halte-

rungsvorrichtung **12** natürlich mit dem mechanischen Bezugspunkt verbunden, der durch das Rohr **14** definiert ist. Zusätzlich kann der Darstellung gemäß Fig. 12 entnommen werden, daß eine Drahtlänge **122** abgezogen wurde. Diese Drahtlänge wird in das Bonderwerkzeug **90** transportiert und bildet einen weiteren Bondkontakt, welcher als erster Bondkontakt an einer anderen Stelle herzustellen ist.

[0087] Aus der Darstellung gemäß Fig. 13 wird deutlich, daß das Werkzeug **90** und die Stange **118** nach oben und dann gleichzeitig nach hinten und unten bewegt wurden, um sich von dem Bondkontakt und dem von der Schneidvorrichtung **132** erzeugten Einschnitt wegzubewegen. Das Bonderwerkzeug **90** sichert den Draht **96** dann in seiner Nut durch eine Haltewirkung aufgrund der Tatsache, daß das Bonderwerkzeug bzw. dessen Schlitz **92** eine Fläche **93** besitzt, an die sich der Draht **96** anlegt. Da der Draht **96** verformbar ist und unter der Nut **92** verdreht wurde, und zwar aufgrund der in Fig. 12 und Fig. 13 gezeigten Bewegung, wird er gegen die Oberfläche **93** festgehalten.

[0088] Das Festhalten des Drahtes in der Nut **92** wird durch die Haltewirkung gemäß Fig. 14 weiter verstärkt, wenn das Bonderwerkzeug **90** mit dem teilweise in der Nut **92** befindlichen verdrehten Draht **96** sich von dem Einschnitt in dem Draht wegbewegt und diesen durchtrennt. Diese Bewegung ist von dem Einschnitt weg und leicht nach oben gerichtet, um eine Verlagerung des Bonderkopfes **10** und der gesamten Anordnung zu ermöglichen, während gleichzeitig der Draht **96** sicher in der Nut **92** des Werkzeugs festgehalten wird, um die nächste Bondverbindung herstellen zu können.

[0089] Wenn der Draht **96** bezüglich der Nut **92** des Werkzeugs seitlich oder in irgend eine bestimmte Richtung verlagert wird, befindet er sich nicht in der richtigen Position für die Herstellung der nächsten Bondverbindung. In diesem Fall treffen die Kanten des Bonderwerkzeugs, welche an die Nut **92** angrenzen, auf den Draht **96** und deformieren diesen, so daß keine einwandfreie Bondverbindung hergestellt wird. Der Draht füllt die Nut **92** nicht auf ihrer vollen Tiefe, da die Nut im wesentlichen V-förmig ist, um die Halterung des verdrehten Drahtes **96** in der Nut zu verbessern.

[0090] Vorstehend wird die Arbeitsweise des Bonders im wesentlichen für den Fall beschrieben, daß das Bonden an einem relativ steifen Substrat erfolgt. Zur Verbesserung des Arbeitens des Bonderwerkzeugs **90** des Bonderkopfes **10** ist eine Einrichtung zur Begrenzung der Relativbewegung vorgesehen, um zu verhindern, daß die Schneidvorrichtung **132** bezüglich des Bonderwerkzeugs **90** über einen gewissen Punkt hinausgeht. Dies wird durch einen Endschalter erreicht, der einstellbar ist, um die relativen Positionen von Bonderwerkzeug und Schneidvorrichtung **132** einzustellen. Bei der Abwärtsbewegung des Rohres **14** in Z-Richtung, bei der die Schneidvorrichtung **132** in den Draht getrieben wird, passiert sie einen gegebenen Punkt des Bonderwerkzeugs **90** nicht, welches von den Vorspanneinrichtungen vorgespannt ist.

[0091] Um dies zu erreichen, sind das Bonderwerkzeug **90** und der Kanal **98** mit seiner Halterungsstange **118** mit der vierarmigen Halterung mit den Platten **28** und **30** verbunden. Deren Aufwärtsbewegung bei Auslenkung nach oben geht nicht über den Endschalter hinaus. Beim Ausführungsbeispiel ist mit dem Werkzeug **90** und der Stange **118** ein Kontakt **230** verbunden, der eine begrenzte Relativbewegung gegenüber einem zweiten Kontakt **232** ausführen kann, der fest mit dem mechanischen Fixpunkt G verbunden ist. Der Kontakt **232** ist auf einem elektrischen Isolator **234** montiert. Es ist eine elektrisch isolierende Scheibe **236** mit einer Mutter **238** zum Sichern des Kontaktes **232** vorgesehen. Eine Leitung **240**, die mit dem Kontakt **230** und einer Spannungsquelle verbunden ist, meldet die Berührung zwischen den Kontakten **230** und **232**.

[0092] Fig. 17 bis Fig. 21 zeigen, wie der vorstehend beschriebene Endschalter **230**, **232** und das Bonderwerkzeug **90** zusammenwirken. Diese Figuren zeigen die der in Fig. 6 gezeigten Seite der Vorrichtung gegenüberliegende Seite. In Fig. 16 erkennt man, daß ein Arbeitszyklus, wie er beispielhaft anhand von Fig. 17 bis Fig. 21 dargestellt wird, damit beginnt, daß das Bonderwerkzeug **90** gegen den Draht **96** gedrückt wird. Dieser Draht **96** wurde von einer Drahtspule abgezogen. In Fig. 17 liegt das Bonderwerkzeug **90** an dem Draht an und der Bondvorgang hat begonnen. Fig. 17 zeigt ein Substrat **300**, bei dem es sich um die Oberfläche eines Paketanschlusses handeln kann, welcher von unten nicht ausreichend abgestützt ist, um das Bonden eines Drahtes zu ermöglichen. Wenn das Bonderwerkzeug **90** gegen das Substrat **300** gedrückt wird, hat dieses die Tendenz, sich nach unten zu verbiegen. Das elastische Substrat biegt sich unter der resultierenden Kraft der Federvorspannung der Feder **90** und der Magnetspulen- Vorspanneinrichtungen.

[0093] Nach dem Herstellen einer Bondverbindung veranlaßt eine Abwärtsbewegung des Rohres **14** in Z-Richtung eine Abwärtsbewegung der Schneidvorrichtung **132** und der Haupt-Halterungsvorrichtung, wie dies aus Fig. 18 deutlich wird.

[0094] Hierbei wird auch wieder der Kanal **98**, ähnlich wie in Fig. 11, verlagert. Bei der Abwärtsbewegung durchtrennt die Schneidvorrichtung den Draht **96** teilweise. Dieser Teilschnitt kann aufgrund der Tatsache gesehen werden, daß er teilweise durch den Draht geschnitten ist und daß ein weiter erhöhter

Druck gegen das Substrat **300** ausgeübt worden ist, so daß dieses sich noch weiter nach unten gebogen hat.

[0095] Nachdem der Draht teilweise durchtrennt ist, beginnt sich das Substrat **300**, wie in Fig. 19 gezeigt, insofern wieder nach oben zurückzubiegen, als die Schneidvorrichtung **132** an diesem Punkt die Mitte des Drahtes passiert hat. Der Draht bietet nämlich nunmehr eine zunehmend geringere Schnittlänge, so daß für die Schneidvorrichtung **132** weniger Kraft erforderlich ist. Aufgrund der verringerten Kraft ergibt sich eine Situation, in der das Substrat **300** in der Weise reagiert, daß es sich nach oben bewegt, derart, daß der relative Abstand zwischen dem Bonderwerkzeug **90** und der Schneidvorrichtung **132** verändert wird. Um ein weiteres Einschneiden zu verhindern, schafft das Bonderwerkzeug **90**, welches mit dem Grenzschalterkontakt **230** verbunden ist, eine Situation, in der sich ein elektrischer Kontakt ergibt und jede weitere Abwärtsbewegung des Rohres **14** beendet wird.

[0096] In Fig. 20 ist die Situation für den Fall gezeigt, daß das Substrat **300** sich aufgrund seiner Elastizität nach oben bewegt hat und dadurch das Bonderwerkzeug **90** und den Kanal **98** bis auf eine Höhe angehoben hat, in der die Kontakte **232** und **230** einander berühren. An diesem Punkt bewirkt das Schließen der Kontaktanordnung einen sofortigen Stop der Bewegung des Rohres **14** in Z-Richtung. Da die Bewegung des Rohres **14** direkt mit derjenigen der Schneidvorrichtung **132** gekoppelt ist, wird folglich auch die Schneidvorrichtung daran gehindert, tiefer in den Draht einzudringen. Der Abstand zwischen dem Ende des Bonderwerkzeugs **90** und der Schneidvorrichtung dient bei der Bewegung der Schneidvorrichtung also selbst bei einem elastischen Substrat, wie z.B. dem Substrat **300**, als begrenzender Faktor für die Tiefe des Einschnitts. Nach der Herstellung eines elektrischen Kontaktes zwischen den Kontakten **230** und **232** zieht der mit dem Rohr **14** verbundene Z-Achsen-Motor die gesamte Anordnung nach oben, um das Werkzeug **90**, den Kanal **98** und die Schneidvorrichtung **132** von der Substratoberfläche wegzubewegen und die Herstellung der nächsten Bondverbindung vorzubereiten.

[0097] In Anbetracht der Tatsache, daß mit Hilfe der Schneidvorrichtung ein Einschnitt in dem Draht erzeugt wurde und daß der Draht nunmehr abgetrennt werden kann, wie dies anhand von Fig. 7 bis Fig. 14 erläutert wurde, erkennt man, daß die Steuerung der Relativbewegung eine Funktion der Elastizität des Substrats und des zwischen den Kontakten **230** und **232** eingestellten Abstands ist. Die Schneidvorrichtung sollte sich also nicht unkontrolliert über das Bonderwerkzeug hinausbewegen, sondern sich nur um eine relativ kurze Distanz bezüglich des Endes des Bonderwerkzeuges bewegen, um auf diese Weise eine komplette Durchtrennung des Drahtes zu vermeiden.

[0098] Die Einstellung bezüglich des relativen Abstands zwischen dem Punkt, an dem die Kontakte **230** und **232** einander berühren, wird durch den Abstand vorgegeben, in dem der Kontakt **230** zu Anfang zu dem Kontakt **232** angeordnet wird. Dieser relative Abstand steuert natürlich die Strecke, um die die Schneidvorrichtung **132** über das Ende des Bonderwerkzeugs **90** hinausläuft. Dieser Abstand kann durch Drehen einer Rändelscheibe **281** eingestellt werden. Die Rändelscheibe **281**, die auf eine Schraube **283** aufgeschraubt ist, ermöglicht ein Anheben und Absenken des Kontaktes **230** zur Einstellung der maximalen Relativbewegung zwischen dem Bonderwerkzeug **90** und der Schneidvorrichtung **132**.

[0099] Das Schließen des Spalts zwischen den Kontakten **230** und **232** durch Drehen der Rändelscheibe **281** bewirkt, daß die Schneidvorrichtung weniger tief in den Draht eindringt, da der elektrische Kontakt bezüglich der Position des Bonderwerkzeugs bei einer geringeren Eindringtiefe der Klinge der Schneidvorrichtung **132** hergestellt wird. Folglich wird eine exakte Kontrolle der Schneidvorrichtung **132** aufrechterhalten, wenn diese sich in den Draht bewegt. Selbst wenn bezüglich des flexiblen Substrats **300** eine gewisse Elastizität und eine entsprechende Nachgiebigkeit vorhanden ist, schneidet die Schneidvorrichtung **132** niemals tiefer in den Draht als dies der eingestellten relativen Endlage der Schneidvorrichtung und des Bonderwerkzeugs entspricht. Dies erlaubt ein späteres vollständiges Durchtrennen, und der Bonderkopf **10** kann in der Weise arbeiten, die anhand von Fig. 9 bis Fig. 14 und Fig. 17 bis Fig. 21 erläutert ist. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß der Draht von dem Haltemechanismus der Nut bzw. Kerbe **92** aufgenommen und in seiner verdrehten bzw. verformten Gestalt an der Halteoberfläche **93** festgehalten wird, wobei der Draht insbesondere ein Aluminiumdraht sein kann.

[0100] Aus der vorstehenden Beschreibung wird deutlich, daß gemäß der Erfindung ein erheblicher Fortschritt gegenüber dem Stand der Technik erreicht wird, wobei der Grundgedanke der Erfindung nicht auf das Ausführungsbeispiel beschränkt ist sondern den Ansprüchen entnommen werden sollte. Insbesondere wird erfindungsgemäß erreicht, daß ein kompakter Bonderkopf erhalten wird, mit dem das Bonden des Drahtes ermöglicht wird, mit dem ein Bogen bzw. eine Schlaufe für den nächsten Bondvorgang geschaffen werden kann, mit dem der Draht nach seiner Durchtrennung sicher festgehalten wird und mit dem das Bonden an einer elastisch nachgiebigen Oberfläche bzw. einem deformierbaren Substrat ermöglicht wird.

Patentansprüche

1. Ultraschallbonder mit einem Ultraschall-Bonderwerkzeug, welches durch einen daran befestigten Wandler zu Ultraschallschwingungen anregbar ist, wobei der Ultraschallbonder folgende Merkmale aufweist:
Es ist eine Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) vorgesehen, welche zumindest teilweise längs einer Z-Achse bewegbar ist;
das Bonderwerkzeug (**90**) ist bezüglich der Z-Achse mittels einer flexiblen Verbindung beweglich gehaltert;
es sind Liefereinrichtungen (**98**) vorgesehen, die bezüglich der Z-Achse mittels einer flexiblen Verbindung beweglich gehaltert sind und mit deren Hilfe dem Ende des Bonderwerkzeugs (**90**) ein Draht (**96**) zuführbar ist;
es ist eine Schneidvorrichtung (**132**) vorgesehen, die mit der Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) derart verbunden ist, daß sie deren Bewegungen in Richtung der Z-Achse direkt folgt, und mit deren Hilfe in einen durch eine Bondverbindung festgelegten Draht ein Schnitt zum Abtrennen des Drahtes (**96**) herstellbar ist,
wobei die Schneidvorrichtung (**132**) mittels der Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) zum zumindest teilweisen Schneiden des Drahtes (**96**) bewegbar ist.

2. Ultraschallbonder nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug (**90**) und die Liefereinrichtungen (**98**) derart miteinander verbunden sind, daß sie bezüglich der Z-Achse gemeinsam bewegbar sind.

3. Ultraschallbonder nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug (**90**) und die Liefereinrichtungen (**98**) mit flexiblen Halterungseinrichtungen (**28** bis **52**) verbunden sind, welche eine parallele Relativbewegung des Bonderwerkzeugs (**90**) und der Liefereinrichtungen (**98**) ermöglichen.

4. Ultraschallbonder nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die flexiblen Halterungseinrichtungen eine vierarmige Halterung umfassen, die an den Enden ihrer vier Arme gehaltert ist und daß die vier Arme durch Vorspanneinrichtungen mit einer mechanischen Vorspannung beaufschlagbar sind.

5. Ultraschallbonder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspanneinrichtungen eine Feder (**80**) umfassen.

6. Ultraschallbonder nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorspanneinrichtungen elektromagnetisch arbeitende Vorspannungserzeugungs-Einrichtungen mit einem Anker (**142**) umfassen, der mit dem Bonderwerkzeug (**90**) verbunden ist.

7. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen (**98**) mindestens zwei bezüglich der Achse des Laufwegs für den Draht (**96**) versetzte Flächen (**110**, **114**) aufweisen, um eine durch Aufspulen des Drahtes (**96**) entstandene Krümmung desselben beim Abziehen des Drahtes (**96**) geradezurichten.

8. Ultraschallbonder nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen (**98**) ein Kanalstück (**115**) umfassen, zu dem mindestens eine der seitlich versetzten Flächen (**110**, **114**) zum Richten des Drahtes (**96**) fluchtend ausgerichtet ist.

9. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen einen Kanal (**98**) mit einem serpentinenförmigen Laufweg und einer dem Ende des Bonderwerkzeugs (**90**) benachbarten Öffnung (**116**) aufweisen.

10. Ultraschallbonder nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Öffnung (**116**) mit einer Oberfläche versehen ist, durch die beim Abziehen des Drahtes (**96**) aus der Öffnung (**116**) in dem Draht (**96**) ein Bogen erzeugbar ist und daß die Liefereinrichtungen von einem Punkt, an dem eine Bondverbindung hergestellt wurde, nach oben wegbewegbar sind.

11. Ultraschallbonder nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Kanalstück (**115**) mit seiner Öffnung (**116**) bezüglich der Achse des Bonderwerkzeugs (**90**) unter einem Winkel von maximal 5° verläuft.

12. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidvorrichtung (**132**) derart unabhängig von dem Bonderwerkzeug (**90**) und den Liefereinrichtungen (**98**) bewegbar ist, daß beim gemeinsamen Anliegen der Liefereinrichtungen (**98**) und des Bonderwerkzeugs (**90**) an der Oberfläche eines gebondeten Drahtes die Schneidvorrichtung (**132**) in einen unter dem Bonderwerkzeug (**90**) befindlichen Draht einschneiden kann.

13. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen (**142** bis **162**, **80**) vorgesehen sind, mit deren Hilfe eine variable, mechanische Vorspannung für das Bonderwerkzeug (**90**) erzeugbar ist.

14. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen (**98**) so ausgebildet sind, daß mit deren Hilfe ein Draht zum Ende des Bonderwerkzeuges (**90**) längs eines gewundenen Laufwegs derart auslieferbar ist, daß eine durch Aufspulen des

Drahtes (**96**) entstandene Krümmung desselben geradegerichtet wird.

15. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidvorrichtung (**132**) unabhängig von dem Bonderwerkzeug (**90**) bewegbar ist.

16. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen vorgesehen sind, mit deren Hilfe eine Bremswirkung auf den Draht (**96**) ausübbar ist.

17. Ultraschallbonder nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen (**98**) derart ausgebildet sind, daß mit ihrer Hilfe eine Bremswirkung auf den auszuliefernden Draht (**96**) ausübbar ist.

18. Ultraschallbonder nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Erzeugen einer variablen, mechanischen Vorspannung Elektromagneten (**144**, **160**; **146**, **162**) zum Erzeugen eines Magnetfeldes umfassen und daß in dem Magnetfeld Einrichtungen (**142**, **152**, **156**, **158**) angeordnet sind, die mit dem Bonderwerkzeug (**90**) verbunden sind und die durch die Elektromagneten mit einer nach oben oder unten gerichteten Kraft beaufschlagbar sind.

19. Ultraschallbonder nach einem der Ansprüche 13 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidvorrichtung (**132**) unabhängig von dem Bonderwerkzeug (**90**) und den Liefereinrichtungen (**98**) gehaltert ist und relativ zu diesen Elementen zum Einschneiden in den Draht (**96**) beweglich ist, während das Bonderwerkzeug (**90**) durch die Einrichtungen zum Erzeugen einer variablen mechanischen Vorspannung mit einer Vorspannung belastet ist.

20. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Halterungseinrichtungen für die Schneidvorrichtung (**132**) vorgesehen sind, wobei die Halterungseinrichtungen derart ausgebildet sind, daß die Schneidvorrichtung (**132**) unabhängig von dem Bonderwerkzeug (**90**) und den Liefereinrichtungen (**98**) beweglich ist.

21. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen (**14**) vorgesehen sind, mit deren Hilfe eine relative Abwärtsbewegung der Schneidvorrichtung (**132**) bezüglich des Bonderwerkzeugs (**90**) und der Liefereinrichtungen (**98**) bis zu einem vorgegebenen Einschneidpunkt herbeiführbar ist.

22. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen zum Beenden der Schneidbewegung der Schneidvorrichtung (**132**) vorgesehen sind.

23. Ultraschallbonder nach Anspruch 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Beenden der Bewegung der Schneidvorrichtung (**132**) einen Endschalter (**230**, **232**) umfassen, mit dessen Hilfe nach einer Relativbewegung der Schneidvorrichtung (**132**) gegenüber dem Bonderwerkzeug (**90**) um eine vorgegebene Strecke ein elektrischer Kontakt herstellbar ist.

24. Ultraschallbonder nach einem der Ansprüche 20 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Halterungseinrichtungen für die Schneidvorrichtung (**132**) die Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) umfassen, mit der das Bonderwerkzeug (**90**) und die Liefereinrichtung (**98**) derart verbunden sind, daß sie in Z-Richtung eine Relativbewegung bezüglich der Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) ausführen können.

25. Ultraschallbonder nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug in Z-Richtung der Haupt-Halterungsvorrichtung (**12**) mittels elektromagnetischer Vorspannungserzeugungs-Einrichtungen mit einer mechanischen Vorspannung beaufschlagbar ist.

26. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidvorrichtung (**132**) als Schneidklinge ausgebildet und zwischen dem Bonderwerkzeug (**90**) und den Liefereinrichtungen (**98**) derart angeordnet ist, daß die Schneidvorrichtung (**132**) die Liefereinrichtungen (**98**) von dem Bonderwerkzeug (**90**) wegbewegt, wenn sie zum Schneiden des Drahtes (**96**) eine nach unten gerichtete Relativbewegung bezüglich des Bonderwerkzeugs (**90**) ausführt.

27. Ultraschallbonder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug (**90**) derart ausgebildet ist, daß der Draht (**96**) durch das Bonderwerkzeug (**90**) festlegbar ist und von diesem nach dem Abtrennen an einer Bondverbindung gehalten wird.

28. Ultraschallbonder nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug (**90**) mit einer Nut (**92**) versehen ist, deren Seitenwände derart schräg nach innen geneigt sind, daß der Abstand zwischen ihnen geringer wird als der Durchmesser des Drahtes (**96**), so daß dieser in der Nut (**92**) mit einer Klemmwirkung festlegbar ist.

29. Verfahren zum Ultraschallbonden eines Drahtes an ein Substrat mit dem Ultraschallbonder nach Anspruch 1, wobei
eine Haupt-Halterungsvorrichtung, welche zumindest teilweise längs einer Z-Achse bewegbar ist, und wobei ein Bonderwerkzeug bezüglich der Z-Achse beweglich gehaltert ist;
Liefereinrichtungen, mit deren Hilfe dem Ende des Bonderwerkzeugs der Draht zuführbar ist und

eine Schneidvorrichtung, wobei das Bonderwerkzeug und die Liefereinrichtungen unabhängig von der Schneidvorrichtung gehaltert sind,
vorgesehen sind und bei dem das Bonderwerkzeug in eine vorgespannte Stellung gegen den Draht bewegt wird, der Draht mittels Ultraschallbonden durch das Bonderwerkzeug mit dem Substrat verbunden wird, die Schneidvorrichtung zum zumindest teilweisen Schneiden des Drahts mittels der Haupt-Halterungsvorrichtung bewegt wird, wobei die Schneidvorrichtung längs der Z-Achse relativ zu dem Bonderwerkzeug und den Liefereinrichtungen bewegt wird, die Bewegung der Schneidvorrichtung bezüglich des Bonderwerkzeugs durch Anschlageinrichtungen begrenzt wird, nach dem Schneiden des Drahtes die Schneidvorrichtung, das Bonderwerkzeug und die Liefereinrichtungen zurückgezogen werden und dann der Draht dadurch durchtrennt wird, daß das Bonderwerkzeug von der Einschnittstelle in dem Draht wegbewegt wird.

30. Verfahren nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht nach dem Einschneiden der Schneidvorrichtung in denselben in dem Ende des Bonderwerkzeugs gesichert und dann an der Einschnittstelle durchtrennt wird.

31. Verfahren nach Anspruch 29 oder 30, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidvorrichtung zwischen dem Bonderwerkzeug und den Liefereinrichtungen angeordnet wird und daß die Liefereinrichtungen während des Schneidens des Drahtes von dem Bonderwerkzeug wegbewegt werden.

32. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 31, dadurch gekennzeichnet, daß ein Endschalter vorgesehen wird, um die Relativbewegung der Schneidvorrichtung gegenüber dem Bonderwerkzeug zu prüfen, wenn die Schneidvorrichtung bezüglich des Bonderwerkzeugs einen gewissen Punkt passiert.

33. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß man eine Abwärtsbewegung des Bonderwerkzeugs gegen ein flexibles Substrat in der Weise gestattet, daß sich die Schneidvorrichtung gegenüber dem Bonderwerkzeug bewegt, um in den Draht bezüglich des Bonderwerkzeugs mit einer begrenzten Tiefe einzuschneiden.

34. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht längs seines Laufweges vor der Zuführung zum Ende des Bonderwerkzeugs gerichtet wird, um zumindest teilweise eine durch das Aufwickeln des Drahtes auf eine Spule entstandene Krümmung desselben zu entfernen und daß der Draht dann durch Ultraschallbonden mit dem Substrat verbunden wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Richten des Drahtes den Schritt umfaßt, daß der Draht über zwei Oberflächen bewegt wird, die bezüglich des Laufwegs, auf dem der Draht gerichtet wird, seitlich versetzt wird.

36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß eine der Oberflächen zwischen einer ersten Oberfläche und dem Ende des Laufwegs liegt.

37. Verfahren nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht nach der Herstellung einer Bondverbindung über die dem Ende des Laufwergs näherliegende Oberfläche unter einem Winkel bezüglich der Achse des Bonderwerkzeugs ausgeliefert wird, um in dem Draht einen Bogen zu erzeugen.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, daß der Bogen zwischen der fertiggestellten Bondverbindung und einer zweiten noch herzustellenden Bondverbindung durch eine nach oben und zur Seite gerichtete Verlagerung über dem Substrat ausgebildet wird.

39. Verfahren nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die mit der ersten Bondverbindung verbundene zweite Bondverbindung am Ende des in dem Draht erzeugten Bogens hergestellt wird und daß der Draht nach der Fertigstellung der zweiten Bondverbindung mit Hilfe einer Schneidvorrichtung geschnitten wird, wobei sich die Schneidvorrichtung unabhängig von dem Bonderwerkzeug und den den Draht liefernden Liefereinrichtungen bewegt.

40. Verfahren nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß das Schneiden des Drahtes in der Weise herbeigeführt wird, daß die Schneidvorrichtung unabhängig von dem Bonderwerkzeug bewegt wird und direkt an den Positioniereinrichtungen befestigt wird, die zum räumlichen Positionieren des Bonders mit einem vorgegebenen Drehwinkel dienen.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 40, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug mit einer elektromagnetisch erzeugten Kraft beaufschlagt wird.

42. Verfahren nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß der Draht nach der Fertigstellung der zweiten Bondverbindung zumindest teilweise durchschnitten wird, während die von dem Bonderwerkzeug auf den Draht ausgeübte Kraft mittels elektromagnetischer Einrichtungen verringert wird, während die Schneidvorrichtung eine Relativbewegung gegen den Draht ausführt.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß die den Draht lie-

fernden Liefereinrichtungen nach dem Herstellen der ersten Bondverbindung zusammen mit dem Bonderwerkzeug, ausgehend von der ersten Bondverbindung, nach oben bewegt werden, während in dem Draht gleichzeitig eine bogenförmige Krümmung erzeugt wird, während er aus den Liefereinrichtungen abgezogen wird.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 43, dadurch gekennzeichnet, daß durch die den Draht liefernden Liefereinrichtungen während der Auslieferung des Drahtes eine Bremskraft ausgeübt wird, die ausreichend ist, um ein direktes Austreten des Drahtes aus den Liefereinrichtungen aufgrund der Schwerkraft zu verhindern.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 44, dadurch gekennzeichnet, daß die den Draht liefernden Liefereinrichtungen die durch das Aufspulen des Drahtes entstandene Krümmung desselben mit Hilfe eines gewundenen Laufwegs in den Liefereinrichtungen geraderichten.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 39 bis 45, dadurch gekennzeichnet, daß das Schneiden des Drahtes an der zweiten Bondverbindung in der Weise erfolgt, daß auf die Schneidvorrichtung dadurch eine Kraft ausgeübt wird, daß man eine direkte Bewegung der Halterung der Schneidvorrichtung durch die Z-Achsen-Positioniereinrichtungen für das Bonderwerkzeug, die Liefereinrichtungen und die Schneidvorrichtung herbeiführt.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß man in dem Bonderwerkzeug mit Hilfe von Vorspannfedermitteln eine gegen den zu bondenden Draht gerichtete Vorspannung erzeugt und daß man mit Hilfe von mit dem Bonderwerkzeug verbundene elektromagnetischen, variablen Vorspanneinrichtungen an dem Bonderwerkzeug eine zusätzliche positive oder negative mechanische Vorspannung erzeugt.

48. Verfahren nach einem der Ansprüche 29 bis 47, dadurch gekennzeichnet, daß zum Schneiden des Drahtes die Schneidvorrichtung zwischen dem Bonderwerkzeug und den Liefereinrichtungen nach unten bewegt wird, während gleichzeitig die Liefereinrichtungen von dem Bonderwerkzeug wegbewegt werden, daß der Draht von der Schneidvorrichtung zumindest teilweise durchschnitten wird und daß der Draht an der Schnittstelle durchtrennt wird.

49. Verfahren nach Anspruch 48, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug und die Liefereinrichtungen um eine ausreichende Strecke nach oben bewegt werden, um aus den Liefereinrichtungen eine Drahtlänge abzuziehen, die der für die Herstellung einer weiteren Bondverbindung benötigten Drahtlänge entspricht, ehe der Draht durchtrennt wird.

50. Verfahren nach Anspruch 49, dadurch gekennzeichnet, daß das Bonderwerkzeug bezüglich des Drahtes, der aus den Liefereinrichtungen abgezogen wurde, bewegt wird, daß der Draht in eine Nut des Bonderwerkzeuges eingelegt wird und daß das Bonderwerkzeug mit dem darin eingelegten Draht von dem Teilstück, in dem der Einschnitt erzeugt wurde, derart wegbewegt wird, daß der Draht in dem Bonderwerkzeug festgehalten wird, wenn das Durchtrennen des Drahtes erfolgt, um für die Möglichkeit eines anschließenden Bondens des Drahtes durch das Bonderwerkzeug zu sorgen.

51. Verfahren nach einem der Ansprüche 48 bis 50, dadurch gekennzeichnet, daß die Liefereinrichtungen von dem Bonderwerkzeug durch die Bewegung der Schneidvorrichtung zwischen dem Bonderwerkzeug und den Liefereinrichtungen durch eine Schwenkbewegung wegbewegt werden.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

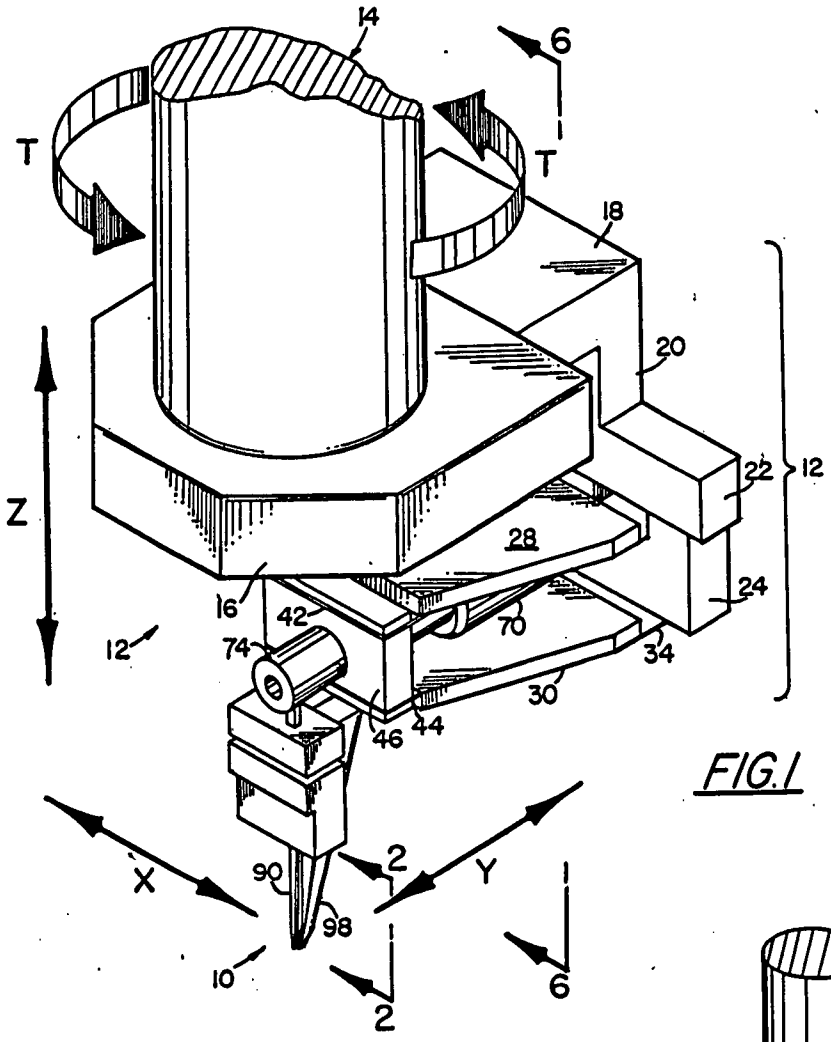


FIG. 1

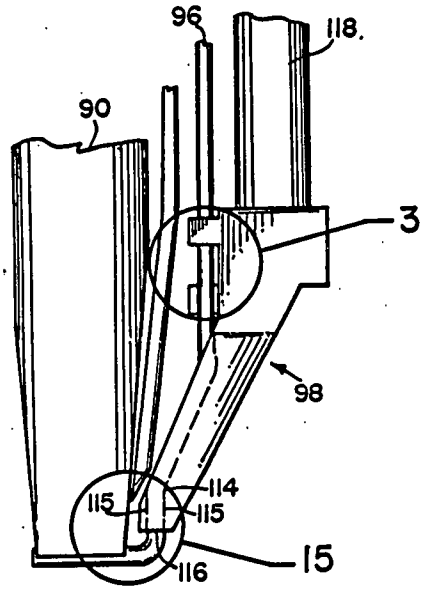


FIG. 2

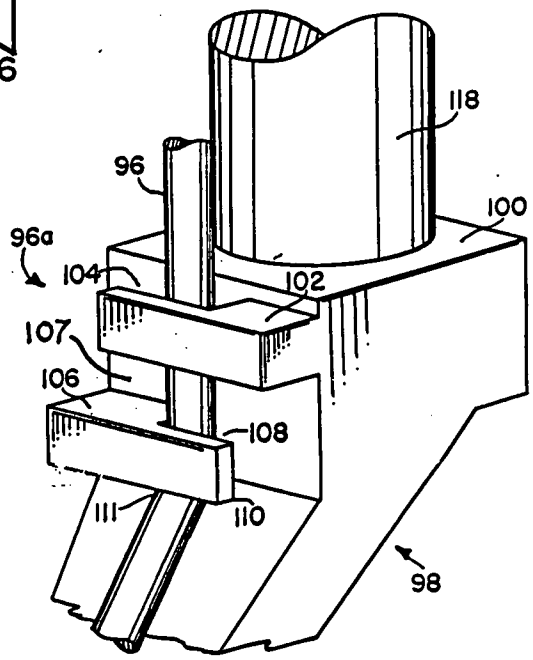


FIG. 3

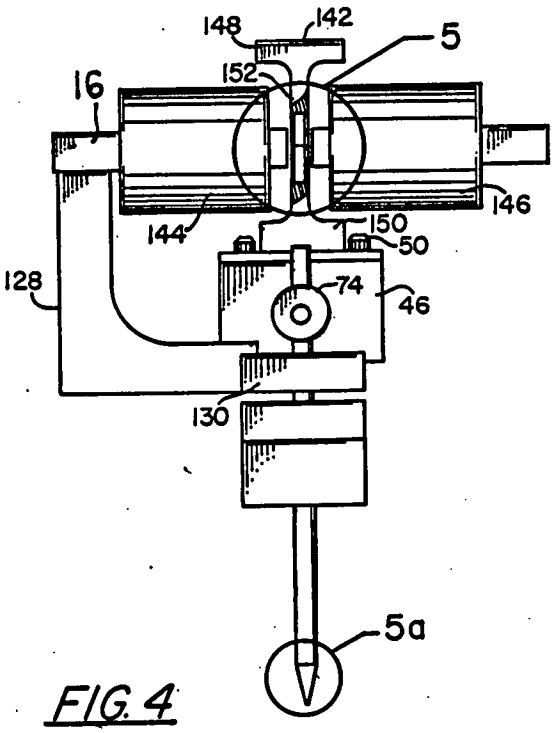


FIG.4

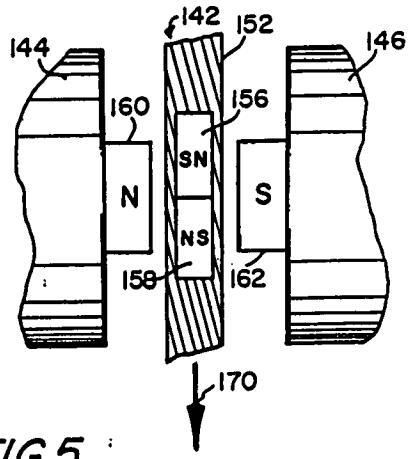


FIG.5

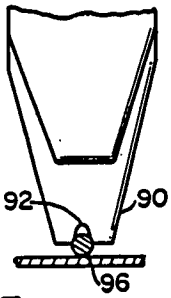


FIG.5a

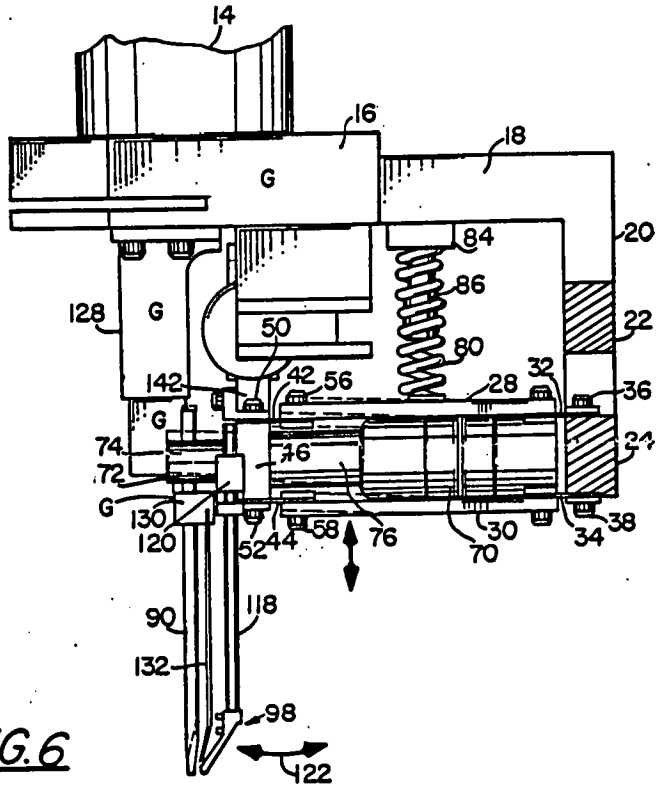


FIG.6

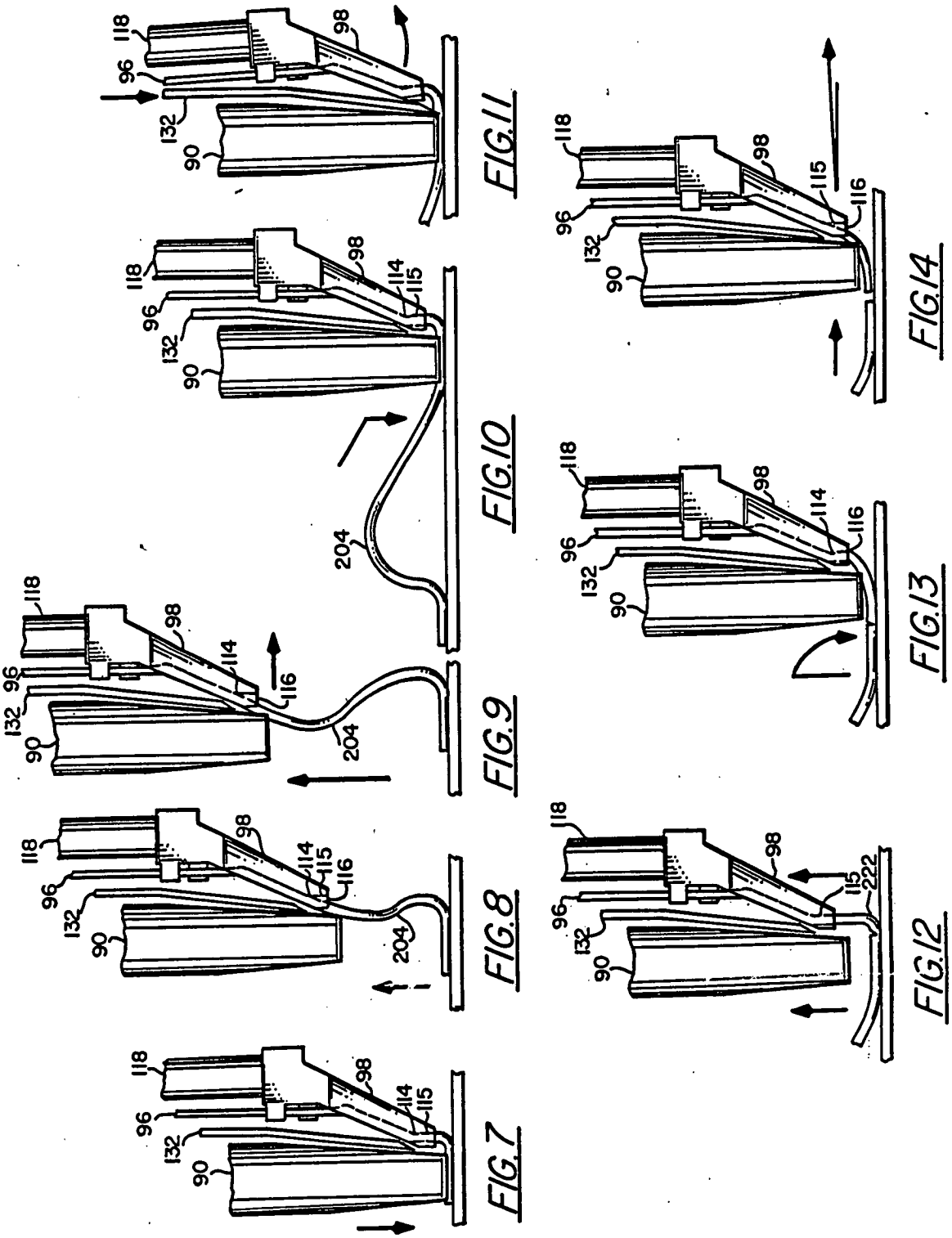


FIG.11 FIG.10 FIG.9 FIG.8 FIG.7

FIG.14 FIG.13 FIG.12

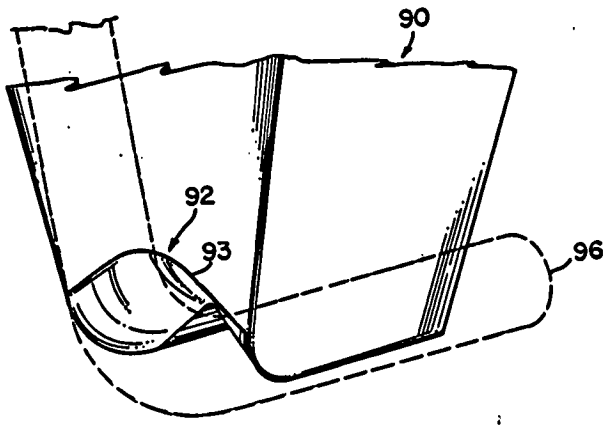

90
92
93
96

FIG. 15

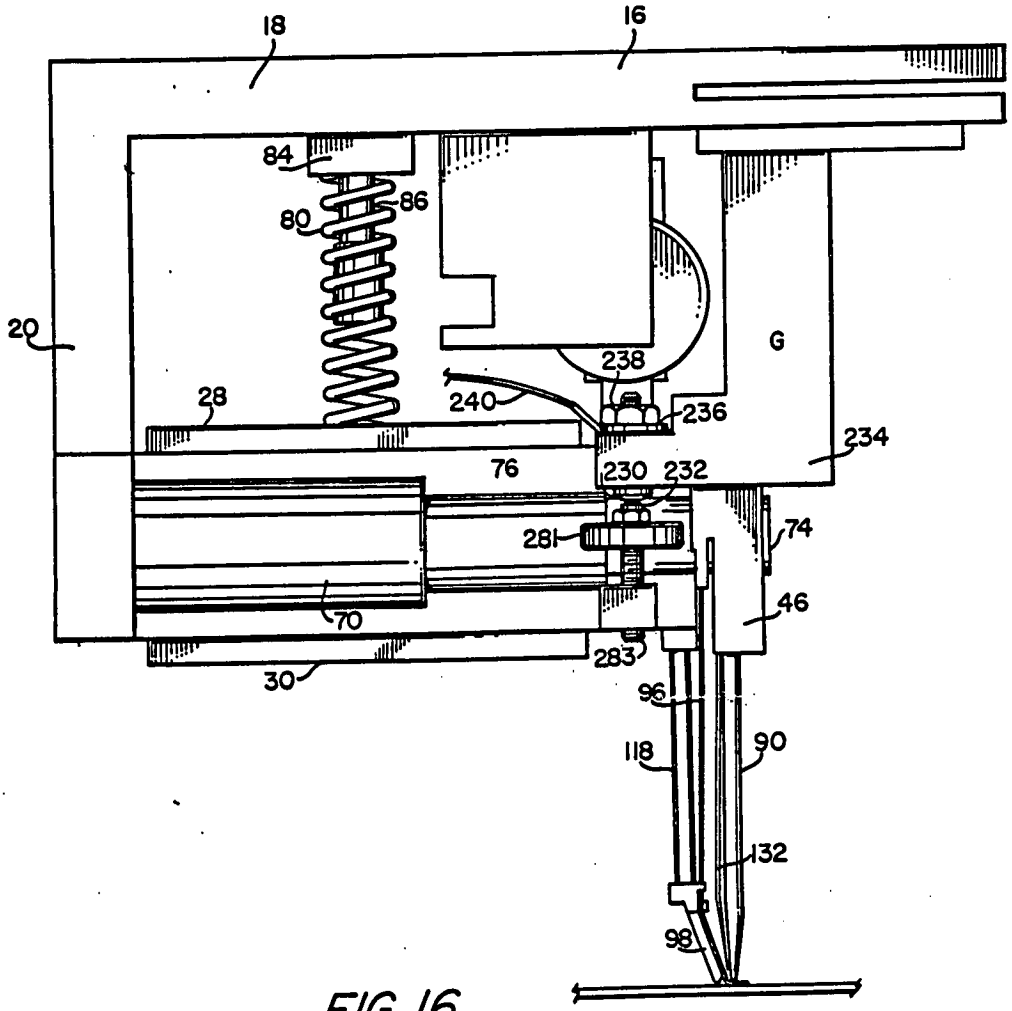

18
16
84
86
80
20
28
238
240
236
G
234
76
230
232
281
74
46
70
283
30
96
118
90
132
98

FIG. 16

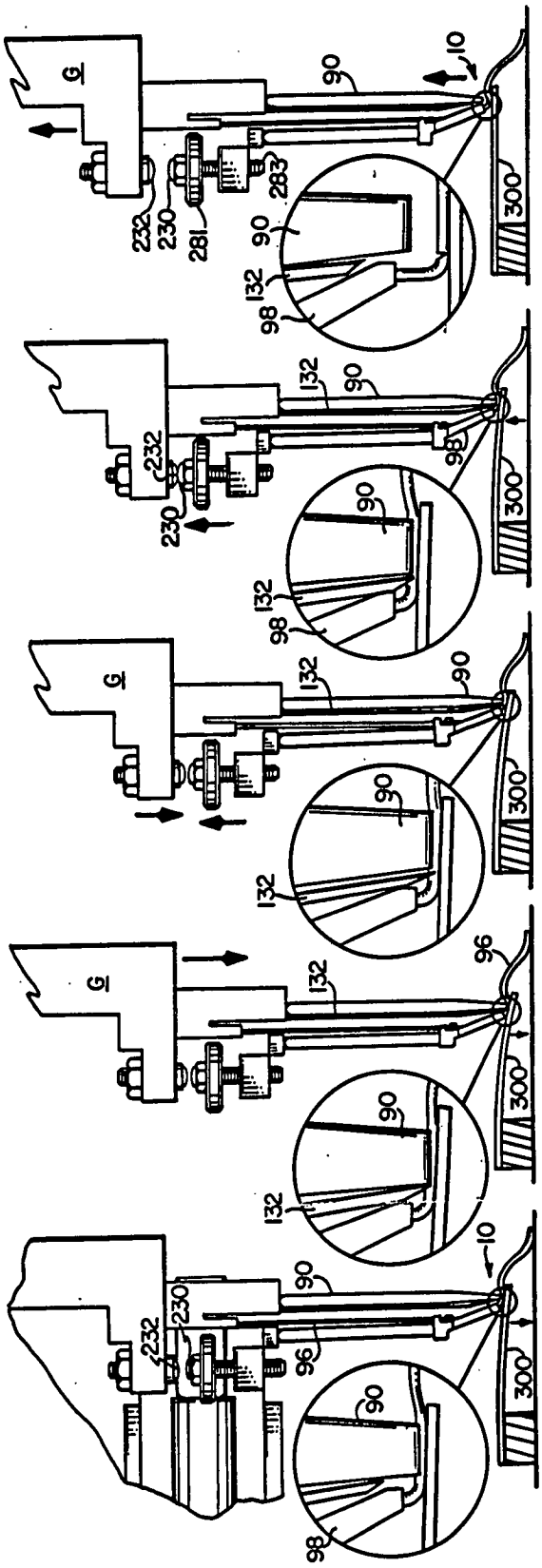


FIG.17

FIG.18

FIG.19

FIG.20

FIG.21