



(10) **AT 517258 A2 2016-12-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50443/2016  
(22) Anmeldetag: 13.05.2016  
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2016

(51) Int. Cl.: **H01L 21/02** (2006.01)

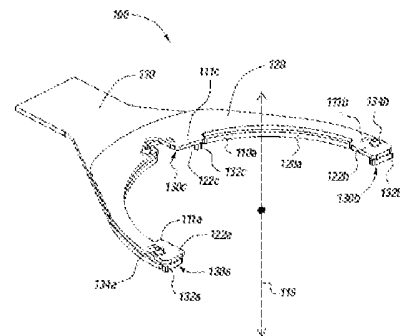
(30) Priorität:  
15.05.2015 US 62/161,988 beansprucht.

(71) Patentanmelder:  
SUSS MICROTEC LITHOGRAPHY GMBH  
85748 Garching (DE)

(74) Vertreter:  
SONN & PARTNER PATENTANWÄLTE  
WIEN

(54) **Vorrichtung zur Handhabung ausgerichteter Waferpaare**

(57) Eine für den industriellen Einsatz geeignete Vorrichtung und ein System zur Handhabung präzise aufeinander ausgerichteter und zentrierter Halbleiter-Waferpaare für Wafer-zu-Wafer- Ausrichtungs- und - Bondungsanwendungen weist einen Endeffektor mit einem Rahmenelement und einem schwimmenden Träger auf, der mit dem Rahmenelement, mit einem dazwischen ausgebildeten Spalt, verbunden ist, wobei der schwimmende Träger einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand hat. Die zentrierten Halbleiter-Waferpaare sind unter Verwendung des Endeffektors unter robotischer Steuerung innerhalb eines Verarbeitungssystems positionierbar. Die zentrierten Halbleiter-Waferpaare werden ohne Gegenwart des Endeffektors in der Bondungsvorrichtung miteinander verbondet.



**FIG. 4**

## ZUSAMMENFASSUNG

Eine für den industriellen Einsatz geeignete Vorrichtung und ein System zur Handhabung präzise aufeinander ausgerichteter und zentrierter Halbleiter-Waferpaare für Wafer-zu-Wafer-Ausrichtungs- und -Bondungsanwendungen weist einen Endeffektor mit einem Rahmenelement und einem schwimmenden Träger auf, der mit dem Rahmenelement, mit einem dazwischen ausgebildeten Spalt, verbunden ist, wobei der schwimmende Träger einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand hat. Die zentrierten Halbleiter-Waferpaare sind unter Verwendung des Endeffektors unter robotischer Steuerung innerhalb eines Verarbeitungssystems positionierbar. Die zentrierten Halbleiter-Waferpaare werden ohne Gegenwart des Endeffektors in der Bondungsvorrichtung miteinander verbondet.

(Fig. 4)

Die vorliegende Offenbarung betrifft eine Vorrichtung zur Handhabung aufeinander ausgerichteter Waferpaare und betrifft insbesondere einen Endeffektor, der dafür ausgebildet ist, aufeinander ausgerichtete Halbleiter-Waferpaare mit einer Präzision zu tragen, die für Wafer-zu-Wafer-Bondungsanwendungen eingerichtet ist.

Wafer-zu-Wafer (W2W)-Bondung wird in einer breiten Vielfalt von Halbleiterprozessanwendungen zum Bilden von Halbleiterbauelementen verwendet. Zu Beispielen von Halbleiterprozessanwendungen, wo Wafer-zu-Wafer-Bondung verwendet wird, gehören Substrat-Engineering und Fertigung integrierter Schaltkreise, Packaging und Verkapselung mikroelektromechanischer Systeme (MEMS) und das Stapeln vieler verarbeiteter Schichten (3D-Integration) von reiner Mikroelektronik. W2W-Bondung umfasst das Ausrichten der Oberflächen von zwei oder mehr Wafern, das Transportieren der aufeinander ausgerichteten Wafer in eine Waferbondungskammer, das Inkontaktbringen der Waferoberflächen und das Bilden einer starken Bondungsgrenzfläche zwischen diesen. Die Gesamtprozessausbeute und die Herstellungskosten der auf diese Weise produzierten Halbleiterbauelemente und letztendlich die Kosten der elektronischen Produkte, in denen diese Bauelemente enthalten sind, hängen in hohem Maße von der Qualität der Wafer-zu-Wafer-Bondung ab. Die Qualität der W2W-Bondung hängt von der Genauigkeit der Waferausrichtung, der Wahrung der Waferausrichtung während des Transports und des Bondungsprozesses sowie von der Gleichmäßigkeit und Integrität der Bondungsfestigkeit an den Waferbondungsgrenzflächen ab. Darüber hinaus muss während des Transports, der Positionierung, der Zentrierung und Ausrichtung der Wafer peinlichst darauf geachtet werden, dass Brüche, Oberflächenbeschädigungen oder Verziehen der Wafer vermieden werden.

FIG. 1A zeigt ein Schaubild einer herkömmlichen Transportspannvorrichtung, die zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer von einem Ausrichter zu einem Bonder verwendet wird, gemäß dem Stand der Technik. Herkömmlicherweise wird ein Waferpaar 18 in einer Ausrichterstation 50 aufeinander ausgerichtet, und das aufeinander ausgerichtete Waferpaar 18 wird auf einer Transportspannvorrichtung 24 gesichert, wie dies in Fig. 1A gezeigt ist. Die Transportspannvorrichtung 24 trägt das aufeinander ausgerichtete Waferpaar 18 zu der Bondungsstation 60 und zu allen weiteren Verarbeitungsstationen. Eine zum Stand der Technik gehörende Transportspannvorrichtung 24 ist in US-Patent Nr. 7,948,034 beschrieben, das am 24. Mai 2011 unter dem Titel „APPARATUS AND METHOD FOR SEMICONDUCTOR BONDING“ erteilt wurde, dessen Inhalt hiermit ausdrücklich durch Bezugnahme in den vorliegenden Text aufgenommen wird.

FIG. 2A zeigt die herkömmliche Transportspannvorrichtung von FIG. 1A und, wie dies in Bezug auf FIG. 3 besprochen wird, gemäß dem Stand der Technik, und FIG. 2B zeigt eine vergrößerte Ansicht der Klemmanordnungen der herkömmlichen Transportspannvorrichtung von FIG. 2A gemäß dem Stand der Technik. FIG. 3 ist eine schematische Darstellung des Ladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares in eine Bondungskammer unter Verwendung einer herkömmlichen Transportspannvorrichtung gemäß dem Stand der Technik. Wir wenden uns zunächst FIG. 3 zu, wo eine herkömmliche Transportspannvorrichtung 24 dafür bemessen ist, ein (nicht gezeigtes) aufeinander ausgerichtetes Waferpaar zu halten, und eine Transportvorrichtung 16 wird verwendet, um die Transportspannvorrichtung 24 und das aufeinander ausgerichtete Waferpaar in die und aus der Bondungskammer 12 zu bewegen. In einem Beispiel ist die Transportvorrichtung 16 ein Transportarm oder -schieber, der automatisiert ist oder ansonsten manuell betätigt wird.

Wie dies in Fig. 2A gezeigt ist, ist die Transportspannvorrichtung 24 ein kreisförmiger Ring 280, der oft aus Titan besteht und drei Nasen 280a, 280b, 280c aufweist, die symmetrisch um den kreisförmigen Ring 280 beabstandet sind und als Auflagerpunkte für einen Basiswafer dienen. Nahe einer jeden der drei Nasen 280a, 280b, 280c sind drei Abstandshalter- und Klemmanordnungen 282a, 282b, 282c symmetrisch am Umfangsrand des kreisförmigen Rings in einem Abstand von jeweils 120 Grad angeordnet. Jede Abstandshalter- und Klemmanordnung 282a, 282b, 282c weist einen Abstandshalter 284 und eine Klemme 286 auf. Der Abstandshalter 284 ist dafür ausgebildet, zwei Wafer auf eine zuvor festgelegte Distanz einzustellen. Es können Abstandshalter mit verschiedenen Dicken zum Einstellen verschiedener Abstände zwischen den zwei Wafern ausgewählt werden. Nachdem die Abstandshalter zwischen die Wafer geschoben wurden, wird die Klemme 286 festgespannt, um die Position der zwei Wafer zu arretieren. Die Klemme 286 kann eine einzelne Struktur sein, oder kann ein Gestänge ein, das sich abwärts bewegt, um einen oberen Wafer zu kontaktieren und ihn in Position auf der Transportspannvorrichtung 24 zu halten. Jeder Abstandshalter 284 und jede Klemme 286 werden unabhängig durch Linearaktuatoren 283 bzw. 285 aktiviert.

Für den Bondungsprozess werden zwei aufeinander ausgerichtete Wafer in der Trägerspannvorrichtung 24 angeordnet und werden mit Abstandshaltern 284 voneinander beabstandet und dann mit Klemmen 286 festgeklemmt. Die Spannvorrichtung mit den festgeklemmten Wafern wird in die Bondungskammer 12 eingeführt, und dann werden die einzelnen Klemmen 286 nacheinander gelöst und die Abstandshalter 284 werden entfernt. Nachdem alle Abstandshalter 284 entfernt wurden, werden die zwei Wafer mit einem pneumatisch gesteuerten Mittenstift übereinander gelegt. Dann wird eine Kraftsäule angelegt,

um den Bondungsprozess in der Bondungsvorrichtung 12 während des gesamten Hochtemperatur-Bondungsprozesses zu ermöglichen.

In der Branche ist bekannt, dass die Transportspannvorrichtungen 24 schwer und für die Transportvorrichtung 16 oder einen Roboter schwierig zu handhaben sein können. Des Weiteren verbleiben die Transportspannvorrichtungen 24 während der gesamten Dauer des Bondungsprozesses in der Bondungsvorrichtung 12, nachdem sie innerhalb der Bondungsvorrichtung 12 positioniert wurden, so dass die Transportspannvorrichtungen 24 in einer Bondungsumgebung Temperaturen von bis zu 550 °C sowie Kammergasen und/oder – drücken ausgesetzt sind, die innerhalb der Bondungsvorrichtung 12 vorherrschen können. Insbesondere kann die Transportspannvorrichtung 24 eine Stunde oder länger an einer Stelle positioniert sein, die nur wenige Millimeter von einem Außenumfang eines erwärmten Spannfutters der Bondungsvorrichtung 12 entfernt liegt, so dass die Transportspannvorrichtung 24 sehr heiß wird. Diese Bedingungen setzen die Transportspannvorrichtungen 24 einer enormen Belastung aus, und insbesondere die komplizierte Mechanik der Abstandshalter 284 und Klemmen 286. Infolge dessen werden die Transportspannvorrichtungen 24 im Lauf die Zeit unzuverlässig und erfordern umfangreiche Wartungsarbeiten, einschließlich einer feinfühligten Justierung der Mechanik, was mit hohen Kosten und erheblichem Zeitaufwand verbunden ist.

In anderen Implementierungen wird das aufeinander ausgerichtete Waferpaar vorübergehend gebondet, und das vorübergehend gebondete Waferpaar wird in die Bondungsstation und alle sonstigen Verarbeitungsstationen transportiert. Ein temporäres Bonden der Wafer kann verwendet werden, um Ausrichtungsverschiebungsfehler während der Verarbeitung zu minimieren. Bei den Techniken der temporären Waferbondung werden die Mitten oder die Ränder der Wafer mit einem Laserstrahl verbondet, die Mitten oder die Ränder der Wafer mit einem temporären Heftklebstoff verklebt und die Mitten oder die Ränder der Wafer mittels Hybridfusion verbondet. Das gebondete Waferpaar wird dann mit einer Transportspannvorrichtung oder ähnlichen herkömmlichen Transportvorrichtungen zu der Bondungsvorrichtung transportiert. Die Laserbondungstechniken erfordern mindestens einen Laser-transparenten Wafer, und die Klebstoffbondungstechniken können zur Kontaminierung der Waferflächen beitragen.

Dementsprechend ist es angesichts der oben erwähnten Mängel und Unzulänglichkeiten wünschenswert, eine für die industrielle Fertigung geeignete Vorrichtung zur Handhabung präzise aufeinander ausgerichteter und zentrierter Halbleiter-Waferpaare für Wafer-zu-Wafer-Bondungsanwendungen mit hohem Durchsatz und der Fähigkeit zur Handhabung aller Arten von Wafern ohne das Einschleppen von Verunreinigungen bereitzustellen.

Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung stellen ein System für eine Endeffektorvorrichtung zur Handhabung von Wafern bereit. Kurz gesagt kann eine Ausführungsform des Systems unter anderem mit folgender Architektur implementiert werden. Die Endeffektorvorrichtung hat ein Rahmenelement und einen schwimmenden Träger, der mit dem Rahmenelement, mit einem dazwischen ausgebildeten Spalt, verbunden ist, wobei der schwimmende Träger einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand hat. Mehrere Saugnäpfe sind mit dem schwimmenden Träger verbunden, wobei sich jeder der mehreren Saugnäpfe einwärts des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes des schwimmenden Trägers erstreckt.

Die vorliegende Offenbarung kann auch so gesehen werden, dass sie ein System zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Waferpaare in einer Verarbeitungsvorrichtung bereitstellt. Kurz gesagt kann die Architektur einer Ausführungsform des Systems unter anderem folgendermaßen implementiert werden. Ein Endeffektor hat ein Rahmenelement und einen schwimmenden Träger zum Transportieren von Wafern in beabstandeter Ausrichtung, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist. Ein Roboterarm ist mit dem Endeffektor verbunden. Eine Verarbeitungsvorrichtung hat eine Verarbeitungskammer, wobei das Rahmenelement und der schwimmende Träger innerhalb der Verarbeitungskammer positioniert sind, und wobei der schwimmende Träger von dem Rahmenelement entkoppelt ist.

Die vorliegende Offenbarung kann auch so gesehen werden, dass sie ein System zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Waferpaare in einer Verarbeitungsvorrichtung bereitstellt. Kurz gesagt, kann die Architektur einer Ausführungsform des Systems unter anderem folgendermaßen implementiert werden. Ein Endeffektor hat ein Rahmenelement und einen schwimmenden Träger, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist und wobei mehrere Klemme-Abstandshalter-Anordnungen mit dem Rahmenelement und/oder mit dem schwimmenden Träger verbunden sind, um Wafer in beabstandeter Ausrichtung zu tragen. Ein Roboterarm ist mit dem Endeffektor verbunden. Eine Bondungsvorrichtung hat eine Bondungskammer, wobei das Rahmenelement und der schwimmende Träger vor einem Bondungsprozess innerhalb der Bondungskammer positioniert werden und während des Bondungsprozesses aus der Bondungskammer herausgenommen werden.

Dem Fachmann fallen beim Studium der folgenden Zeichnungen und der detaillierten Beschreibung noch weitere Systeme, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung ein. Es ist beabsichtigt, dass alle derartigen weiteren Systeme, Verfahren, Merkmale und Vorteile in dieser Beschreibung enthalten sind, innerhalb des Geltungsbereichs der vorliegenden Offenbarung liegen und unter den Schutz der begleitenden Ansprüche fallen.

Viele Aspekte der Offenbarung lassen sich anhand der folgenden Zeichnungen besser verstehen. Die Komponenten in den Zeichnungen sind nicht unbedingt maßstabsgetreu; vielmehr wird auf eine klare Veranschaulichung der Prinzipien der vorliegenden Offenbarung Wert gelegt. Darüber hinaus bezeichnen in den Zeichnungen gleiche Bezugszahlen stets entsprechende Teile in den einzelnen Ansichten.

FIG. 1A zeigt ein Schaubild einer herkömmlichen Transportspannvorrichtung gemäß dem Stand der Technik, die zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer von einem Ausrichter zu einem Bonder verwendet wird;

FIG. 1B zeigt ein Schaubild einer Transportvorrichtung und eines Transportverfahrens gemäß einer ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung, die zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer von einem Ausrichter zu einem Bonder verwendet werden;

FIG. 2A zeigt die herkömmliche Transportspannvorrichtung von FIG. 1A und, wie diese in Fig. 3 gezeigt ist, gemäß dem Stand der Technik;

FIG. 2B zeigt eine vergrößerte Ansicht der Klemmanordnungen der herkömmlichen Transportspannvorrichtung von FIG. 2A gemäß dem Stand der Technik;

FIG. 3 ist eine schematische Darstellung des Ladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares in eine Bondungskammer unter Verwendung einer herkömmlichen Transportspannvorrichtung gemäß dem Stand der Technik;

FIG. 4 zeigt einen Endeffektor, der zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer in die und aus den Verarbeitungskammern verwendet wird, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 5 zeigt eine Draufsicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 6 zeigt eine Unteransicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 7 zeigt eine teilweise transparente Unteransicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 8A zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 8B zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 8C zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 8D zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der in einer Aufbewahrungsstation positioniert ist, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 9 zeigt eine Unteransicht des Endeffektors mit einstellbaren Saugnäpfen zum Halten von Wafern von verschiedenen Größen gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIGUREN 10A-10B zeigen den Endeffektor in Gebrauch mit einem Roboterarm gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 11A-FIG. 11H zeigen schematisch die Schritte des Ausladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares aus einem Ausrichter mit dem Endeffektor von FIG. 4 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 12 ist ein Schaubild eines Waferausrichters gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIGUREN 13A-13I zeigen schematisch die Schritte des Ladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares in einen Bonder mit dem Endeffektor von FIG. 4 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 14 zeigt das Laden eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares in einen Bonder mit dem Endeffektor von FIG. 4 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 15A zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels eines einzelnen Mittenstifts gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 15B zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels eines Mittenstifts und eines außermittigen Verdrehsicherungsstifts gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 15C zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels dreier umfänglich verlaufender Stifte gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 16 ist ein Schaubild eines beispielhaften Waferbonders gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung;

FIG. 17 ist ein Schaubild eines beispielhaften Bonder-Abstandshalter-Laschenmechanismus, der mit einem Waferbonder gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung verwendet wird;

FIGUREN 18A-18B sind Schaubilder eines Beispiels eines Stiftes gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung; und

FIG. 19 ist ein Flussdiagramm, das ein Verfahren zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Wafer in einer Bondungsvorrichtung gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform der Offenbarung veranschaulicht.

Die vorliegende Offenbarung stellt eine für den industriellen Einsatz geeignete Vorrichtung zur Handhabung präzise aufeinander ausgerichteter und zentrierter Halbleiter-Waferpaare für Wafer-zu-Wafer-Ausrichtungs- und -Bondungs-anwendungen mit hohem Durchsatz bereit. Die Vorrichtung weist einen Endeffektor auf, der am Ende eines Roboterarms angebracht ist. Der Endeffektor ist dafür ausgebildet, ein aufeinander ausgerichtetes Paar Wafer zu halten und in die bzw. aus den verschiedenen Verarbeitungsstationen zu bewegen und zu platzieren, ohne die Wafer-zu-Wafer-Ausrichtung zu verändern und ohne Verunreinigungen einzuschleppen.

FIG. 1B zeigt ein Schaubild einer Transportvorrichtung und eines Transportverfahrens gemäß einer ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung, die zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer 20, 30 von einem Ausrichter zu einem Bonder verwendet werden. Wie dies in Fig. 1B gezeigt ist, ist ein Endeffektor 100 an einem Roboterarm 80 angebracht und dafür ausgebildet, sich in eine bzw. aus einer Ausrichtungsvorrichtung 300 und in eine separate bzw. aus einer separaten Bondungsstation 400, die eine Bondungsvorrichtung aufweist, zu bewegen. Ein Paar von zwei Wafern 20, 30 wird durch den Endeffektor 100 in die Ausrichtungsvorrichtung 300 getragen, wo die zwei Wafer 20, 30 aufeinander ausgerichtet werden und ihre Ausrichtung mit dem Endeffektor 100 gesichert wird. Als Nächstes bewegt der Roboterarm 80 den Endeffektor 100 mit dem aufeinander

ausgerichteten Waferpaar 20, 30 aus der Ausrichtungsvorrichtung 300 heraus und in die Bondungsstation 400 hinein, wo die zwei aufeinander ausgerichteten Wafer 20, 30 gebondet werden können. Der Endeffektor 100 ist in der Lage, die zwei aufeinander ausgerichteten Wafer 20, 30 in der Bondungsvorrichtung zu platzieren, und dann zieht der Roboterarm 80 ihn aus der Bondungsvorrichtung für die Dauer des Bondungsprozesses heraus. Nachdem der Bondungsprozess vollendet ist, bewegt der Roboterarm 80 den Endeffektor 100 zurück in die Bondungsvorrichtung, um das gebondete Waferpaar 20, 30 aufzunehmen, das durch den Endeffektor 100 gestützt wird, während er aus der Bondungsstation 400 herausgeführt wird. In einigen Ausführungsformen sind die Ausrichtungsvorrichtung 300 und die Bondungsstation 400 in denselben Reaktor integriert.

FIG. 4 zeigt einen Endeffektor 100, der zum Transport aufeinander ausgerichteter Wafer in die und aus den Verarbeitungskammern verwendet wird, gemäß einer ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Der Endeffektor 100 kann einen Y-förmigen fixierten Rahmen 110 und einen schwimmenden Träger 120, der auf dem Rahmen 110 angeordnet ist, aufweisen. In einem Beispiel hat der Rahmen 110 einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand 110a mit einem Radius, der ungefähr mit dem Radius der Wafer 20, 30 übereinstimmt. In anderen Beispielen hat der Rahmen 110 einen Y-förmigen oder gabelförmigen Innenumfangsrand. Gleichermäßen hat der Träger 120 einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand 120a mit einem Radius, der ungefähr mit dem Radius der Wafer 20, 30 übereinstimmt. Gemäß dieser Offenbarung ist der halbkreisförmige Innenumfangsrand 120a des schwimmenden Trägers 120 als eine teilweise Ringstruktur vorstellbar, die Enden hat, die enden, bevor ein vollständiger Ring, z. B. 360°, gebildet wird. Wie dies in Fig. 4 gezeigt ist, kann die Struktur des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes 120a aus einem schwimmenden Träger 120 mit einer teilweisen Ringform gebildet werden, die im Wesentlichen eine 180°-Drehung aufweist, oder in anderen Bauformen kann die teilweise Ringform bis zu 270° aufweisen. Andere teilweise Ringausgestaltungen des schwimmenden Trägers 120 fallen ebenfalls in den Schutzzumfang der vorliegenden Offenbarung.

Der schwimmende Träger 120 kann aus einer im Wesentlichen planaren Struktur gebildet werden, die parallel zu einer Ebene des Rahmens 110 ausgerichtet und in einem Abstand zu ihm positioniert ist. Der schwimmende Träger 120 kann eine Anzahl von Saugnäpfen aufweisen, wie zum Beispiel drei Saugnäpfe 122a, 122b, 122c, die nach innen in Richtung einer Mittelachse 119 des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes 120a hervorstehen. Die drei Saugnäpfe 122a, 122b, 122c können jeweils an drei oder mehr Stellen 111a, 111b, 111c des Innenumfangsrandes 120a positioniert sein. Die Saugnäpfe 122a, 122b und 122c können

dafür verwendet werden, die Ränder eines oberen Wafers 20 zu halten, wie dies in FIG. 5 gezeigt ist.

FIG. 5 zeigt eine Draufsicht des Endeffektors 100 von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer 20, 30 hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. FIG. 6 zeigt eine Untersicht des Endeffektors 100 von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer 20, 30 hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies in den FIGUREN 4-6 zu sehen ist, ist der Endeffektor 100 so vorstellbar, dass er den schwimmenden Träger 120 aufweist, der an seiner Oberseite positioniert ist, während das Rahmenelement 110 an seiner Unterseite positioniert ist. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Transportvorrichtung, die beide Wafer des aufeinander ausgerichteten Waferpaares auf ihrer Oberseite trägt, wie dies z. B. in Bezug auf die FIGUREN 2A-2B besprochen wird, kann der Endeffektor 100 die Wafer 20, 30 in Inneren der Arme des Rahmenelements 110 und in einer Position unterhalb der verlängerten Lippe des schwimmenden Trägers 120 tragen. Diese Ausgestaltung erlaubt es, die Ränder der Wafer 20, 30 zwischen dem fixierten Rahmen 110 und dem schwimmenden Träger 120 an verschiedenen Stellen entlang der Innenumfangsränder 110a, 120a des Rahmenelements 110 und des schwimmenden Trägers 120, wie zum Beispiel an drei Stellen 111a, 111b, 111c, mittels dreier Klemme-Abstandshalter-Anordnungen 130a, 130b bzw. 130c zu halten, wie dies in Fig. 5 und FIG. 6 gezeigt ist. Insbesondere kann der obere Wafer 20, wie dies in Fig. 5 gezeigt ist, an den Saugnäpfen 122a, 122b und 122c auf der Unterseite des schwimmenden Trägers 120 positioniert und durch diese gehalten werden, während der untere Wafer 30 mit mechanischen Klemmen 132a, 132b und 132c gehalten werden kann.

FIG. 7 zeigt eine teilweise transparente Untersicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. FIG. 8A zeigt eine Querschnittsansicht eines Abschnitts des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies in den FIGUREN 4-8A zu sehen ist, kann der Endeffektor 100 des Weiteren eine Anzahl von Anordnungen enthalten, um den Wafer zu halten und/oder zu beabstanden, wie zum Beispiel die Anordnungen 130a, 130b und 130c entlang des Innenumfangsrandes 110a des Rahmenelements 110. Die Anordnungen 130a, 130b und 130c können in einer beabstandeten Position angeordnet sein, die im Wesentlichen mit der beabstandeten Positionierung der Saugnäpfe 122a, 122b und 122c übereinstimmt. Jede der Anordnungen 130a, 130b und 130c kann eine Trägerabstandshalter-Lasche 136a, 136b und 136c, eine mechanische Klemme 132a, 132b und 132c bzw. ein Begrenzungsstrukturelement 134a, 134b und 134c aufweisen.

Die Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b, 134c können den schwimmenden Träger 120 und den fixierten Rahmen 110 lose koppeln und zusammenhalten. Ein Spalt 121 wird zwischen dem schwimmenden Träger 120 und jedem der Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b und 134c ausgebildet, wie dies in Fig. 8A gezeigt ist. Der Spalt 121 verbessert die Vibrationsisolierung des schwimmenden Trägers 120 von dem fixierten Rahmen 110, wodurch verhindert werden kann, dass Vibrationen, die in dem Roboter, der den Endeffektor 100 trägt, entstehen, zu dem schwimmenden Träger 120 übertragen werden. Außerdem kann dadurch der schwimmende Träger 120 in einer nachgebenden Weise auf der oberen Wafer-zu-Spannfutter-Bezugsschnittstelle sitzen, und ein harter oder materialbeanspruchender Kontakt kann vermieden werden. Der schwimmende Träger 120 ist dafür ausgebildet, sich entlang der Richtung 90 von FIG. 8a relativ zu dem fixierten Rahmen 110 auf und ab zu bewegen, lose durch die Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b und 134c geführt. Obgleich die Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b, 134c variierende Bauformen haben können, kann in einem Beispiel ein unterer Abschnitt der Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b, 134c an das Rahmenelement 110 angeschraubt sein, während ein oberer Abschnitt relativ zu dem schwimmenden Träger 120 beweglich ist. Zum Beispiel kann der obere Abschnitt der Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b und 134c einen Kopf aufweisen, der innerhalb eines eingerückten Hohlraums, z. B. eines eingerückten Hohlraums 135a in FIG. 8a, angeordnet werden kann, was eine beschränkte Bewegung des schwimmenden Trägers 120 relativ zu dem Rahmenelement 110 in Richtung 90 erlaubt, wodurch eine maximale Größe des Spalts 121 gesteuert werden kann. Darüber hinaus kann die Größe der Begrenzungsstrukturelemente 134a, 134b und 134c relativ zu dem eingerückten Hohlraum so gewählt werden, dass kleine Beträge eines seitlichen Spiels bereitgestellt werden, so dass der schwimmende Träger 120 relativ zu dem Rahmenelement 110 geringfügig seitlich eingestellt werden kann.

Trägerabstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c werden verwendet, um die Wafer 20, 30 voneinander zu beabstanden, wenn sie durch den Endeffektor 100 aufgenommen werden. In einem Beispiel können die Trägerabstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136b aus einem Edelstahlkörper mit einer Titanitridbeschichtung hergestellt werden, aber es können auch andere Materialien und Beschichtungen verwendet werden. Die Trägerabstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c können unter dem Rand des Wafers 20 an den entsprechenden drei Stellen 111a, 111b, 111c eingefügt werden, und dann wird der Wafer 30 unter die Abstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c geschoben, wie dies in Fig. 8A gezeigt ist. Die zwei gestapelten Wafer 20, 30 können dann mit Klemmen 132a, 132b, 132c an den entsprechenden drei Stellen 111a, 111b, 111c zusammengeklammert werden. Die Abstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c sind dafür ausgebildet, sich horizontal entlang der

Richtung 92 zu bewegen, und die Klemmen 132a, 132b, 132c sind dafür ausgebildet, sich in einer Schwenkbewegung entlang einer linearen Gleitvorrichtung mit einer Nockenbewegung oder einer Kombination davon zu bewegen, um den unteren Wafer 30 zu kontaktieren. Beispielsweise können sich, in einem Beispiel, die Klemmen 132a, 132b, 132c um eine Schwenkachse drehen, die im Wesentlichen parallel zu einer Achse des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes 120a verläuft.

FIG. 7 veranschaulicht außerdem Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a, 138b, 138c, welche die Abstandshalter-Laschen sind, die durch die Bondungsvorrichtung dafür verwendet werden, die zwei gestapelten Wafer 20, 30 zu beabstanden, wenn sie innerhalb der Bondungsvorrichtung angeordnet werden. Wie dies zu sehen ist, können die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a, 138b, 138c an proximalen Stellen zu den Endeffektor-Abstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c positioniert werden, die im Wesentlichen gleichmäßig um den halbkreisförmigen Umfangsrand des schwimmenden Trägers 120 beabstandet sein können.

In einigen Anwendungen kann es wünschenswert sein, den Endeffektor 100 mit einem Zentrierungs- und/oder Arretierungsmechanismus auszustatten, um den schwimmenden Träger 120 an dem Rahmenelement 110 zu zentrieren und/oder zu arretieren. FIG. 8B zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Genauer gesagt veranschaulicht FIG. 8B einen Zentrierungsmechanismus 104, der einen sich bewegenden verjüngten Stift 105 verwendet, der eine Neuzentrierung des schwimmenden Trägers 120 an dem Rahmenelement 110 zwischen den einzelnen Verwendungszyklen erlaubt. Der Stift 105 wird präzisionsgeführt und durch einen Motor oder über eine pneumatische Betätigung auf einer Achse an dem fixierten Träger 110 angetrieben. Der Stift 105 kann innerhalb eines ersten Lochs 105a in dem Rahmenelement 110 positioniert werden und greift in ein Präzisionsloch 105b in dem schwimmenden Träger 120 ein. Der Stift 105 kann für die Neuzentrierung verwendet werden oder kann auch während des Transports verwendet werden, um den schwimmenden Träger 120 an dem Rahmenelement 110 festzuhalten. Bei anderen Bauformen kann der Stift 105 ein fixierter Stift sein, der sich an dem Rahmenelement 110 befindet und in ein Präzisionsloch 105b in dem schwimmenden Träger 120 eingreift, wenn die Distanz zwischen dem Rahmenelement 110 und dem schwimmenden Träger 120 sehr klein ist, d. h. kleiner als die Länge des Stiftes 105 selbst, und wird zurückgesetzt, wenn sich der schwimmende Träger 120 zurück auf das Rahmenelement 110 bewegt.

FIG. 8B veranschaulicht außerdem die Verwendung einer mechanischen Klemme 106, die dafür verwendet werden kann, das Rahmenelement 110 an dem schwimmenden Träger 120 zu fixieren. Die mechanische Klemme 106 kann an dem fixierten Träger 110 montiert werden und kann sich in einer vertikalen Richtung oder einer Drehrichtung bewegen, um das Rahmenelement 110 mit dem schwimmenden Träger in Eingriff zu bringen, um den schwimmenden Träger 120 an dem Rahmenelement 110 zu halten und um eine Positionsänderung des schwimmenden Trägers 120 zu vermeiden.

FIG. 8C zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der ein Paar aufeinander ausgerichteter Wafer hält, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. In FIG. 8C können ein fixierter Neuindexierungsstift und eine Vakuumnut, die miteinander integriert sind, dafür verwendet werden, das Rahmenelement 110 an dem schwimmenden Träger 120 festzuklemmen. Wie dies gezeigt ist, kann das Rahmenelement 110 einen Stift 107 haben, der sich in das Loch 105b des schwimmenden Trägers 120 erstreckt, und kann mehrere Vakuumnuten 108 haben, die in einer Fläche des Rahmenelements 110 positioniert sind, die mit dem schwimmenden Träger 120 verbunden ist. Ein Unterdruck kann an die Vakuumnuten 108 angelegt werden, um den schwimmenden Träger 120 zu dem Rahmenelement 110 vorzuspannen, während der Stift 107 dazu dient, den schwimmenden Träger 120 an dem Rahmenelement 110 zu zentrieren.

FIG. 8D zeigt eine Querschnittsansicht des Endeffektors von FIG. 4, der in einer Aufbewahrungstation positioniert ist, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies gezeigt ist, können die Löcher 105a, 105b innerhalb des Rahmenelements 110 und des schwimmenden Trägers 120 während eines Weitergabeprozesses mit dem Endeffektor 100 verwendet werden, wie zum Beispiel zum Wechseln zwischen verschiedenen Endeffektoren 100. Genauer gesagt kann der Roboterarm, an dem der Endeffektor 100 getragen wird, wie dies in Bezug auf FIG. 10A beschrieben wird, den Endeffektor 100 nahe einer Aufbewahrungstation 86 positionieren, die einen Stift 88 hat, der sich auswärts erstreckt. Der Endeffektor 100 kann über den Stift 88 der Aufbewahrungstation 86 geführt werden, bis der Stift 88 die Löcher 105a, 105b in Eingriff nimmt. Nachdem der Stift 88 innerhalb der Löcher 105a, 105b positioniert ist, kann sich der Roboterarm von dem Endeffektor 100 trennen, wobei der Endeffektor 100 in einer verstaute Position in der Aufbewahrungstation 86 zurückbleibt. Die Aufbewahrungstation 86 mit dem Stift 88 kann eine sichere Aufbewahrung des Endeffektors 100 ermöglichen, wenn er nicht in Gebrauch ist, und kann es dem Roboterarm erlauben, rasch zwischen verschiedenen Endeffektoren 100 zu wechseln.

Es ist des Weiteren anzumerken, dass, wenn der Endeffektor 100 von einer Bondungsvorrichtung entfernt wird, die hohe Temperatur des Endeffektors 100 unter Verwendung eines integrierten Thermopaars überwacht werden kann, das an dem Rahmenelement 110 oder an einem anderen Teil des Endeffektors 100 positioniert ist. Bei einer weiteren Bauform kann die Aufbewahrungsstation 86 mit einem Thermopaar ausgestattet sein, um eine thermische Überwachung des Endeffektors 100 zu gestatten, wenn er in der Aufbewahrungsstation 86 verstaut ist. Des Weiteren kann es wünschenswert sein, dass der Endeffektor 100, wenn er in der Aufbewahrungsstation 86 angeordnet ist, auf eine niedrigere Temperatur gekühlt wird, sei es durch natürliche Kühlung oder mit einer Kühlungsvorrichtung.

FIG. 9 zeigt eine Unteransicht des Endeffektors 100 mit Saugnäpfen 122a, 122b und 122c, die eingestellt werden können, um Wafer von verschiedenen Größen zu halten, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies gezeigt ist, können die Saugnäpfe 122a, 122b und 122c mit dem schwimmenden Träger 120 beweglich verbunden sein, dergestalt, dass sie radial entlang des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes 120a eingestellt werden können, z. B. entlang der Richtungen 123a, 123b, dergestalt, dass sie näher und weiter in Richtung eines Mittelpunktes des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes 120a bewegt werden können. FIG. 9 veranschaulicht Strichlinienkästchen, die den allgemeinen Umriss der Saugnäpfe 122a, 122b und 122c in zwei beispielhaften Positionen zeigen: eine, wo sie näher in Richtung des Mittelpunktes positioniert sind, um eine kleinere Wafergröße 22b zu halten, und eine, wo sie weiter vom Mittelpunkt entfernt positioniert sind, um eine größere Wafergröße 22a zu halten. Die Saugnäpfe 122a, 122b und 122c können zu verschiedenen Graden einstellbar sein, um an unterschiedlich große Wafer angepasst zu werden.

FIGUREN 10A-10B zeigen den Endeffektor 100 in Gebrauch mit einem Roboterarm 80 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies gezeigt ist, kann der Endeffektor 100 abnehmbar an dem Roboterarm 80 (schematisch in FIG. 10A gezeigt) angebracht sein und kann in Abhängigkeit von der Größe und Anzahl der Wafer, die unterstützt werden müssen, gegen einen anders bemessenen oder anders geformten Endeffektor ausgetauscht werden. Der Roboterarm 80 kann nahe einer Ausrichtungsvorrichtung 300 positioniert werden, damit die Wafer 20, 30, die auf dem Endeffektor 100 getragen werden, von der Ausrichtungsvorrichtung 300 heruntergenommen werden können. Der Roboterarm 80 kann auch nahe der Bondungsvorrichtung (nicht gezeigt) angeordnet sein, so dass die Wafer 20, 30 unter Verwendung eines Werkzeugwechslers 84 am Ende des Roboterarms 80 zwischen den Verarbeitungseinheiten transportiert werden

können. In einem Beispiel kann der Werkzeugwechsler 84 ein Schunk Typ SWS-011 sein, aber es können auch andere Werkzeugwechsler verwendet werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Transportspannvorrichtungen hat der Endeffektor 100 ein reduziertes Gewicht, was die Belastung des Roboters deutlich verringert. Der Endeffektor 100 braucht auch nicht die Paare von aufeinander ausgerichteten Wafern 20, 30 um die Austauschachse 82 des Roboters 80 herum umzudrehen, z. B. um relative vertikale Positionen des oberen bzw. des unteren Wafers 20, 30 zu wechseln, was zu einer einfacheren Handhabung insgesamt und einem niedrigeren Ausrichtungsverschiebungsrisiko führt.

Unter Verwendung des in Bezug auf die FIGUREN 4-10B beschriebenen Endeffektors 100 kann ein Waferpaar 20, 30 in einem Ausrichter innerhalb einer Ausrichtungsvorrichtung 300 angeordnet und gemäß den im Stand der Technik bekannten Verfahren und Prozessen ausgerichtet werden. Nach der Ausrichtung kann der Endeffektor 100 dafür verwendet werden, das aufeinander ausgerichtete Waferpaar 20, 30 aus dem Ausrichter herauszunehmen. FIGUREN 11A-11H zeigen schematisch Querschnittsansichten der Schritte des Entladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares 20, 30 aus einem Ausrichter mit dem Endeffektor 100 von FIG. 4 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Obgleich jede der Figuren allgemein nur eine einzelne Anordnung 130a des Endeffektors 100 veranschaulicht, ist anzumerken, dass die gleichen Funktionen auch durch die anderen Anordnungen ausgeführt werden können, die in dem Endeffektor 100 enthalten sind, dergestalt, dass die gleichen oder ähnliche Funktionen an drei oder mehr Punkten an dem Endeffektor gleichzeitig oder zu verschiedenen, aber zuvor festgelegten Zeiten stattfinden.

Zuerst zeigt FIG. 11A die Wafer 20 und 30, die relativ zueinander ausgerichtet wurden und in Kontakt mit einem oberen Waferspannfutter 320 und einem unteren Waferspannfutter 330 einer Ausrichtungsvorrichtung 300 gehalten werden. In der Ausrichtungsvorrichtung 300 ist die obere Stufe, die das obere Waferspannfutter 320 trägt, fixiert, während die untere Stufe, die das untere Waferspannfutter 330 trägt, vertikal, d. h. in der z-Richtung, beweglich ist, wie dies bei 98 angedeutet ist. Die Wafer 20, 30 wurden in der x-Richtung, z. B. in der Richtung 92 in FIG. 11B, in der y-Richtung (außerhalb der Seite) und winkelig relativ zueinander dergestalt ausgerichtet, dass die Wafer parallel sind. Die Wafer 20, 30 haben Ränder 20e bzw. 30e, und die Ränder 20e, 30e stehen von den Seiten der Spannfutter 320 und 330 der Ausrichtungsvorrichtung 300 hervor.

Wie dies in Fig. 11B gezeigt ist, wird der Endeffektor 100 nahe an die Seiten des Spannfutters 320 und 330 der Ausrichtungsvorrichtung 300 entlang der Richtung 91 gebracht, um den Entladeprozess zu beginnen. Wie dies schematisch gezeigt ist, hat der Endeffektor

100 das Rahmenelement 110, das an einem Roboter (nicht gezeigt) montiert sein kann, während der schwimmende Träger 120 relativ zu dem Rahmenelement 110 entlang der Richtung 90 beweglich ist. Im Interesse einer vereinfachten Beschreibung kann das Rahmenelement 110 insofern als fixiert angesehen werden, als es relativ zu dem Endabschnitt des Roboters, an dem der Endeffektor 100 angebracht ist, ortsfest ist, während der schwimmende Träger 120 insofern als beweglich angesehen wird, als er relativ zu dem Endabschnitt des Roboters, an dem der Endeffektor 100 angebracht ist, beweglich ist. Das Begrenzungsstrukturelement 134a ist mit dem Rahmenelement 110 verbunden und innerhalb des Loches 135a in dem schwimmenden Träger 120 positioniert, wobei das Spiel zwischen dem Begrenzungsstrukturelement 134a und der Seitenwand des Loches 135a eine geringfügige seitliche Bewegung des schwimmenden Trägers 120 relativ zu dem Rahmenelement 110 entlang der Richtung 92 erlaubt.

In diesem in Fig. 11B gezeigten Ausgangszustand ist der Endeffektor 100 nahe der Ausrichtungsvorrichtung 300 in einer offenen Ausgestaltung positioniert, wobei die verschiedenen Klemmen und Abstandshaltevorrichtungen zurückgezogen sind. Der schwimmende Träger 120 befindet sich in einer gekoppelten oder kontaktierten Position mit dem fixierten Träger 110. Als Nächstes wird, wie dies in Fig. 11C gezeigt ist, der schwimmende Träger 120 von dem Rahmenelement 110 entkoppelt, während sich der Endeffektor 100 abwärts entlang der Richtung 97b, der z-Richtung, bewegt. Das Entkoppeln des schwimmenden Trägers 120 von dem Rahmenelement 110 kann entscheidend dafür sein zu verhindern, dass kleine Vibrationen in dem Roboter, der den Endeffektor 100 trägt, zu der Ausrichtungsvorrichtung 300 übertragen werden und unbeabsichtigte Bewegungen der Wafer 20, 30 verursachen und sie aus der gegenseitigen Ausrichtung herausbringen. Die Bewegung des Endeffektors 100 braucht nur wenige Millimeter zu betragen, bis Saugnäpfe 122a in Kontakt mit der Oberseite des Randes 20e des Wafers 20 kommen, und die Distanz zwischen dem fixierten Rahmen 110 und dem schwimmenden Träger 120 nimmt dergestalt zu, dass die Trägerabstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c unterhalb der Unterseite des Randes 20e des Wafers 20 liegen. In dieser Position können die Saugnäpfe 122a optional aktiviert werden, um den schwimmenden Träger 120 effektiv mit dem oberen Wafer 20 zu verbinden oder zu arretieren.

Als Nächstes bewegt sich in FIG. 11D die Abstandshalter-Lasche 136a horizontal entlang der Richtung 92a, der x-Richtung, dergestalt, dass sie zwischen der Unterseite des Randes 20e des Wafers 20 und der Oberseite des Randes 30e des Wafers 30 positioniert ist. Die Abstandshalter-Laschen 136a, 136b, 136c sind in der z-Richtung flexibel, dergestalt, dass sie sich an die Flächen der Wafer 20e und 30e anpassen können, ohne eine nennenswerte Kraft

auf die Flächen auszuüben. Als Nächstes wird, wie dies in Fig. 11E gezeigt ist, das untere Waferspannfutter 330 entlang der Richtung 96a aufwärts bewegt, bis die Oberseite des Randes 30e des Wafers 30 die Unterseite der Abstandshalter-Laschen 136a berührt, wodurch der Spalt zwischen den Wafern 20, 30 entsteht. Als Nächstes wird die Klemme 132a bewegt, um die Unterseite des Randes 30e des Wafers 30 zu kontaktieren und die Ränder 20e, 30e der Wafer 20 bzw. 30 zusammenzuklemmen, während sich die eingeschobene Abstandshalter-Lasche 136a dazwischen befindet, wie dies in Fig. 11F gezeigt ist. In dieser Position werden die Wafer 20, 30 miteinander verriegelt, während sich die Abstandshalter-Lasche 136a dazwischen befindet, und alle werden durch den Endeffektor 100 gehalten. Um das Waferpaar 20, 30 aus der Ausrichtungsvorrichtung 300 freizugeben, kann das obere Waferspannfutter 320 gereinigt werden, und dann wird das untere Waferspannfutter 330 abwärts entlang der z-Achse in Richtung 96b zu einer Mittenposition bewegt, wodurch ein Abstand zwischen dem oberen Wafer 20 und dem oberen Waferspannfutter 320 entsteht. Dann wird das Vakuum des unteren Waferspannfutters 330 abgestellt, und es wird weiter in der z-Richtung abwärts bewegt, bis das aufeinander ausgerichtete Waferpaar 20, 30 vollständig an den Rändern 20e, 30e durch den Endeffektor 100 gehalten wird und bereit ist, aus der Ausrichtungsvorrichtung 300 heraus transportiert zu werden, wie dies in Fig. 11H gezeigt ist.

FIG. 12 ist ein Schaubild einer Waferausrichtungsvorrichtung 300 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Die Waferausrichtungsvorrichtung 300 kann als ein Beispiel des Ausrichters dienen, in dem der Prozess der FIGUREN 11A-11H verwendet wird. Wie dies in Fig. 12 gezeigt ist, kann die Ausrichtungsvorrichtung 300 des Weiteren Folgendes aufweisen: einen Abstandshalter-Laschenschlitten 360 mit pneumatischer z-Achse, eine statische Stützbrücke 365, einen Stützrahmen 390, das obere Substratspannfutter 320, das untere Substratspannfutter 330 und die WEC-Abstandshalter-Laschenmechanismen 380, die auch in US-Patent 8,139,219 mit dem Titel „APPARATUS AND METHOD FOR SEMICONDUCTOR WAFER ALIGNMENT“ beschrieben sind, das denselben Inhaber hat und dessen Inhalt hiermit ausdrücklich durch Bezugnahme in den vorliegenden Text aufgenommen wird.

FIGUREN 13A-13H zeigen schematisch Querschnittsansichten der Schritte des Ladens eines aufeinander ausgerichteten Waferpaares in einen Bonder mit dem Endeffektor von FIG. 4 gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Eine der Verarbeitungsstationen, wo die aufeinander ausgerichteten Wafer 20, 30 mit dem Roboterarm 80 und dem Endeffektor 100 transportiert und geladen werden können, ist ein Bonder 400. FIG. 13A veranschaulicht den Bonder 400 in einem Leerlaufzustand, bevor die Wafer in die

Bonderkammer 410 eingebracht werden. Der Bonder 400 weist ein unteres Spannfutter 430 und ein oberes Spannfutter 420 auf, die unter und über der Bonderkammer 410 positioniert sind und die beide in der Lage sind, einen erwärmten Zustand beizubehalten, um die Wafer zu bonden. Eines oder beide des oberen und des unteren Spannfutters 420, 430 können vertikal entlang der z-Achse beweglich sein. In vielen Bauformen des Bonders 400 ist nur eines der Spannfutter beweglich, während das andere stationär bleibt. Bonder-Abstandshalter 138a sind in dem Bonder 400 enthalten und können an der unteren Stufe des Bonders 400 dergestalt angebracht sein, dass sich die Bonder-Abstandshalter-Lasche 138a vertikal mit dem unteren Spannfutter 430 bewegt, wodurch eine konstante relative Position zu dem unteren Spannfutter 430 beibehalten wird. Obgleich jede der Figuren zur besseren Übersichtlichkeit der Offenbarung allgemein nur eine einzige Bonder-Abstandshalter-Lasche 138a veranschaulicht, ist anzumerken, dass auch drei oder mehr Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a, 138b, 183c (FIG. 7) in dem Bonder 400 verwendet werden können, dergestalt, dass die gleichen oder ähnliche Funktionen an drei oder mehr Punkten in dem Bonder gleichzeitig oder zu verschiedenen, aber zuvor festgelegten Zeiten stattfinden.

Der Bondungsprozess unter Verwendung des Endeffektors 100 unterscheidet sich erheblich von dem Bondungsprozess unter Verwendung der herkömmlichen Transportspannvorrichtungen. Herkömmliche Transportspannvorrichtungen transportieren aufeinander ausgerichtete Wafer in eine Bondungsvorrichtung und müssen während der gesamten Dauer des Bondungsprozesses in der Bondungsvorrichtung verbleiben. Im Gegensatz dazu erlaubt der Endeffektor 100 der vorliegenden Offenbarung das Transportieren von aufeinander ausgerichteten Wafern in eine Bondungsvorrichtung und wird dann vor dem Bondungsprozess aus der Bondungskammer gezogen. Dementsprechend wird der Endeffektor 100 nur eine kurze Zeit den Leerlauftemperaturen in den Bondungsvorrichtungen ausgesetzt, z. B. ungefähr 300 °C, anstatt stundenlang den 500 °C, denen herkömmliche Transportspannvorrichtungen ausgesetzt sind. Infolge dessen wirken auf den Endeffektor 100 weniger mechanische und thermische Belastungen, und er erfordert weniger Wartung, wodurch die Effizienz gesteigert wird und die Kosten gesenkt werden.

Allgemein ausgedrückt wird das Bonden gemäß dieser Offenbarung teilweise unter Verwendung von Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a bewirkt, die zwischen die Wafer geschoben werden, wodurch die Endeffektor-Abstandshalter-Laschen 136a, 136b und 136c entfernt werden können und der gesamte Endeffektor 100 aus der Bondungskammer gezogen werden kann. Die aufeinander ausgerichteten und voneinander beabstandeten Wafer werden dann mit Stiften 455a, 455b und 455c gepinnt, und dann wird eine Bondungskraft an die gepinnten Wafer 20, 30 angelegt. Nachdem das Bonden vollendet ist,

kann der Endeffektor 100 dafür verwendet werden, die gebondeten Wafer aus der Bondungsvorrichtung zu entfernen.

Weitere Details des Prozesses zum Laden des aufeinander ausgerichteten Paares von Wafern 20, 30 in den Bonder 400 mit dem Endeffektor 100 werden in Bezug auf die FIGUREN 13B-13H offenbart. Wenden wir uns zuerst FIG. 13B zu, wo aufeinander ausgerichtete und festgeklemmte Wafer 20 und 30 durch den Endeffektor 100 getragen werden und in die Bonderkammer 410 eingebracht werden. In dieser Bonderausgestaltung ist das obere Spannfutter 420 fixiert, und das untere Spannfutter 430 ist entlang der Richtung 425 über den z-Antrieb 450 beweglich; aber es ist anzumerken, dass der Bonder 400 jede Ausgestaltung aus beweglichen und fixierten Spannfuttern haben kann. Wie dies zuvor erwähnt wurde, hält der Endeffektor die Ränder 20e, 30e der Wafer 20, 30 mit Klemmanordnungen 130a, 130b und 130c, und Wafer 20, 30 werden in die Bonderkammer 410 entlang der Richtung 99 eingebracht, so dass die Ränder 20e, 30e von der Beschickungsseite des Bonders 400 hervorstehen, wie dies in Fig. 13B gezeigt ist. In diesem Ausgangszustand steht der schwimmende Träger 120 in Kontakt mit dem Rahmenelement, 110 und Waferränder 20e, 30e sind festgeklemmt.

Als Nächstes wird, wie dies in Fig. 13C gezeigt ist, der schwimmende Träger 120 mit den festgeklemmten Wafern 20, 30 von dem Rahmenelement 110 entkoppelt, dergestalt, dass er sich abwärts entlang der Richtung 90b bewegt, und Wafer 20, 30 werden auf dem unteren Spannfutter 430 so angeordnet, dass die Unterseite des Wafers 30 in Kontakt mit der Oberseite des unteren Spannfutters 430 steht. In einer von vielen Alternativen könnte sich der schwimmende Träger 120 mit den festgeklemmten Wafern 20, 30 aufwärts entlang der Richtung 90a bewegen, und Wafer 20, 30 werden an der Unterseite des oberen Spannfutters 420 dergestalt angeordnet, dass die Oberseite des Wafers 20 in Kontakt mit der Unterseite des oberen Spannfutters 420 steht. Wie dies gezeigt ist, kann das untere Spannfutter 430 einen oder mehrere Ausschnitte 432 entlang Abschnitten des Umfangsrandes des unteren Spannfutters 430 haben, die genügend Spiel lassen, damit der Endeffektor 100 die Wafer 20, 30 in den Bonder 400 einsetzen kann, z. B. so, dass die äußeren Ränder der Wafer 20, 30 im Wesentlichen auf den Umfangsrand der oberen und unteren Spannfutter 420, 430 ausgerichtet werden können. Als Nächstes werden ein oder mehrere Stifte 455a an einer oder mehreren Stellen in Kontakt mit der Oberseite des Wafers 20 gebracht, während die Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a in einer Position zwischen den Wafern 20, 30 bleibt, wie dies in Fig. 13D gezeigt ist.

In der Industrie ist es wünschenswert, Wafer so effizient wie möglich zu bonden, um die Produktion zu steigern. Eine Technik zum Steigern der Produktion von gebondeten

Waferpaaren ist, eine hohe Temperatur in dem Bonder 400 selbst dann aufrecht zu erhalten, wenn er nicht aktiv Wafer bondet, wodurch die Zeit verkürzt wird, die erforderlich ist, damit der Bonder 400 für jeden Zyklus die Betriebstemperatur erreicht. Jedoch kann das Einbringen von aufeinander ausgerichteten Wafern in einen bereits erwärmten Bonder 400, z. B. in der Größenordnung von 400 °C, die Ausrichtung der Wafer 20, 30 beeinträchtigen. Werden die Wafer 20, 30 dieser Art von erwärmter Umgebung ausgesetzt, so kann es beispielsweise passieren, dass sich die Wafer 20, 30 radial ausdehnen, weshalb es wünschenswert ist, die Wafer 20, 30 so rasch und genau wie möglich zusammenzupinnen. Obgleich die Wafer 20, 30 an verschiedenen Stellen gepinnt werden können, kann es bevorzugt sein, die Wafer 20, 30 an ihrem Mittelpunkt anstatt entlang ihres radialen Randes zusammenzupinnen, wodurch Situationen vermieden werden, wo die Wärmeausdehnung der Wafer 20, 30 von einem Versatzpunkt aus eine Fehlausrichtung verursacht. In den FIGUREN 13D-13F ist ein Stift 455a gezeigt, der sich in einer Mitte der Wafer 20, 30 befindet, aber die Anzahl der Stifte 455a und die Stellen dieser Stifte können variieren, wie dies in Bezug auf die FIGUREN 15A-15C besprochen wird.

Dann werden, wie dies in Fig. 13E gezeigt ist, während die Wafer 20, 30 mit dem einen oder den mehreren Stiften 455a gehalten werden, eine oder mehrere der Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a, die nahe den Randabschnitten der Wafer 20, 30 positioniert sind, zwischen die Wafer 20, 30 entlang der Richtung 411b geschoben. Die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a können dünner als die Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a sein, weshalb sie zwischen die Wafer 20, 30 eingefügt werden, die um die Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a herum festgeklemmt sind. In einem Beispiel können die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a ungefähr 100 µm groß sein, während die Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a ungefähr 200 µm groß sein kann.

Als Nächstes werden die Klemmen 132a, 132b, 132c gelöst, woraufhin sie sich von dem Rand 30e der Unterseite des Wafers 30 lösen, wie dies in Fig. 13F gezeigt ist. Es ist anzumerken, dass die Klemmen gemäß zuvor festgelegten Routinen entfernt werden können, wie zum Beispiel gemeinsam, nacheinander oder einer Kombination davon. Nach dem Lösen der Klemmen 132a, 132b und 132c wird die Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a aus dem Raum zwischen den zwei Wafern 20, 30 entlang der Richtungen 92b entfernt, wie dies in Fig. 13G gezeigt ist. Die drei oder mehr Bondungsabstandshalter-Laschen 138a bleiben in einer Position zwischen den Wafern 20, 30 entlang des Umfangsrandes der Wafer 20, 30. Üblicherweise sind die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a nahe den Stellen der Endeffektor-Abstandshalter-Lasche 136a entlang des Umfangsrandes der Wafer 20, 30 positioniert, wie dies in Fig. 9 gezeigt ist. Nachdem die Endeffektor-Abstandshalter-Laschen

136a entfernt wurden, kann immer noch ein beabstandeter Spalt zwischen den Wafern 20, 30 vorhanden sein, wie dies in den FIGUREN 13G-13H gezeigt ist, da die in der Nähe befindliche Bonder-Abstandshalter-Lasche zwischen den Wafern 20, 30 verbleibt.

Schließlich bewegt sich der Endeffektor 100 entlang der Richtung 97a aufwärts, bis sich die Saugnäpfe 122a, 122b, 122c von der Oberseite des Randes 20e des Wafers 20 lösen, wodurch die gepinnten Wafer 20, 30 auf dem unteren Spannfutter 430 zurückbleiben, wie dies in Fig. 13H gezeigt ist. Auf dieser Stufe wird der Endeffektor 100 vollständig aus dem Bonder 400 herausgezogen, wie dies in Fig. 13I gezeigt ist, und die Waferbondung kann beginnen. In den Anfangsphasen des Waferbondungsprozesses werden die Wafer 20, 30 um die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a herum miteinander verbondet. Vor dem Anlegen von Kraft werden die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a entfernt. Nach Vollendung des Bondungsprozesses wird das gebondete Waferpaar 20, 30 mit dem Endeffektor 100 aus dem Bonder 400 geholt.

FIG. 14 zeigt einen Bonder gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung, der dafür positioniert ist, den Endeffektor von FIG. 4 zu empfangen. Genauer gesagt, kann der Bonder 400 von FIG. 14 unterschiedlich konstruierte fixierte und bewegliche Komponenten haben. In den FIGUREN 13A-13H ist der Bonder 400 dergestalt konstruiert, dass das obere Spannfutter 420 fixiert ist und das untere Spannfutter 430 entlang der z-Achse beweglich ist. Bei der Bauweise des in Fig. 14 gezeigten Bonders 400 ist das untere Spannfutter 430 fixiert, und das obere Spannfutter 420 bewegt sich entlang der Richtung 426, bis die Unterseite des oberen Spannfutters 420 die Oberseite des oberen Wafers kontaktiert. Alle Variationen der Bewegung des oberen und/oder unteren Spannfutters 420, 430 eines Bonders 400 können mit den Vorrichtungen, dem System und den Verfahren dieser Offenbarung verwendet werden.

Die FIGUREN 15A-15C veranschaulichen Variationen bei den in einem Bonder verwendeten Stiften. FIG. 15A zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels eines einzelnen Mittenstifts gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. FIG. 15B zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels eines Mittenstifts und eines außermittigen Verdrehsicherungsstifts gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. FIG. 15C zeigt eine schematische Ansicht des Pinnens zweier Wafer mittels dreier umfänglich verlaufender Stifte gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies in den FIGUREN 15A-15C zusammen zu sehen ist, können ein oder mehrere der Stifte 455a, 455b, 455c an einer oder mehreren verschiedenen Stellen in Kontakt mit der Oberseite des Wafers 20 gebracht werden. Es kann bevorzugt sein, einen einzelnen Stift 455a zu verwenden, der in der Mitte

der Wafer 20, 30 positioniert ist, wie dies in Fig. 15A gezeigt ist. Die Verwendung eines einzelnen Stiftes 455a in der Mitte kann es den Wafern 20, 30 gestatten, sich ohne Erleiden von Fehlansichtungen thermisch auszudehnen.

In einer Alternative können die Wafer 20, 30 mit zwei Stiften 455a, 455b gepinnt werden, wie dies in Fig. 15B gezeigt ist. Hier ist der Stift 455a ein Mittenstift, und der Stift 455b ist ein Verdrehsicherungsstift, dergestalt, dass der Stift 455b eine Drehung der Wafer 20, 30 verhindert. Bei dieser Bauweise kann der Mittenstift 455a eine größere Pinn-Kraft an die Wafer 20, 30 anlegen als der Verdrehsicherungsstift 455b. Darüber hinaus kann der außermittige Stift 455b radial nachgeben, d. h. er kann entlang eines Radius der Wafer 20, 30 beweglich sein, um eine Wärmeausdehnung der Wafer aufzunehmen. In einer in Fig. 15C gezeigten weiteren Alternative können drei Stifte 455a, 455b, 455c verwendet werden, die am Umfangsrand der Wafer 20, 30 angeordnet sind, wie zum Beispiel nahe einer jeden der Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a. Sie können im Wesentlichen gleichmäßig entlang des Umfangsrandes der Wafer 20, 30 beabstandet sein, wie zum Beispiel in Abständen von 120 Grad voneinander. Es ist ebenfalls möglich, eine Kombination dieser Ausgestaltungen oder andere Stiftausgestaltungen, die nicht ausdrücklich gezeigt sind, zu verwenden. Zum Beispiel kann es wünschenswert sein, den Mittenstift von FIG. 15A mit den drei Umfangsrandstiften von FIG. 15C zu verwenden.

FIG. 16 ist ein Schaubild eines beispielhaften Waferbonders gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies in Fig. 16 gezeigt ist, weist der Bonder 400 des Weiteren einen Druckkopf 460 mit Membrankraft und Motorpositionierung, einen Bondungskopf 470 mit Druckplatte und oberen Stiften 455, einen Bonder-Abstandshalter-Laschenmechanismus 480, eine untere Heizvorrichtung 490 mit Sandwichplatte und Reinigungsstrukturelementen und eine statische z-Achsen-Stützsäule 495 auf. Diese und andere Komponenten des Bonders 400 sind im US-Patent 7,948,034 mit dem Titel „APPARATUS AND METHOD FOR SEMICONDUCTOR BONDING“ beschrieben, das denselben Inhaber hat und dessen Inhalt hiermit ausdrücklich durch Bezugnahme in den vorliegenden Text aufgenommen wird.

FIG. 17 ist ein Schaubild eines beispielhaften Bonder-Abstandshalter-Laschenmechanismus 480, der mit einem Waferbonder 400 verwendet wird, gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies in den FIGUREN 16-17 zu sehen ist, kann der Bonder-Abstandshalter-Laschenmechanismus 480 dafür verwendet werden, die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a, 138b, 138c (in Fig. 7 gezeigt) zwischen eingeschobenen und zurückgezogenen Positionen zwischen aufeinander ausgerichteten Waferpaaren zu bewegen. In einem Beispiel kann der Bonder-Abstandshalter-

Laschenmechanismus 480 einen pneumatischen Kolben 482 haben, der an einem Ring 484 montiert ist, der um die z-Achsensäule 495 herum und unter der unteren Heizvorrichtung 490 positioniert ist. Der pneumatische Kolben 482 trägt eine Auflage 486, welche die Bonder-Abstandshalter-Lasche 138a stützt. Wenn der pneumatische Kolben 482 aktiviert wird, so ist er zu der und von der Mitte des Bondungsfeldes in einer radialen Richtung beweglich. Die Bewegung der Bonder-Abstandshalter-Lasche 138a kann durch eine Schiene 488 geführt werden, auf der die Auflage 486 gleiten kann. Diese Strukturen können den Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a radiale Nachgiebigkeit verleihen, wodurch sich die Bonder-Abstandshalter-Laschen 138a in einer radialen Richtung mit den Wafern 20, 30 bewegen können, wenn sich die Wafer unter der Wärme ausdehnen. Es können noch weitere mechanische und elektromechanische Vorrichtungen über pneumatisch gesteuerte Vorrichtungen hinaus verwendet werden, um die Bonder-Abstandshalter-Lasche 138a zu bewegen.

Herkömmliche Bondungsvorrichtungen haben einen oder mehrere Stifte zum Zusammendrücken der Wafer verwendet, aber diese Vorrichtungen bieten nur eine begrenzte Kraftkontrolle über den Stift. In einem Beispiel hatte ein herkömmlicher Stift eine einzige Kraft, die durch eine Kompressionsfeder oder ähnliche Vorrichtung erzeugt wurde, die nur einen konstanten Druck auf die Wafer ausüben konnte. Infolge dessen wurde, wenn das obere und das untere Spannfutter die Wafer zusammendrückten, auf die Fläche der Wafer, die auf den Stift ausgerichtet waren, weniger Druck ausgeübt als auf die Flächen des Wafers, die durch die Spannfutter kontaktiert wurden, was einen hohen mechanischen Ausbeuteverlust an dem Abschnitt des Wafers in Kontakt mit dem Stift verursachte. Gleichzeitig verursachte die geringere Wärmeleitfähigkeit des herkömmlichen Stiftes einen hohen thermischen Ausbeuteverlust an dem Abschnitt des Wafers, der auf den Stift ausgerichtet war. Wenn diese Probleme mit der Tatsache kombiniert wird, dass herkömmliche Stifte größere Durchmesser und einen großen Umfangspalt haben, gewöhnlich ungefähr 12 mm–14 mm, so addieren sich hohe mechanische und thermische Ausbeuteverluste zu einer erheblichen Ineffizienz der Waferbondung.

Um diese Probleme zu überwinden, zieht die vorliegende Offenbarung einen Stift 455a in Betracht, der sowohl die mechanischen Ausbeuteverluste als auch die thermischen Ausbeuteverluste verringert. Zu diesem Zweck sind die FIGUREN 18A-18B Schaubilder eines Beispiels eines Stiftes 455a gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform dieser Offenbarung. Wie dies gezeigt ist, kann sich der Stift 455a durch das obere Spannfutter 420 der Bondungsvorrichtung erstrecken, dergestalt, dass er in den Bereich der Bonderkammer 410 hineinbewegt werden kann, wo die Wafer (nicht gezeigt) zur Bondung positioniert sein

würden. In einem Beispiel kann der Stift 455a einen Durchmesser von 5 mm haben und innerhalb einer 6 mm-Bohrung innerhalb des oberen Spannfutters 420 positioniert sein, um dem Stift 455a ungefähr 0,50 mm Spiel zum oberen Spannfutter 420 zu geben. Im Vergleich zu Stiften des Standes der Technik mit einem Stift- und Spaltdurchmesser von ungefähr 12 mm–14 mm kann der Stift 455a mit einem Durchmesser von 6 mm mit Spalt die hohen mechanischen Ausbeuteverluste deutlich reduzieren. Darüber hinaus kann der Stift 455a im Gegensatz zu herkömmlichen Stiften, die eine Kompressionsfeder verwenden, um die mechanische Kraft bereitzustellen, einen pneumatischen Aktuator zum Kontrollieren der Kraft des Stiftes 455a auf die Wafer verwenden. Infolge dessen kann der durch den Stift 455a ausgeübte Druck so gewählt werden, dass er im Wesentlichen mit der Druckkraft der Spannfutter übereinstimmt, wodurch der mechanische Ausbeuteverlust weiter verringert wird.

Der Stift 455a kann aus Titan, Keramik, wie zum Beispiel Siliziumnitridkeramik, oder sonstigen Materialien hergestellt werden und kann einen Mittenstift 502 aufweisen, der von einem unteren Rohr oder einer unteren Hülse 504 umgeben ist, das bzw. die entlang eines unteren Abschnitts des Stiftes 455a positioniert ist, und von einem oberen Rohr oder einer oberen Hülse 505 umgeben ist, das bzw. die eine dünne Wand aufweist und entlang eines oberen Abschnitts des Stiftes 455a positioniert ist. Die untere Hülse 504 und die obere Hülse 505 können an einer Verbindungsstelle nahe dem Mittenstift 502 miteinander verbunden sein, wie zum Beispiel durch Schweißen oder eine sonstige Technik. Der Mittenstift 502 kann eine Stiftspitze 506 aufweisen, die flach ist. Die obere Hülse 505 kann aktiv durch das umgebende Spannfutter 420 und/oder einen Heizstift 532 erwärmt werden, der an einer Heizvorrichtung 526 anliegt, die über dem Spannfutter 420 positioniert ist, wie dies in Bezug auf FIG. 18B näher ausgeführt wird, und der Mittenstift 502 kann ebenfalls durch das umgebende Spannfutter 420 erwärmt werden. Darüber hinaus es ist möglich, Komponenten des Stiftes 455a mit einem Widerstandsheizelement zu erwärmen, das mit den Strukturen des Stiftes 455a verbunden ist. In einigen Bauformen können sowohl passives Erwärmen des Spannfutters 420 als auch aktives Erwärmen eines Widerstandselements dafür verwendet werden, die verschiedenen Komponenten des Stiftes 455a zu erwärmen.

Der Stift 455a kann nahe der Spitze radial nachgeben, so dass er vorbelastet wird, um seine obere Mitte auf  $\pm 0,5$  mm zu zentrieren, was eine Positionierung der Stiftspitze 506 erlaubt. Durch das Vorbelasten des Stiftes 455a kann der Stift 455a eine natürliche, zentrierte Position einnehmen, wenn er betätigt wird, aber es erlaubt es dem Stift 455a auch, unter einer Kraft radial nachzugeben. Infolge dessen kann der Stift 455a das Einwirken einer normalen Kraft auf den Wafer aufrecht erhalten.

Eine weitere Mechanik des Stiftes 455a ist ausführlich in FIG. 18B gezeigt. Der Stift 455a ist innerhalb eines mittigen Gehäuses 510, das eine Mittenstiftbuchse 512 aufweist, im Wesentlichen zentriert positioniert, wobei diese Mittenstiftbuchse 512 auch als eine PEEK-Buchse bekannt ist, die selbst eine Buchse mit einem kurzen Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis 514 aufweist, die dafür verwendet wird, den Stift 455a zu positionieren. Die Mittenstiftbuchse 512 sorgt für eine elektrische Isolierung des Stiftes 455a gegen die umgebende Mechanik des Bonders 400, was für anodische Bondungsprozesse wichtig ist, wo signifikant hohe Spannungen verwendet werden können, um die Wafer zu bonden. Der Kammerdeckel 516 und eine Kraftreaktionsplatte aus Stahl 518 sind ebenfalls so positioniert, dass sie die Mittenstiftbuchse 512 umgeben. In Richtung eines unteren Endes der Mittenstiftbuchse 512 wirkt eine Vorbelastung mit geringer Kraft, um den radialen nachgebenden O-Ring 520 zu zentrieren, der aus Silikon oder ähnlichen Materialien hergestellt sein kann. Der O-Ring 520 erlaubt es dem Mittenstift 502 und dem umgebenden Rohr 504, sich radial innerhalb des Bonders 400 zu bewegen. Ein Kühlflansch aus Aluminium 522 ist unterhalb der Kraftreaktionsplatte 518 positioniert, und ein Wärmeisolierelement 524 ist unterhalb des Kühlflansches 522 positioniert, um die Heizvorrichtung 526 thermisch zu isolieren.

Im Inneren des Kühlflansches 522 befindet sich eine Buchse 528, die einen Abschnitt des Mittenstiftes 502 umgibt. Die Buchse 528 und das Wärmeisolierelement 524 können aus Lithium-Aluminosilikatglas-Keramik, wie zum Beispiel aus einer, die unter dem Handelsnamen ZERODUR® vertrieben wird, oder einem ähnlichem Material hergestellt werden. Die Buchse 528 kann Einsatzhohlräume 530 auf jeder Seite haben, die als Überlappungsstrukturelemente dienen, um eine elektrische Isolierung mit einem luftarmen Dielektrikum in einem Vakuum bereitzustellen. Unterhalb der Buchse 528 und um den unteren Rand des Mittenstiftes 502 und des Rohres 504 herum ist ein Heizstift 532 positioniert. Der Heizstift 532 kann aus Siliziumnitrid gebildet werden und kann mit dem unteren Einsatzhohlraum 530 der Buchse 528 im Eingriff stehen. Der Heizstift 532 kann ebenfalls mit dem Mittenstift 502 und dem Rohr 504 entlang der Dicke der Heizvorrichtung 526 und mindestens einem Abschnitt des oberen Spannfutters 420 verbunden sein. Die Positionierung des Heizstiftes 532 in direktem Kontakt mit der Heizvorrichtung 526 sowie das Material, das zum Bilden des Heizstiftes 532 verwendet wird, können eine effiziente Wärmeübertragung von der Heizvorrichtung 526 durch den Heizstift 532 und zu dem Mittenstift 502 und dem Rohr 504 ermöglichen. Dadurch können der Mittenstift 502 und das Rohr 504 eine Temperatur haben, die im Wesentlichen mit der Temperatur des oberen Spannfutters 420 übereinstimmt, da alle Strukturen so positioniert sind, dass sie in ausreichendem Maße die Wärme von der Heizvorrichtung 526 zu den Abschnitten der Wafer, die sie berühren, übertragen können. Dementsprechend kann der

thermische Ausbeuteverlust, dem herkömmlichen Stifte unterliegen, signifikant verringert werden. Das Erhöhen der thermischen Konnektivität des Stiftes 455a bei gleichzeitiger Möglichkeit des Kontrollierens einer Einwirkungskraft auf den Stift 455a kann die Bondung der Wafer gegenüber derjenigen verbessern, die zuvor im Stand der Technik erreicht wurde.

FIG. 19 ist ein Flussdiagramm 600, das ein Verfahren zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Wafer in einer Bondungsvorrichtung gemäß der ersten beispielhaften Ausführungsform der Offenbarung veranschaulicht. Es ist anzumerken, dass alle Prozessbeschreibungen oder Blöcke in Flussdiagrammen so zu verstehen sind, dass sie Module, Segmente, Abschnitte von Code oder Schritte darstellen, die eine oder mehrere Anweisungen zum Implementieren spezieller logischer Funktionen in dem Prozess enthalten; und es sind auch alternative Implementierungen innerhalb des Schutzzumfangs der vorliegenden Offenbarung enthalten, in denen Funktionen, in Abhängigkeit von der involvierten Funktionalität, in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden können als derjenigen, die gezeigt oder besprochen wurde, einschließlich im Wesentlichen gleichzeitig oder in umgekehrter Reihenfolge, so wie der einschlägig bewanderte Durchschnittsfachmann es verstehen würde.

Wie dies durch Block 602 gezeigt ist, werden Wafer in beabstandeter Ausrichtung mit einem Endeffektor gesichert, der ein Rahmenelement und einen schwimmenden Träger aufweist, der beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist. Ein Roboter wird verwendet, um den Endeffektor zu bewegen, wodurch die Wafer in eine Bondungskammer eines Bonders bewegt werden (Block 604). Die Wafer werden aus dem Endeffektor entladen (Block 606). Der Endeffektor wird aus der Bondungskammer herausgezogen (Block 608). Die Wafer werden gebondet (Block 610). Das Verfahren kann des Weiteren jegliche der Schritte, Prozesse oder Funktionen enthalten, die in Bezug auf jede Figur dieser Offenbarung offenbart sind.

Es ist zu betonen, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen der vorliegenden Offenbarung, insbesondere alle „bevorzugten“ Ausführungsformen, lediglich mögliche Beispiele von Implementierungen sind, die lediglich zum Zweck eines klaren Verständnisses der Prinzipien der Offenbarung dargelegt sind. Viele Variationen und Abwandlungen können an der oder den oben beschriebenen Ausführungsformen der Offenbarung vorgenommen werden, ohne wesentlich vom Wesen und den Prinzipien der Offenbarung abzuweichen. Es ist beabsichtigt, dass alle derartigen Abwandlungen und Variationen unter den Schutzzumfang dieser Offenbarung fallen und durch die folgenden Ansprüche geschützt sind.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Endeffektorvorrichtung zur Handhabung von Wafern, die Folgendes umfasst:

ein Rahmenelement;

einen schwimmenden Träger, der mit dem Rahmenelement, mit einem dazwischen ausgebildeten Spalt, verbunden ist, wobei der schwimmende Träger einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand hat; und

mehrere Saugnäpfe, die mit dem schwimmenden Träger verbunden sind, wobei sich jeder der mehreren Saugnäpfe einwärts des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes des schwimmenden Trägers erstreckt.

2. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die mehreren Saugnäpfe beweglich mit dem schwimmenden Träger verbunden sind und entlang des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes radial einstellbar sind.

3. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist und entlang einer Achse des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes einstellbar ist, wobei eine Größe des Spalts justierbar ist.

4. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 3, wobei mehrere Begrenzungsstrukturelemente den schwimmenden Träger lose mit dem Rahmenelement koppeln.

5. Endeffektorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die des Weiteren mehrere Klemme-Abstandshalter-Anordnungen umfasst, die mit mindestens einem des Rahmenelements und des schwimmenden Trägers verbunden sind, wobei jede der Klemme-Abstandshalter-Anordnungen mindestens eine Abstandshalter-Lasche und mindestens eine mechanische Klemme aufweist.

6. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 5, wobei die mehreren Klemme-Abstandshalter-Anordnungen im Wesentlichen gleichmäßig entlang des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes des schwimmenden Trägers beabstandet sind.

7. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 5 oder Anspruch 6, wobei die mindestens eine mechanische Klemme unter einer Unterseite des schwimmenden Trägers positioniert ist.

8. Endeffektorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, die des Weiteren einen Zentrierungsmechanismus umfasst, der lösbar mit dem Rahmenelement und dem

schwimmenden Träger in Eingriff gebracht werden kann, wobei der Zentrierungsmechanismus eine Positionsänderung des schwimmenden Trägers relativ zu dem Rahmenelement verhindert.

9. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 8, wobei der Zentrierungsmechanismus des Weiteren einen Stift umfasst, der zwischen einem ersten Loch innerhalb des Rahmenelements und einem zweiten Loch innerhalb des schwimmenden Trägers lösbar in Eingriff genommen werden kann, wobei die Eingriffnahme des Stiftes in dem ersten und dem zweiten Loch den schwimmenden Träger auf das Rahmenelement entlang einer Richtung einer Achse des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes des schwimmenden Trägers ausrichtet.

10. Endeffektorvorrichtung nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, wobei der Zentrierungsmechanismus des Weiteren eine mechanische Klemme umfasst.

11. Endeffektorvorrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 10, wobei der Zentrierungsmechanismus des Weiteren eine Vakuumklemme umfasst.

12. Endeffektorvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Endeffektor innerhalb einer Laser-Vorbondungsvorrichtung während eines Laser-Vorbondungsprozesses verwendet wird.

13. System zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Waferpaare in einer Verarbeitungsvorrichtung, wobei das System Folgendes umfasst:

einen Endeffektor mit einem Rahmenelement und einem schwimmenden Träger zum Transportieren von Wafern in beabstandeter Ausrichtung, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist;

einen Roboterarm, der mit dem Endeffektor verbunden ist; und

eine Verarbeitungsvorrichtung mit einer Verarbeitungskammer, wobei das Rahmenelement und der schwimmende Träger innerhalb der Verarbeitungskammer positioniert sind, und wobei der schwimmende Träger von dem Rahmenelement entkoppelt ist.

14. System nach Anspruch 13, wobei der schwimmende Träger einen halbkreisförmigen Innenumfangsrand hat.

15. System nach Anspruch 14, wobei mehrere Saugnäpfe mit dem schwimmenden Träger verbunden sind, wobei sich jeder der mehreren Saugnäpfe einwärts des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes des schwimmenden Trägers erstreckt.

16. System nach Anspruch 15, wobei die mehreren Saugnäpfe beweglich mit dem schwimmenden Träger verbunden sind und entlang des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes radial einstellbar sind.

17. System nach einem der Ansprüche 14 bis 16, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist und entlang einer Achse des halbkreisförmigen Innenumfangsrandes einstellbar ist, wobei eine Größe eines Spalts, der zwischen dem Rahmenelement und dem schwimmenden Träger gebildet wird, einstellbar ist.

18. System nach einem der Ansprüche 13 bis 17, wobei mehrere Begrenzungsstrukturelemente den schwimmenden Träger lose mit dem Rahmenelement koppeln.

19. System nach einem der Ansprüche 13 bis 18, das des Weiteren mehrere Klemme-Abstandshalter-Anordnungen umfasst, die mit mindestens einem des Rahmenelements und des schwimmenden Trägers verbunden sind, wobei jede der Klemme-Abstandshalter-Anordnungen mindestens eine Abstandshalter-Lasche und mindestens eine mechanische Klemme aufweist.

20. System nach Anspruch 19, wobei die mindestens eine mechanische Klemme unter einer Unterseite des schwimmenden Trägers positioniert ist.

21. System nach einem der Ansprüche 13 bis 20, wobei die Verarbeitungsvorrichtung des Weiteren einen Bonder umfasst, der ein oberes Spannfutter, ein unteres Spannfutter und eine Bondungskammer, die dazwischen ausgebildet ist, umfasst, wobei das Rahmenelement von dem schwimmenden Träger entkoppelt ist, während es innerhalb der Bondungskammer positioniert ist.

22. System nach Anspruch 21, wobei der Bonder des Weiteren mehrere Bonder-Abstandshalter-Laschen umfasst, die nahe den der Bondungskammer positioniert sind, wobei die mehreren Bonder-Abstandshalter-Laschen zwischen die Wafer in beabstandeter Ausrichtung eingeschoben werden können.

23. System nach Anspruch 22, wobei die mehreren Bonder-Abstandshalter-Laschen beweglich sind, wobei ein Bonder-Abstandshalter-Laschenmechanismus nahe mindestens einem des oberen und des unteren Spannfutters positioniert ist.

24. System nach einem der Ansprüche 21 bis 23, wobei der Bonder des Weiteren einen Kompressionsstift umfasst, der mit den Wafern in beabstandeter Ausrichtung innerhalb der Bondungskammer in Eingriff genommen werden kann, wobei eine Kompressionskraft des Kompressionsstiftes einstellbar ist.

25. System nach Anspruch 24, wobei der Kompressionsstift einen Durchmesser von weniger als 6 mm hat.

26. System nach Anspruch 24 oder Anspruch 25, wobei die Kompressionskraft des Kompressionsstiftes mit einer pneumatischen Steuerungsvorrichtung einstellbar ist.

27. System nach einem der Ansprüche 24 bis 26, wobei die Kompressionskraft des Kompressionsstiftes im Wesentlichen mit einem Kompressionsdruck übereinstimmt, der zwischen dem oberen und dem unteren Spannfutter angelegt wird.

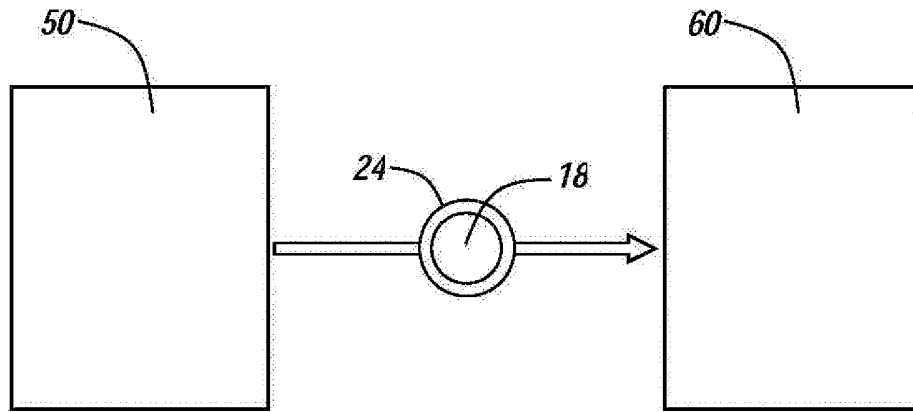
28. System nach einem der Ansprüche 24 bis 27, wobei eine Temperatur des Kompressionsstiftes im Wesentlichen mit einer Temperatur von mindestens einem des oberen und des unteren Spannfutters während eines Bondungsprozesses übereinstimmt.

29. System zum Anordnen aufeinander ausgerichteter Waferpaare in einer Verarbeitungsvorrichtung, wobei das System Folgendes umfasst:

einen Endeffektor mit einem Rahmenelement und einem schwimmenden Träger, wobei der schwimmende Träger beweglich mit dem Rahmenelement verbunden ist, und wobei mehrere Klemme-Abstandshalter-Anordnungen mit dem Rahmenelement und/oder mit dem schwimmenden Träger verbunden sind, um Wafer in beabstandeter Ausrichtung zu tragen;

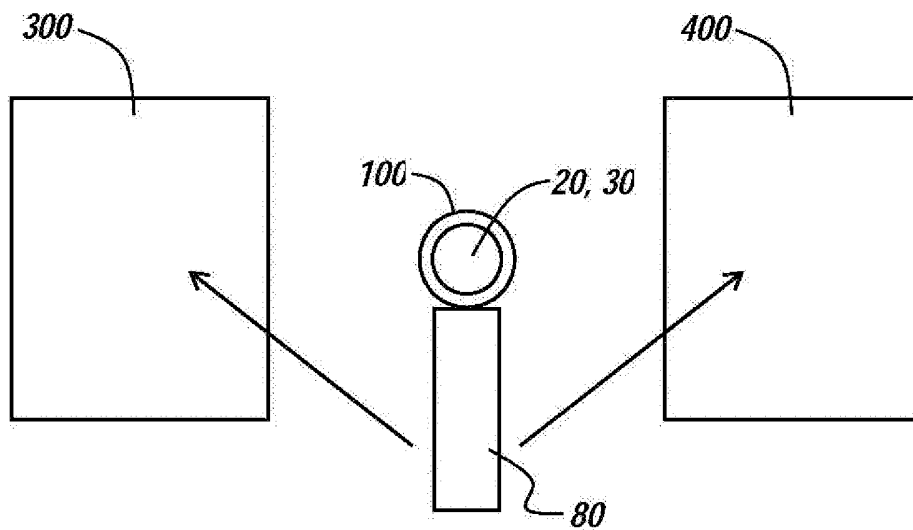
einen Roboterarm, der mit dem Endeffektor verbunden ist; und

eine Bondungsvorrichtung mit einer Bondungskammer, wobei das Rahmenelement und der schwimmende Träger vor einem Bondungsprozess innerhalb der Bondungskammer positioniert werden und während des Bondungsprozesses aus der Bondungskammer herausgenommen werden.

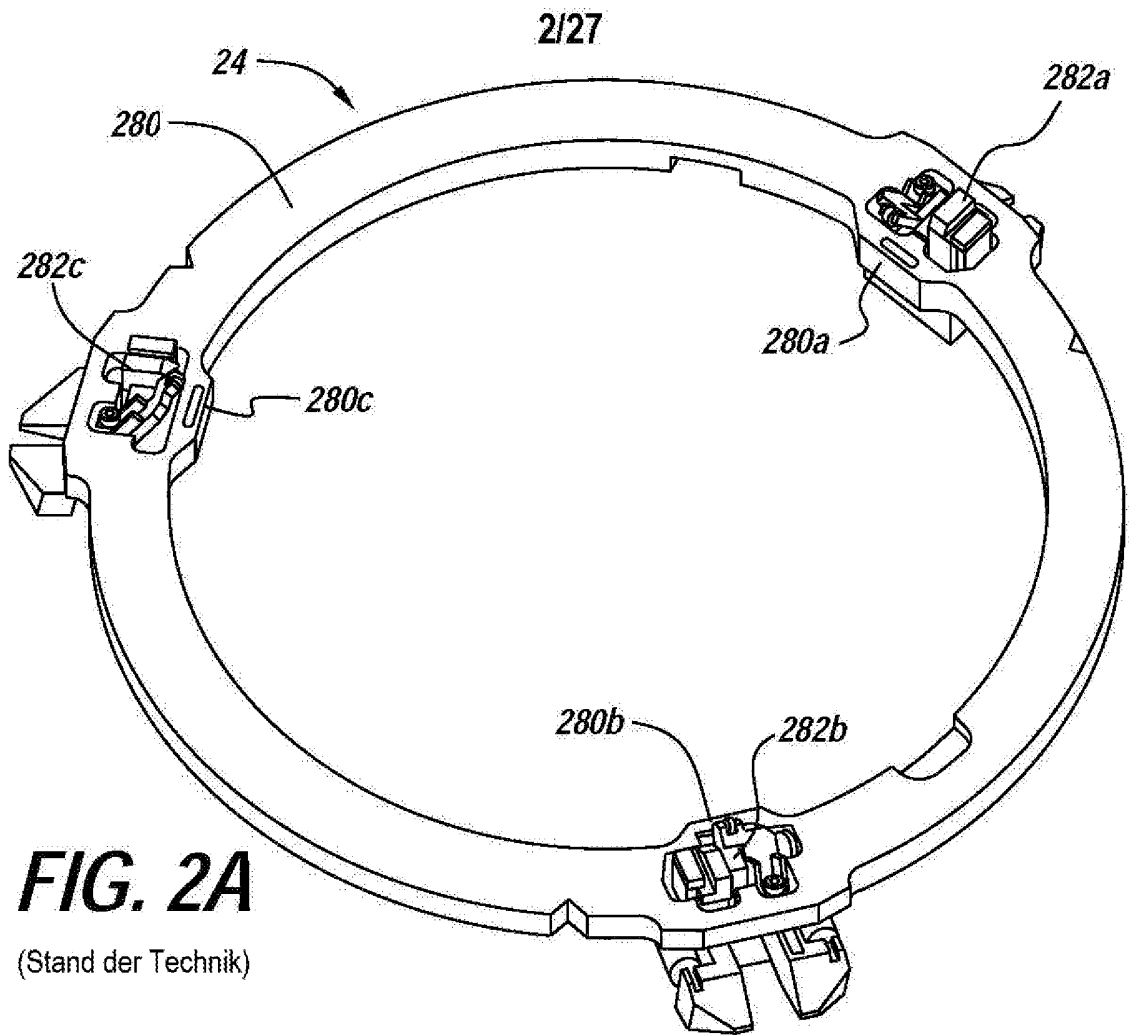


**FIG. 1A**

(Stand der Technik)

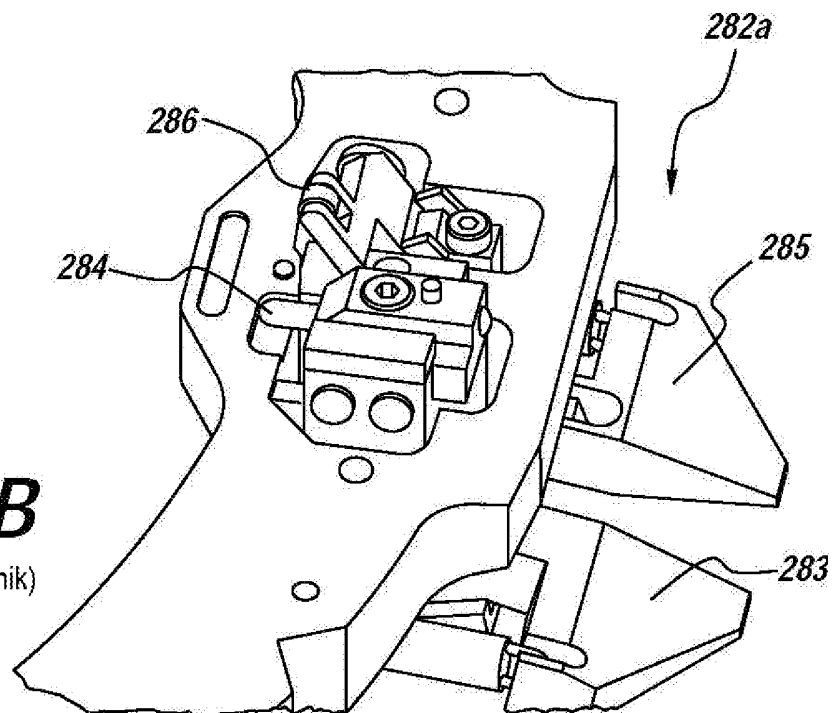


**FIG. 1B**



**FIG. 2A**

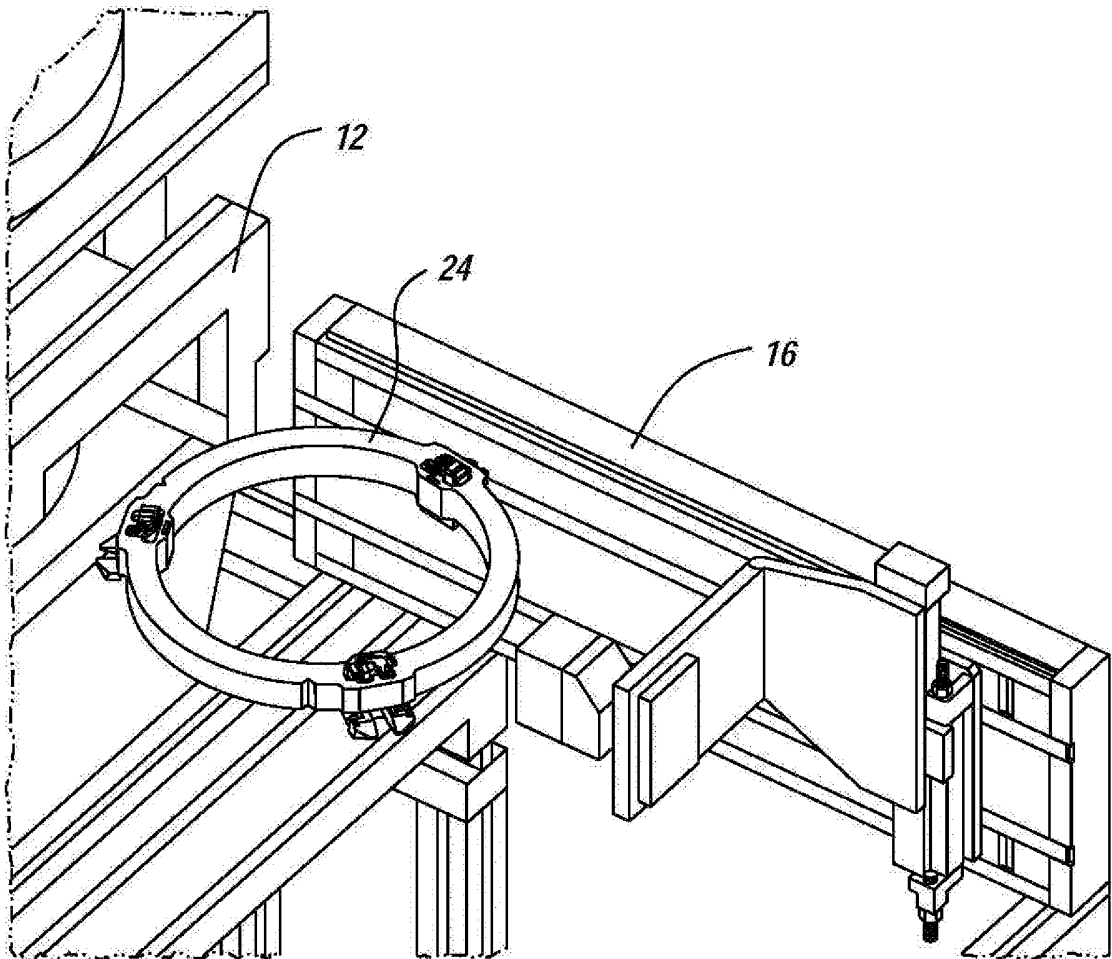
(Stand der Technik)



**FIG. 2B**

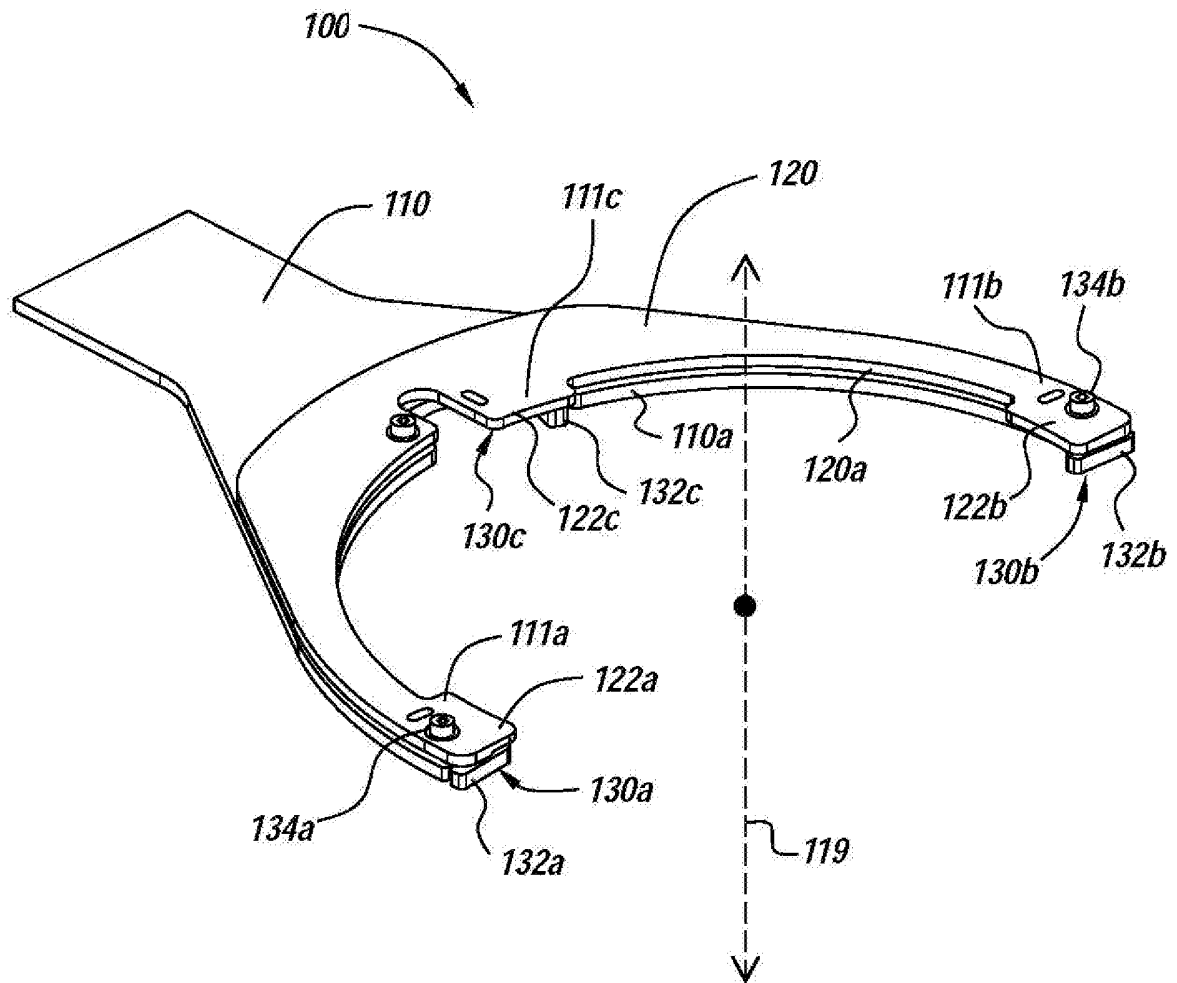
(Stand der Technik)

3/27



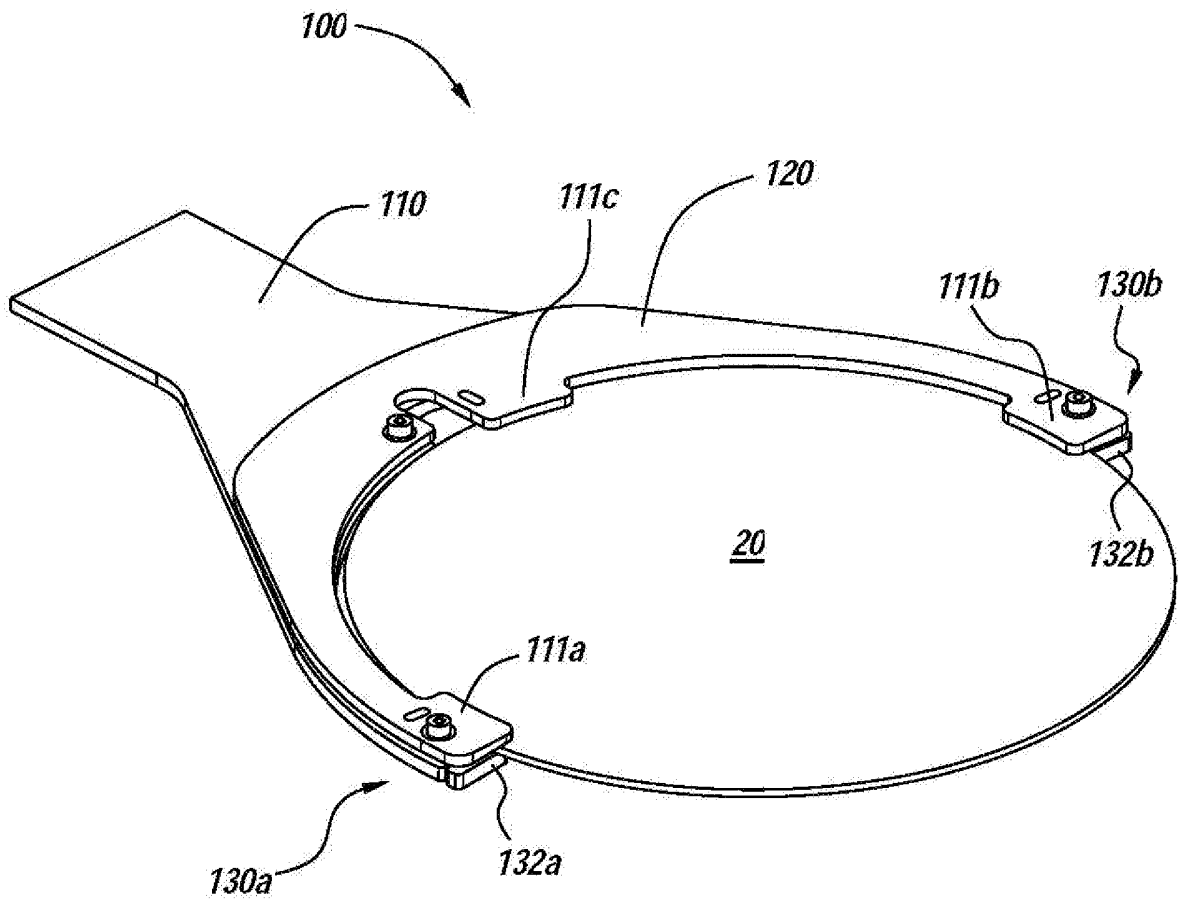
**FIG. 3**

(Stand der Technik)

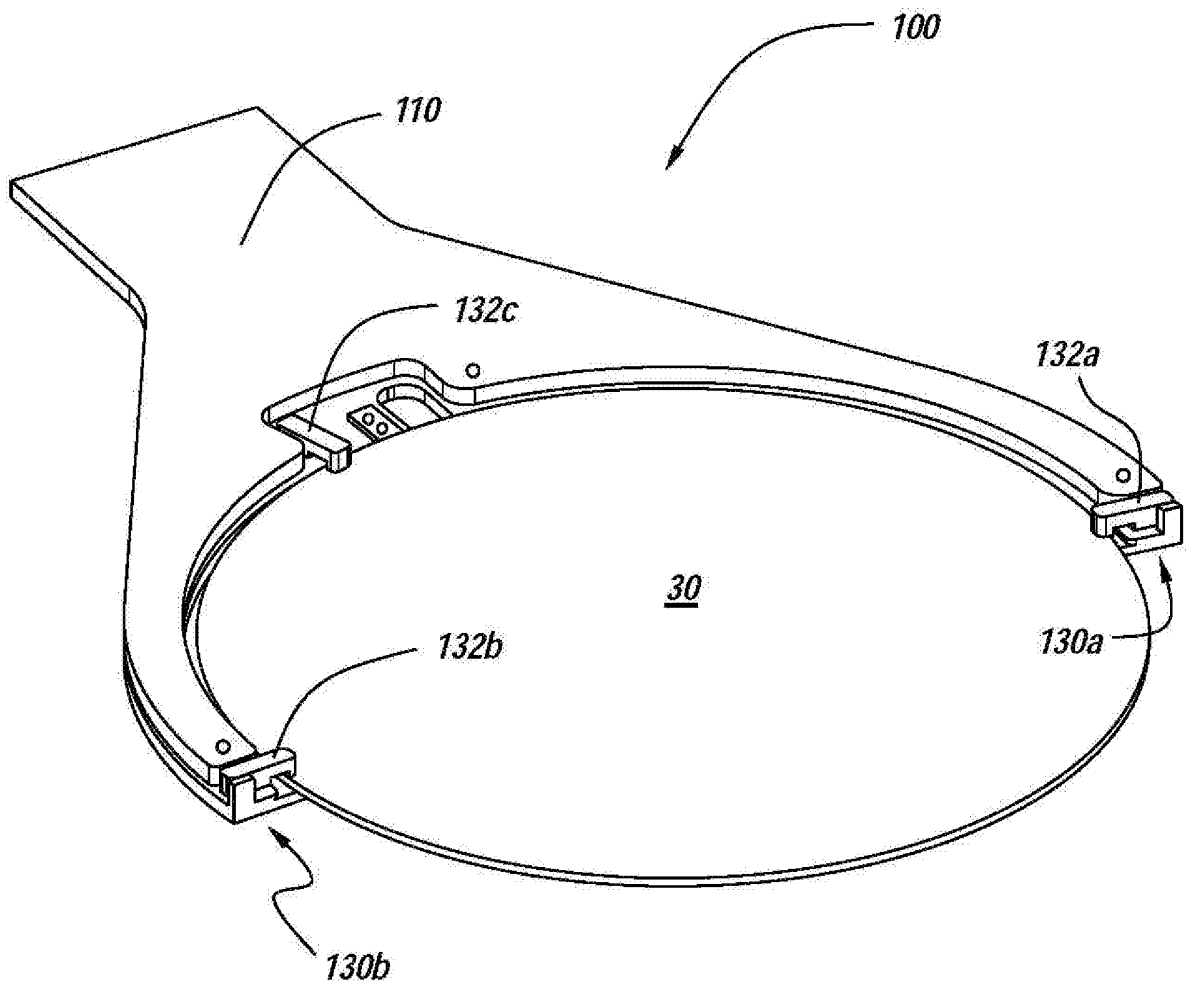


**FIG. 4**

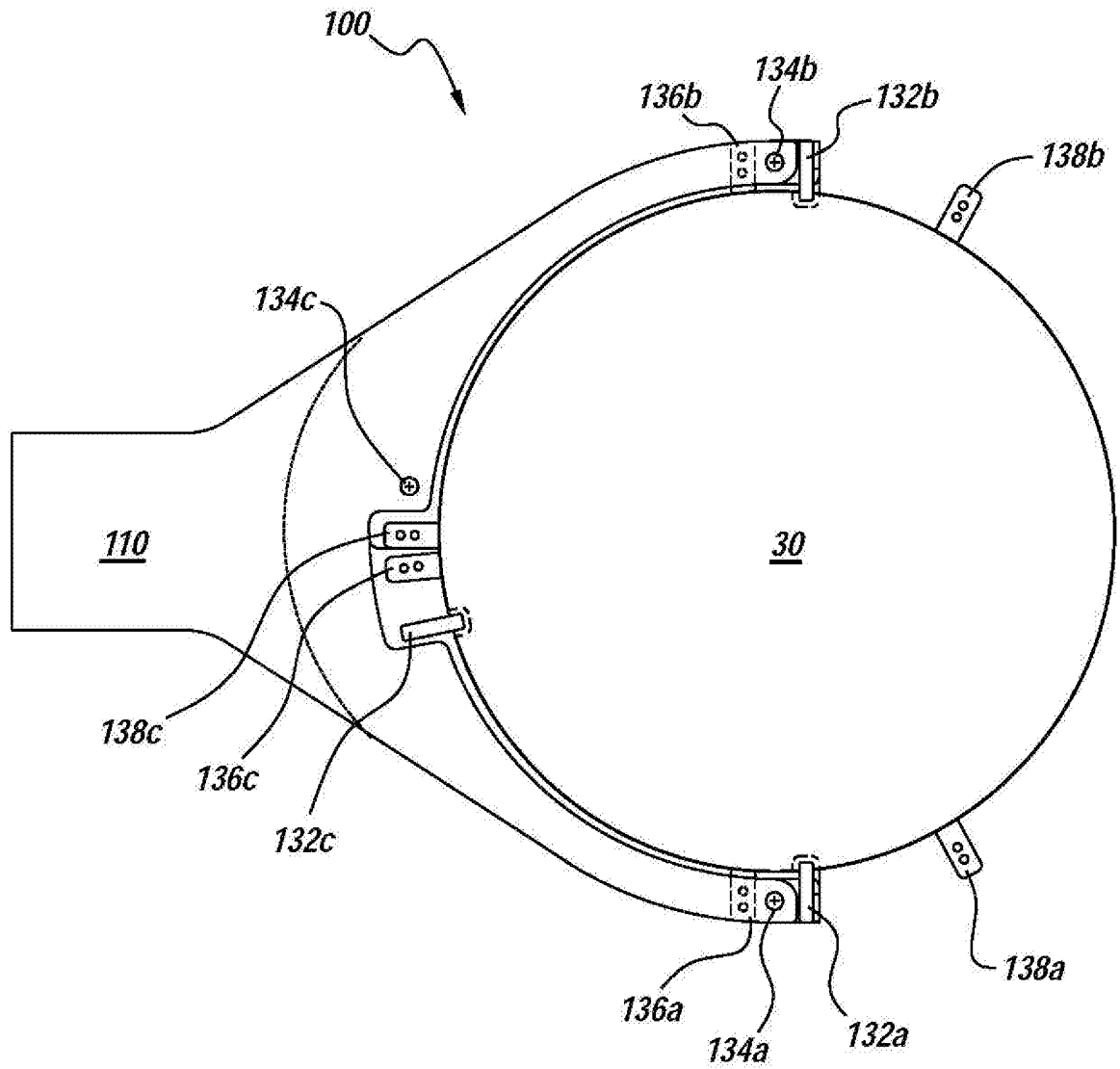
5/27

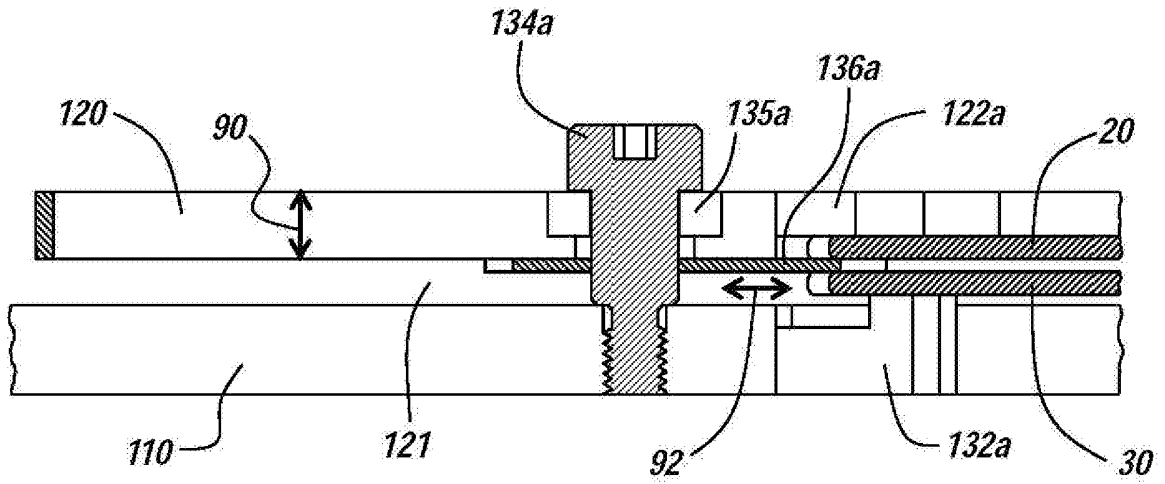


**FIG. 5**

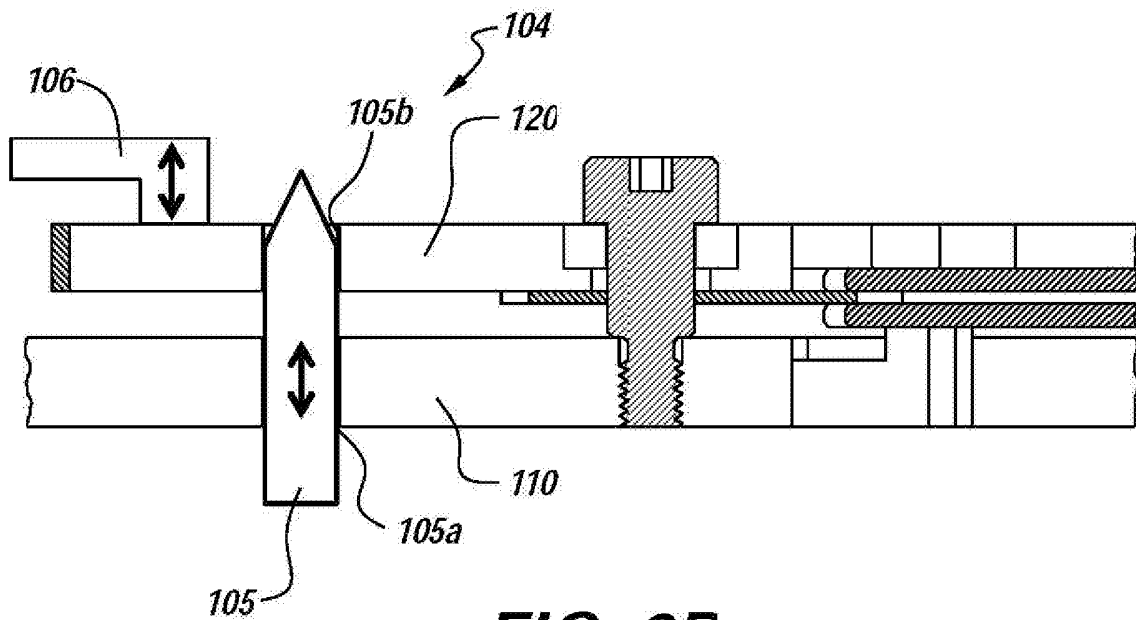


**FIG. 6**

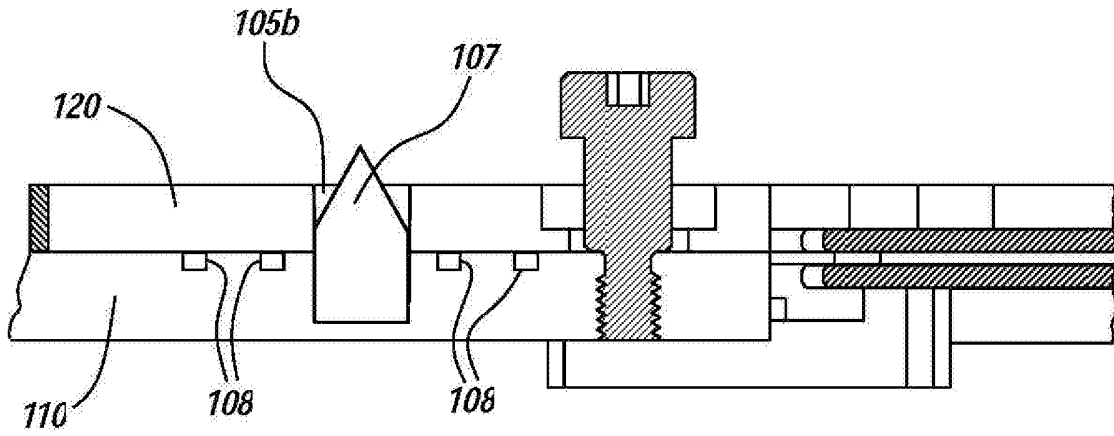
**FIG. 7**



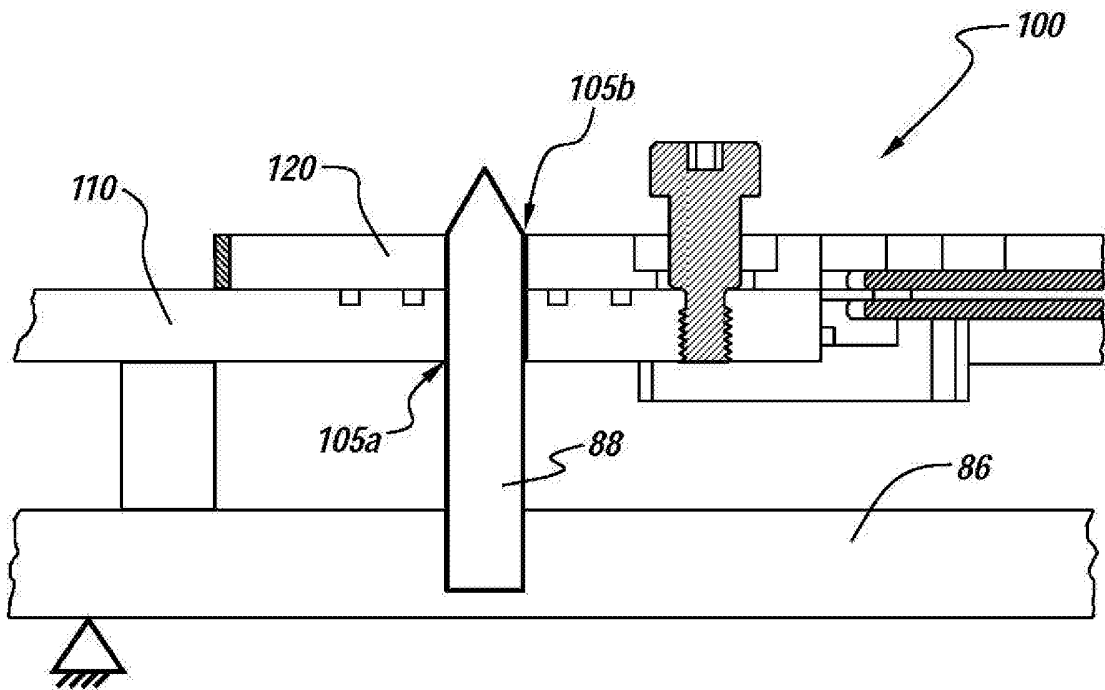
**FIG. 8A**



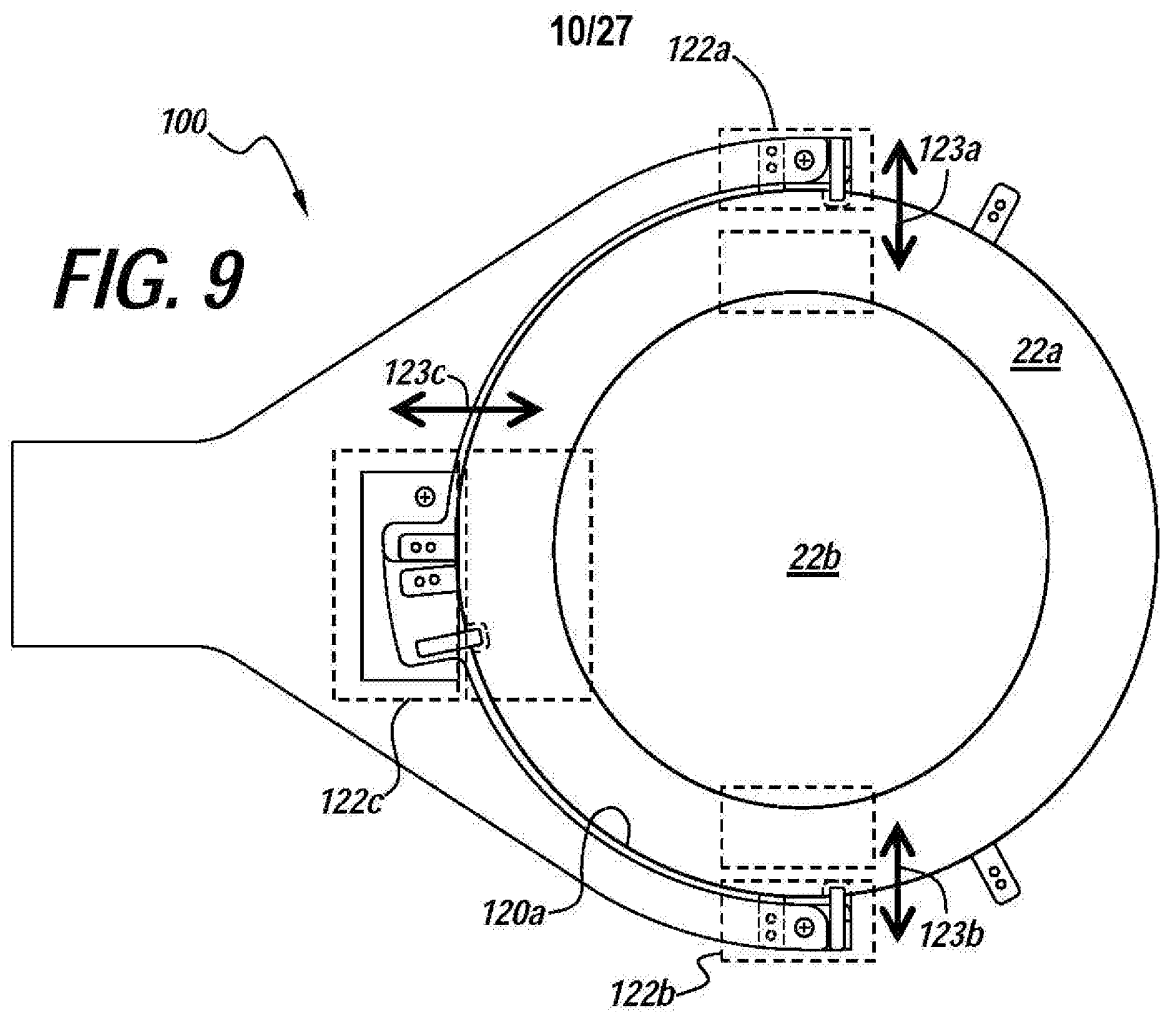
**FIG. 8B**



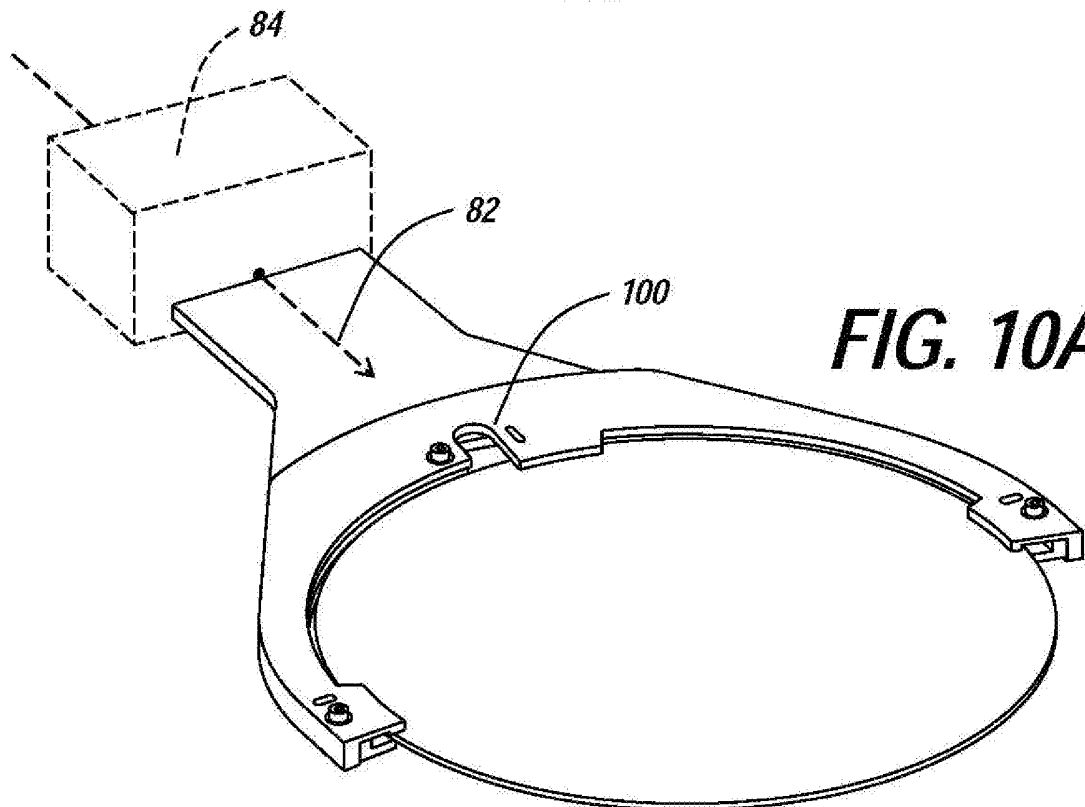
**FIG. 8C**



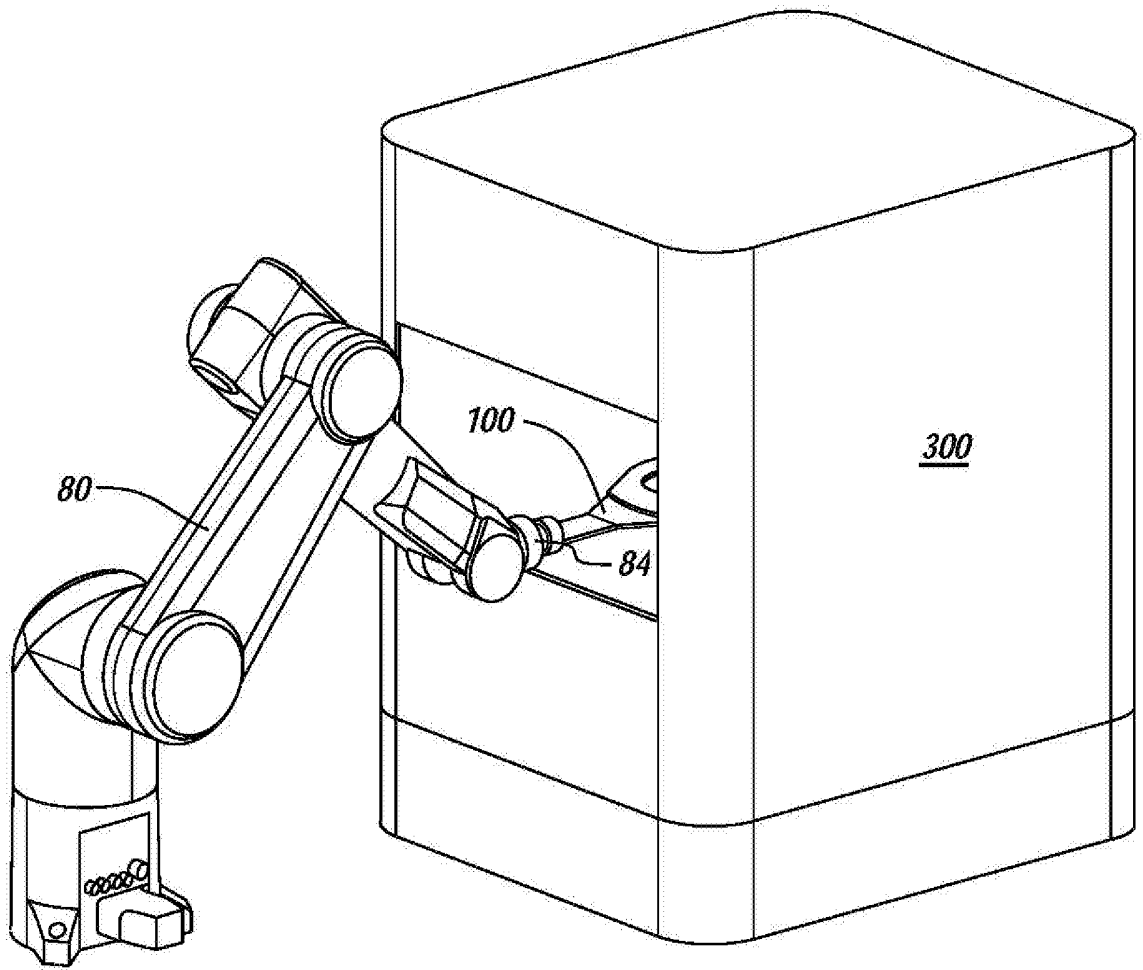
**FIG. 8D**



**FIG. 9**

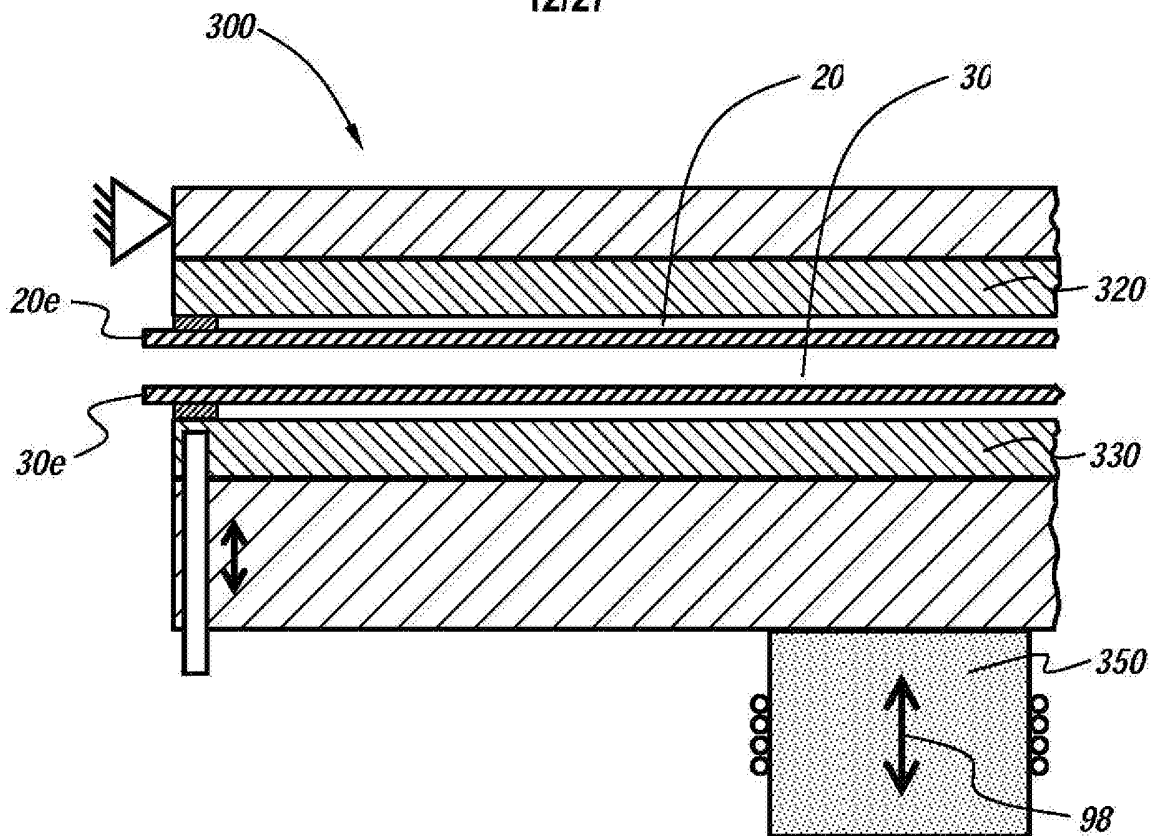


**FIG. 10A**

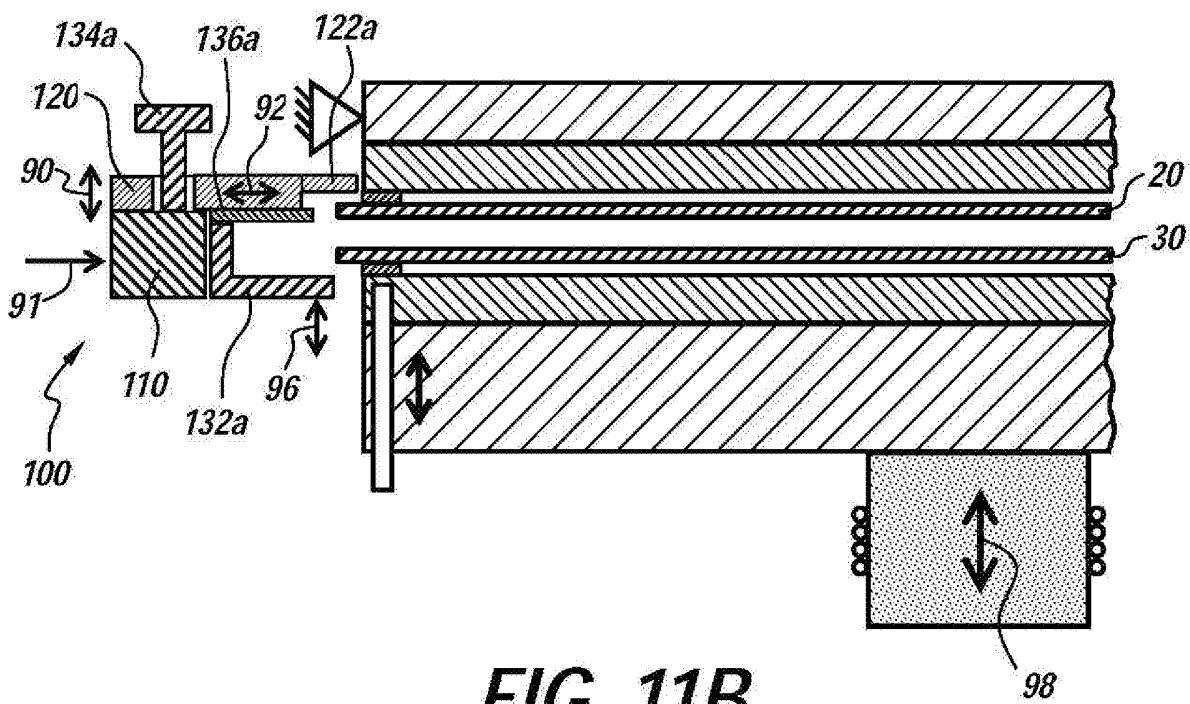


**FIG. 10B**

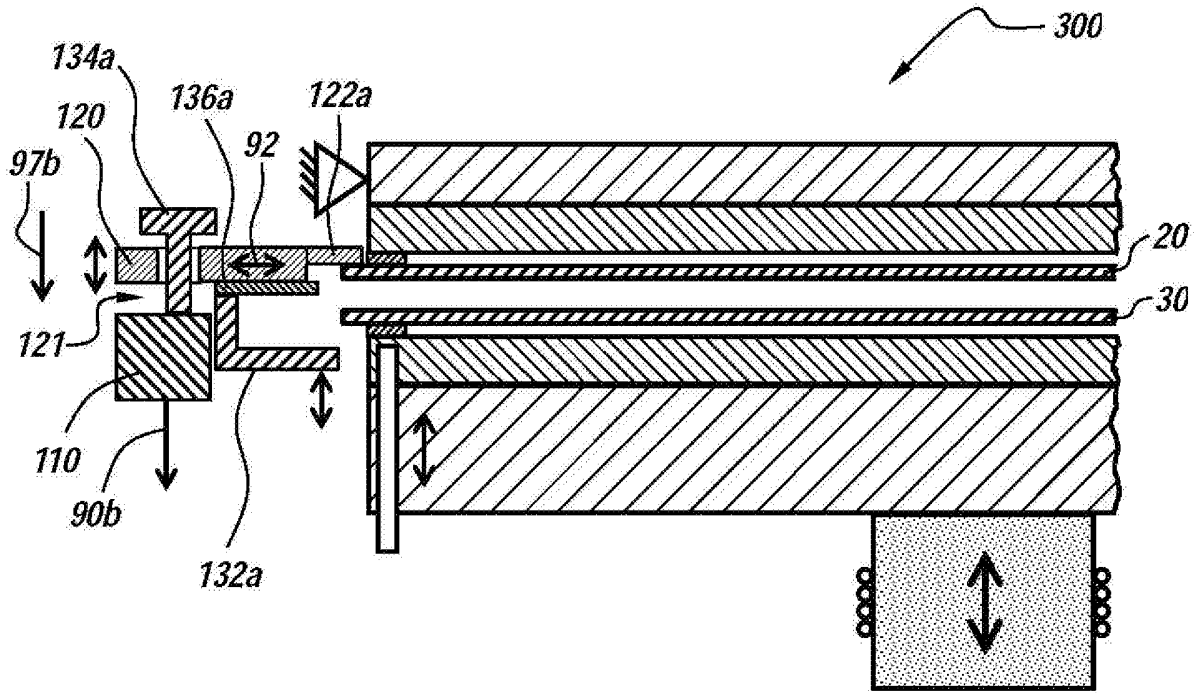
12/27



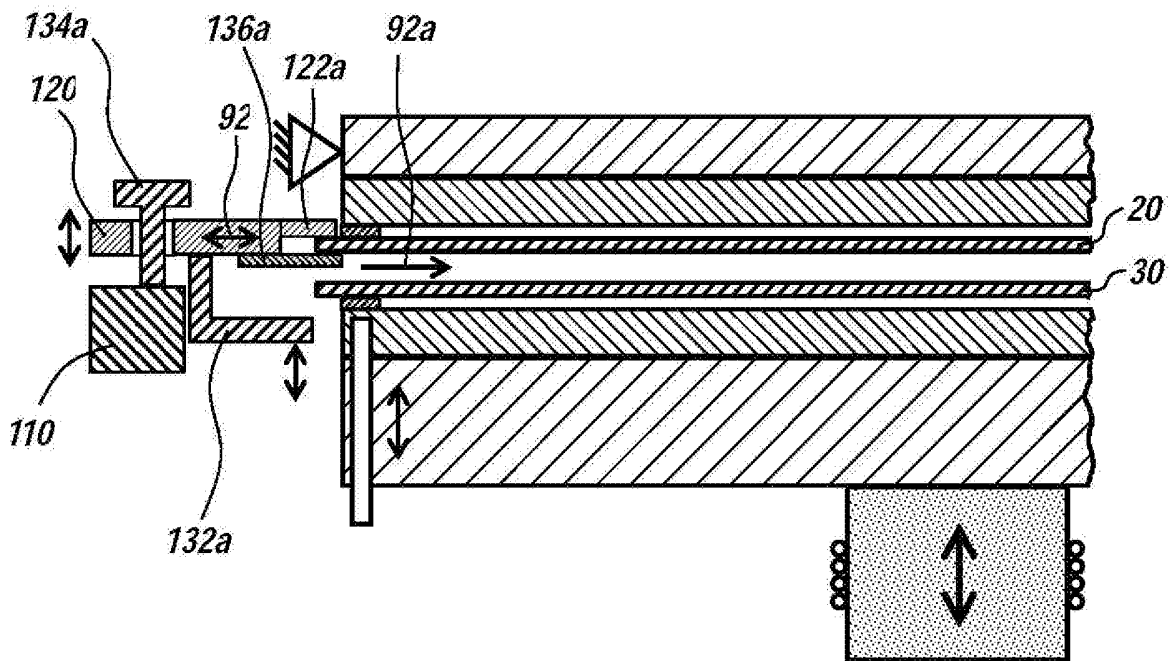
**FIG. 11A**



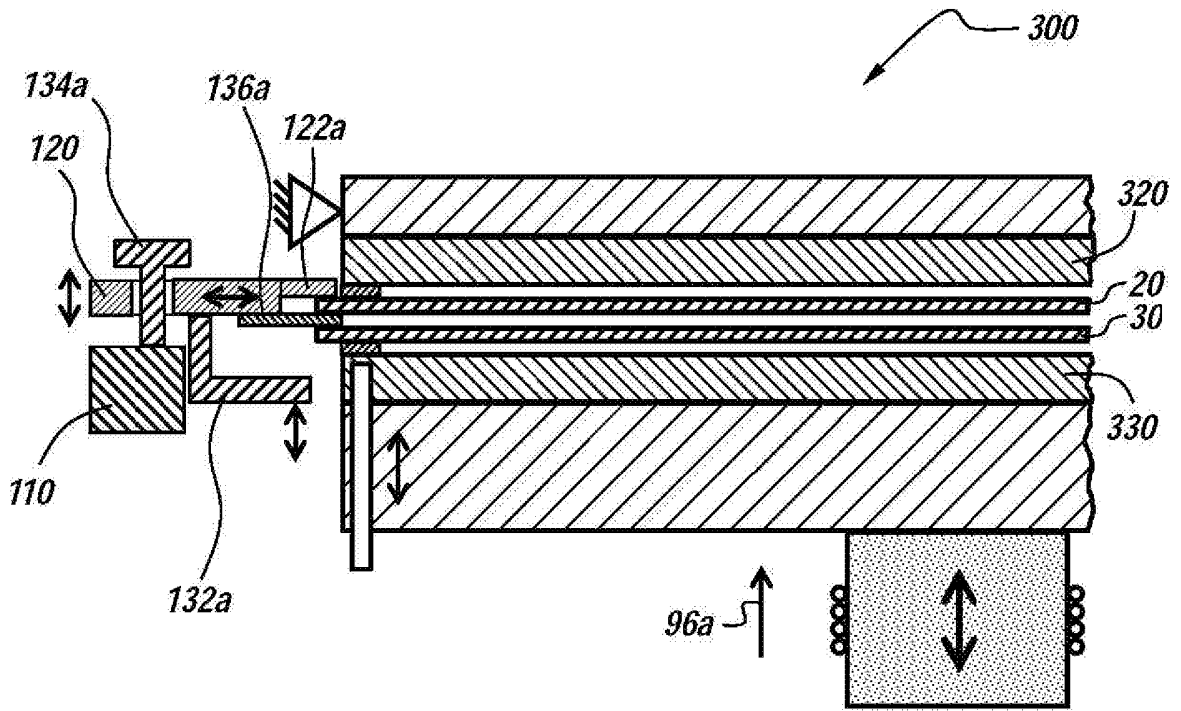
**FIG. 11B**



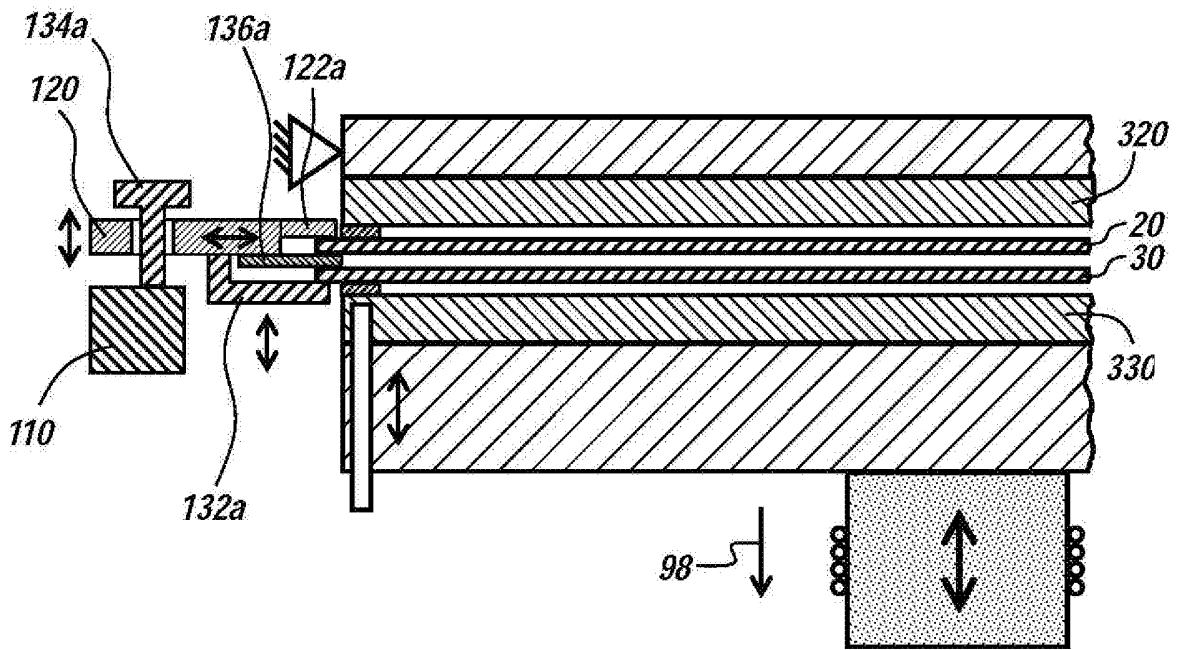
**FIG. 11C**



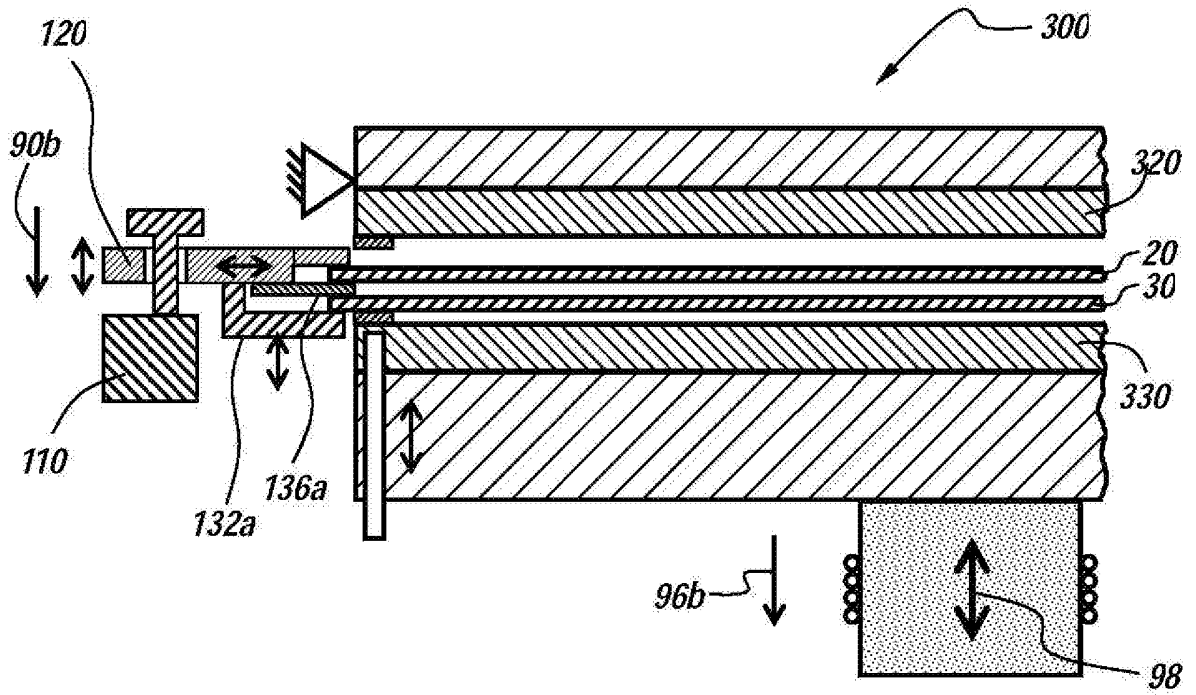
**FIG. 11D**



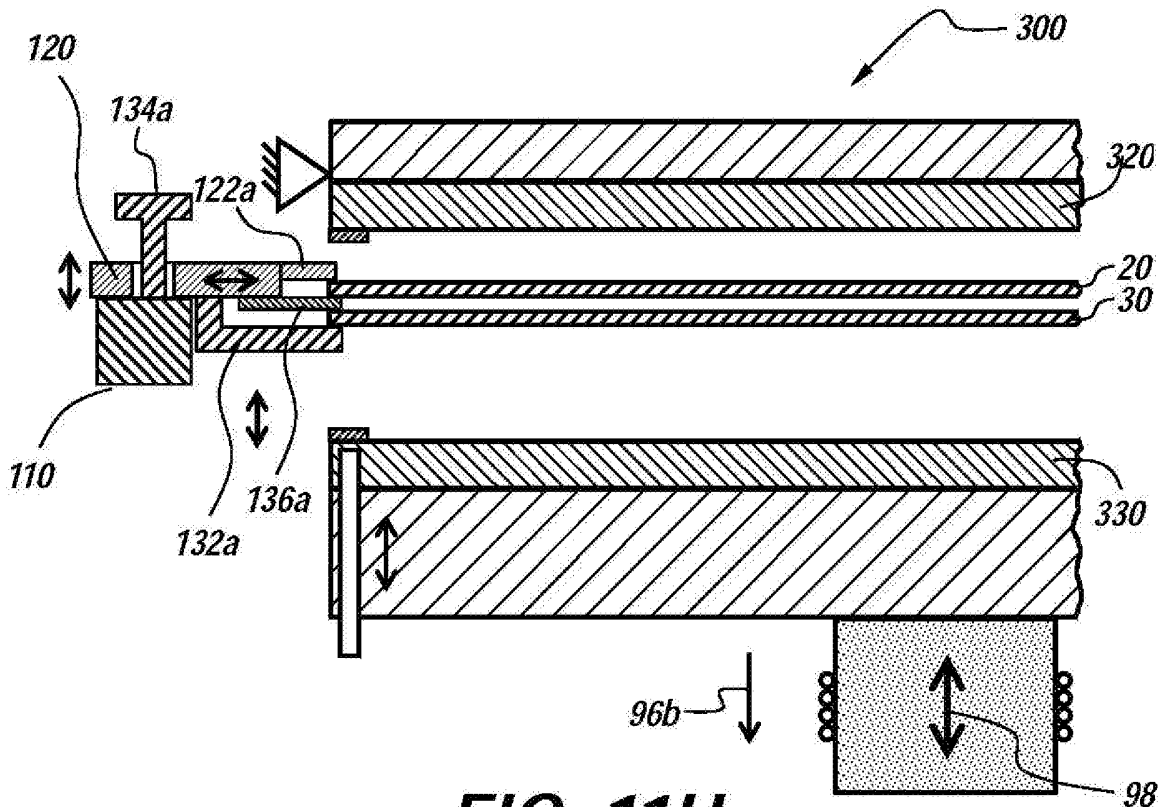
**FIG. 11E**



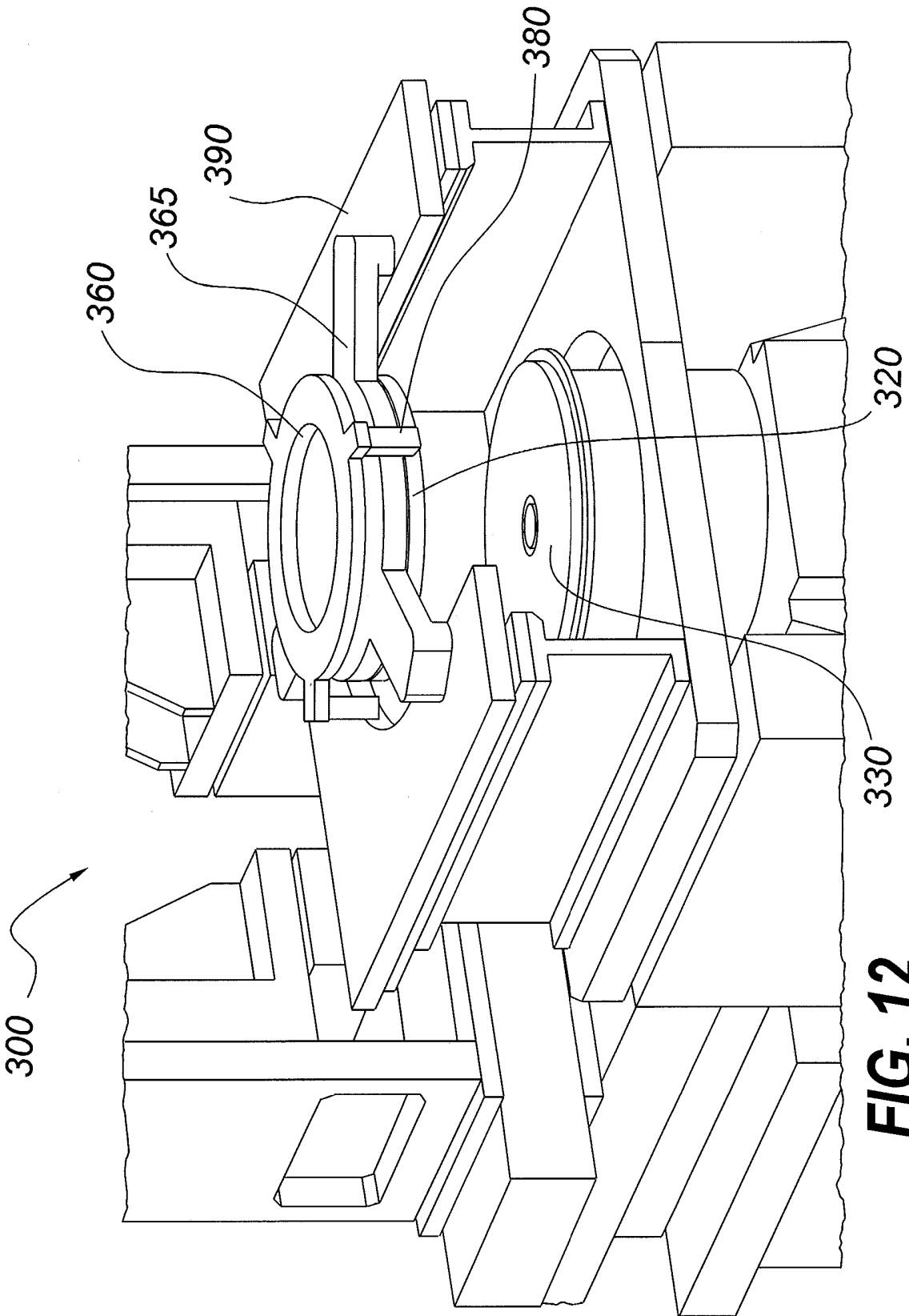
**FIG. 11F**



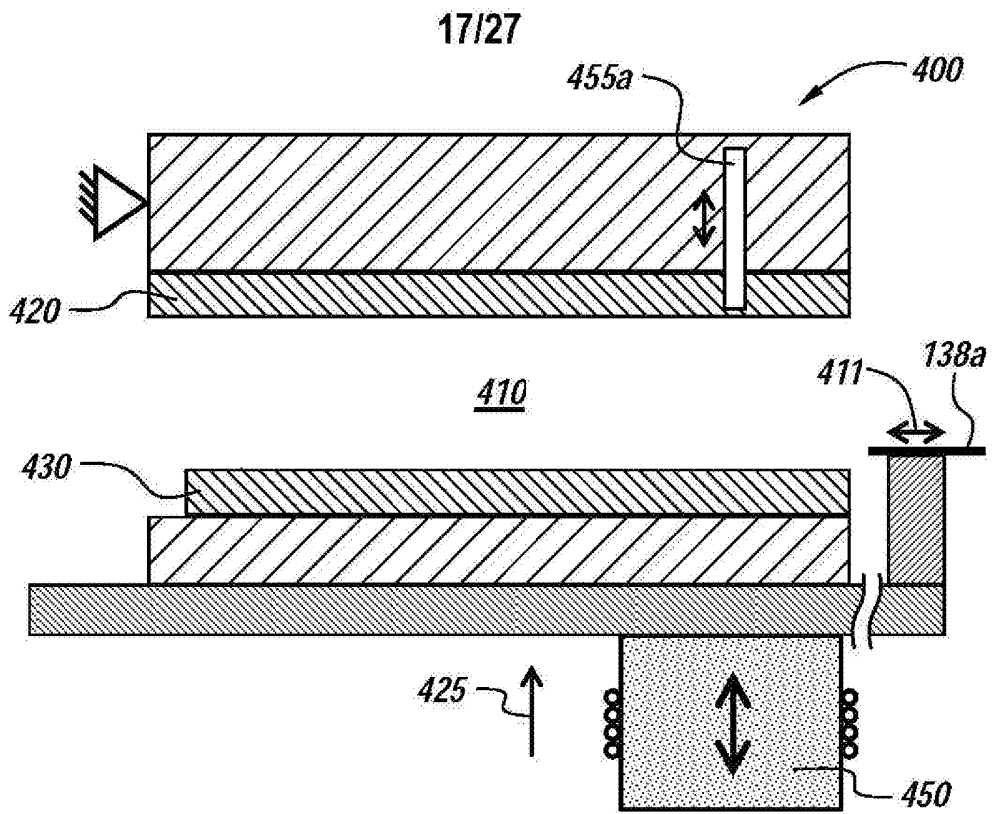
**FIG. 11G**



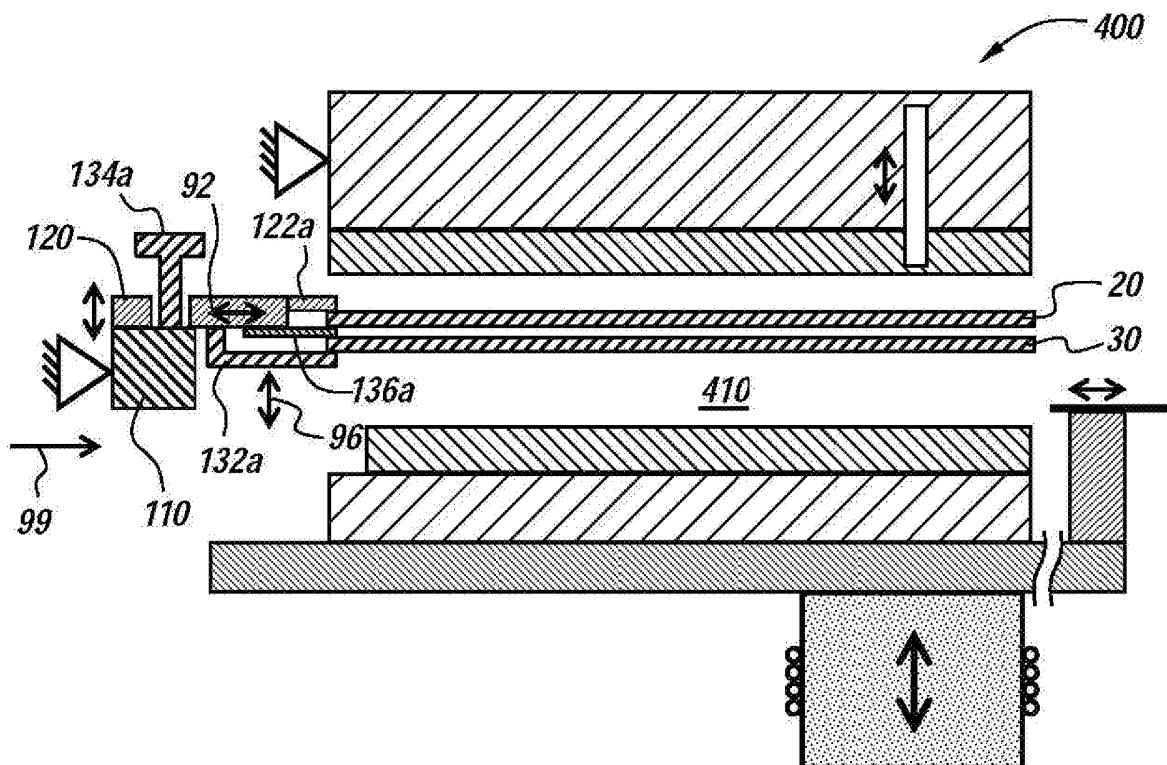
**FIG. 11H**



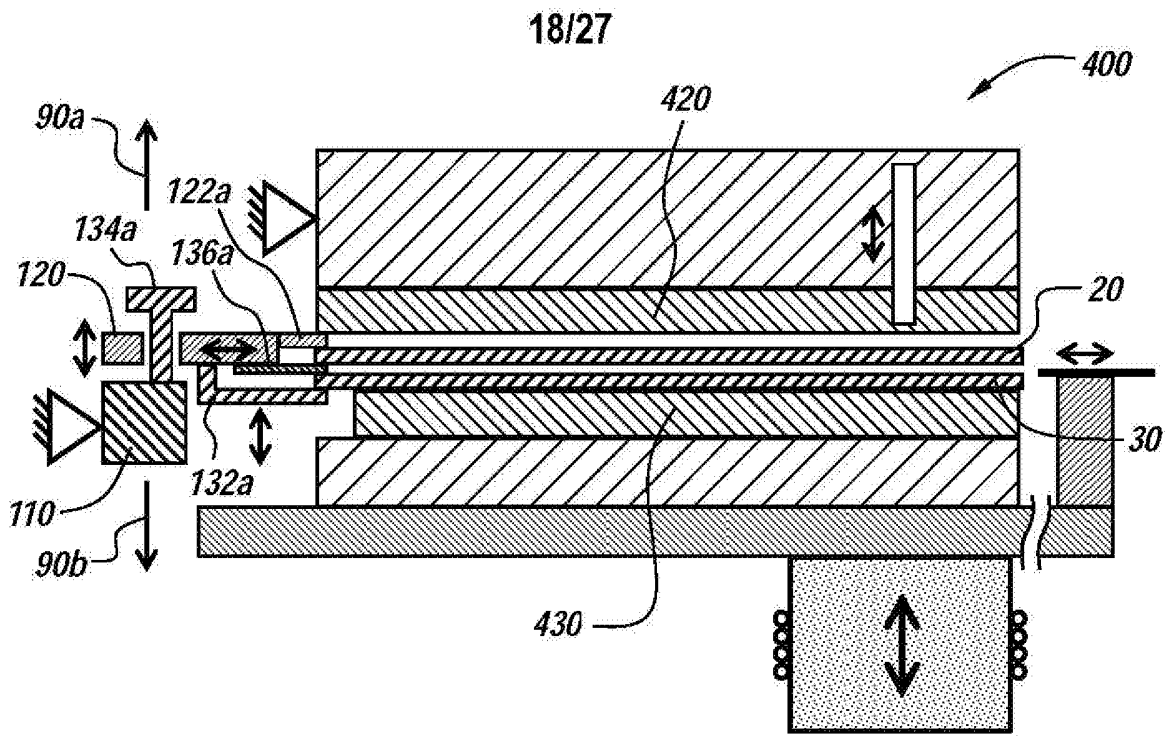
**FIG. 12**



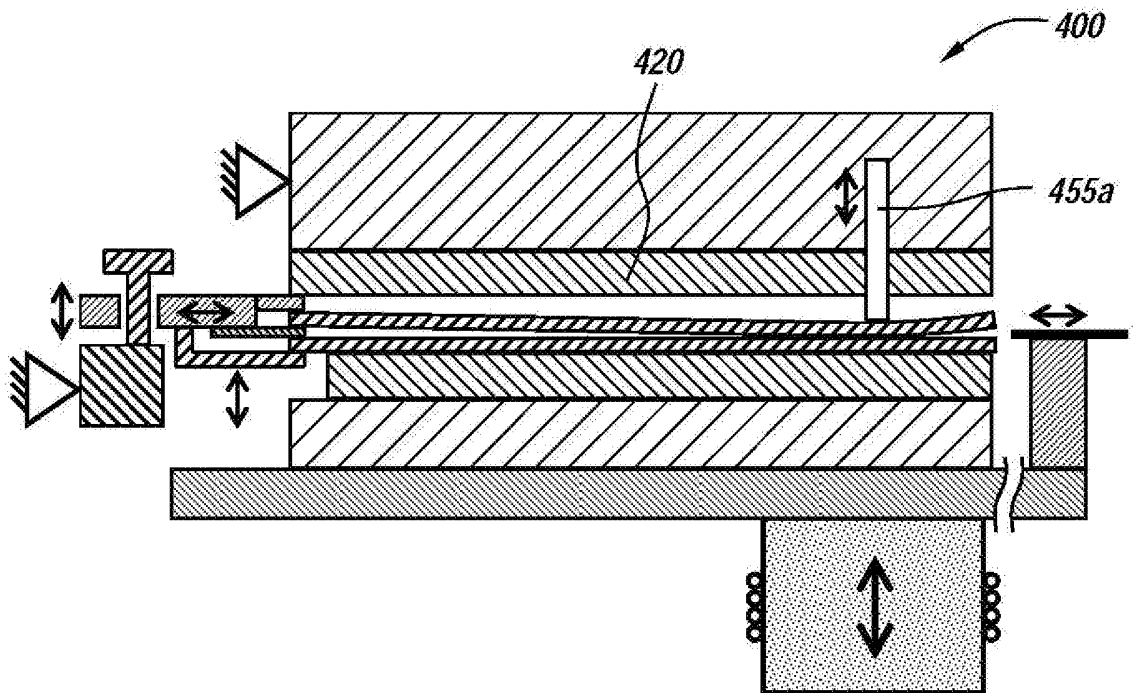
**FIG. 13A**



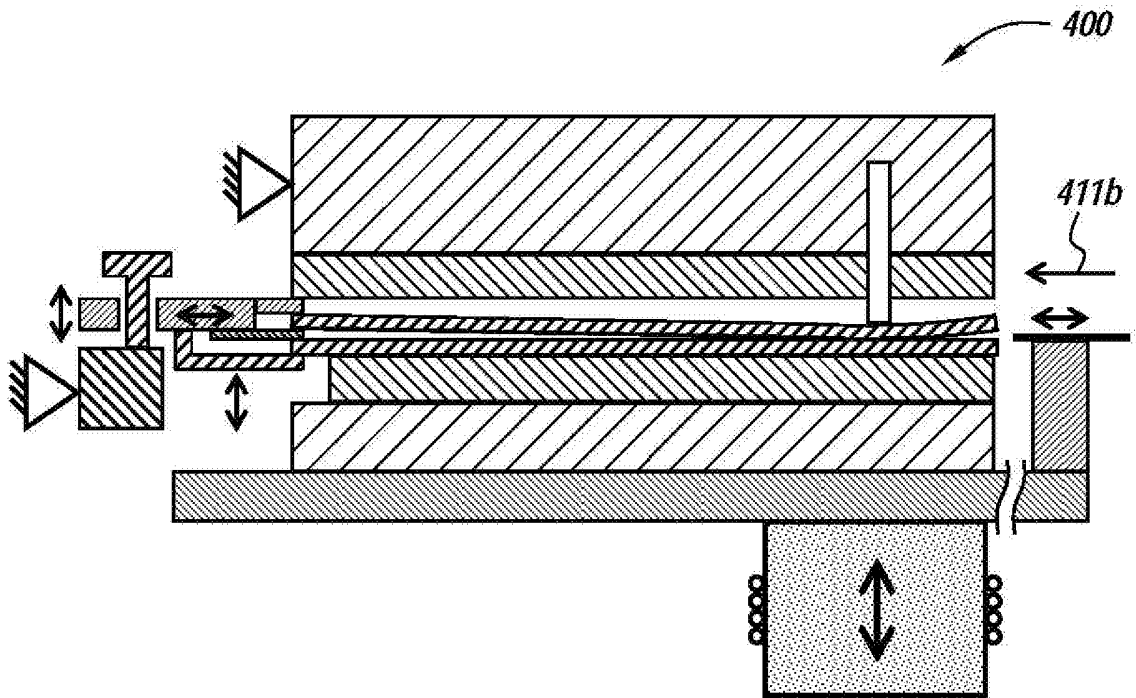
**FIG. 13B**



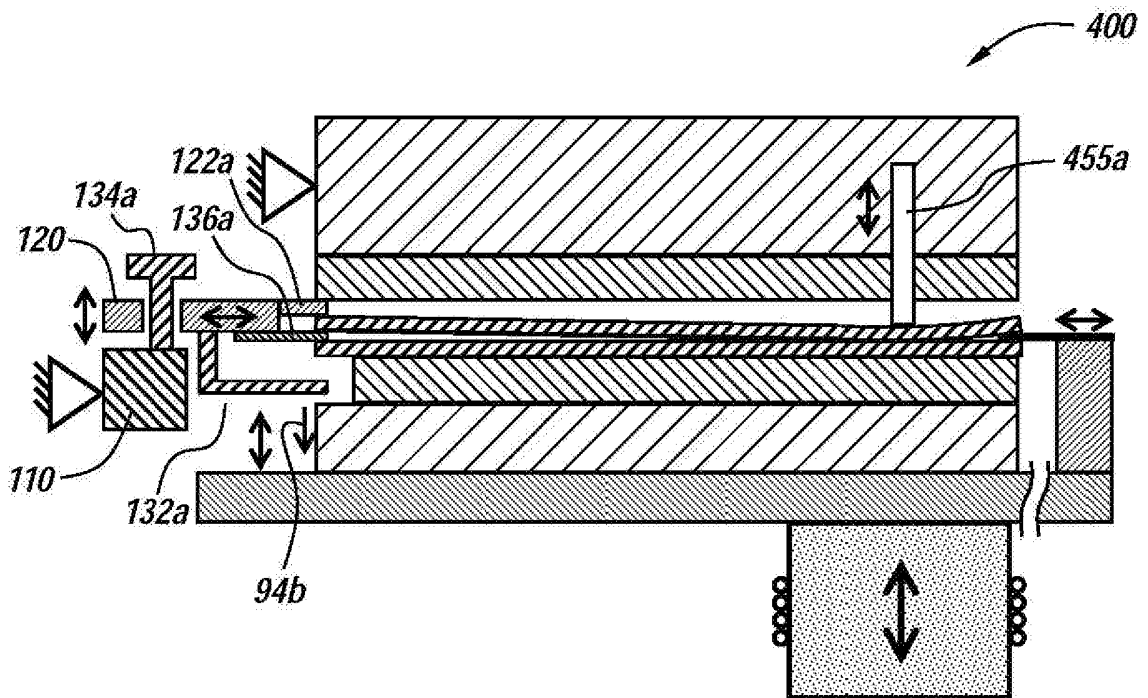
**FIG. 13C**



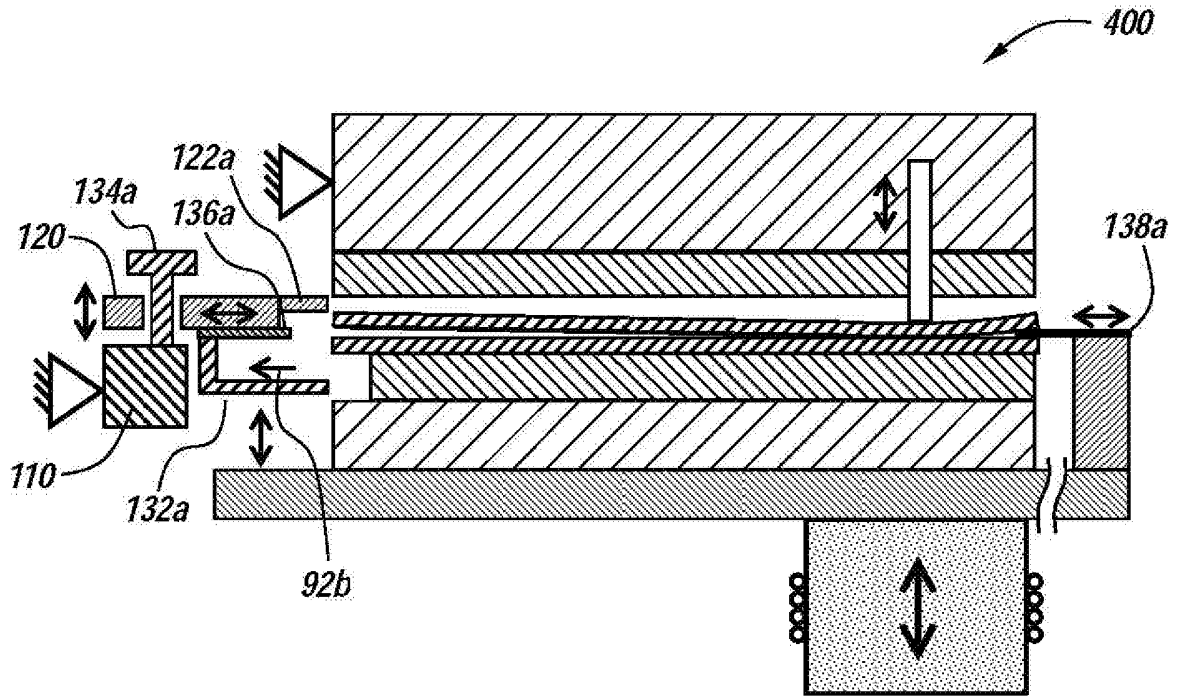
**FIG. 13D**



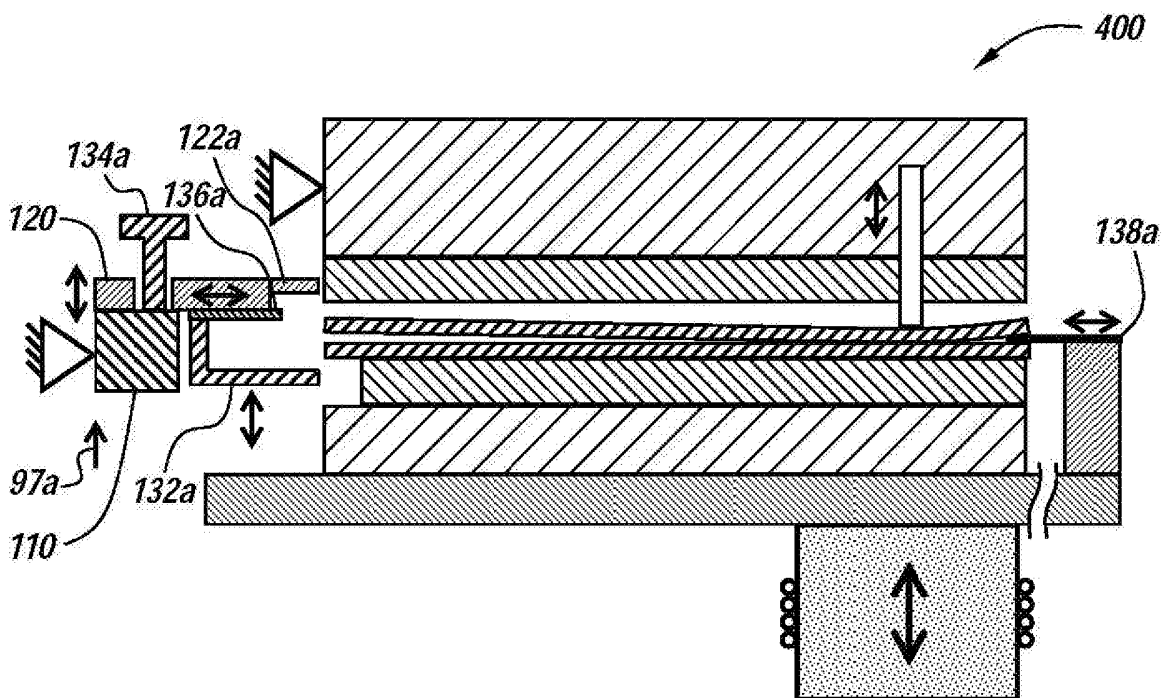
**FIG. 13E**



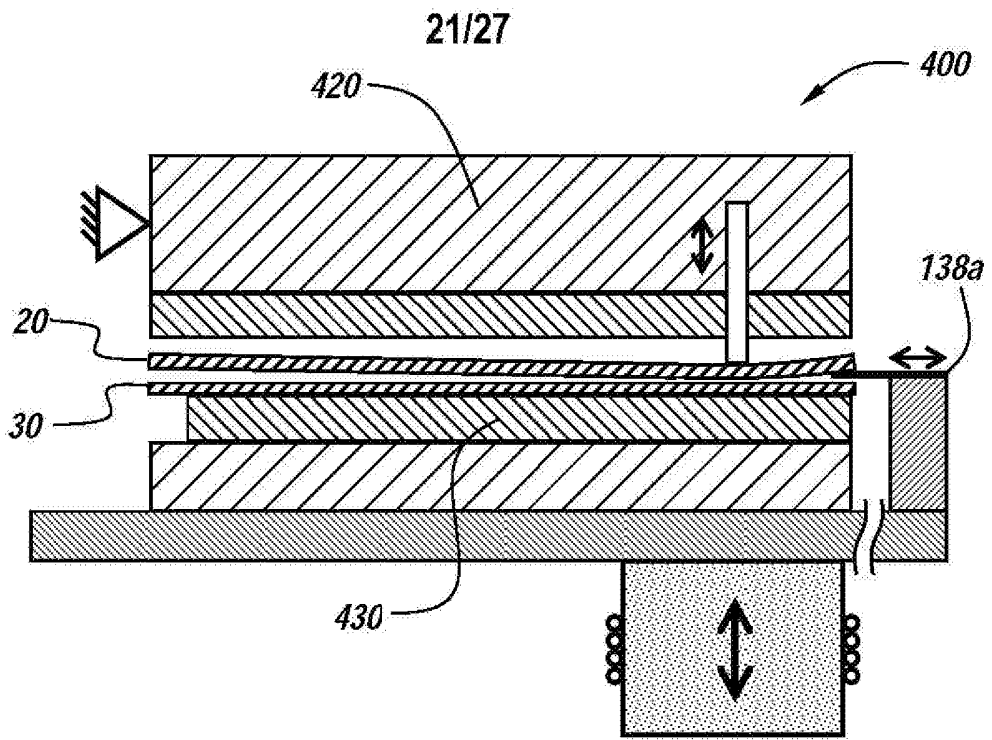
**FIG. 13F**



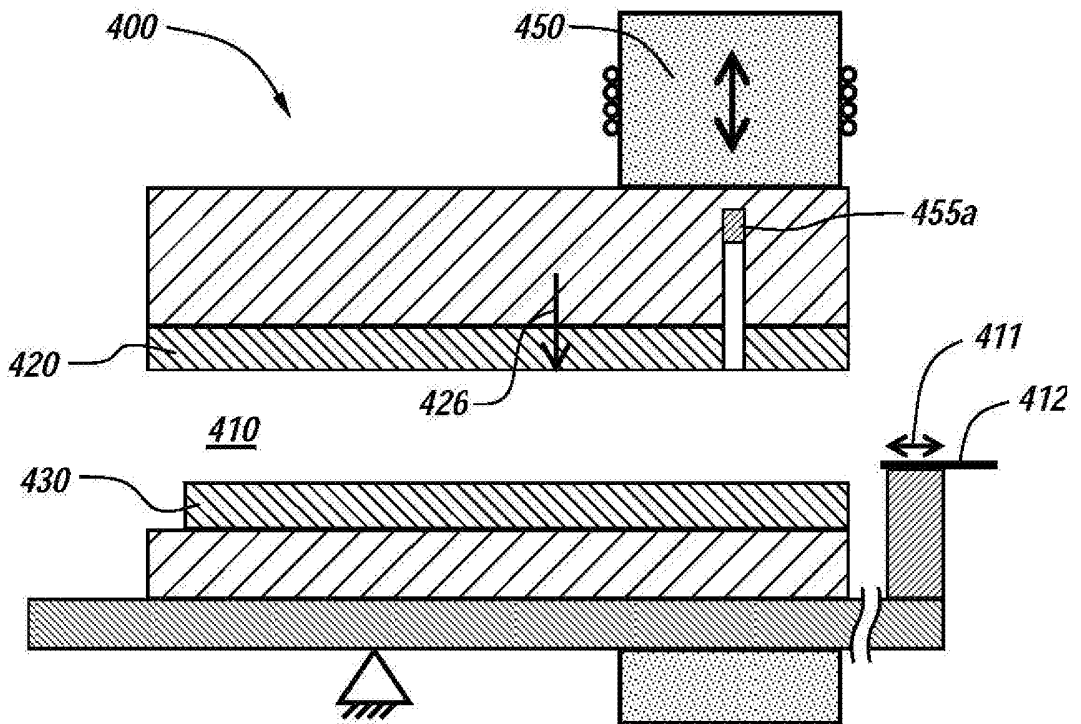
**FIG. 13G**



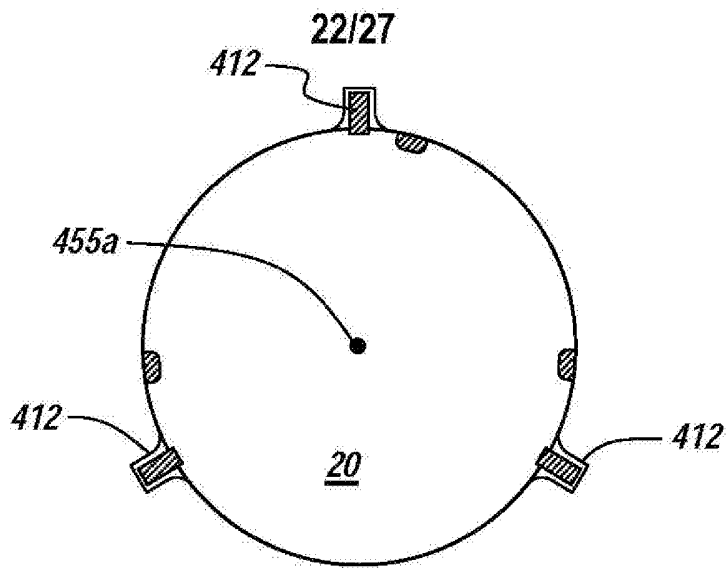
**FIG. 13H**



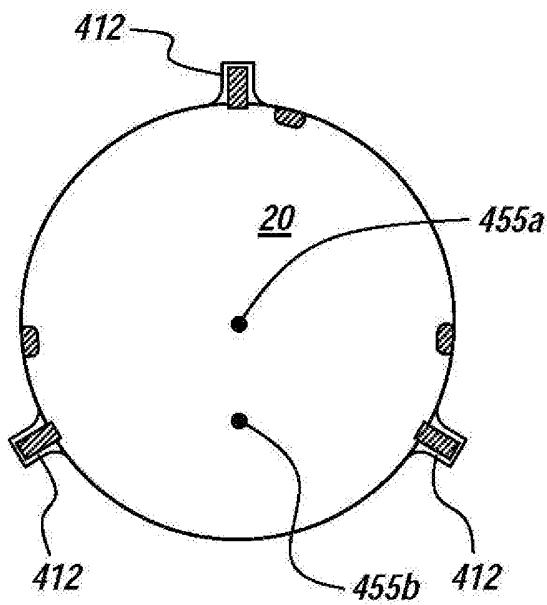
**FIG. 13I**



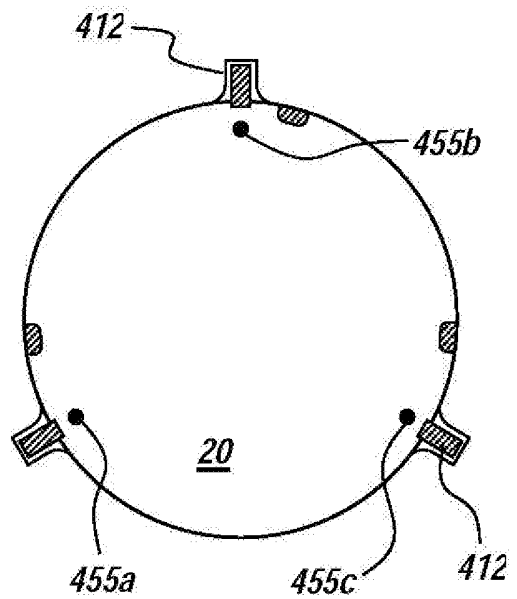
**FIG. 14**



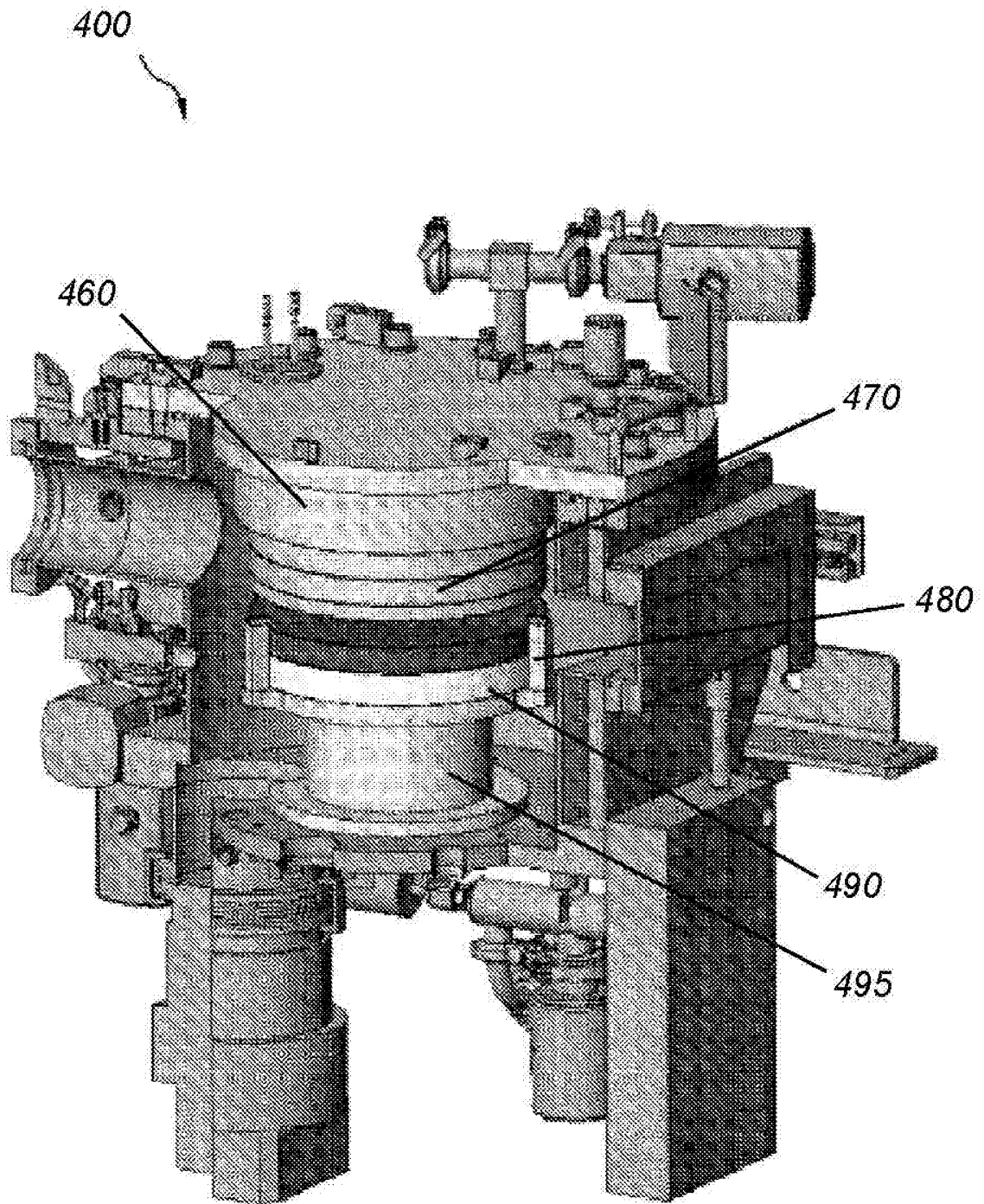
**FIG. 15A**



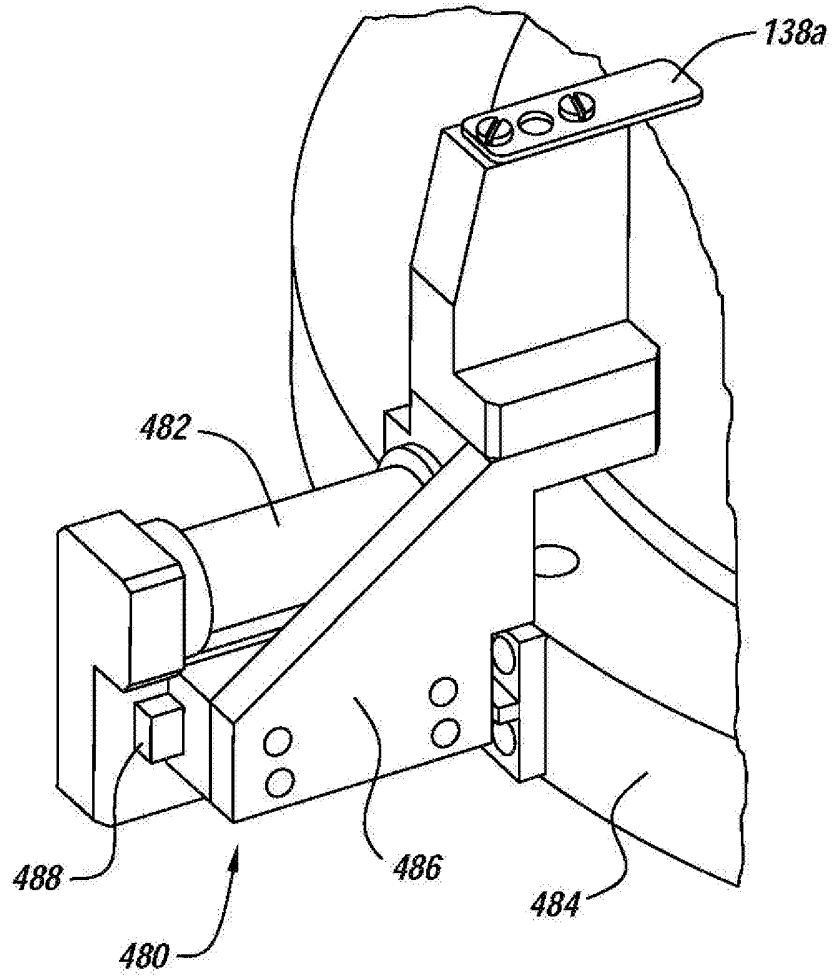
**FIG. 15B**



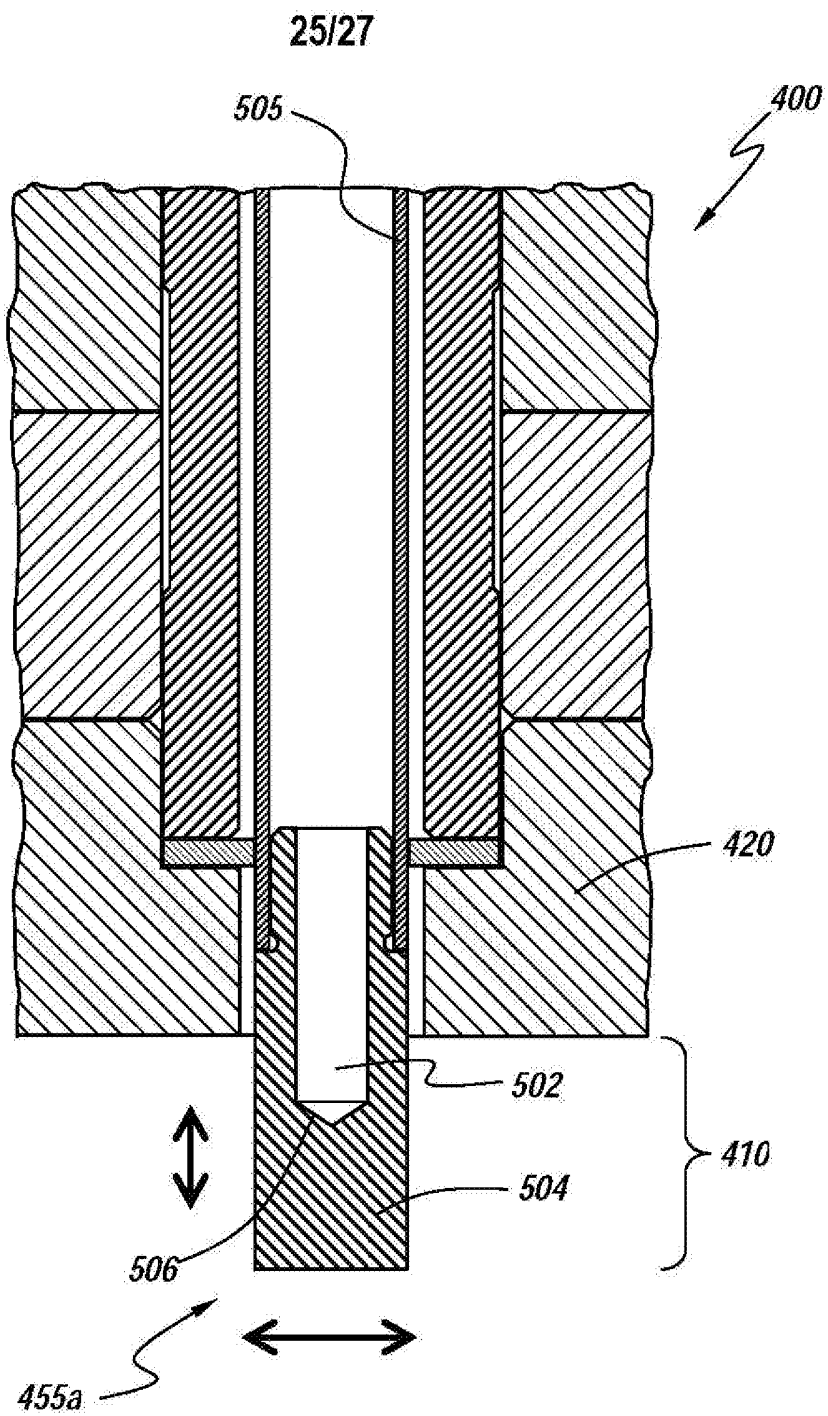
**FIG. 15C**



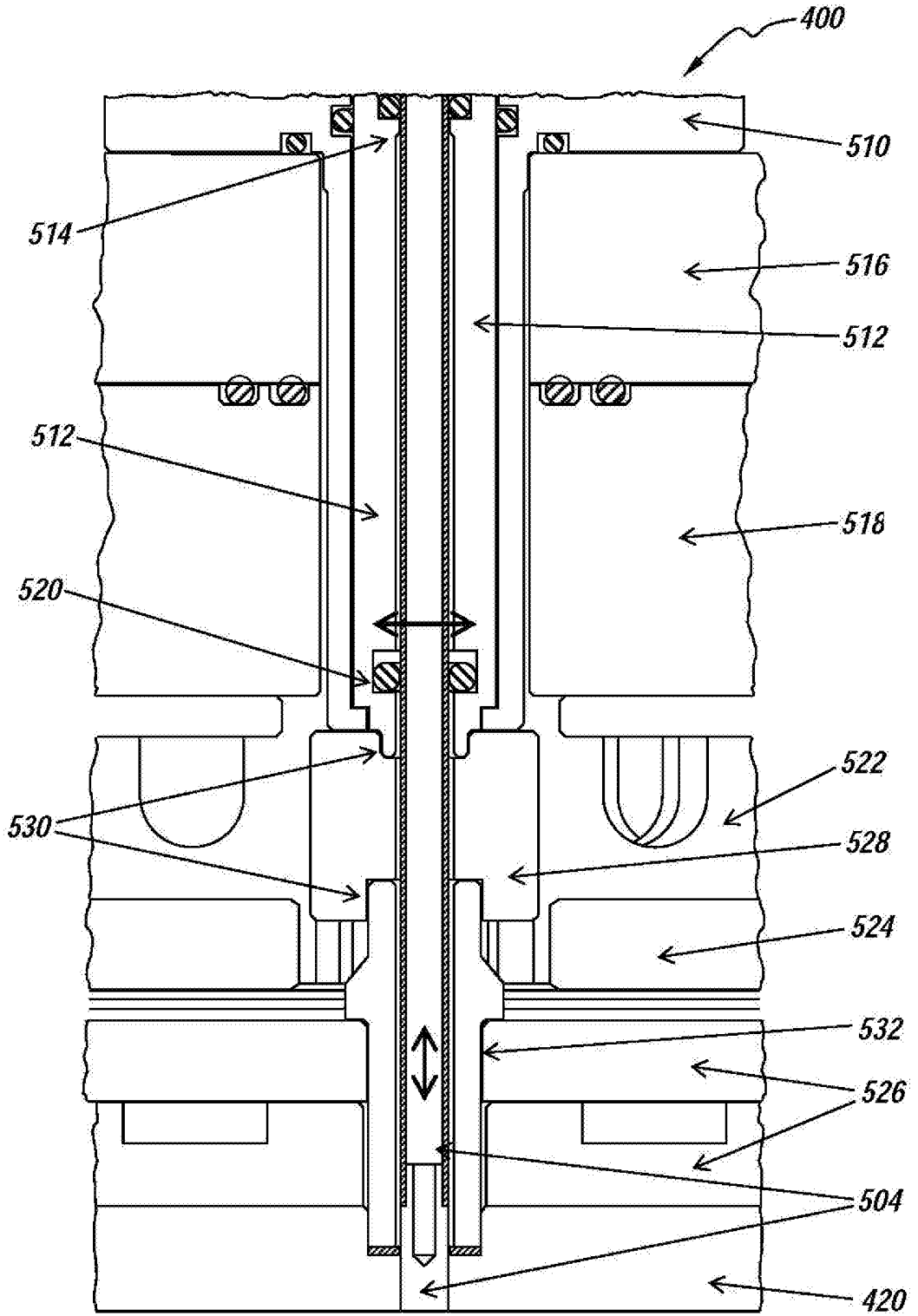
**FIG. 16**



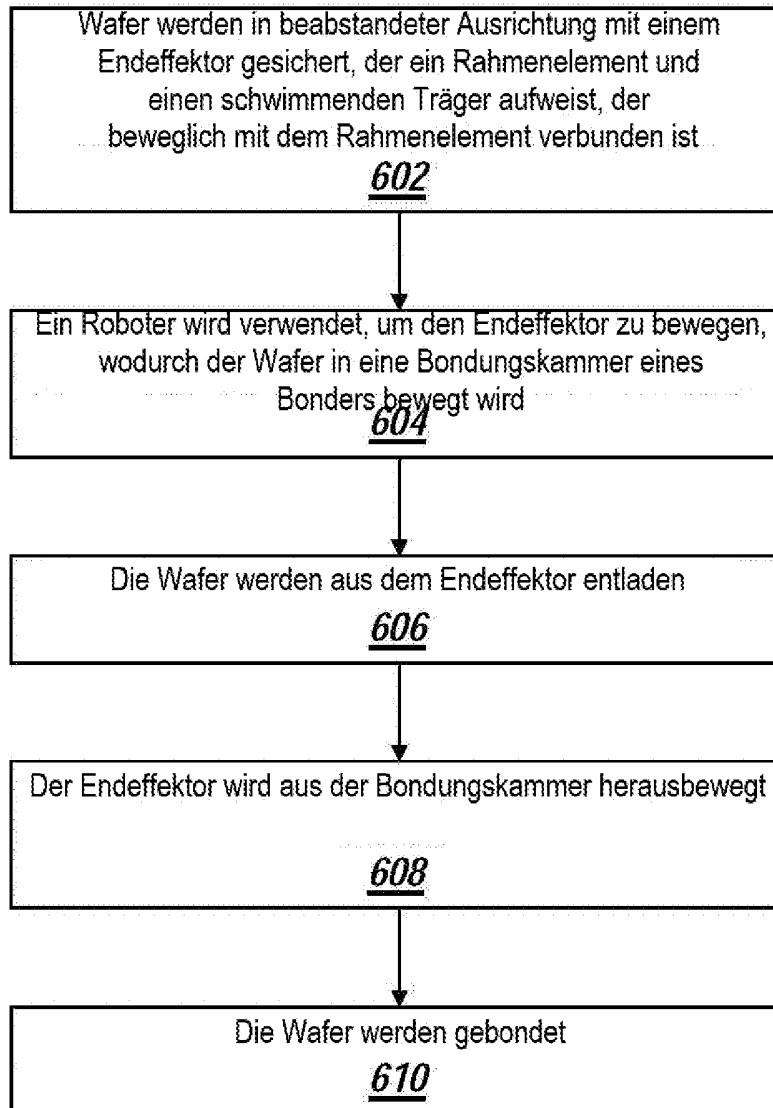
**FIG. 17**



**FIG. 18A**



**FIG. 18B**

600**FIG. 19**