



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 35 575 T2** 2007.11.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 049 921 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 35 575.3**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB99/00129**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 900 269.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/037995**

(86) PCT-Anmeldetag: **23.01.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **29.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **08.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **21.03.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 21/17** (2006.01)
G01N 21/35 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
12660 23.01.1998 US

(73) Patentinhaber:
Instrumentarium Corp., Helsinki, FI

(74) Vertreter:
Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL, SE

(72) Erfinder:
**STEMME, Göran, S-114 21 Stockholm, SE;
KÄLVESTEN, Edvard, S-129 38 Hägersten, SE**

(54) Bezeichnung: **Mikrogefertigte Kammer gefüllt mit Gas und deren Mikroherstellungsverfahren**

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

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf die Mikroherstellung von gasgefüllten Kammern, die aus Silizium- und/oder Glaswafern unter Verwendung von Anodisches- und/oder Fusionsbonden-Techniken hergestellt werden. Das Verfahren ist außerordentlich gut zur Mikroherstellung von Optikfilterkomponenten geeignet, wie z. B. diejenigen, die bei optischen Wandlern verwendet werden, um die Bestandteile von Narkose- und Atemgasen bei medizinischen Anwendungen zu identifizieren und zu messen.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Optische Infrarotfilter sind zu Schlüsselkomponenten für viele Infrarotsensoren geworden. Zum Beispiel werden Kohlendioxidfilter, die aus einer hermetisch abgedichteten kohlendioxidgefüllten Kammer bestehen, die Fenster aufweist, bei medizinischen Atmungsanwendungen verwendet. Derartige Filter sind normalerweise teuer, und ihre Lebensdauer ist normalerweise begrenzt, weil die Abdichtung der Kammer unter Verwendung von Haftmitteln oder einer anderen suboptimalen Bondtechnik auf der Chipebene vorgenommen werden muss. Die Erfindung wurde in dem Bemühen entwickelt, die Herstellung von Optikgasfiltern und damit in Beziehung stehenden Komponenten, wie z. B. Infrarotstrahlungsquellen, unter Verwendung von Waferebenen-siliziummikrobearbeitungstechniken zu verbessern, die in den letzten Jahren durchführbarer geworden sind.

[0003] Mikrobearbeitungstechniken haben es ermöglicht, unterschiedliche mikromechanische Komponenten herzustellen, die Strukturdetails mit Abmessungen in der Größenordnung von Mikrometern und Hauptabmessungen vielleicht in der Größenordnung von Millimetern aufweisen. Mikrobearbeitungstechniken stehen in Beziehung zu Verfahren, die beim Herstellen von Halbleitern verwendet werden, z. B. werden verschiedene Strukturen in Siliziumkristall direkt durch Ätzen mit Hilfe einer Schutzmaske oder durch Aufwachsen unterschiedlicher Dünnschichten auf der Oberfläche des Siliziumkristalls über Verdampfen, Sputtern, Drucken oder andere Dünnschichttechniken, die denjenigen bekannt sind, die integrierte Schaltungen herstellen, gebildet. Der Anmelder der vorliegenden Anmeldung ist bei der Entwicklung von Mikrobearbeitungstechniken, um verschiedene Komponenten für Infrarotsensoren herzustellen, wie z. B. die Infrarotstrahlungsquellenanordnung, die in dem U.S.-Patent Nr. 5,668,376 mit dem Titel „Double Radiation Source Assembly And Transducer“ von Weckstrom u. a., erteilt am 16. September 1997 an den Anmelder der vorliegenden Anmeldung, offenbart ist, beteiligt. Das letztendliche Ziel der Erfindung, die in dem Patent offenbart ist, auf das im Vorhergehenden verwiesen wird, sowie der Erfindung, die in dieser Anmeldung offenbart ist, besteht darin, Waferebenen-siliziummikrobearbeitungstechniken zu verwenden, um den Herstellungsprozess von Gassensoren zu verbessern, die verwendet werden, um Atemgase, die in den Luftwegen von Patienten vorhanden sind, während der Anästhesie oder in der Intensivpflege zu messen. Die Verwendung von wirk-samen Mikrobearbeitungstechniken führt nicht nur zu miniaturisierten Komponenten, sondern führt oft auch zu genaueren und dauerhafteren Komponenten.

Kurze Zusammenfassung der Erfindung

[0004] Gemäß der Erfindung wird ein Verfahren zum Mikroherstellen einer Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Optikfilterkammern geliefert, die jede ein strahlungsabsorbierendes Gas enthalten, das eine vorausgewählte Konzentration aufweist, derart, dass der Druck in der Kammer gleich einem vorausgewählten Wert P_c ist, wenn die Temperatur der Kammer sich bei einer vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die gasgefüllten Kammern Gase enthalten, die sich durch zumindest eines von Gastyp von Gaskonzentration unterscheiden, und aus einer Mehrzahl von Silizium- oder Glaswafern mikrohergestellt sind, derart, dass gasgefüllte Hohlräume benachbart zu der Schnittstelle zwischen zumindest zweien der Wafer angeordnet sind, wobei das Verfahren zum Mikroherstellen der gasgefüllten Optikfilterkammern folgende Schritte aufweist:

- Ätzen einer Mehrzahl von Hohlräumen in einem Substrat, das aus einem oder mehr Wafern hergestellt ist, wobei jeder Hohlraum benachbart zu einer Anodisches-Bonden-Oberfläche an dem Substrat und von derselben umgeben ist;
- Platzieren des Substrats mit den geätzten Hohlräumen in einer ersten gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung, wobei die gasgefüllte Anodisches-Bonden-Umgebung ein strahlungsabsorbierendes Gas enthält, das im Wesentlichen bei einer erhöhten Anodisches-Bonden-Temperatur T_{ab} und einem erhöhten Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} gehalten wird, wobei der Bond-Druck P_{ab} im Wesentlichen gleich $P_{ab} = P_c (T_{ab}/T_0)$ ist, wobei T_{ab} und T_0 absolute Temperaturwerte sind und P_{ab} und P_c absolute Druckwerte sind und P_c der vorausgewählte Druckwert in der Kammer ist, wenn die Kammer sich bei der vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die Temperatur T_0 geringer ist als die Temperatur T_{ab} , wobei die Verwendung eines erhöhten Drucks und einer erhöhten Temperatur bei dem Gas die Konzentration von Gas in dem Hohlraum erhöht; und
- anodisches Bonden zumindest eines umschließenden Wafers an die Anodisches-Bonden-Oberfläche an dem Substrat, während das Substrat mit den geätzten Hohlräumen in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung bei Temperatur T_{ab} und Druck P_{ab} angeordnet ist, wobei das anodische Bonden in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung implementiert wird durch ein Aus-

richten des umschließenden Wafers mit der Bondoberfläche des Substrats, um eine Bondschnittstelle zwischen dem umschließenden Wafer und dem Substrat zu bilden, und ein gleichzeitiges Einfangen von Gas von der ersten gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung in dem Hohlraum und danach ein Anlegen einer Bondspannung über die Bondschnittstelle zwischen dem umschließenden Wafer und dem Substrat, während der Wafer und das Substrat zum Bonden in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung ausgerichtet sind, um die Schnittstelle zu bonden und das Gas in dem Hohlraum hermetisch abzudichten, um eine gasgefüllte Optikfilterkammer zu bilden, die die vorausgewählte Konzentration von Gas in der Kammer aufweist,

d) Platzieren des Substrats in einer zweiten gasgefüllten Bondumgebung, die das gleiche oder ein anderes Gas in der gleichen oder einer anderen Konzentration bei der Bondtemperatur und dem Bonddruck aufweist; und

e) Wiederholen des Bondprozesses von Schritt c), um zumindest eine zweite hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammer mit dem Gas von der zweiten gasgefüllten Bondumgebung zu bilden.

[0005] Die Erfindung liefert auch ein Verfahren zum Mikroherstellen einer Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Optikfilterkammern, die jede ein Gas enthalten, das eine vorausgewählte Konzentration aufweist, derart, dass der Druck in der Kammer gleich einem vorausgewählten Druck P_c ist, wenn die Temperatur der Kammer sich bei einer vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die gasgefüllten Kammern Gase enthalten, die sich durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheiden, und aus zwei oder mehr Siliziumwafern mikrohergestellt sind, derart, dass gasgefüllte Hohlräume benachbart zu der Schnittstelle zwischen zwei der Siliziumwafer angeordnet sind, wobei das Verfahren zum Mikroherstellen der gasgefüllten Optikfilterkammern folgende Schritte aufweist:

a) Ätzen einer Mehrzahl von Hohlräumen in einem Substrat, das aus zumindest einem der Siliziumwafer gebildet ist, wobei jeder Hohlraum benachbart zu einer Fusionsbondoberfläche an dem geätzten Siliziumwafer und von derselben umgeben ist;

b) Vorbereiten der Oberflächen der Siliziumwafer für ein Fusionsbonds;

c) Platzieren der Siliziumwafer in einer ersten gasgefüllten Bondumgebung, wobei die gasgefüllte Fusionsbondumgebung eine Konzentration eines ausgewählten Gases bei einem ausgewählten Druck aufweist;

d) anfängliches Zusammenbonds der Siliziumwafer, während die Siliziumwafer in der gasgefüllten Bondumgebung angeordnet sind, durch ein Ausrichten und Ineingriffnehmen der jeweiligen Fusionsbondoberflächen an den jeweiligen Silizi-

umwafern, um eine Bondschnittstelle dazwischen zu bilden, während gleichzeitig das Gas von der ersten gasgefüllten Bondumgebung in dem Hohlraum eingefangen wird; und

e) danach Anlegen einer ausreichenden Menge thermischer Energie eine ausreichende Zeitmenge lang, um die Anfangsbindungen zu stärken und den Hohlraum mit dem Gas in dem Hohlraum hermetisch abzudichten, um eine gasgefüllte Optikfilterkammer zu bilden, die die vorausgewählte Konzentration von Gas in der Kammer aufweist,

f) Platzieren des Substrats in einer zweiten gasgefüllten Bondumgebung, die das gleiche oder ein anderes Gas in der gleichen oder einer anderen Konzentration bei der Bondtemperatur und dem Bonddruck aufweist; und

g) Wiederholen des Bondprozesses der Schritte d) und e), um zumindest eine zweite hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammer mit dem Gas von der zweiten gasgefüllten Bondumgebung zu bilden.

[0006] Bei einem weiteren Aspekt liefert die Erfindung eine mikrohergestellte, gasgefüllte Einchipoptikfilteranordnung, die folgende Merkmale aufweist: ein Siliziumsubstrat, das eine Mehrzahl von Hohlräumen aufweist, die hineingeätzt sind, derart, dass eine jeweilige Bondoberfläche jeden Hohlraum umgibt; einen Glaswafer, der eine Schicht bildet, die anodisch an die Bondoberflächen an dem Substrat gebondet ist, um eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern in der Anordnung zu bilden, wobei jede der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern eine Abdeckung aufweist, die aus einem diskreten Abschnitt der Abdeckungsschicht gebildet ist;

wobei zumindest eine erste Kammer der Mehrzahl von Kammern eine erste ausgewählte Konzentration von Gas enthält; und

wobei zumindest eine zweite Kammer der Mehrzahl von Kammern ein Gas enthält, das sich von dem Gas in der ersten Kammer durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheidet.

[0007] Die Erfindung liefert ferner eine mikrohergestellte, gasgefüllte Einchipoptikfilteranordnung, die folgende Merkmale aufweist:

ein Siliziumsubstrat, das eine Mehrzahl von Hohlräumen aufweist, die hineingeätzt sind, derart, dass eine jeweilige Bondoberfläche jeden Hohlraum umgibt; einen Siliziumwafer, der eine Schicht bildet, die thermisch an die Bondoberflächen an dem Substrat gebondet ist, um eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern in der Anordnung zu bilden, wobei jede der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern eine Abdeckung aufweist, die aus einem diskreten Abschnitt der Abdeckungsschicht gebildet ist;

wobei zumindest eine erste Kammer der Mehrzahl von Kammern eine erste ausgewählte Konzentration

von Gas enthält; und wobei zumindest eine zweite Kammer der Mehrzahl von Kammern ein Gas enthält, das sich von dem Gas in der ersten Kammer durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheidet.

[0008] Die Erfindung setzt die Verwendung von Mikrobearbeitungs-, Ätz- und Bondtechniken ein, um hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammern aus Silizium- und/oder Glaswafern herzustellen. Die hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern weisen genaue Abmessungen auf und sind mit einer vorausgewählten Konzentration von Gas gefüllt, wodurch eine außergewöhnliche Leistung zur Verwendung als ein optisches Gasfilter geliefert wird. Die mikrohergestellten gasgefüllten Kammern sind auch dauerhaft. Die Verwendung von Fusions- und Anodisches-Waferbonden-Techniken führt zu einer komplett hermetisch abgedichteten Kammer, die selbst unter Bedingungen dauerhaft ist, bei denen ein wiederholtes Durchlaufen von thermischen Zyklen erfolgt.

[0009] Der erste Schritt beim Implementieren der Erfindung umfasst ein Ätzen von ein oder mehr Hohlräumen (oder Löchern) in ein oder mehr Glas- oder Siliziumwafern. Die Wafer werden schließlich nach geeigneten Bondprozeduren Teil einer Chipanordnung, die eine oder mehr hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammern aufweist. Bevorzugt werden Ätztechniken verwendet, um Hohlräume in einem Siliziumsubstrat zu erzeugen, das aus ein oder mehr Siliziumwafern gebildet ist. Schnittstellen zwischen ausgerichteten Siliziumwafern werden unter Verwendung von Fusionsbondtechniken gebondet. Das Siliziumsubstrat mit dem geätzten Hohlraum wird dann in einer gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung platziert. Die gasgefüllte Anodisches-Bonden-Umgebung enthält eine ausgewählte Gaskonzentration, die bei der Anodisches-Bonden-Temperatur T_{ab} und dem Druck P_{ab} gehalten wird, während ein Glaswafer auf dem Siliziumsubstrat mit dem geätzten Hohlraum ausgerichtet wird. (Es kann erwünscht sein, den Glaswaferdeckel durch einen Siliziumwafer zu ersetzen, der eine Glasbeschichtung aufweist.) Eine Spannung wird angelegt, um den Glaswafer anodisch an das Siliziumsubstrat zu bonden. Während dieses Prozesses wird Gas von der Anodisches-Bonden-Umgebung innerhalb des Hohlraums mit der gleichen Konzentration und dem gleichen Druck eingekapselt, wie das Gas in der Anodisches-Bonden-Umgebung vorhanden ist. Die Zusammensetzung des Gases innerhalb der Anodisches-Bonden-Umgebung sowie die Konzentration und der Druck P_{ab} des Gases sind vorbestimmt, damit die Zusammensetzung und Konzentration des Gases, das in der Gaskammer eingekapselt ist, für die ausgewählte Anwendung ausreichend sind. Wenn z. B. eine gasgefüllte Kammer hergestellt wird, die als ein optisches Gasfilter bei Umgebungstemperaturen ver-

wendet werden soll (wie es z. B. bei Atemgassensorsystemen verwendet wird), enthält die Anodisches-Bonden-Umgebung normalerweise Kohlendioxidgas bei einem gesteigerten Druck, wie z. B. zwei Atmosphären (d. h. eine mit Überdruck beaufschlagte Kohlendioxidumgebung), wodurch es ermöglicht wird, dass der optische Gassensor ein Referenzsignal erhält, das genau mit dem Absorptionsspektrum von Kohlendioxid übereinstimmt. Kohlendioxidgasfilter weisen eine starke Absorptionsspitze bei $4,2 \mu\text{m}$ auf. Bei einigen Ausführungsbeispielen der Erfindung ist die Optikweglänge durch die Kammer genau durch die Dicke der Siliziumwafer definiert. Um eine maximale Absorption zu erhalten, wird das anodische End-Bonden in einer Bondumgebung implementiert, die Kohlendioxid bei einem relativ hohen Druck enthält, wodurch ermöglicht wird, dass mehr Kohlendioxid in der Kammer eingekapselt wird. Aufgrund der Verwendung von Kohlendioxidüberdruck in der Bondumgebung sind höhere Konzentrationen von Kohlendioxid innerhalb der Kammer möglich, und die Kammer kann somit physisch kleiner gemacht werden. Abhängig von der Anwendung kann die kleinere Größe die Herstellung erheblich vereinfachen.

[0010] Silizium ist zur Verwendung bei Kohlendioxidfiltern außerordentlich gut geeignet, da Silizium im Wesentlichen durchlässig für Strahlung ist, die eine Wellenlänge $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$ aufweist. Optische Übertragungsverluste können jedoch durch das Glas und durch eine Brechung an den physischen Schnittstellen entlang dem optischen Weg erfolgen. Diese optischen Übertragungsverluste können durch ein Verdünnen der Glaswafer, durch die die Strahlung hindurchgeht, und durch die Verwendung von Antireflexionsbeschichtungen, wie z. B. Siliziumnitrid und Siliziumdioxid, verringert werden. Siliziumdioxid ist die bevorzugte Beschichtung, da Siliziumdioxid die Qualität von Fusions- oder anodischen Bindungen nicht beeinflusst.

[0011] Als eine Alternative zum anodischen Bonden eines Glaswaferdeckels an die Anordnung innerhalb einer mit Überdruck beaufschlagten Bondumgebung kann es unter einigen Umständen erwünscht sein, die Kammer zu umschließen, während gleichzeitig eine vorausgewählte Konzentration von Gas unter Verwendung eines Siliziumwaferdeckels in der Kammer eingefangen wird. Beim Herstellen einer derartigen Anordnung ist es nötig, die Siliziumwafer chemisch zu behandeln. Ein Anfangsbonden, um die vorausgewählte Konzentration von Gas in der Kammer einzufangen, kann bei Raumtemperatur erfolgen. Der Gasdruck und die Gaskonzentration in der Anfangsbondumgebung sind im Wesentlichen die gleichen wie der Druck und die Konzentration des Gases, das in der Kammer nach der Herstellung eingefangen ist. Nach einem Anfangsbonden werden die Siliziumwafer durch Fusionsbonden ausgeheilt, um

die Bindung zu verstärken und die Kammer hermetisch abzudichten. Eine derartige mikrohergestellte Struktur weist den Vorteil von Einfachheit auf und weist auch verringerte optische Übertragungsverluste auf.

[0012] Die im Vorhergehenden beschriebenen Techniken werden verwendet, um mehrere gasgefüllte Kammern (z. B. optische Gasfilter) an einem einzigen Chip mikroherzustellen. Die Herstellung kann innerhalb einer einzigen gasgefüllten Bondumgebung erreicht werden, um mehrere Zellen zu erzeugen, die die gleiche Gaszusammensetzung und -konzentration aufweisen. Beabsichtigte Lecks zu der umgebenden Atmosphäre können in den Chip mikrogearbeitet werden, so dass eine oder mehr Kammern mit der Atmosphäre verbunden sind. Auf diese Weise enthalten einige Kammern an dem Chip ein ausgewähltes Gas (z. B. Kohlendioxidgas) mit einer ausgewählten Konzentration, während andere Kammern für die umgebende Atmosphäre offen bleiben. Alternativ dazu kann die Gasgefüllte-Umgebung-Bondtechnik der Reihe nach bei einer Vielzahl von gasgefüllten Bondumgebungen angewendet werden, damit verschiedene Kammern an dem gleichen Chip Gase unterschiedlicher Konzentration und/oder Zusammensetzung enthalten können. Bei dem bevorzugten Verfahren zum Implementieren dieses Aspekts der Erfindung ist es notwendig, den Wafer, der verwendet wird, um die jeweiligen Kammern abzudichten, zwischen sequentiellen Bondprozessen zu sägen.

[0013] Bei einem weiteren Aspekt der Erfindung sind die mikrohergestellte gasgefüllte Kammer oder die Mehrzahl von Kammern mit ein oder mehr Infrarotstrahlungsquellen an einem einzigen Chip integriert. Der Siliziumwafer, an dem die ein oder mehr IR-Quellen mikrohergestellt sind, wird bevorzugt verwendet, um einen Teil der Kammer zu bilden, die das Gas enthält. Auf diese Weise sind eine IR-Quelle und ein optisches Gasfilter effizient und wirksam an einer Einchipanordnung integriert. In vielen Fällen wird es bevorzugt, dass die Einchipanordnung eine Mehrzahl von lateral angeordneten IR-Strahlungsquellen umfasst, die an einem einzigen Wafer mikrohergestellt und an den Rest der Chipanordnung gebondet werden, um die jeweiligen gasgefüllten Kammern zu bilden.

[0014] Andere Merkmale und Aspekte der Erfindung werden für Fachleute beim Durchsehen der folgenden Zeichnungen und der Beschreibung derselben ersichtlich.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] **Fig. 1** ist eine schematische Zeichnung, die die Struktur einer mikrohergestellten, hermetisch abgedichteten Kammer, die mit Kohlendioxidgas gefüllt ist, gemäß dem bevorzugten Ausführungsbeispiel

der Erfindung veranschaulicht.

[0016] **Fig. 2** ist eine schematische Zeichnung, die ein anodisches Bonden gemäß der Erfindung innerhalb einer mit Überdruck beaufschlagten Anodisches-Bonden-Umgebung veranschaulicht, die konzipiert ist, um eine kundenspezifische Gaskonzentration bei der hermetisch abgedichteten Kammer zu liefern.

[0017] **Fig. 3** ist ein Graph, der Testergebnisse einer optischen Übertragung bzw. Transmission durch ein Kohlendioxidfilter, das gemäß der Erfindung hergestellt ist, die in Abhängigkeit von einer Wellenlänge für verschiedene Anodisches-Bonden-Überdrücke gezeigt sind, veranschaulicht.

[0018] **Fig. 4a** und **Fig. 4b** sind Graphen, die optische Übertragungsverluste durch Glaswafer veranschaulichen.

[0019] **Fig. 5** ist ein Graph, der optische Übertragungsverluste durch einen Siliziumwafer veranschaulicht, der Siliziumoxidbeschichtungen verschiedener Dicke aufweist, für eine Wellenlänge $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$.

[0020] **Fig. 6** ist ein Graph, der optische Übertragungsverluste durch die gasgefüllte Kammer, die in **Fig. 1** veranschaulicht ist, darstellt, vorausgesetzt, dass eine dünne Glasschicht und Siliziumoxidbeschichtungen verwendet werden, um optische Übertragungsverluste zu verringern.

[0021] **Fig. 7** veranschaulicht schematisch verschiedene alternative Ausführungsbeispiele zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß der Erfindung.

[0022] **Fig. 8** ist eine schematische Zeichnung, die ein anodisches Bonden innerhalb einer mit Überdruck beaufschlagten Anodisches-Bonden-Umgebung veranschaulicht, unter Verwendung eines Siliziumsubstrats, das einen geätzten Hohlraum aufweist, und eines Siliziumwafers, der eine Glasbeschichtung aufweist, um anodisches Bonden zu ermöglichen.

[0023] **Fig. 9** ist eine schematische Zeichnung, die das Anfangsbonden eines Siliziumsubstrats, in dem ein Hohlraum geätzt ist, und eines Siliziumwaferdeckels in einer gasgefüllten Bondumgebung veranschaulicht, wobei dem Anfangsbonden später ein Fusionsbonds bei hohen Temperaturen folgt, um die Bindung zu verstärken.

[0024] **Fig. 10** veranschaulicht schematisch verschiedene Verfahren zum Aufbringen einer Antireflexionsbeschichtung, um optische Brechungsübertragungsverluste in einer gasgefüllten Kammer zu verringern, die als ein optisches Filter verwendet wird.

[0025] Fig. 11 veranschaulicht eine mikrohergestellte Einchipanordnung, die eine Mehrzahl von Kammern (die meisten hermetisch abgedichtet und gasgefüllt) umfasst, gemäß der Erfindung.

[0026] Fig. 12 ist eine schematische Zeichnung, die ein Verfahren zum Herstellen der mikrohergestellten Einchipanordnung, die in Fig. 11 gezeigt ist, veranschaulicht.

[0027] Fig. 13 enthält schematische Zeichnungen, die die bevorzugte Art und Weise eines Mikroherstellens der mikrohergestellten Einchipanordnung, die in Fig. 11 gezeigt ist, veranschaulichen.

[0028] Fig. 14 enthält schematische Zeichnungen, die ein weiteres Ausführungsbeispiel der mikrohergestellten Einchipanordnung, die in Fig. 11 gezeigt ist, zeigen.

[0029] Fig. 15A zeigt einen Wandler, der eine gasgefüllte Kammer verwendet, die gemäß der Erfindung mikrohergestellt wird.

[0030] Fig. 15B zeigt den Wandler von Fig. 15A, der mit einem Atemkreis eines Patienten verbunden ist.

[0031] Fig. 16 ist eine schematische Ansicht, die einen mikrohergestellten Kohlendioxidfilterchip veranschaulicht, der eine Kohlendioxidkammer aufweist, die in Verbindung mit einem Infrarotstrahlungsquellenchip verwendet wird, wobei die Referenzstrahlungsquelle lateral bzgl. der Abtaststrahlungsquelle an dem gleichen Chip angeordnet ist.

[0032] Fig. 17 ist eine schematische Zeichnung, die die bevorzugten Schritte beim Herstellen eines Infrarotstrahlungsquellenchips veranschaulicht, der lateral angeordnete Infrarotstrahlungsquellen an dem gleichen Chip aufweist.

[0033] Fig. 18 ist eine Draufsicht des Chips, der in Fig. 16 gezeigt ist, der lateral angeordnete Infrarotstrahlungsquellen umfasst.

[0034] Fig. 19 enthält schematische Zeichnungen, die die verschiedenen Ausführungsbeispiele der Erfindung zeigen, bei denen hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammern mit einer Mehrzahl von lateral angeordneten Infrarotstrahlungsquellen an einem einzigen Chip integriert sind.

[0035] Fig. 20 ist eine schematische Zeichnung, die verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung enthält, bei denen eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern an einem einzigen Chip enthalten sind und eine Mehrzahl von lateral angeordneten Infrarotstrahlungsquellen ebenfalls an dem gleichen Chip integriert sind.

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0036] Die Fig. 1 – Fig. 6 beziehen sich auf ein mikrohergestelltes optisches Kohlendioxidfilter 10a, 10b. Das Filter 10a, 10b, wie dasselbe in Fig. 1 gezeigt ist, weist ein Kohlendioxidgas 14 auf, das in einer Kammer 12 eingekapselt ist. Die Kammer 12, wie dieselbe in Fig. 1 gezeigt ist, weist äußere Abmessungen von etwa 2,8 mm × 2,8 mm und eine Hohlraumtiefe von 1 Millimeter auf. Das Filter 10a, 10b wird durch ein Ätzen und Bonden von drei reinen, einzelnen, kristallinen Siliziumwafern 16a, 18a, 20a (oder 16b, 18b, 20b) und eines Pyrex-Glaswafers 22 hergestellt, die am besten für die Bondtechniken, die hier offenbart sind, geeignet sind.

[0037] Der Mikroherstellungsprozess für das Filter 10a, 10b ist schematisch in Fig. 1 gezeigt. Die Herstellung beginnt mit der Oxidierung von zwei 500 µm dicken reinen Siliziumwafern 18a und 20a (oder 18b und 20b). Eine Oxidschicht 24 wird auf beiden Seiten durch Doppelseitenausrichtungsphotolithographie strukturiert, siehe Fig. 1A. Dem folgt ein standardgemäßes anisotropes KOH-Ätzen, um Löcher 26a, 26b durch die Wafer 18a, 20a zu ätzen. Es sei darauf hingewiesen, dass durch ein geringfügiges Verlängern des Ätzens durch die Wafer die geneigten Wände (26a in Fig. 1B) beseitigt werden und stattdessen gerade Wände 26b (in Fig. 1B' gezeigt) gebildet werden. Nachdem die Löcher 26a, 26b in den reinen Siliziumwafern 18a und 20a (oder 18b und 20b) gebildet worden sind, wird die verbleibende Oxidschicht 24 entfernt. Die beiden geätzten Siliziumwafer 18a und 20a bzw. 18b, 20b werden dann ausgerichtet und unter Verwendung einer Fusionsbondprozedur miteinander verbunden. Der Siliziumwaferdeckel 16a oder 16b wird dann an den oberen Wafer 18a (oder 18b), durch den ein Loch geätzt ist, fusionsgebondet. Das Ergebnis ist ein Dreifachstapelwafersubstrat 16a, 18a, 20a (oder 16b, 18b, 20b) mit einem 1 mm tiefen Hohlraum 12a (oder 12b).

[0038] Beim Implementieren der Fusionsbondtechnik werden die Bondoberflächen der Siliziumwafer gereinigt und vorbehandelt, um zu ermöglichen, dass sich die Oberflächen chemisch miteinander verbinden. Die Wafer werden dann ausgerichtet und bei etwa 1.000°C in einer Stickstoffatmosphäre mehrere Stunden lang erhitzt, um die Siliziumwafer auszuheilen oder zu bonden.

[0039] Der Glaswafer 22, bevorzugt ein Pyrex-7740-Glaswafer, wird dann anodisch an das Dreifachstapelsiliziumsubstrat 16a, 18a, 20a gebondet, wobei ein geeigneter Bonder verwendet wird, wie z. B. ein Karl-Suss-SB6-Bonder. Dieser Bonder weist eine Kammer mit variablem Druck (Vakuum bis 3 Bar) mit einer elektrostatischen Option auf, die es ermöglicht, dass der Glaswafer 22 vor dem Bonden von dem Siliziumsubstrat getrennt wird. Unter Verwen-

derung der elektrostatischen Option wird der Glaswafer (in Vakuum) getrennt, und dann wird der Kammer variablen Drucks innerhalb des Bonders Kohlendioxidgas zugeführt. Unter jetziger Bezugnahme auf **Fig. 2** wird, wenn der erwünschte Druck des Kohlendioxidgases P_{ab} erreicht ist, der Glaswafer **22** mit dem Siliziumsubstrat **15** verbunden, und eine ansonsten standardmäßige Anodisches-Bonden-Prozedur wird durchgeführt: die bevorzugte Anodisches-Bonden-Temperatur T_{ac} beträgt 430°C; die bevorzugte Anodisches-Bonden-Spannung beträgt 1.500 Volt; und die bevorzugte Anodisches-Bonden-Zeit beträgt etwa 1 Stunde. Da das anodische Bonden bei einer erhöhten Temperatur T_{ab} (z. B. 430°C) durchgeführt wird, beträgt der Innendruck P_c in der Gaskammer **12** nach dem Abkühlen (z. B. Umgebungstemperatur T_0) etwa die Hälfte des Bondrucks P_{ab} . In anderen Worten wird ein anodisches Bonden mit Kohlendioxidüberdruck (d. h. $P_{ab} = P_{ab} \times \text{das Verhältnis } T_{ab}/T_0$) durchgeführt, um eine höhere Konzentration von Kohlendioxidgas in der Kammer **12** einzukapseln. Falls es erwünscht ist, wird die Vierstapelwaferanordnung (**Fig. 1**) dann in einzelne Filter **10** zersägt. Die Ausbeute, die von diesem Prozess erhalten wird, ist normalerweise besser als 95%. Der Erfolg von Fusions- und anodischem Bonden stellt sehr gute hermetische Abdichtungen der Kohlendioxidkammern **12** sicher. Thermozyklustests wurden ebenfalls bei den Kammern **12** durchgeführt, die gemäß dem oben beschriebenen Prozess hergestellt wurden, und die Kammern **12** wiesen keine Gaslecks auf.

[0040] **Fig. 3** veranschaulicht Optikfiltercharakteristika des Filters **10**, das in **Fig. 1** gezeigt ist, wobei der Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} variiert wird. In **Fig. 3** ist das Transmissionsspektrum der Kohlendioxidkammer **12** über der Wellenlänge für drei unterschiedliche Bondrücke P_{ab} (1, 1,5 und 2 Bar) aufgetragen. Die graphische Darstellung in **Fig. 3** bestätigt die starken Absorptionscharakteristika von Kohlendioxid bei 4,23 μm . Wie erwartet, weist der Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} eine starke Wirkung auf das Absorptionsfilter auf. Bei einem Druck von 10^5 Pa (1 Bar) beträgt die maximale Absorption 49%, während die maximale Absorption bei einem Druck von 2×10^5 Pa (2 Bar) fast 90% erreicht.

[0041] Silizium ist im Wesentlichen durchlässig für Infrarotstrahlung mit 4,23 μm , wobei es sich um die interessierende Wellenlänge bei einem Kohlendioxidgasfilter **10** handelt.

[0042] Optische Übertragungsverluste können jedoch bei $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$ auftreten, da der optische Weg durch den Glaswafer **22** hindurchgeht, und auch aufgrund einer Reflexion an den physischen Schnittstellen zwischen verschiedenen Materialien (besonders bei einer Interferenz mit Silizium). **Fig. 4a** ist eine graphische Darstellung, die die Menge an optischem Übertragungsverlust durch einen 500 mm dicken Py-

rex-7740-Glaswafer über der Wellenlänge λ mit Luft als Referenz veranschaulicht. Es sei darauf hingewiesen, dass in **Fig. 4a** eine Glasabsorption bei etwa 5 μm oder mehr dominant ist, was bedeutet, dass Pyrex-Glas bei diesen Wellenlängen nicht verwendet werden kann. Es sei auch darauf hingewiesen, dass bei einer Wellenlänge $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$ ein 500 μm dicker Glaswafer einen optischen Übertragungsverlust von etwa 60% aufweist. Um eine optische Übertragung zu verbessern, ist es erwünscht, die Dicke des Glaswafers **22** zu verringern. **Fig. 4b** veranschaulicht optische Übertragungsverluste bei $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$ für verschiedene Dicken für den Glaswafer **22**. Es sei darauf hingewiesen, dass eine 70%ige Übertragung erreicht werden kann, wenn der Glaswafer **22** auf 100 μm verdünnt wird. Falls es nötig ist, kann das Verdünnen über ein Ätzen erreicht werden.

[0043] Aufgrund der großen Veränderung des Brechungsindex von Luft zu Silizium bestehen besonders hohe Reflexionsverluste an diesen Schnittstellen. Um diese Verluste zu minimieren, können die Oberflächen des Siliziums entlang dem optischen Weg mit Antireflexionsbeschichtungen beschichtet werden. Die bevorzugte Antireflexionsbeschichtung ist eine Siliziumdioxidbeschichtung, da eine derartige Beschichtung im Wesentlichen die Bondprozeduren nicht stört. **Fig. 5** zeigt den Prozentsatz von optischen Übertragungsverlusten bei $\lambda = 4,23 \mu\text{m}$ in Abhängigkeit von der Dicke für eine Siliziumdioxidbeschichtung. Wie es in **Fig. 5** gezeigt ist, beträgt die bevorzugte Dicke von Siliziumdioxidantireflexionsbeschichtungen etwa 0,75 μm . Eine weitere geeignete Antireflexionsbeschichtung ist Siliziumnitrid. Siliziumnitrid kann wirksam als eine Antireflexionsbeschichtung verwendet werden, die Herstellungsprozedur ist jedoch komplizierter, da die Siliziumnitridbeschichtung strukturiert werden muss, so dass ein Fusionsbonden nicht beeinträchtigt wird. Somit sind bei einer Siliziumnitridbeschichtung eine zusätzliche Maske und ein zusätzlicher Photolithographieschritt sowie ein empfindlicher Ausrichtungsschritt nötig.

[0044] **Fig. 6** vergleicht die Leistung eines optischen Gasfilters **10**, das in **Fig. 1** gezeigt ist, nachdem der Glaswafer **22** verdünnt wurde und Antireflexionsbeschichtungen verwendet wurden. Die Kurve **28** zeigt die optische Übertragung über der Wellenlänge für ein Kohlendioxidgasfilter **10**, das einen Glaswafer **22** von 500 μm , keine Antireflexionsbeschichtung, einen Bonddruck von 2×10^5 Pa (2 Bar) und eine Hohlraumdicke von 1 mm aufweist. Die Kurve **30** zeigt eine optische Übertragung über der Wellenlänge für ein Kohlendioxidfilter, das einen Glaswafer **22** von 125 μm , Siliziumdioxidantireflexionsbeschichten von 0,575 μm , einen Bonddruck von 2×10^5 Pa (2 Bar) und eine Hohlraumdicke von 1 mm aufweist. Es sei darauf hingewiesen, dass die Leistung des optimierten Filters (Kurve **30**) wesentlich besser ist, wodurch ein Signalkontrast verbessert

wird.

[0045] Fig. 7 veranschaulicht verschiedene alternative Ausführungsbeispiele zum Mikroherstellen von gasgefüllten Kammern 12 unter Verwendung von Mikrobearbeitungstechniken, die denjenigen ähnlich sind, die in den Fig. 1 – Fig. 6 beschrieben sind. In Fig. 7a weist das Siliziumsubstrat 15 zwei Siliziumwafer 16, 18 auf. Ein Loch 12 wird durch den zweiten Siliziumwafer 18 trockengeätzt. Die Siliziumwafer 16 und 18 werden fusionsgebondet, und dann wird der Glaswafer 22 in einer gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung anodisch gebondet, um eine Konzentration von Gas in der Kammer 12 einzufangen. Das Ausführungsbeispiel, das in Fig. 7a gezeigt ist, ist demjenigen ähnlich, das in Fig. 1 gezeigt ist, mit Ausnahme dessen, dass sich die Breite der Kammer 12 nur für die Länge eines einzigen Siliziumwafers 18 erstreckt. Die Fig. 7b und Fig. 7c sind Ausführungsbeispiele, die demjenigen ähnlich sind, das in Fig. 7a gezeigt ist. In Fig. 7b weist das Loch 12, das durch den zweiten Siliziumwafer 18 geätzt ist, geneigte Wände auf, wie es bei einem KOH-Ätzen typisch ist. In Fig. 7c werden die Wände des Lochs 12 von beiden Seiten KOH-geätzt. Fig. 7f zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Siliziumsubstrat aus einem einzigen Siliziumwafer besteht, in den ein Hohlraum 12 geätzt wird, um nach einem anodischen Bonden des Glaswafers 12 an den Siliziumwafer 15 die Kammer 12 zu bilden. In Fig. 7g wird der Hohlraum 12 in den Glaswafer 22 anstatt den Siliziumwafer 15 geätzt.

[0046] In Fig. 7d wird das erste Siliziumsubstrat 16 durch einen Glaswafer 32 ersetzt. Der Glaswafer 32 wird anodisch an den Siliziumwafer 18 gebondet, durch den das Loch 12 geätzt ist. Bei dem Ausführungsbeispiel, das in Fig. 7d gezeigt ist, ist es nötig, dass nur eine der anodischen Bindungen (d. h. entweder Glaswafer 22 oder Glaswafer 32) in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung implementiert wird. In Fig. 7e wird das Loch 12 durch einen Glaswafer 35 anstatt einen Siliziumwafer geätzt. Auch werden die Glaswafer 22, 32, die in Fig. 7d gezeigt sind, durch Siliziumwafer 34, 15 ersetzt.

[0047] In Fig. 7h wird der Glaswafer 22, der in Fig. 7a gezeigt ist, durch einen Siliziumwafer 22a ersetzt, der eine Glasbeschichtung 22b aufweist. Auf diese Weise ist es möglich, anodisches Bonden zu verwenden, um das Siliziumsubstrat 15 mit dem Hohlraum 12 an den Siliziumwaferdeckel 22a zu Bonden. Die Schicht 22b bondbaren Glases kann auf den Siliziumwafer 22a unter Verwendung von Flüssigglasaufschleudertechniken, Pyrex-Sputtern oder irgendeiner anderen Glasaufbringungstechnik aufgebracht werden. Fig. 8 zeigt die Anodisches-Bonden-Technik für das Ausführungsbeispiel, das in Fig. 7h gezeigt ist. Es sei darauf hingewiesen, dass anodisches Bonden bei einer mit Überdruck beauf-

schlagten Anodisches-Bonden-Umgebung erfolgt, wie es im Detail bezüglich Fig. 2 offenbart ist, wobei der Hauptunterschied in der Aufbringung der bondbaren Glasschicht 22 auf dem Siliziumwafer 22a liegt.

[0048] In Fig. 7i wird der Glaswafer 22, der in Fig. 7a gezeigt ist, durch einen anderen Siliziumwafer 34 ersetzt. Der Siliziumwafer 34 wird nach einer Anfangsbindung, die in einer Bondumgebung implementiert wird, die ein Gas, wie z. B. Kohlendioxidgas, enthält, an den Siliziumwafer 18 fusionsgebondet. Das Gas (z. B. Kohlendioxid) wird während des Anfangsbondschruttes in der Kammer 12 eingefangen. Unter Bezugnahme auf Fig. 9 wird die Fusionsbondtechnik jetzt genauer erläutert. Zuerst werden das Siliziumsubstrat 15 und der Siliziumwaferdeckel 34 chemisch in Säure vorbereitet. Nach der chemischen Vorbereitung werden das Siliziumsubstrat 15 und der Waferdeckel 34 in einer Halterung mit einem kleinen Zwischenraum zwischen den Bondoberflächen ausgerichtet. Es ist wichtig, dass die Bondoberflächen nicht vorzeitig miteinander in Kontakt kommen. Das Siliziumsubstrat 15 und der Siliziumwaferdeckel 34, die ausgerichtet sind, werden dann in einer gasgefüllten Umgebung platziert, die eine vorausgewählte Konzentration und einen vorausgewählten Druck bei Raumtemperatur aufweist (d. h. der vorausgewählte Gasdruck ist der gleiche Druck in der Kammer 12 nach einer kompletten Herstellung). Der Siliziumwafer wird dann zum Anfangsbonden bei Raumtemperatur gegen das Siliziumsubstrat 15 gepresst. Die anfänglich gebondete Struktur wird dann erhitzt, um die Bindung zu stärken und das Gas hermetisch in der Kammer 12 abzudichten. Bevorzugt wird das Erhitzen in zwei Schritten erreicht: zuerst wird die Mikrostruktur auf etwa 400°C innerhalb der Bondmaschine erhitzt, und später wird dieselbe in einem Ofen auf eine Temperatur erhitzt, die höher als 400°C ist, z. B. 1.000°C.

[0049] Fig. 10 zeigt verschiedene Konfigurationen, die zum Verringern von optischen Übertragungsverlusten nützlich sein können, einschließlich verschiedener Arten eines Aufbringens von Antireflexionsbeschichtungen. In Fig. 10 wird ein Loch 12 in dem Glaswafer 35 geätzt, und zwei Siliziumwafer 16, 34 werden anodisch an den Glaswafer 35 gebondet, um die gasgefüllte Kammer 12 zu bilden. Siliziumdioxidantireflexionsbeschichtungen 36 werden durchgehend über die Siliziumwafer 36, 34 aufgebracht. Der optische Weg 38 geht durch die Wafer 34, 16 und die jeweiligen Antireflexionsbeschichtungen 36 sowie die gasgefüllte Kammer 12 hindurch. In Fig. 10 werden die Siliziumdioxidbeschichtungen 36 durch Siliziumnitridbeschichtungen 40 ersetzt, die strukturiert und ausgerichtet werden müssen, um nicht die Bondschnittstellen zwischen den jeweiligen Wafern 34, 35 und 16 zu unterbrechen. Das Ausführungsbeispiel in Fig. 10 ist demjenigen in Fig. 7a ähnlich, außer dass

der Glaswafer **22** durch ein Ätzen verdünnt worden ist und Siliziumnitridbeschichtungen **40** aufgebracht worden sind, um optische Übertragungsverluste zu verringern.

[0050] Fig. 11 zeigt schematische Zeichnungen, die verschiedene Ausführungsbeispiele der Erfindung darstellen, bei denen eine Mehrzahl von Kammern **12** auf eine einzige Chipanordnung **42** mikrohergestellt werden. In Fig. 11 ist jede der Kammern **12** mit dem gleichen Gas mit der gleichen Konzentration gefüllt. In Fig. 11 ist jede der Kammern **12** mit einer anderen Gaszusammensetzung oder einer anderen Gaskonzentration gefüllt. Getrennte Glasabdeckungen **44** werden für jede der verschiedenen Gaszusammensetzungen/-konzentrationen bereitgestellt. In Fig. 11 wird eine Leitung **46** in den Wafer **18** mikrohergestellt (obwohl die Leitung **46** in einen beliebigen der Wafer **22**, **18**, **16** mikrohergestellt werden könnte). Die Leitung **46** führt von der Kammer **12L** in Fig. 11 zu einer Kante des Chips **42**, so dass die Kammer **12L** zur Außenatmosphäre hin offen ist. Somit ist die Kammer **12L** z. B. mit Umgebungsluft gefüllt, wenn sich die Chipanordnung **42** in Betrieb befindet.

[0051] Fig. 12 zeigt ein mögliches Verfahren zum Mikroherstellen einer Einchipanordnung, die gasgefüllte Kammern **12a**, **12b** aufweist, die mit unterschiedlichen Gasen und/oder Gaskonzentrationen gefüllt sind. Zuerst wird ein Glaswafer **22** anodisch an einen Siliziumwafer **18** gebondet, um Gas A in der Kammer **12a** einzukapseln. Dann wird ein Glaswafer **32** anodisch an die andere Seite des Siliziumwafers **18** gebondet, um Gas B in der Kammer **12b** einzufangen. Die Einchipanordnung **42**, die in Fig. 12 gezeigt ist, ist jedoch suboptimal, da es wahrscheinlich ist, dass die Doppelverwendung der Glaswafer **22**, **32** zu übermäßigen optischen Verlusten führt.

[0052] Fig. 13 veranschaulicht die bevorzugte Weise einer Mikroherstellung einer Anordnung, die eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern **12a**, **12b**, **12x** auf einem einzigen Chip **42** aufweist. Fig. 13a zeigt einen Glaswafer **44a**, der anodisch an das Siliziumsubstrat gebondet wird, während derselbe in einer Anodisches-Bonden-Umgebung angeordnet ist, die eine ausgewählte Konzentration eines Gases A enthält. Der Glaswafer **44a** wurde geätzt, so dass Abschnitte des Glaswafers **44a**, die nicht die Hohlräume **12a** bedecken, die ausgewählt sind, um das Gas A zu enthalten, oder die jeweiligen umgebenden Bondoberflächen für die ausgewählten Hohlräume **12a** nicht das Siliziumsubstrat **15** kontaktieren, wenn der Glaswafer **44a** mit dem Siliziumsubstrat **15** zum anodischen Bonden in der Umgebung ausgerichtet ist, die mit dem Gas A gefüllt ist. Nach einem anodischen Bonden wird der Glaswafer **44a** gesägt, um den Abschnitt des Glaswafers **44a** zu entfernen, der vorhergehend weggeätzt wurde und nicht die Hohlräume **12a** bedeckte, die ausgewählt

sind, um das Gas A zu enthalten (siehe Fig. 13b). Fig. 13c zeigt die Verwendung eines zweiten Glaswafers **44b**, bei dem erneut Abschnitte weggeätzt sind. Der zweite Glaswafer **44b** wird anodisch an die Anordnung gebondet, während derselbe in einer Anodisches-Bonden-Umgebung angeordnet ist, die ein Gas B enthält (siehe Fig. 13c). Nach dem anodischen Bonden des zweiten Glaswafers **44b** an das Siliziumsubstrat **15** wird das Gas B innerhalb der jeweiligen hermetisch abgedichteten Kammern **12b** eingekapselt, und erneut werden die überschüssigen Abschnitte des Glaswafers **44b** durch Sägen entfernt. Diese Prozedur kann für beliebig viele Gasumgebungen fortgeführt werden (siehe Fig. 13e).

[0053] Fig. 14 zeigt ein weiteres alternatives Herstellungsverfahren zum Mikroherstellen einer Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern **12a**, **12b**, **12x** an einem einzigen Chip **46**. In Fig. 14a wird ein Hohlraum **12a** in ein Siliziumsubstrat **15a** geätzt, das aus einem einzigen geätzten Siliziumwafer hergestellt ist. Der vorgeätzte Siliziumwafer **15a** wird in einer Anodisches-Bonden-Umgebung, die ein Gas A enthält, anodisch an den Glaswafer **22** gebondet, wodurch das Gas A in der Kammer **12a** eingefangen wird. Nach dem anodischen Bonden des Siliziumwafers **15a** an den Glaswafer **22** wird der überschüssige Abschnitt des Siliziumwafers **15a** mit einer Vereinzelungsklinge gesägt, um den überschüssigen Abschnitt zu entfernen. Dieser Prozess kann für mehrere Gasumgebungen wiederholt werden, wie es in den Fig. 14b und Fig. 14c gezeigt ist.

[0054] Eine typische Anwendung für ein optisches Filter **10**, wie dasselbe bislang offenbart ist, ist in den Fig. 15A und Fig. 15B gezeigt. Fig. 15A zeigt einen Wandler **48** und ein abnehmbares Gasprobenvolumen **50**. Falls der Wandler **48** als ein normaler Wandler verwendet wird, sind die Wände **52** und die Fenster **54**, **56** des Gasprobenvolumens **50** Teile eines Verbinders **58** (Fig. 15A), der Teil des Atemkreises des Patienten ist, der jedoch von dem Wandler **48** abgenommen werden kann. Der Verbinder **58** (Fig. 15A) sollte ein Einwegelement sein oder derselbe sollte ohne Weiteres sterilisiert werden können. Deshalb ist es eine wichtige Charakteristik, dass der Verbinder **58** von dem Wandler **48** abnehmbar ist. Der Wandler **48** umfasst einen Infrarotstrahlungsquellenchip **68** und einen Kohlendioxidfilterchip **70**, der eine kohlendioxidgefüllte Kammer **12** enthält. Die Chips **68/70** können durch einen Keramikhalter gehalten werden oder können integriert hergestellt sein, wie es in den Fig. 18 und 19 offenbart ist. Der IR-Quellenchip **68** und der Gasfilterchip **70** sind an einem Gehäuse **71a** befestigt, das wiederum an einem Wandlergehäuse **73** befestigt ist. Auf eine ähnliche Weise hält ein Gehäuse **71b** die Komponenten auf der anderen Seite des Wandlers **48**.

[0055] Der IR-Quellenchip **68** umfasst eine Mehrzahl von Fäden **72**, die eine Strahlung durch das Kohlendioxidfilter **70**, durch das Fenster **74**, durch das Probengasvolumen **50**, durch das Fenster **76**, durch das IR-Bandpassfilter **78** und auf den Infrarotdetektor **80** emittieren. Die Glasfenster **70**, **76** können aus Glas, Keramik, Silizium oder einem anderen dünnen Material sein, das für Infrarotstrahlung durchlässig ist. Falls nötig, sollte ein Antireflexionsfilm verwendet werden, um optische Reflexionsübertragungsverluste zu verringern. Normalerweise umfasst die IR-Quelle **72** ein Array von 20 bis 50 Mikrofäden. Wie es in dem im Vorhergehenden aufgenommenen U.S.-Patent Nr. 5,668,376 beschrieben ist, wird die IR-Strahlungsquelle **68** aus einem reinen Siliziumsubstrat hergestellt. Kurz dargestellt, wird eine Ausnehmung in dem Substrat in der Region der Mikrofäden geätzt, d. h. in der Region, die Strahlung emittiert. Die Fäden sind normalerweise aus polykristallinem Silizium hergestellt, das dotiert ist, um leitend zu werden, und durch eine Siliziumnitridbeschichtung geschützt ist, aber dieselben können durch andere Materialien hergestellt werden, die für eine Dünnschichttechnologie geeignet sind, wie z. B. Metall (z. B. Wolfram) usw. Die Fäden sind von der unteren Oberfläche der Ausnehmung weg beabstandet, derart, dass die Mikrofäden eine geringe thermische Kapazität und somit eine kurze thermische Zeitkonstante aufweisen. Das Volumen eines einzelnen Mikrofadens beträgt höchstens $200.000 \mu\text{m}^3$, bevorzugt höchstens etwa $50.000 \mu\text{m}^3$ und normalerweise in der Größenordnung von $2.000 - 20.000 \mu\text{m}^3$; und die thermische Zeitkonstante der Mikrofäden beträgt höchstens etwa 50 Millisekunden, bevorzugt höchstens etwa 10 Millisekunden, normalerweise in der Größenordnung von 0,5 – 5 Millisekunden. Somit weist ein einzelner Mikrofaden eine typische Dicke in der Größenordnung von 0,5 – 5 μm , eine Breite in der Größenordnung von 5 – 100 μm und eine Länge in der Größenordnung von 50 μm – 3 mm auf. Die Entfernung des Fadens von dem unteren Ende der Ausnehmung beträgt allgemein in der Größenordnung von 10 – 1.000 μm , normalerweise in der Größenordnung von 50 – 300 μm . Die Fäden der IR-Quelle **72** sind elektrisch mit Metallelektroden an dem IR-Chip verbunden, die als Anschlüsse zu dem Rest des elektrischen Systems wirksam sind. In [Fig. 15A](#) wird Elektrizität über einen Draht **82** an den IR-Chip **72** geliefert.

[0056] [Fig. 15B](#) zeigt den Atemkreis eines Patienten. Ein Wandler **48** und ein Verbinder **58** sind zwischen den Inkubationsschlauch **84** des Patienten und das Y-Stück **86** geschaltet. Das Y-Stück verbindet die Eingangsschläuche **88**, **90** der Vorrichtung **92**, die die Atmung aufrechterhält. Der Wandler **48** ist elektronisch über eine Leitung **94** und einen Verbinder **96** mit der Patientenüberwachungseinrichtung **98** verbunden, wo das Signal verarbeitet wird. Die Patientenüberwachungseinrichtung **98** umfasst eine Anzeige **100**, die die Konzentration des Gases, die

durch den Wandler **48** gemessen wird, in Abhängigkeit von der Zeit zeigt, d. h. die Atmungskurve oder die Konzentrationswerte von Einatmung und Ausatmung.

[0057] Der beschriebene Infrarotanalysator ist hauptsächlich dazu vorgesehen, normal als ein Kohlendioxidwandler verwendet zu werden, aber unter Verwendung des gleichen Prinzips wäre es auch möglich, andere Gase oder Flüssigkeiten zu messen, die eine Strahlung absorbieren. In der Anästhesie ist es hauptsächlich eine Frage von Lachgas oder Narkosegas. Es ist ziemlich klar, dass es auch andere Gase gibt, die bei anderen Anwendungen gemessen werden können.

[0058] [Fig. 16](#) veranschaulicht eine besonders nützliche Konfiguration für einen IR-Sensor, der infolge der Fähigkeit entwickelt wurde, einen Chip **104** herzustellen, der eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern **12** aufweist. [Fig. 15](#) veranschaulicht einen mikrohergestellten Kohlendioxidfilterchip **104**, der in Verbindung mit einem Infrarotstrahlungsquellenchip **105** verwendet wird, bei dem eine Referenzstrahlungsquelle **106** lateral von der Abtaststrahlungsquelle **108** an dem gleichen Chip **102** verschoben ist. [Fig. 18](#) zeigt eine Draufsicht des IR-Quellenchips **102**. Es sei darauf hingewiesen, dass zwei diagonal angeordnete Referenzquellen **106a**, **106b** und zwei diagonal angeordnete Abtastquellen **108a**, **108b** vorliegen. Der Kohlendioxidfilterchip **104** sollte eine getrennte kohlendioxidgefüllte Kammer **12** für jede Referenzquelle **106a**, **106b** umfassen. Aluminiumbondanschlussflächen **110**, **112**, **114**, **116** und **118** sind an dem IR-Quellenchip **102** bereitgestellt und dienen als Elektroden für die jeweiligen Strahlungsquellen **106a**, **106b**, **108a**, **108b**. Unter jetziger Bezugnahme auf die beiden [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) bestehen die IR-Quellen **106a**, **106b**, **108a**, **108b** aus in Siliziumnitrid **120** eingekapselten phosphordotierten Polysiliziumfäden, die über einem jeweiligen KOH-geätzten Hohlraum hängen. Die Fadenlänge beträgt etwa 1 mm, wobei es sich um einen Kompromiss zwischen mechanischer Festigkeit und thermischen Charakteristika der IR-Quelle handelt. Kürzere Fäden würden eine höhere mechanische Festigkeit bedeuten, würden jedoch eine weniger gleichmäßige Temperaturverteilung über die Fadenfläche liefern. Bei dieser Anwendung werden die IR-Quellen **106a**, **106b**, **108a**, **108b** diagonal in Paaren zwischen dem Abtaststrahl und dem Referenzstrahl in relativ rascher Modulation ($t < 10$ Millisekunden) geschaltet, deshalb liegt die bevorzugte Hohlraumtiefe zwischen 100 und 300 μm .

[0059] Der Herstellungsprozess ist schematisch in [Fig. 17](#) gezeigt. Ein reines Siliziumsubstrat **102** mit einer 0,1 μm (1.000 Angström) dicken Opferpolysiliziumschicht in den Bereichen der geätzten Hohlräume unter den Fäden wird bereitgestellt, um mit der Her-

stellung zu beginnen. Das Opferpolysilizium wird photolithographisch strukturiert und trocken geätzt, um die Hohlräume zu definieren, in denen die Fäden angeordnet sein werden. Dem folgt eine belastungsfreie Siliziumnitridschicht von 1 µm und dann eine Aufbringung von 0,5 µm Polysilizium. Phosphorionenimplantation, Photolithographie und Polysiliziumtrockenätzen werden implementiert, um den dotierten Polysiliziumfaden zu bilden, worauf dann eine zweite Aufbringung von 0,5 µm belastungsfreiem Siliziumnitrid folgt. Eine Aktivierung der Dotiermittel in den Polysiliziumfäden eine Stunde lang bei 1.000°C ergibt den Schichtwiderstandswert von etwa 25 Ohm pro Quadrat. Photolithographie und ein Trockenätz öffnen die Kontaktlöcher, und ein dünnes (1.000 Angström) belastungsfreies Siliziumnitrid wird aufgebracht, um die Kontaktlöcher während des KOH-Ätzens zu schützen. Die Öffnungen zwischen den Fäden bis hinunter zu der Opferpolysiliziumschicht werden dann photolithographisch strukturiert und trocken geätzt. Das KOH-Ätzen führt zu einem lateralen Ätzen des Opferpolysiliums und einem vertikalen Ätzen des Siliziumsubstrats, was Hohlräume bildet, die eine Tiefe von bevorzugt etwa 200 µm unter den Fäden aufweisen. Schließlich wird die obere Siliziumnitridschicht durch ein Trockenätzen entfernt, und dem folgt eine Aufbringung von einer 1,5 µm dicken Aluminiumschicht, die strukturiert ist, um die Metallbondanschlussflächen **110**, **112**, **114**, **116** und **118** zu bilden. Ein Vereinzeln durch Sägen führt zu dem IR-Quellenchip **102**, der in [Fig. 18](#) gezeigt ist. Der IR-Quellenchip, der in [Fig. 18](#) gezeigt ist, kann bei einem wirksamen Wandler als eine getrennte Komponente von dem Kohlendioxidfilterchip **104**, wie es in [Fig. 16](#) gezeigt ist, implementiert werden, oder derselbe kann einen Teil einer integrierten Einchipanordnung bilden, die sowohl die Infrarotstrahlungsquellen als auch die jeweiligen Kohlendioxidfilter integriert.

[0060] Die [Fig. 19](#) und [20](#) veranschaulichen verschiedene mikrohergestellte Anordnungskonfigurationen, die IR-Quellen und optische Gasfilter an einem einzigen Chip integrieren. Die IR-Quellen **106**, **108** werden an dem ersten Siliziumwafer **16** hergestellt, und die gasgefüllte Kammer **12** wird in dem zweiten Siliziumwafer **18** geätzt. Bevorzugt werden, wie es vorher unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) beschrieben ist, die Siliziumwafer **16**, **18** fusionsgebondet, um das integrierte Siliziumsubstrat **15** zu bilden, das den Hohlraum **12** und auch die IR-Quellen **106**, **108** aufweist (IR-Quellen, wie dieselben an dem Siliziumwafer **16** vorabhergestellt sind). Der Glaswafer **22** wird dann in einer gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung anodisch an das Siliziumsubstrat **15** gebondet, um Gas in der Kammer **12** einzufangen. [Fig. 19a](#) zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Referenzsignal von der Referenz-IR-Quelle **106** durch die gasgefüllte Kammer **12** hindurchgeht, wohingegen das Abtastsignal von der Abtastquelle **108** durch das Silizium-

substrat **15** hindurchgeht. In [Fig. 19b](#) geht das Abtastsignal von der Abtastquelle **108** durch die Kammer **12b** hindurch, die ein Leck **46** enthält, wodurch bewirkt wird, dass die Kammer **12b** mit Umgebungsluft gefüllt wird. Das Ausführungsbeispiel, das in [Fig. 19c](#) gezeigt ist, ist dem Ausführungsbeispiel ähnlich, das in [Fig. 19c](#) gezeigt ist, mit der Ausnahme, dass die Chipanordnung eine Schutzglasabdeckung **124** umfasst, um die IR-Fäden **106**, **108** vor mechanischer Beschädigung zu schützen. In [Fig. 19d](#) werden die IR-Fäden **106**, **108** innerhalb der Glasabdeckung **124** vakuumabgedichtet, wodurch die Fäden **106**, **108** ferner vor anderen Typen von Umweltreizstoffen geschützt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass die Schutzabdeckung **124** in [Fig. 19d](#) bevorzugt in einem separaten Anodisches-Bonden-Prozess bezüglich des Glaswafers **22** aufgebracht wird. Es sei auch darauf hingewiesen, dass die IR-Fäden **106**, **108** bezüglich der gasgefüllten Kammer **12** in den [Fig. 19a](#) – [Fig. 19d](#) extern angeordnet sind. Im Gegensatz dazu zeigt [Fig. 19e](#) ein Ausführungsbeispiel, bei dem die IR-Fäden **106**, **108** innerhalb der Kammern **12a**, **12b** angeordnet sind. Kammer **12a** ist gasgefüllt, z. B. mit Kohlendioxidgas, so dass das Referenzsignal von der Referenzquelle **106** durch das Gas in der Kammer **12a** hindurchgeht. Andererseits umfasst die Kammer **12b** ein Leck **46**. Somit geht das Abtastsignal von der Abtast-IR-Quelle **108** durch die Umgebungsluft anstatt durch ein Filtergas hindurch.

[0061] [Fig. 20](#) veranschaulicht zwei Ausführungsbeispiele, bei denen eine Einchipanordnung, die eine Mehrzahl von IR-Quellen umfasst, an einem einzigen Chip integriert sein kann, der eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten Kammern **12a**, **12b**, **12x** aufweist, wobei jede Kammer **12a**, **12b**, **12x** eine andere Gaszusammensetzung und/oder -konzentration enthält. Auf viele Weisen ist das Verfahren zur Herstellung demjenigen ähnlich, das bezüglich [Fig. 13](#) offenbart ist. In [Fig. 20a](#) wird der erste Siliziumwafer **16** vorabhergestellt, um IR-Quellen **150a**, **150b** und **150x** zu enthalten, vor einem Fusionsbonds an das zweite Siliziumsubstrat **18** und den nachfolgenden sequentiellen anodischen Bondvorgängen in einer Gas-A-Umgebung für die Glasabdeckung **44a**, in einer Gas-B-Umgebung für die Glasabdeckung **44b**, und in einer Gas-X-Umgebung für die Glasabdeckung **44x** usw. Wie es aus der Zeichnung in [Fig. 20a](#) hervorgeht, sind die IR-Quellenfäden **150a**, **150b** und **150x** bezüglich der jeweiligen gasgefüllten Kammer **12a**, **12b**, **12x** bei der Einchipanordnung, die in [Fig. 20a](#) gezeigt ist, extern. In [Fig. 20b](#) sind die IR-Quellenfäden **150a**, **150b** und **150x** in den jeweiligen gasgefüllten Kammern **12a**, **12b**, **12x** angeordnet. Bei der Einchipanordnung, die in [Fig. 20b](#) gezeigt ist, wird der zweite Siliziumwafer **16** vorabhergestellt, um IR-Fäden **150a**, **150b**, **150x** sowie das jeweilige Loch **12a**, **12b**, **12x** für die jeweilige gasgefüllte Kammer zu umfassen. Der erste und der zweite Si-

litziumwafer **16**, **18** werden dann fusionsgebondet, vor einem sequentiellen anodischen Bonden der Glasabdeckung **44a** in einer Gas-A-Umgebung, der Glasabdeckung **44b** in einer Gas-B-Umgebung und der Glasabdeckung **44x** in einer Gas-X-Umgebung.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Optikfilterkammern, die jede ein strahlungsabsorbierendes Gas enthalten, das eine vorausgewählte Konzentration aufweist, derart, dass der Druck in der Kammer gleich einem vorausgewählten Druck P_c ist, wenn die Temperatur der Kammer sich bei einer vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die gasgefüllten Kammern Gase enthalten, die sich durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheiden, und aus einer Mehrzahl von Silizium- oder Glaswafern mikrohergestellt sind, derart, dass gasgefüllte Hohlräume benachbart zu der Schnittstelle zwischen zumindest zweien der Wafer angeordnet sind, wobei das Verfahren zum Mikroherstellen der gasgefüllten Optikfilterkammern folgende Schritte aufweist:

a) Ätzen einer Mehrzahl von Hohlräumen in einem Substrat, das aus einem oder mehr Wafern hergestellt ist, wobei jeder Hohlraum benachbart zu einer Anodisches-Bonden-Oberfläche an dem Substrat und von derselben umgeben ist;

b) Platzieren des Substrats mit den geätzten Hohlräumen in einer ersten gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung, wobei die gasgefüllte Anodisches-Bonden-Umgebung ein strahlungsabsorbierendes Gas enthält, das im Wesentlichen bei einer erhöhten Anodisches-Bonden-Temperatur T_{ab} und einem erhöhten Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} gehalten wird, wobei der Bonddruck P_{ab} im Wesentlichen gleich $P_{ab} = P_c(T_{ab}/T_0)$ ist, wobei T_{ab} und T_0 absolute Temperaturwerte sind und P_{ab} und P_c absolute Druckwerte sind und P_c der vorausgewählte Druckwert in der Kammer ist, wenn die Kammer sich bei der vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die Temperatur T_0 geringer ist als die Temperatur T_{ab} , wobei die Verwendung eines erhöhten Drucks und einer erhöhten Temperatur bei dem Gas die Konzentration von Gas in dem Hohlraum erhöht; und

c) anodisches Bonden zumindest eines umschließenden Wafers an die Anodisches-Bonden-Oberfläche an dem Substrat, während das Substrat mit dem geätzten Hohlräumen in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung bei Temperatur T_{ab} und Druck P_{ab} angeordnet ist, wobei das anodische Bonden in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung implementiert wird durch ein Ausrichten des umschließenden Wafers mit der Bondoberfläche des Substrats, um eine Bondschnittstelle zwischen dem umschließenden Wafer und dem Substrat zu bilden, und ein gleichzeitiges Einfangen von Gas von der ersten gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung

in dem Hohlraum und danach ein Anlegen einer Bondspannung über die Bondschnittstelle zwischen dem umschließenden Wafer und dem Substrat, während der Wafer und das Substrat zum Bonden in der gasgefüllten Anodisches-Bonden-Umgebung ausgerichtet sind, um die Schnittstelle zu bonden und das Gas in dem Hohlraum hermetisch abzudichten, um eine gasgefüllte Optikfilterkammer zu bilden, die die vorausgewählte Konzentration von Gas in der Kammer aufweist,

d) Platzieren des Substrats in einer zweiten gasgefüllten Bondumgebung, die das gleiche oder ein anderes Gas in der gleichen oder einer anderen Konzentration bei der Bondtemperatur und dem Bonddruck aufweist; und

e) Wiederholen des Bondprozesses von Schritt c), um zumindest eine zweite hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammer mit dem Gas von der zweiten gasgefüllten Bondumgebung zu bilden.

2. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1, bei dem das Substrat, in das der Hohlraum geätzt ist, ein Siliziumsubstrat ist und der umschließende Wafer ein Glaswafer ist.

3. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1, bei dem der Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} im Wesentlichen größer ist als der vorausgewählte Wert P_c für den Druck in der Kammer, wenn die Temperatur der Kammer bei der vorausgewählten Temperatur T_0 oder in der Nähe derselben liegt.

4. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Optikfilterkammern, die jede ein Gas enthalten, das eine vorausgewählte Konzentration aufweist, derart, dass der Druck in der Kammer gleich einem vorausgewählten Druck P_c ist, wenn die Temperatur der Kammer sich bei einer vorausgewählten Temperatur T_0 befindet, wobei die gasgefüllten Kammern Gase enthalten, die sich durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheiden, und aus zwei oder mehr Siliziumwafern mikrohergestellt sind, derart, dass gasgefüllte Hohlräume benachbart zu der Schnittstelle zwischen zweien der Siliziumwafer angeordnet sind, wobei das Verfahren zum Mikroherstellen der gasgefüllten Optikfilterkammern folgende Schritte aufweist:

a) Ätzen einer Mehrzahl von Hohlräumen in einem Substrat, das aus zumindest einem der Siliziumwafer gebildet ist, wobei jeder Hohlraum benachbart zu einer Fusionsbondoberfläche an dem geätzten Siliziumwafer und von derselben umgeben ist;

b) Vorbereiten der Oberflächen der Siliziumwafer für ein Fusionsbonden;

c) Platzieren der Siliziumwafer in einer ersten gasgefüllten Bondumgebung, wobei die gasgefüllte Fusionsbondumgebung eine Konzentration eines ausge-

wählten Gases bei einem ausgewählten Druck aufweist;

d) anfängliches Zusammenbünden der Siliziumwafer, während die Siliziumwafer in der gasgefüllten Bondumgebung angeordnet sind, durch ein Ausrichten und Ineingriffnehmen der jeweiligen Fusionsbondoberflächen an den jeweiligen Siliziumwafern, um eine Bondschnittstelle dazwischen zu bilden, während gleichzeitig das Gas von der ersten gasgefüllten Bondumgebung in dem Hohlraum eingefangen wird; und

e) danach Anlegen einer ausreichenden Menge thermischer Energie eine ausreichende Zeitmenge lang, um die Anfangsbindungen zu stärken und den Hohlraum mit dem Gas in dem Hohlraum hermetisch abzudichten, um eine gasgefüllte Optikfilterkammer zu bilden, die die vorausgewählte Konzentration von Gas in der Kammer aufweist,

f) Platzieren des Substrats in einer zweiten gasgefüllten Bondumgebung, die das gleiche oder ein anderes Gas in der gleichen oder einer anderen Konzentration bei der Bondtemperatur und dem Bonddruck aufweist; und

g) Wiederholen des Bondprozesses der Schritte d) und e), um zumindest eine zweite hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammer mit dem Gas von der zweiten gasgefüllten Bondumgebung zu bilden.

5. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 4, bei dem der Schritt des Anlegens einer ausreichenden Menge thermischer Energie eine ausreichende Zeitmenge lang, um die Anfangsbindungen zu stärken und die Kammer hermetisch abzudichten, in zwei Schritten implementiert wird: wobei der erste Schritt eine anfängliche Anwendung von Wärme ist, die kleiner oder gleich einer ersten Temperatur ist, und wobei der zweite Schritt eine zweite Anwendung von Wärme ist, die kleiner oder gleich einer zweiten Temperatur ist, wobei die zweite Temperatur wesentlich größer als die erste Temperatur ist.

6. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 4, bei dem der Bonddruck P_{fb} in der gasgefüllten Bondumgebung wesentlich größer ist als der vorausgewählte Wert P_c für den Druck in der Kammer, wenn die Temperatur der Kammer sich bei der vorausgewählten Temperatur T_0 oder in der Nähe derselben befindet.

7. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1 oder 4, bei dem die gasgefüllte Kammer mit Kohlendioxidgas gefüllt ist.

8. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1, bei dem die gasgefüllte Anodisches-Bonden-Umgebung Kohlendioxidgas enthält,

das einen Anodisches-Bonden-Druck P_{ab} aufweist, der größer als atmosphärischer Druck ist.

9. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 4, bei dem die gasgefüllte Fusionsbondumgebung ein Gas bei einem Bonddruck P_{fb} enthält, der wesentlich größer als atmosphärischer Druck ist.

10. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1 oder 4, wobei das Verfahren ferner den Schritt eines Aufbringens einer Antireflexionsbeschichtung auf eine Oberfläche eines Wafers aufweist.

11. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 10, bei dem die Antireflexionsbeschichtung eine von einer Siliziumoxidbeschichtung oder einer Siliziumnitridbeschichtung ist.

12. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1 oder 4, bei dem die hermetisch abgedichtete gasgefüllte Kammer mit einer Infrarotstrahlungsquelle einstückig ist, die an einem gemeinsamen Chip mit der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer mikrohergestellt ist.

13. Das Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt des Ätzens von Hohlräumen in dem Substrat ferner als ein Ätzen von Hohlräumen an gegenüberliegenden Seiten des Substrats definiert ist.

14. Ein Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 1 und 4, das ferner definiert ist als:

Ätzen des umschließenden Wafers derart, dass Abschnitte des Wafers, die keinen Hohlraum oder keine Hohlräume bedecken, die ausgewählt sind, um das Gas in der ersten ausgewählten Konzentration zu enthalten, das Substrat oder den vorhergehend umschließenden Wafer nicht kontaktieren, wenn der Wafer mit dem Substrat zum Bonden ausgerichtet ist; und

Sägen des Wafers nach dem Bonden, um den Abschnitt des Wafers zu entfernen, der den ausgewählten Hohlraum oder die ausgewählten Hohlräume nicht bedeckt.

15. Das Verfahren zum Mikroherstellen einer hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammer gemäß Anspruch 14, bei dem zumindest eine der hermetisch abgedichteten Kammern mit einem ersten Gas mit einer ersten vorausgewählten Konzentration gefüllt ist und eine andere der hermetisch abgedichteten Kammern das gleiche Gas mit einer anderen vorausge-

wählten Konzentration enthält.

16. Eine mikrohergestellte, gasgefüllte Einchip-optikfilteranordnung, die folgende Merkmale aufweist:
ein Siliziumsubstrat (**15**, **18**), das eine Mehrzahl von Hohlräumen (**12**) aufweist, die hineingeätzt sind, derart, dass eine jeweilige Bondoberfläche jeden Hohlraum umgibt;
einen Glaswafer, der eine Schicht (**44**) bildet, die anodisch an die Bondoberflächen an dem Substrat gebondet ist, um eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern in der Anordnung zu bilden, wobei jede der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern eine Abdeckung aufweist, die aus einem diskreten Abschnitt (**44A**, **44B**, **44C**) der Abdeckungsschicht (**44**) gebildet ist;
wobei zumindest eine erste Kammer der Mehrzahl von Kammern eine erste ausgewählte Konzentration von Gas enthält; und
wobei zumindest eine zweite Kammer der Mehrzahl von Kammern ein Gas enthält, das sich von dem Gas in der ersten Kammer durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheidet.

17. Eine mikrohergestellte, gasgefüllte Einchip-optikfilteranordnung, die folgende Merkmale aufweist:
ein Siliziumsubstrat (**15**, **18**), das eine Mehrzahl von Hohlräumen (**12**) aufweist, die hineingeätzt sind, derart, dass eine jeweilige Bondoberfläche jeden Hohlraum umgibt;
einen Siliziumwafer, der eine Schicht (**44**) bildet, die thermisch an die Bondoberflächen an dem Substrat gebondet ist, um eine Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern in der Anordnung zu bilden, wobei jede der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern eine Abdeckung aufweist, die aus einem diskreten Abschnitt (**44A**, **44B**, **44C**) der Abdeckungsschicht (**44**) gebildet ist;
wobei zumindest eine erste Kammer der Mehrzahl von Kammern eine erste ausgewählte Konzentration von Gas enthält; und
wobei zumindest eine zweite Kammer der Mehrzahl von Kammern ein Gas enthält, das sich von dem Gas in der ersten Kammer durch zumindest eines von Gastyp und Gaskonzentration unterscheidet.

18. Eine mikrohergestellte Einchipanordnung gemäß Anspruch 16 oder 17, bei der zumindest eine der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern ein erstes Gas mit einer ersten vorausgewählten Konzentration enthält und eine andere der hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern das gleiche Gas mit einer anderen vorausgewählten Konzentration enthält.

19. Eine mikrohergestellte Einchipanordnung gemäß Anspruch 16 oder 17, bei der die Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern an

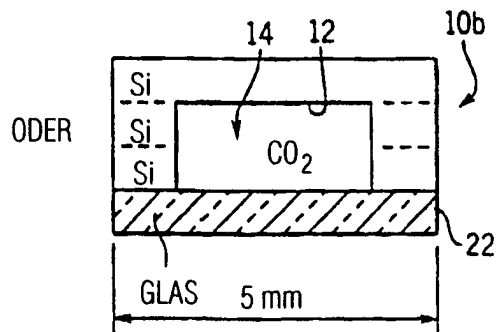
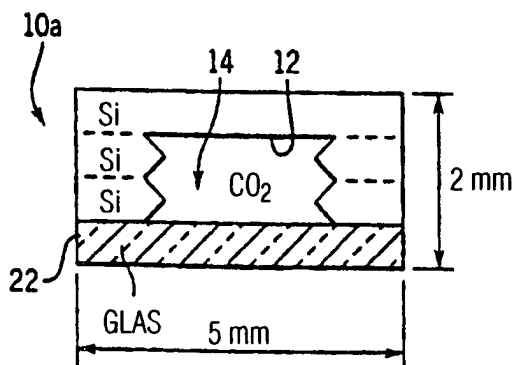
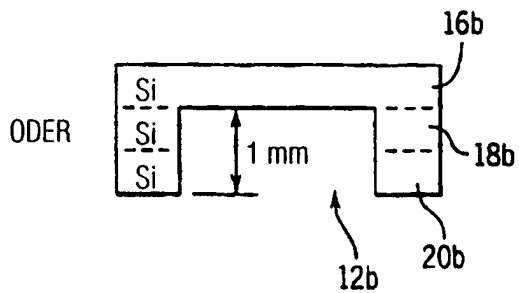
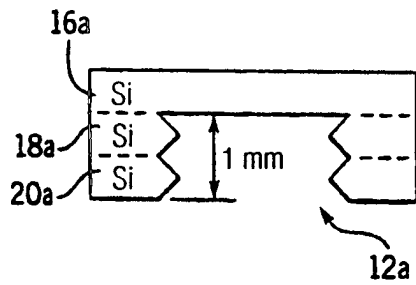
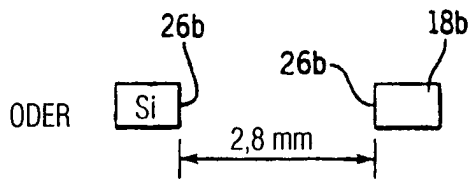
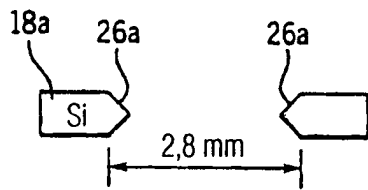
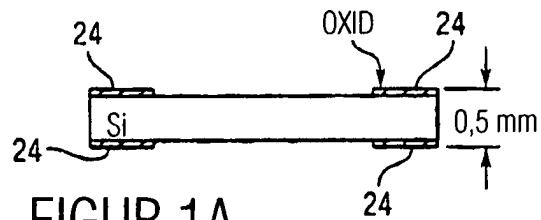
dem Substrat lateral voneinander verschoben sind.

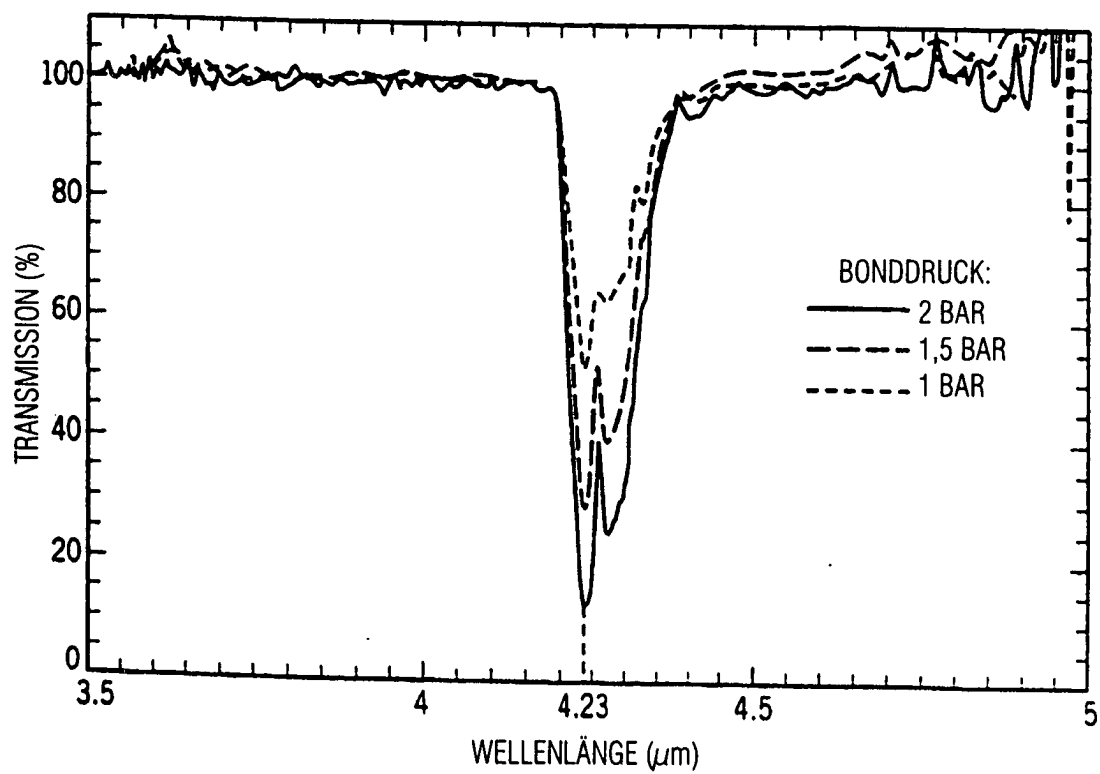
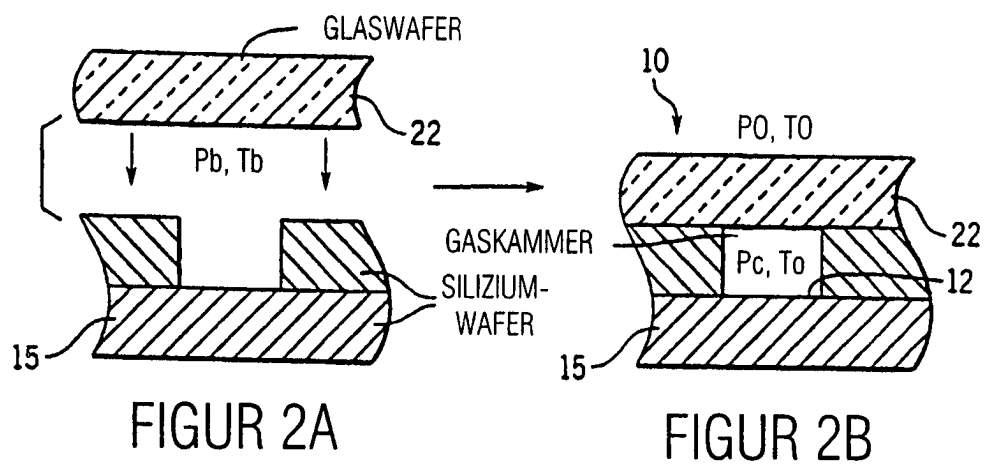
20. Eine mikrohergestellte Einchipanordnung gemäß Anspruch 16 oder 17, die ferner eine Infrarotstrahlungsquelle aufweist, die an dem gleichen Chip mikrohergestellt ist wie die Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern.

21. Eine mikrohergestellte Einchipanordnung gemäß Anspruch 16 oder 17, die ferner zumindest zwei Infrarotstrahlungsquellen aufweist, die an dem gleichen Chip mikrohergestellt sind wie die Mehrzahl von hermetisch abgedichteten gasgefüllten Kammern, wobei die Infrarotstrahlungsquellen lateral voneinander verschoben sind.

Es folgen 17 Blatt Zeichnungen

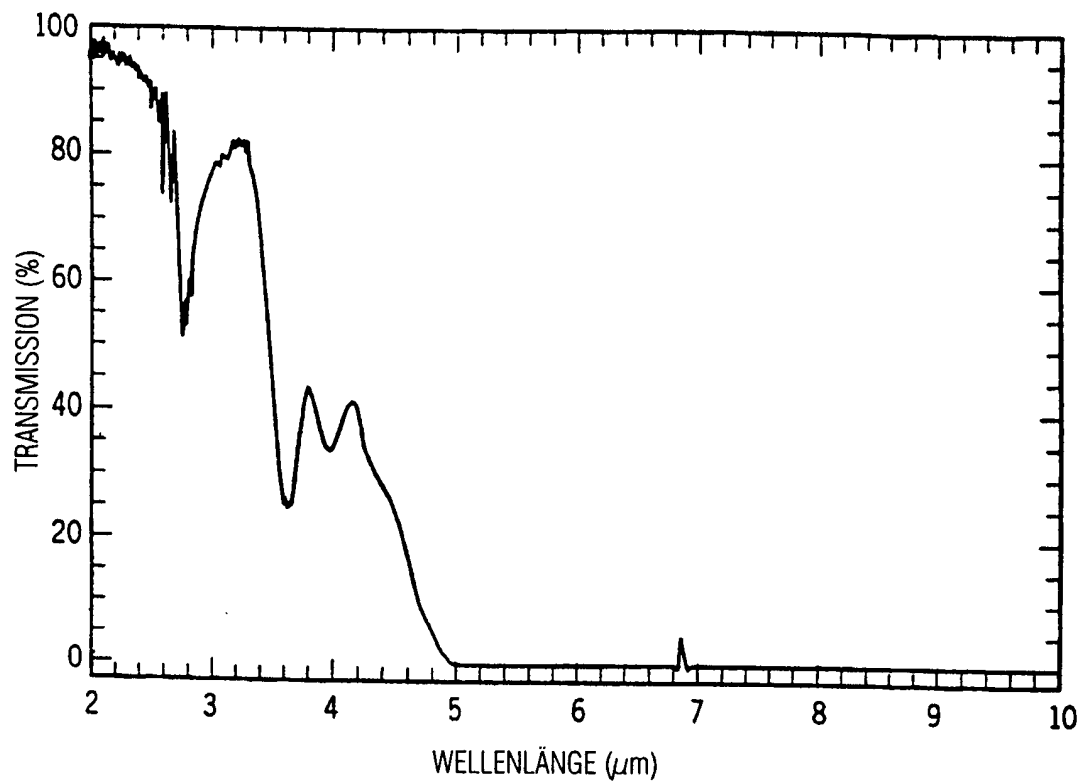
Anhängende Zeichnungen



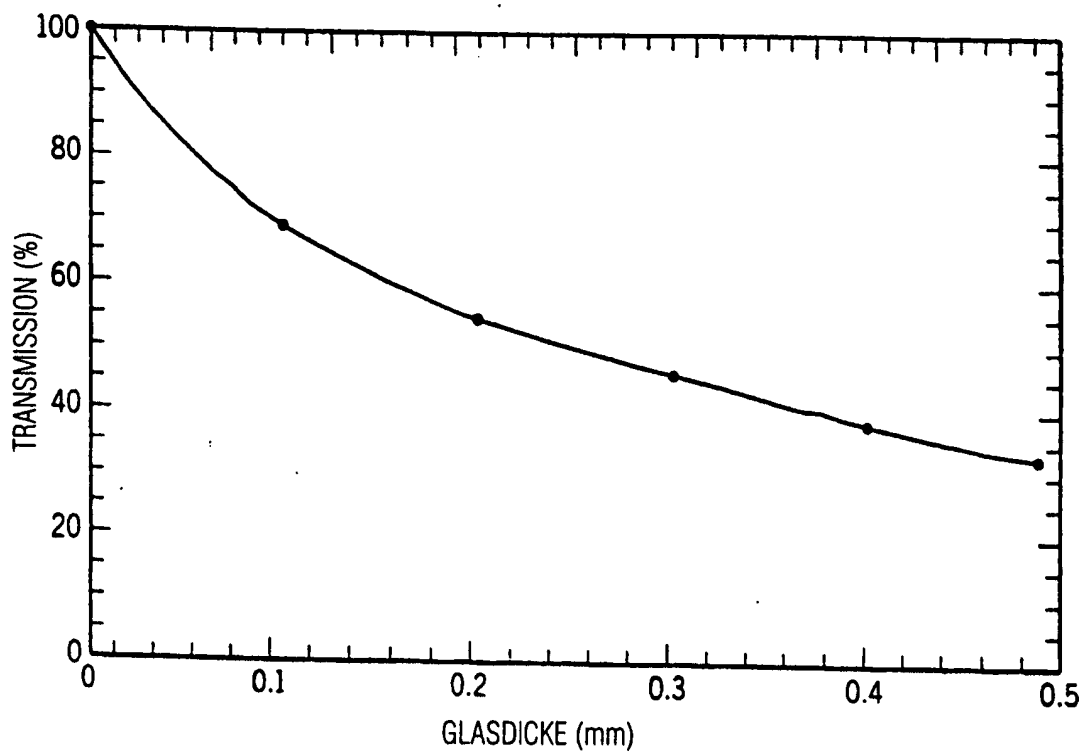


FIGUR 3

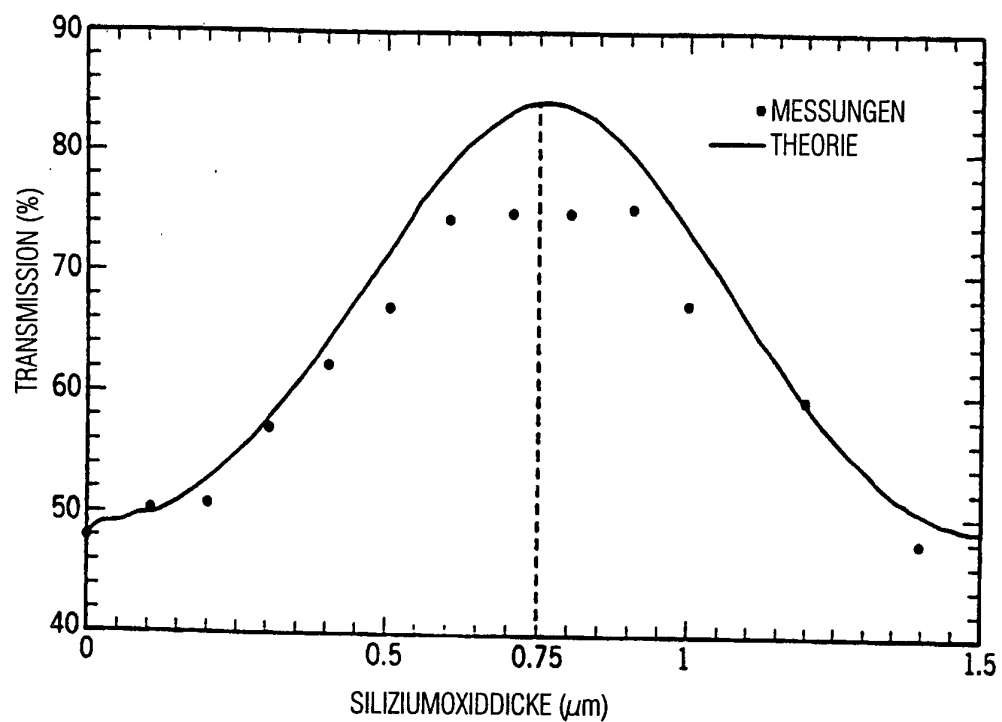
FIGUR 4A



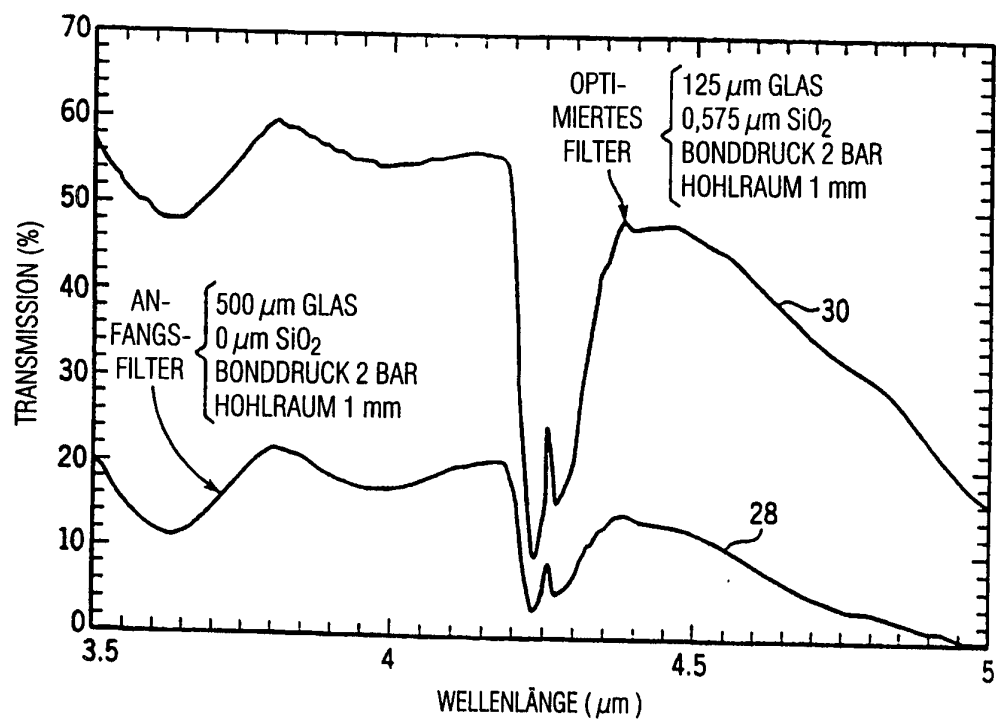
FIGUR 4B

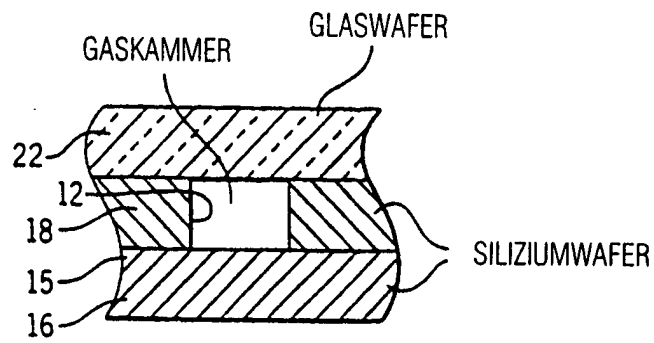


FIGUR 5

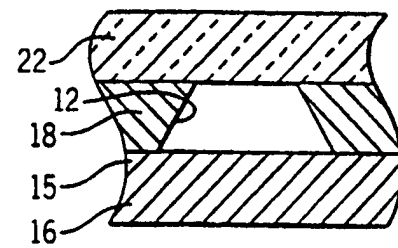


FIGUR 6

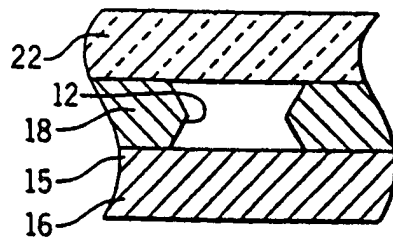




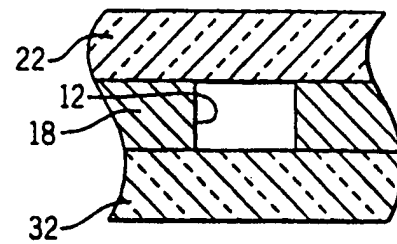
FIGUR 7A



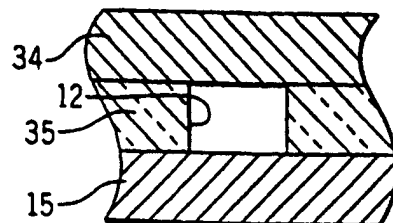
FIGUR 7B



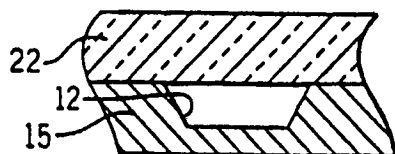
FIGUR 7C



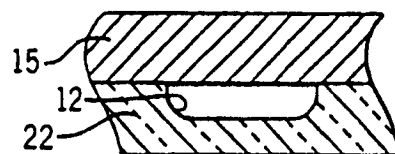
FIGUR 7D



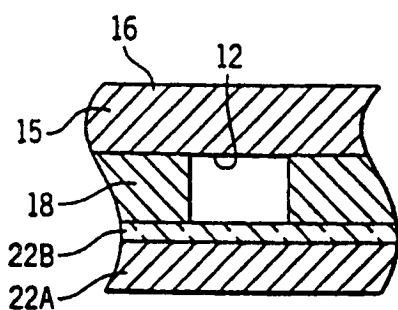
FIGUR 7E



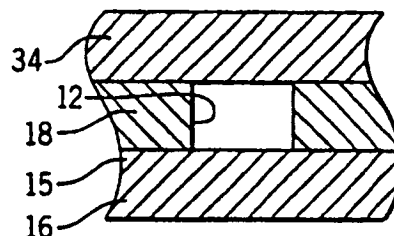
FIGUR 7F



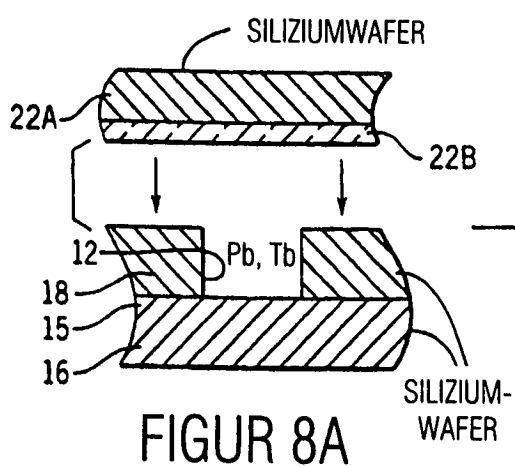
FIGUR 7G



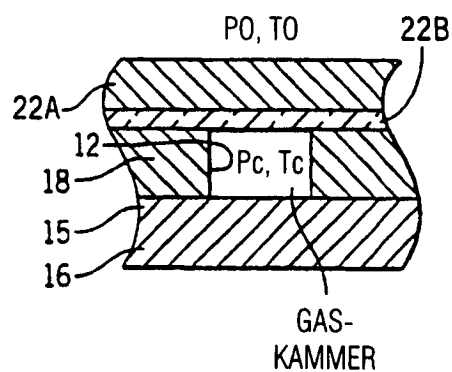
FIGUR 7H



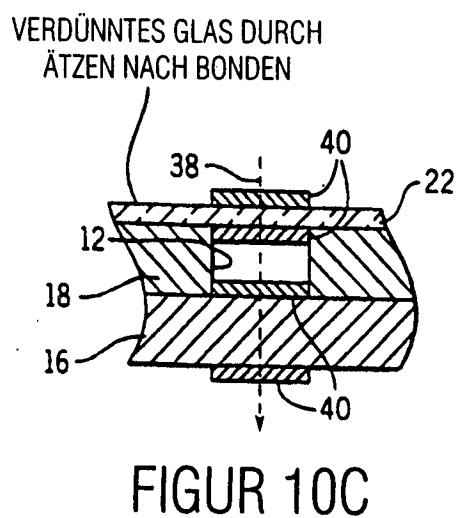
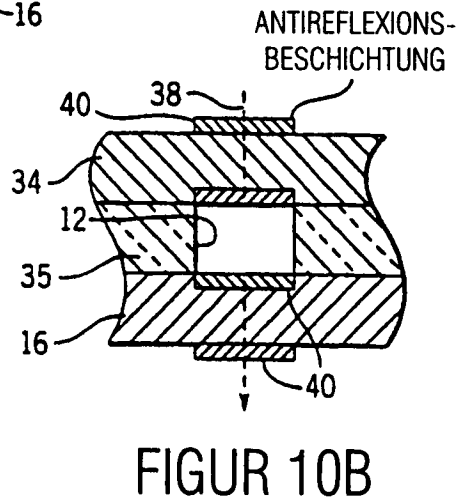
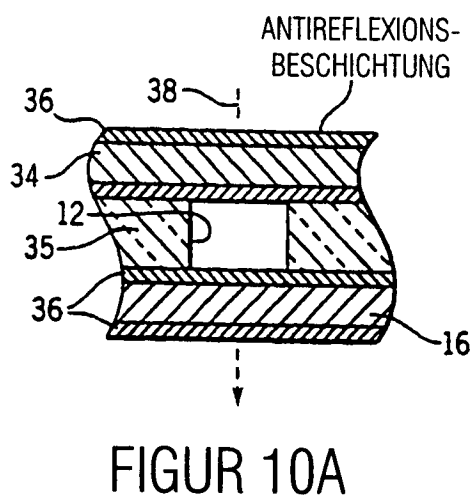
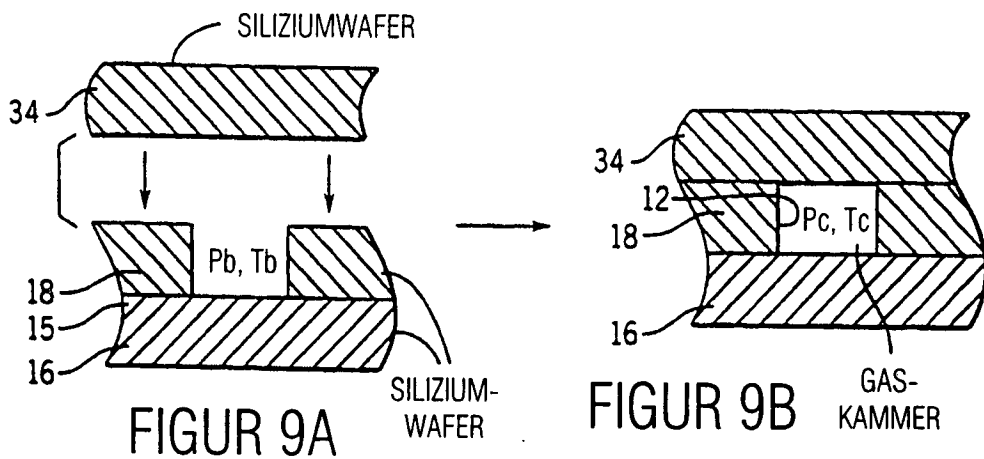
FIGUR 7I

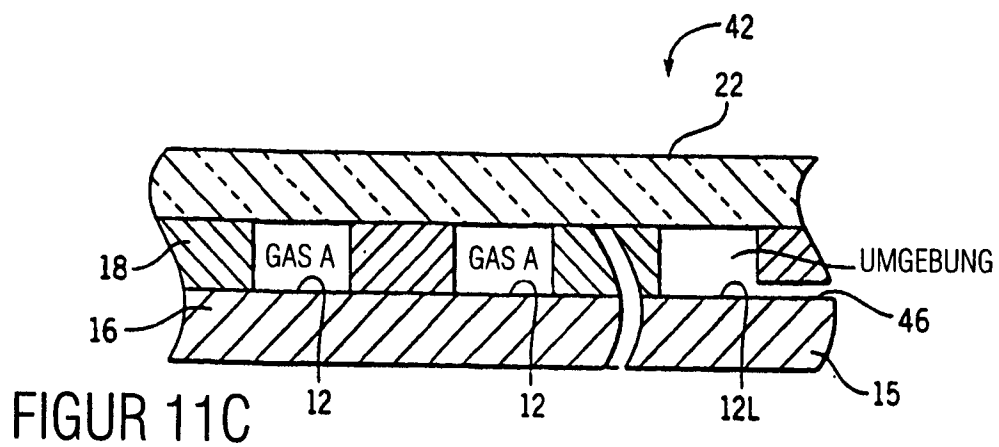
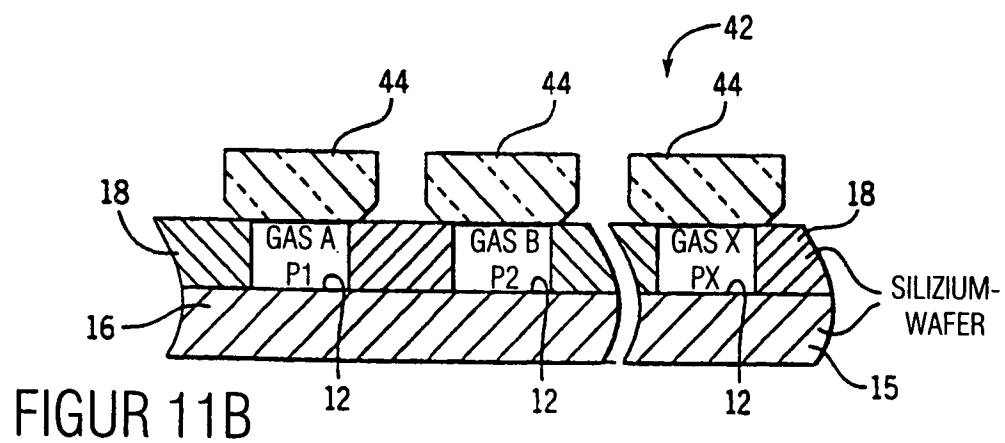
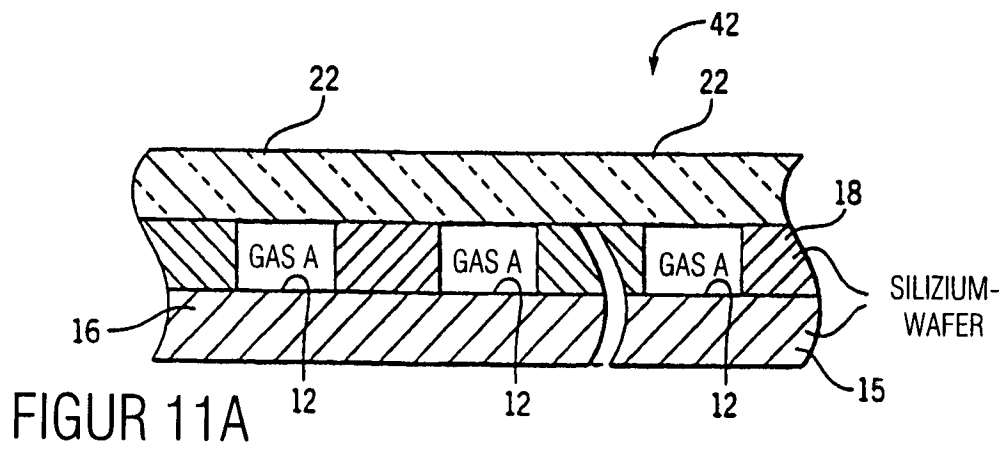


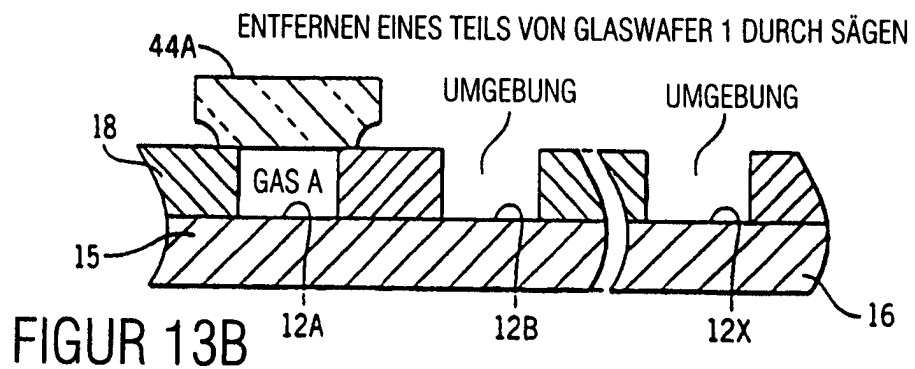
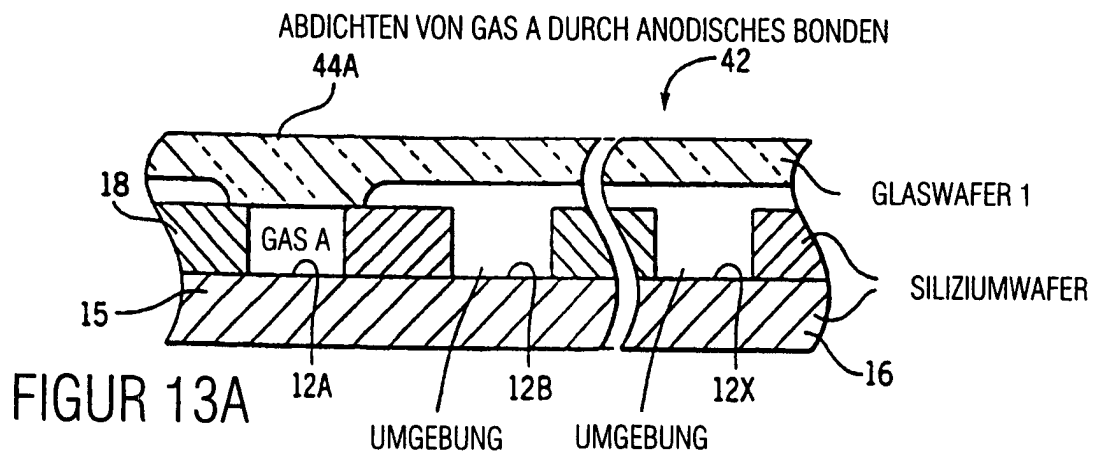
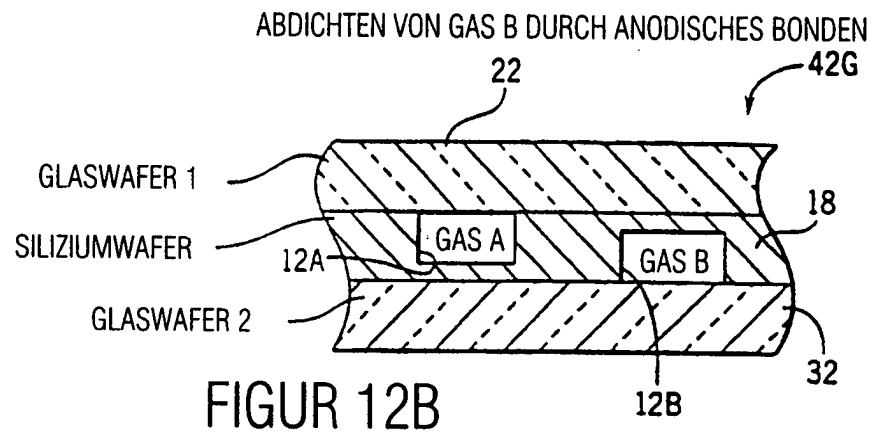
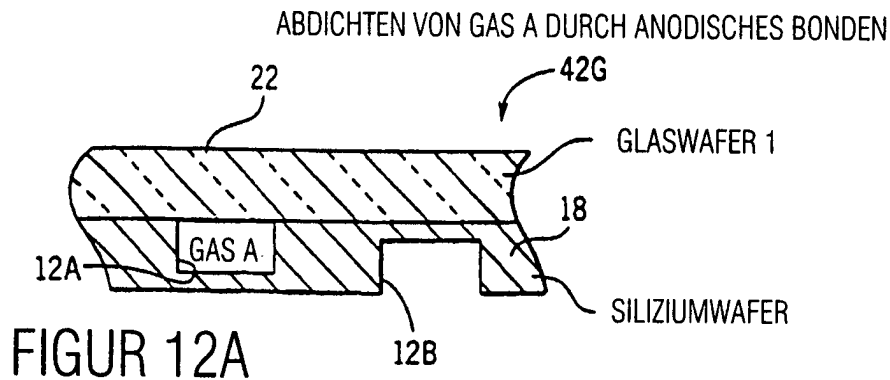
FIGUR 8A



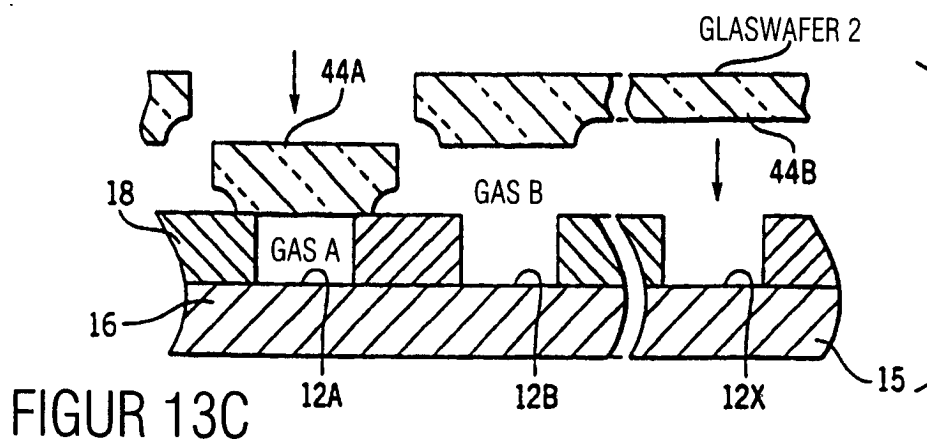
FIGUR 8B



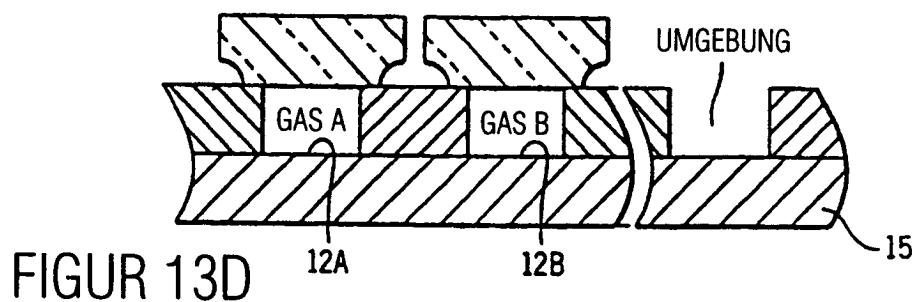




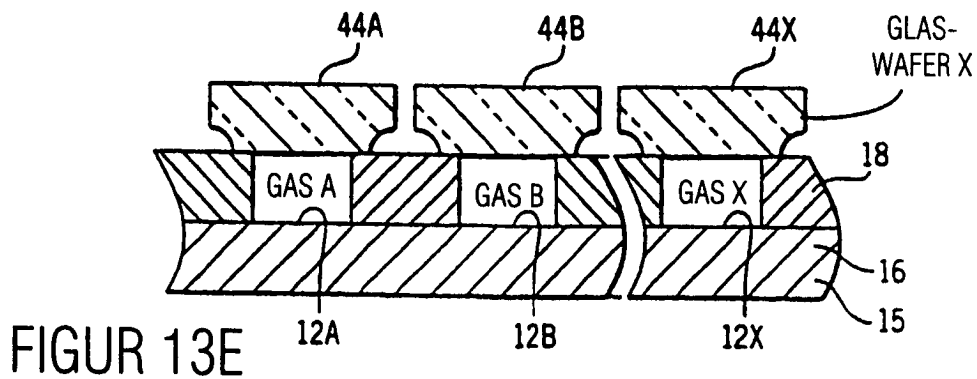
ANODISCHES BONDEN VON VORGEÄTZTEM GLASWAFER IN GAS B

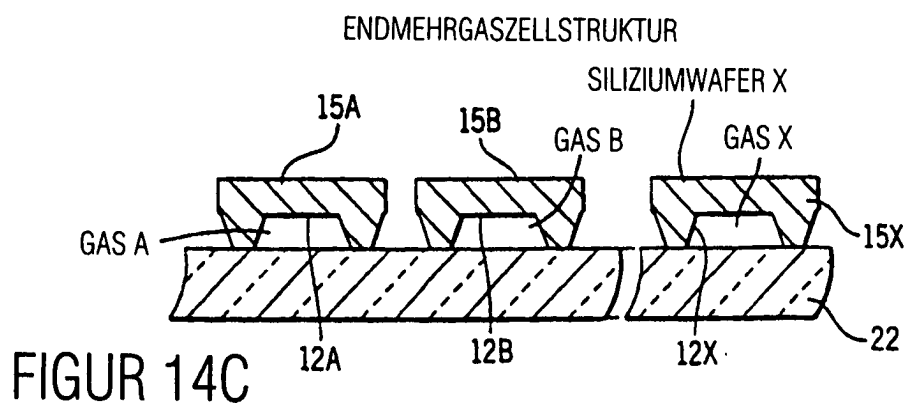
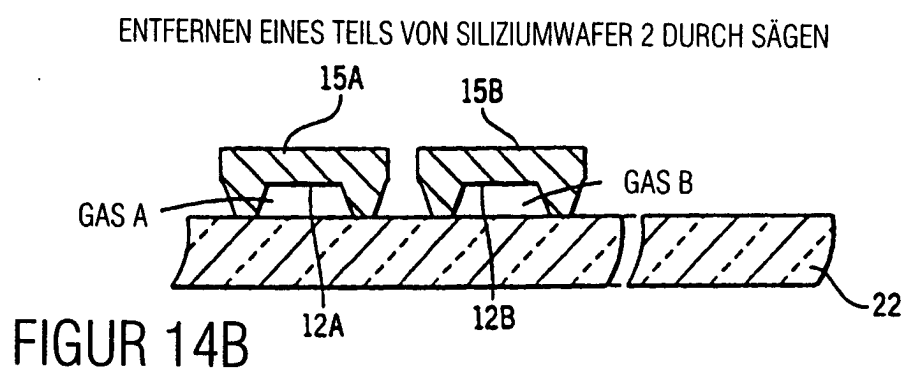
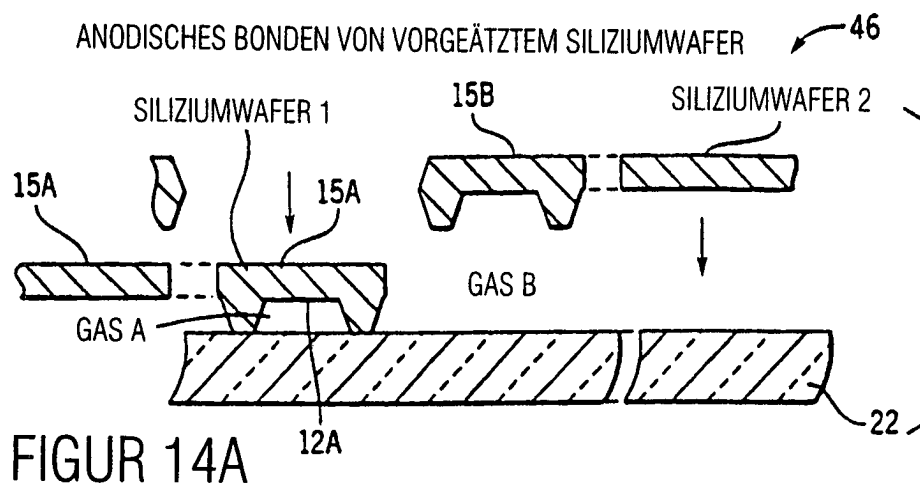


ENTFERNEN EINES TEILS VON GLASWAFER 2 DURCH SÄGEN

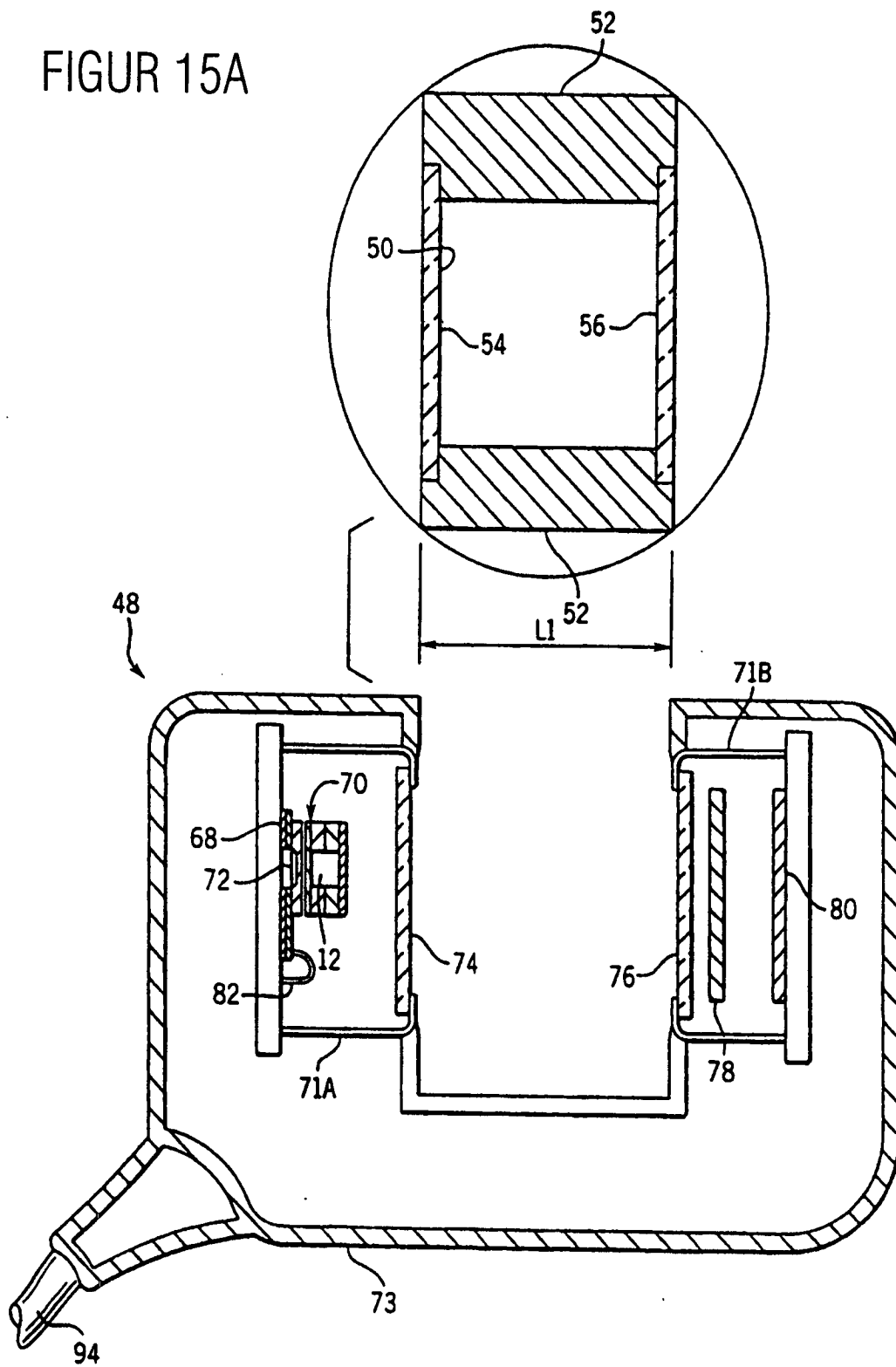


ENDMEHRGASZELLSTRUKTUR

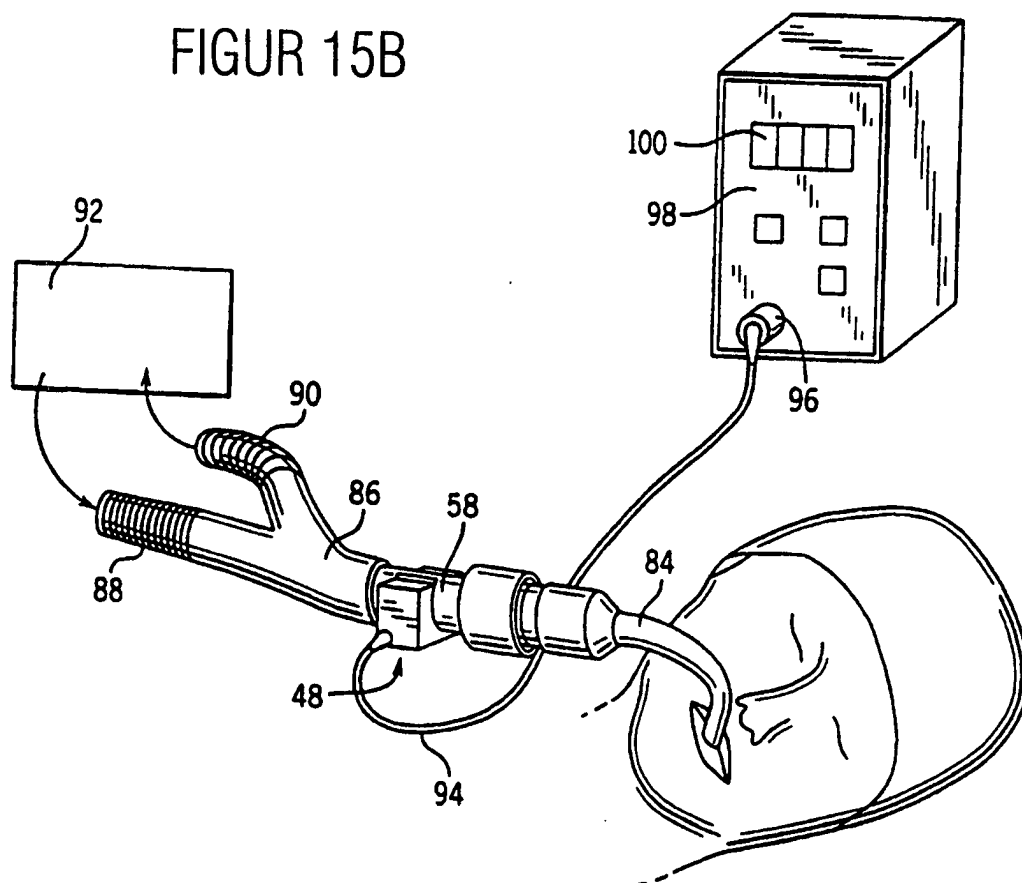


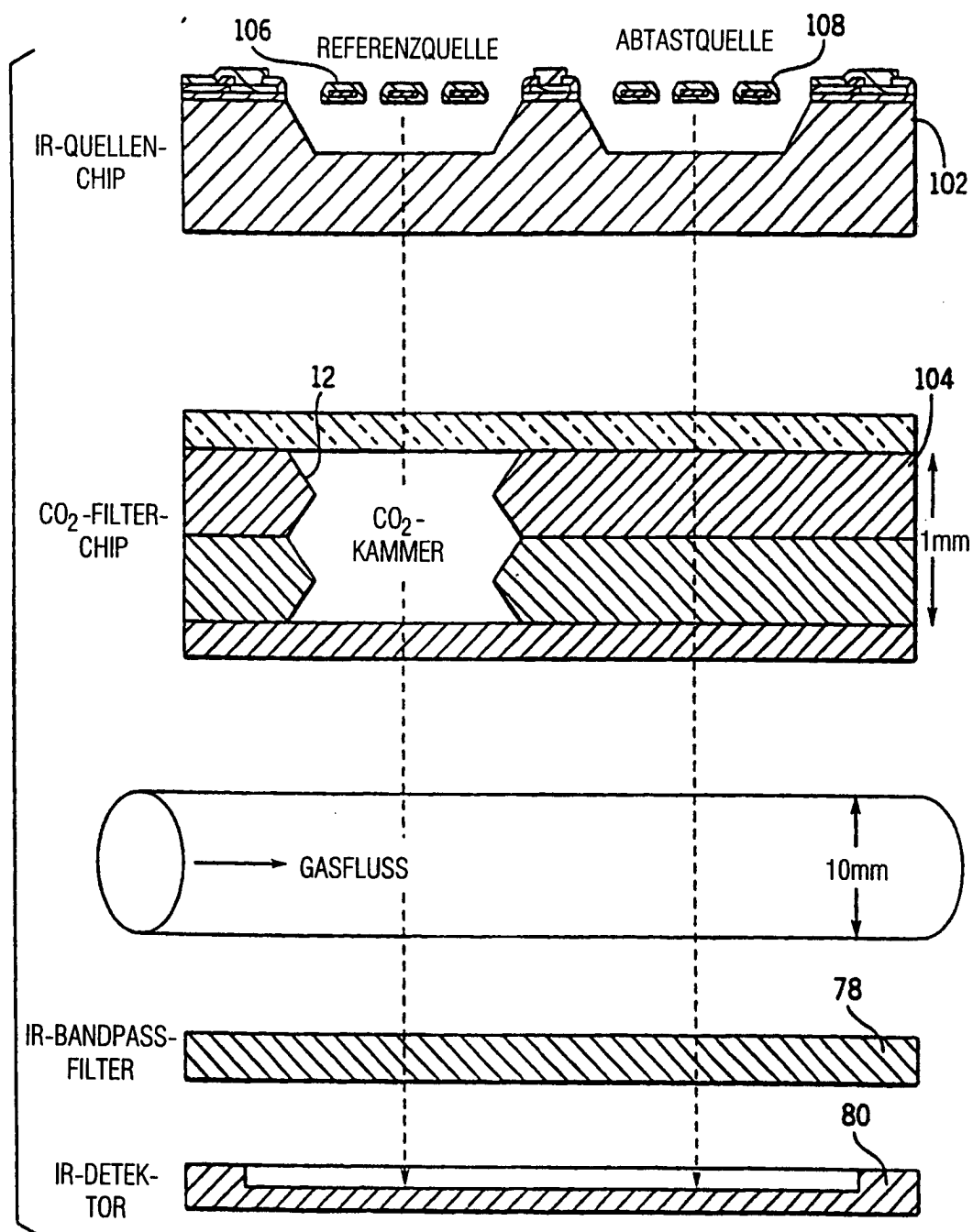


FIGUR 15A

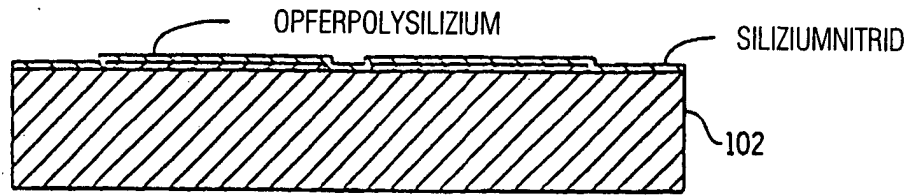


FIGUR 15B

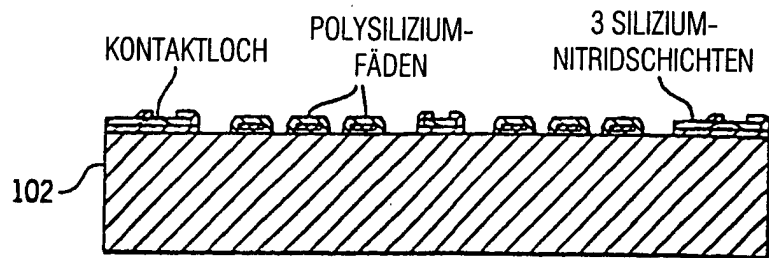




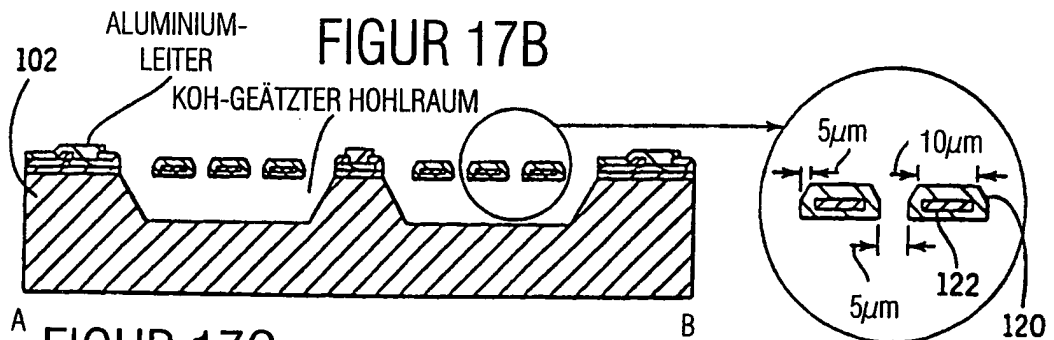
FIGUR 16



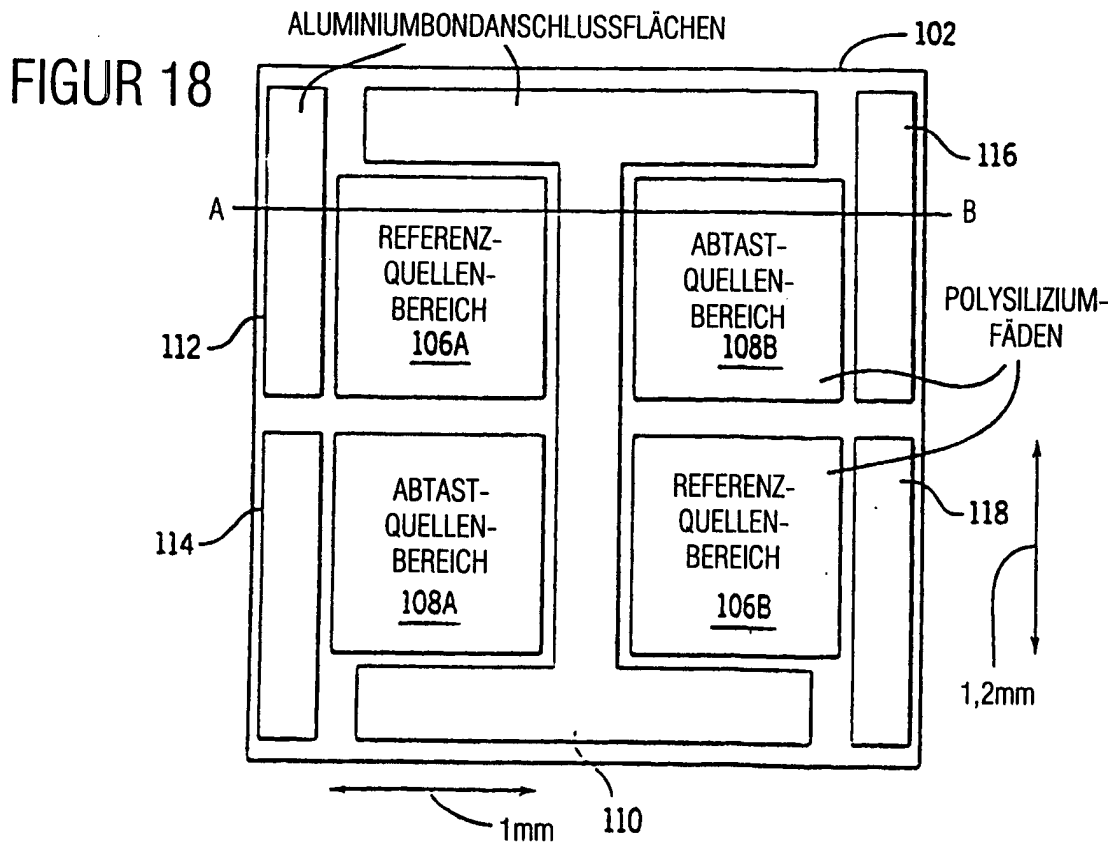
FIGUR 17A

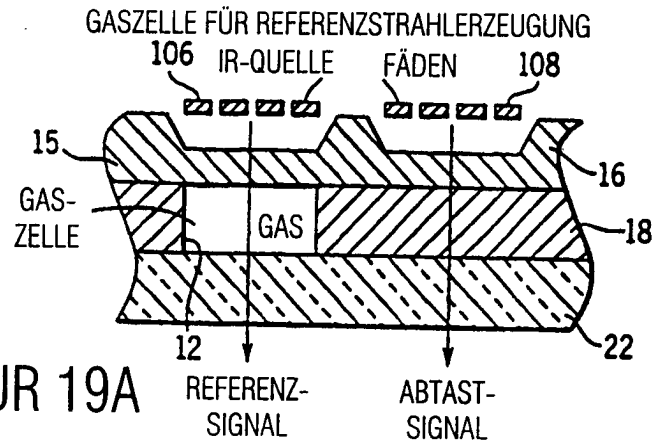


FIGUR 17B



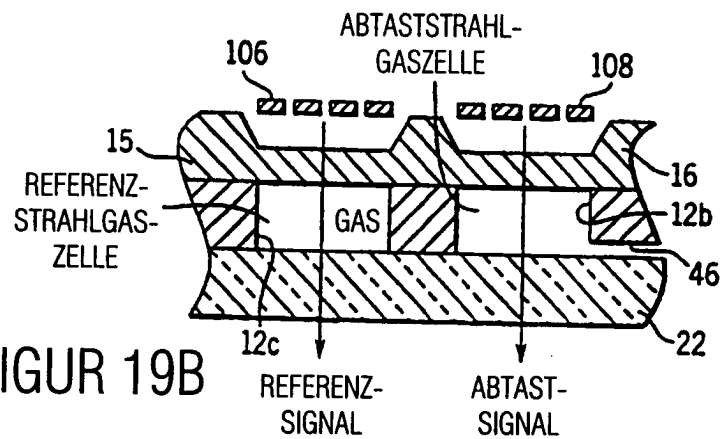
FIGUR 17C



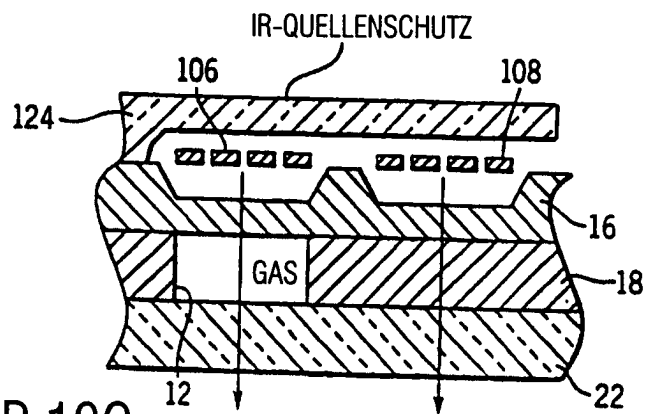


FIGUR 19A

REFERENZ- UND ABTAST- (MIT VAKUUM ODER UMGEBUNGSLUFT) GASZELLE



FIGUR 19B



FIGUR 19C

