



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 043 120 A1** 2006.03.09

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 043 120.5**

(22) Anmeldetag: **07.09.2004**

(43) Offenlegungstag: **09.03.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **B81B 1/00** (2006.01)

**B81C 1/00** (2006.01)

**B81C 3/00** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE**

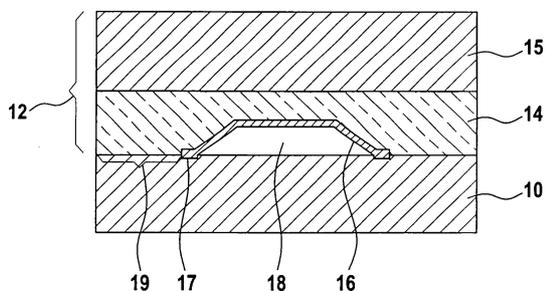
(72) Erfinder:

**Hausner, Ralf, 72768 Reutlingen, DE; Scheuerer, Roland, 72760 Reutlingen, DE; Straub, Rainer, 72119 Ammerbuch, DE**

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Mikromechanisches Bauelement mit Hohlraum und Herstellungsverfahren für ein solches Bauelement**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung geht aus von einem mikromechanischen Bauelement mit einem Funktionsteil (10) und einer Kappe (12, 24), wobei das Funktionsteil (10) und die Kappe (12, 24) einen Hohlraum (18) begrenzen. Der Kern der Erfindung besteht darin, dass wenigstens an Teilen der Kappe (12, 24) eine Versiegelungsschicht (16) vorhanden ist, welche den Hohlraum (18) gegenüber der Kappe (12, 24) abdichtet. Die Erfindung richtet sich weiterhin auf ein Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements mit einem Funktionsteil (10) und einer Kappe (12, 24). Das Funktionsteil (10) und die Kappe (12, 24) begrenzen dabei einen Hohlraum (18). Der Kern der Erfindung besteht in den vier folgenden Prozessschritten: Zuerst wird eine Kappe (12, 24), die wenigstens teilweise aus Glas besteht, bereitgestellt. Anschließend werden wenigstens Teile der den künftigen Hohlraum (18) begrenzenden Oberfläche der Kappe (12, 24) mit einer Versiegelungsschicht (16) versehen. Weiterhin wird ein Funktionsteil (10) bereitgestellt, welches wenigstens teilweise aus Silizium besteht. Schließlich werden Funktionsteil (10) und Kappe (12, 24) miteinander verbunden.



**Beschreibung**

## Stand der Technik

**[0001]** Die Erfindung geht aus von einem mikromechanischem Bauelement mit einem Funktionsteil und einer Kappe, wobei das Funktionsteil und die Kappe einen Hohlraum begrenzen. Bauteile in Oberflächenmikromechanik werden im Stand der Technik auf unterschiedlichste Art und Weise verpackt. Neben dem Einbau in vorgefertigte Gehäuse werden mikromechanische Bauelemente auch direkt verkappt. Das Verkappen kann nach dem Vereinzeln der Bauelemente geschehen, oder auch bei einem vorhergehenden Prozessschritt. Dabei wird ein kompletter Funktionswafer mit einem Kappenwafer verbunden. Aus der deutschen Patentanmeldung DE 10104868A1 ist das Verkappen von oberflächenmikromechanischen Bauelementen mittels anodischem Bonden bekannt. Dabei werden mikromechanisches Bauelement und Kappe mittels einer gläsernen Zwischenschicht miteinander verbunden. Der Einschluss von Vakuum in Mikrokavernen, die mittels anodischen Bonden hergestellt werden, ist allerdings durch Ausgasungen aus dem Glas auf Gasdrücke von wenigstens ca. 5 Millibar beschränkt. Mikromechanische Bauelemente, die ein Vakuum von unter 1 Millibar erfordern, können daher nicht ohne weiteres mittels anodischem Bonden hergestellt werden. Hier ist zusätzlich der Einsatz von Gettermaterialien in der Kaverne erforderlich.

## Vorteile der Erfindung

**[0002]** Die Erfindung geht aus von einem mikromechanischen Bauelement mit einem Funktionsteil und einer Kappe, wobei das Funktionsteil und die Kappe einen Hohlraum begrenzen. Der Kern der Erfindung besteht darin, dass wenigstens an Teilen der Kappe eine Versiegelungsschicht vorhanden ist, welche den Hohlraum gegenüber der Kappe abdichtet. Vorteilhaft ermöglicht es die Versiegelungsschicht, in dem Hohlraum ein besonders gutes Vakuum einzuschließen. Insbesondere ermöglicht die Versiegelungsschicht, den Hohlraum gegen Ausgasungen aus der Kappe abzudichten.

**[0003]** Vorteilhaft ist weiterhin, dass die Kappe wenigstens teilweise aus einem Glas besteht. Ein Glas kann durch die Versiegelungsschicht besonders wirksam am Ausgasen gehindert werden.

**[0004]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass die Versiegelungsschicht aus einem Metall, insbesondere aus Aluminium besteht. Bei gleichzeitig sehr hoher Wirksamkeit ist eine derartige Versiegelungsschicht auch kostengünstig.

**[0005]** Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass das Funktionsteil und die

Kappe in einem Verbindungsbereich miteinander verbunden sind. Dabei weist die Versiegelungsschicht eine Dichtung auf, welche insbesondere den Hohlraum gegenüber dem Verbindungsbereich abdichtet. Vorteilhaft verhindert die Dichtung ein Ausgasen aus dem Verbindungsbereich in das Vakuum im Hohlraum.

**[0006]** Vorteilhaft ist weiterhin, dass das Funktionsteil und die Kappe anodisch gebondet sind. Mittels anodischem Bonden lässt sich vorteilhaft eine Verbindung herstellen, die hermetisch dicht gegenüber der Umgebung ist.

**[0007]** Die Erfindung richtet sich weiterhin auf ein Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements mit einem Funktionsteil und einer Kappe. Das Funktionsteil und die Kappe begrenzen dabei einen Hohlraum. Der Kern der Erfindung besteht in den vier folgenden Prozessschritten. Zuerst wird eine Kappe, die wenigstens teilweise aus Glas besteht, bereitgestellt. Anschließend werden wenigstens Teile der den künftigen Hohlraum begrenzenden Oberfläche der Kappe mit einer Versiegelungsschicht versehen. Weiterhin wird ein Funktionsteil bereitgestellt, welches wenigstens teilweise aus Silizium besteht. Schließlich werden Funktionsteil und Kappe miteinander verbunden. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird aus Funktionsteil und Kappe ein mikromechanisches Bauelement geschaffen, dass einen Hohlraum einschließt. Vorteilhaft ist hierbei der Hohlraum nicht nur hermetisch gegenüber der Umwelt abgegrenzt sondern auch an der inneren Oberfläche gegen Ausgasungen abgedichtet. Hierdurch wird vorteilhaft ein besonders gutes Vakuum in besagtem Hohlraum ermöglicht.

**[0008]** Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Versiegelungsschicht durch Beschichten der Oberfläche mit einem Metall, insbesondere durch Aufspütern (Zerstäuben; engl.: sputter) von Aluminium hergestellt wird. Das Beschichten der Oberfläche mit Metall ist eine besonders kostengünstige und einfach Möglichkeit eine Versiegelungsschicht zu erzeugen.

**[0009]** Vorteilhaft ist weiterhin, dass das Funktionsteil und die Kappe mittels anodischem Bonden miteinander verbunden werden. Vorteilhaft wird dabei durch das anodische Bonden eine hermetisch dichte Verbindung hergestellt.

**[0010]** Vorteilhaft ist auch, dass bei den hohen Prozesstemperaturen während des anodischen Bondens die Versiegelungsschicht ein Ausgasen in den Hohlraum verhindert.

**[0011]** Die Vorteile der Erfindung sind im Folgenden noch einmal zusammengefasst. Die Erfindung sieht eine wenigstens teilweise Auskleidung der Mikroka-

verne eines mikromechanischen Bauelements mit einer Versiegelungsschicht, insbesondere einem Aluminiumfilm vor. In einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Aluminiumfilm so strukturiert, dass er über den eigentlichen Rand der Kaverne hinaus auf den Verbindungsbereich, den sogenannten Bondrahmen reicht. Dadurch wird eine Abdichtung auf dieses für die Ausgasung besonders kritischen Bereichs erreicht. Die Erfindung erspart den Einsatz teurer Getter-Materialien für den Einschluss von niedrigen Drücken in Kavernen. Diese Getter-Materialien müssen zum einen aufwändig aufgebracht werden, zum anderen müssen sie durch zeitraubende Hochtemperaturschritte nach dem Bonden aktiviert werden. In der Folge entstehen sehr hohe Kosten für die Materialien und für die notwendigen Prozesse. Die vorgeschlagene Versiegelungsschicht verhindert durch das Abdecken der Glasoberfläche wirkungsvoll das Ausgasen von Absorbaten an dieser Oberfläche. Weiterhin wird durch eine um den Rand der Kaverne umlaufende Dichtung das Austreten von Sauerstoff aus der Grenzschicht zwischen Glas und Silizium verhindert, das beim anodischen Bonden den Hauptbeitrag zur Verschlechterung des Kaverneninnendruckes darstellt. Durch die Erfindung wird vorteilhaft ein Vakuumabschluss in der Mikrokaverne von der Größe des Vakuums während der Bondens ermöglicht. Dieser Druck kann, je nach verwendetem Bonder, im Bereich von  $10^{-3}$  Millibar oder auch darunter liegen.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

#### Ausführungsbeispiel

#### Zeichnung

[0013] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0014] [Fig. 1](#) zeigt das Bereitstellen eines Funktionsteils und einer mehrteiligen Kappe zum Verbinden.

[0015] [Fig. 2](#) zeigt ein mikromechanisches Bauelement mit einem Funktionsteil an dem eine mehrteilige Kappe befestigt ist.

[0016] [Fig. 3](#) zeigt das Bereitstellen eines Funktionsteils und einer im wesentlichen einteiligen Kappe.

[0017] [Fig. 4](#) zeigt ein mikromechanisches Bauelement mit einem Funktionsteil an dem eine im wesentlichen einteilige Kappe befestigt ist.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0018] Anhand der im Folgenden beschriebenen

Ausführungsformen soll die Erfindung detailliert dargestellt werden.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt das Bereitstellen eines Funktionsteils und einer mehrteiligen Kappe zum Verbinden. Dargestellt sind ein Funktionswafer oder ein Funktionsteil **10** und ein mehrteiliger Kappenwafer oder eine mehrteilige Kappe **12**. Die Kappe **12** besteht im wesentlichen aus einer Glasschicht **14** an einer Basis **15**. Die Basis **15** besteht in diesem Beispiel aus Silizium. Die Glasschicht **14** weist eine Ausnehmung **8** auf an deren Oberfläche sich eine Versiegelungsschicht **16** befindet. Die Versiegelungsschicht **16** ist hier eine Aluminiumbeschichtung. Die Versiegelungsschicht **16** weist an ihrem Rand eine Ausformung auf. Diese Ausformung stellt die Dichtung **17** dar. Das Funktionsteil **10** besteht in diesem Beispiel ebenfalls aus Silizium. Das Funktionsteil **10** und die Kappe **12** weisen einander gegenüberliegend jeweils wenigstens einen Verbindungsbereich **19** auf. Der Verbindungsbereich **19** grenzt an die Dichtung **17**. Zum Verbinden werden die Kappe **12** und das Funktionsteil **10** einander gegenüber angeordnet und zueinander ausgerichtet.

[0020] [Fig. 2](#) zeigt ein mikromechanisches Bauelement mit einem Funktionsteil, an dem eine mehrteilige Kappe befestigt ist. Das Funktionsteil **10** und die Glasschicht **14** sind in diesem Beispiel im Verbindungsbereich **19** anodisch gebondet. Sie begrenzen einen Hohlraum **18**. Der Hohlraum **18** ist gegenüber der Glasschicht **14** mittels der Versiegelungsschicht **16** abgedichtet. Weiterhin ist der Hohlraum **18** mittels der Dichtung **17** gegenüber dem Verbindungsbereich **19** abgedichtet. Der Hohlraum **18** beinhaltet im Wesentlichen den Prozessdruck, der beim Verbinden des Funktionsteils **10** mit der Kappe **12** geherrscht hat. Im hier beschriebenen Fall des anodischen Bondens der Glasschicht **14** mit dem Funktionsteil **10** kann der Hohlraum **18** ein Vakuum mit einem Druck von bis zu  $10^{-3}$  Millibar aufweisen. Die Versiegelungsschicht **16** verhindert ein Ausgasen aus der Glasschicht **14** und die Dichtung **17** verhindert ein Ausgasen aus dem Verbindungsbereich **19** in das Vakuum des Hohlraums **18** hinein.

[0021] [Fig. 3](#) zeigt das Bereitstellen eines Funktionsteils und einer im wesentlichen einteiligen Kappe. Dargestellt sind der Funktionswafer oder das Funktionsteil **10** und der Kappenwafer oder die Kappe **34**. Die Kappe **34** ist in dieser Ausführungsform im wesentlichen einteilig. Sie besteht aus Glas. Die Kappe **34** weist wie bereits unter [Fig. 1](#) beschrieben die Ausnehmung **8**, die Versiegelungsschicht **16** und die Dichtung **17** auf. Das Funktionsteil **10** und die Kappe **34** weisen weiterhin jeweils gegenüberliegend den Verbindungsbereich **19** auf. Das Funktionsteil **10** und die Kappe **34** werden wiederum zueinander zum Verbinden ausgerichtet. Soll die Verbindung mittels anodischem Bonden erfolgen, wie in diesem Beispiel ge-

zeigt, so darf die Oberflächenrauigkeit in den Verbindungsbereichen **19** ein Höchstmaß nicht überschreiten.

**[0022]** **Fig. 4** zeigt ein erfindungsgemäßes mikromechanisches Bauelement mit einem Funktionswafer, an dem ein im wesentlichen einteiliger Kappenwafer befestigt ist. Hierbei weist das Bauelement die Kappe **34** und das Funktionsteil **10** auf welche einen gemeinsamen Hohlraum **18** begrenzen. Der Hohlraum **18** ist mittels der Versiegelungsschicht **16** gegen die Kappe **34** abgedichtet. Der Hohlraum **18** ist weiterhin mittels der Dichtung **17** gegen den Verbindungsbereich **19** abgedichtet.

**[0023]** Die Erfindung ist nicht auf mikromechanische Bauelemente mit einer Kaverne beschränkt, die mittels anodischem Bonden hergestellt wurde. Auch andere Verbindungsarten oder Kappenmaterialien können in dem erfindungsgemäßen Bauelement mit abgedichtetem Hohlraum **18** eingesetzt werden. Die Erfindung betrifft sowohl mikromechanische Bauelemente im vereinzelt Zustand mit Funktionsteil und Kappe als auch mehrere zusammenhängende mikromechanische Bauelemente mit den Bestandteilen Funktionswafer und Kappenwafer.

#### Patentansprüche

1. Mikromechanisches Bauelement mit einem Funktionsteil (**10**) und einer Kappe (**12, 34**),  
– wobei das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) einen Hohlraum (**18**) begrenzen,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass  
wenigstens an Teilen der Kappe (**12, 34**) eine Versiegelungsschicht (**16**) vorhanden ist, welche den Hohlraum (**18**) gegenüber der Kappe (**12, 34**) abdichtet.

2. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kappe (**12, 34**) wenigstens teilweise aus einem Glas besteht.

3. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Versiegelungsschicht (**16**) aus einem Metall, insbesondere aus Aluminium besteht.

4. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) in einem Verbindungsbereich (**19**) miteinander verbunden sind und dass die Versiegelungsschicht (**16**) eine Dichtung (**17**) aufweist, welche insbesondere den Hohlraum (**18**) gegenüber dem Verbindungsbereich (**19**) abdichtet.

5. Mikromechanisches Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) anodisch gebon-

det sind.

6. Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements mit einem Funktionsteil (**10**) und einer Kappe (**12, 34**),  
– wobei das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) einen Hohlraum (**18**) begrenzen,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
– eine Kappe (**12, 34**), die wenigstens teilweise aus einem Glas besteht, bereitgestellt wird,  
– wenigstens Teile der den künftigen Hohlraum (**18**) begrenzenden Oberfläche der Kappe (**12, 34**) mit einer Versiegelungsschicht (**16**) versehen werden,  
– ein Funktionsteil (**10**), das wenigstens teilweise aus Silizium besteht, bereitgestellt wird,  
– das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) verbunden werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Versiegelungsschicht (**16**) durch Beschichten der Oberfläche mit einem Metall, insbesondere durch Aufspütern von Aluminium hergestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Funktionsteil (**10**) und die Kappe (**12, 34**) mittels anodischem Bonden verbunden werden.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig. 1

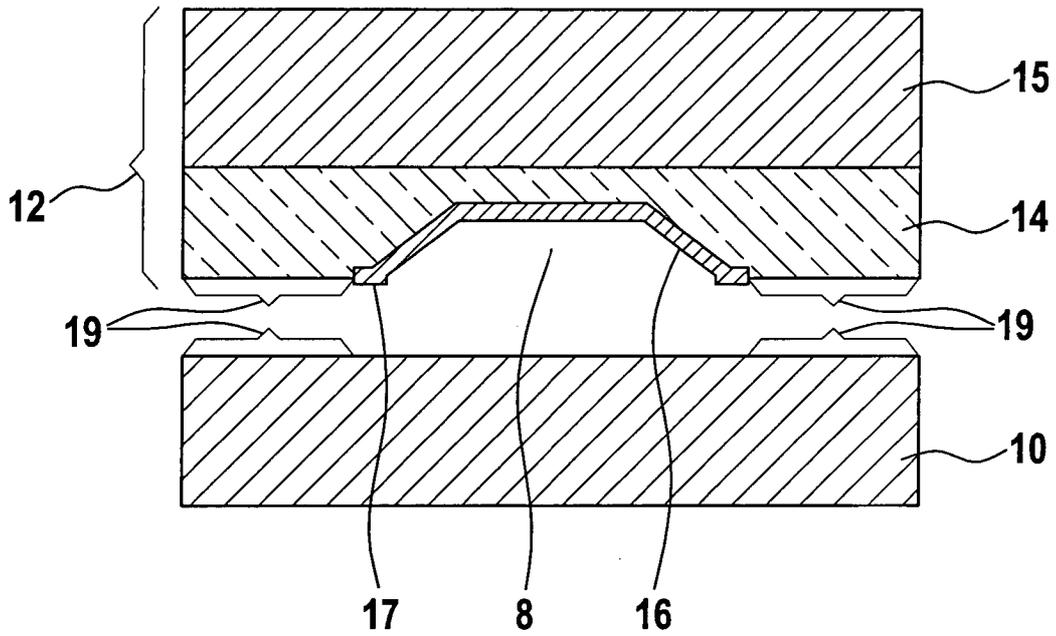
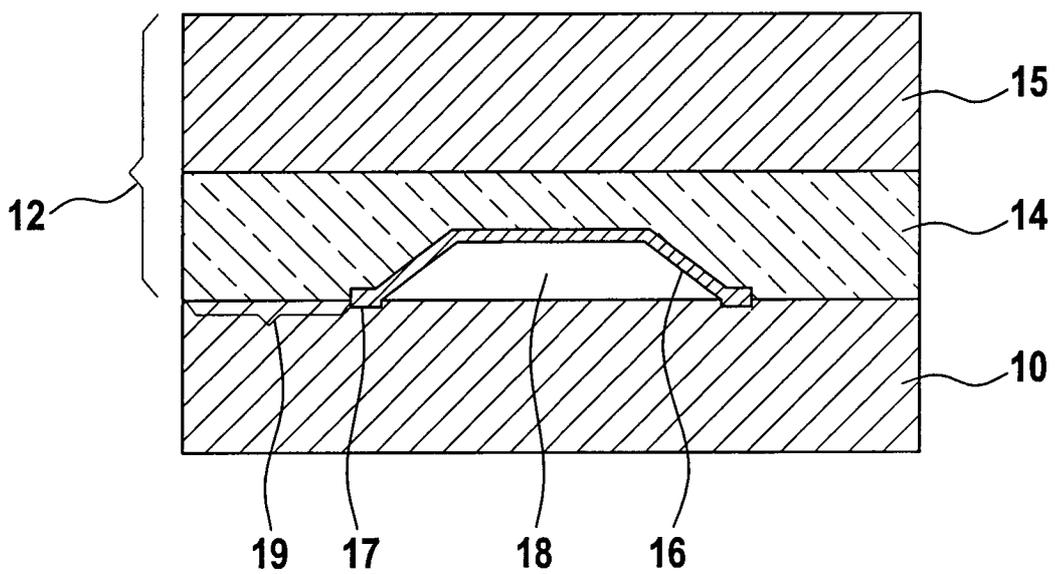
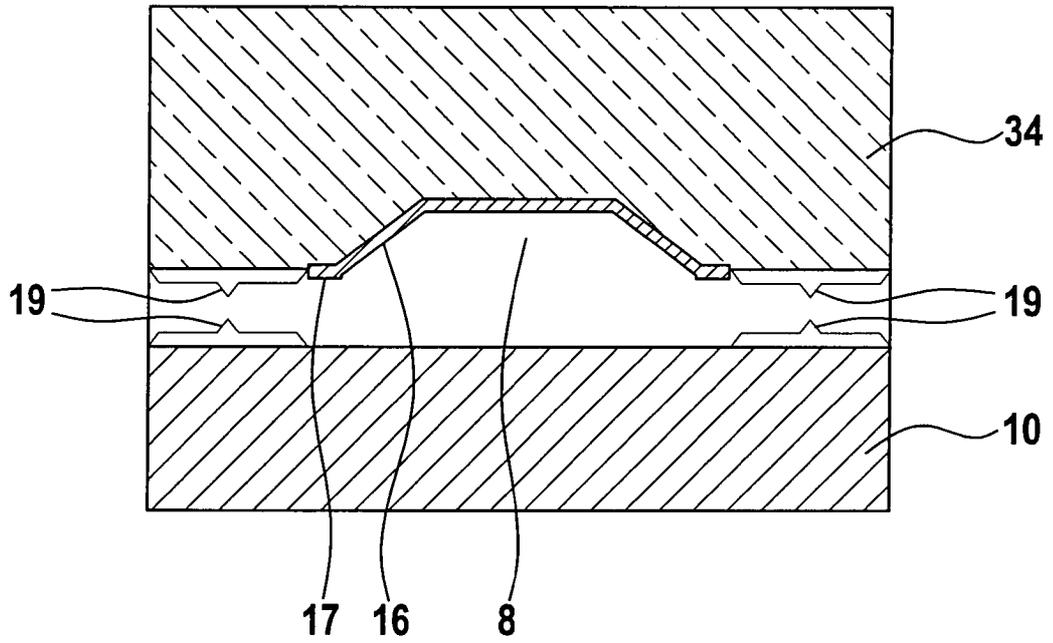


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

