



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 37 494 B4** 2005.08.18

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **102 37 494.5**
(22) Anmeldetag: **16.08.2002**
(43) Offenlegungstag: **11.03.2004**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.08.2005**

(51) Int Cl.7: **B23K 1/015**
H05K 3/34

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:
IBL-Löttechnik GmbH, 86343 Königsbrunn, DE

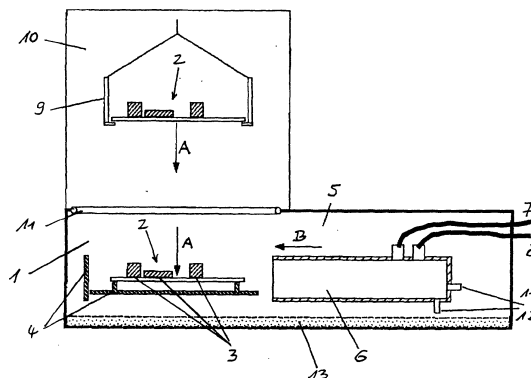
(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(72) Erfinder:
Leicht, Helmut W., 86343 Königsbrunn, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 692 09 793 T2

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung für das Löten in der Dampfphase**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Löten in der Dampfphase, wobei vor, während, und/oder nach dem Schmelzen des Lotes (3) auf dem Lötgut (2) in der Dampfphasenzone (1) um das Lötgut (2) herum ein Unterdruck erzeugt wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung für das Löten in der Dampfphase.

[0002] Beim Löten und insbesondere beim Reflow-Löten mit Weichloten kann es zur Entstehung von Lunkern im Lot kommen. Dabei handelt es sich in der Regel um gasförmige Einschlüsse oder Flußmitteleinschlüsse, die beim Erstarren des Lotes nicht aus der Schmelze des flüssigen Lotes entweichen konnten. Diese Fehlstellen können nachteilig für die Lötverbindung sein und behindern die Wärmeableitung aus Lötteilen beim Betrieb der gelöteten Komponenten. Aus diesem Grund ist es bei bestimmten Bauteilen notwendig, den Lunkeranteil in der Lötstelle klein zu halten.

Stand der Technik

[0003] Es ist bekannt, daß aus Flüssigkeiten Gasblasen entfernt werden können, indem ein Unterdruck angelegt wird. Ebenso verwendet man in der Metallographie Unterdruck, um Blasen aus der zähflüssigen Einbettmasse zu entfernen. Dasselbe Grundprinzip kann beim Löten Anwendung finden, indem im Bereich der flüssigen Lötverbindung ein Unterdruck erzeugt wird.

[0004] Die üblichen Reflow-Lötverfahren arbeiten typischerweise mit Strahlern oder einem heißen Gas zur Erwärmung des Lötgutes. Diese Lötverfahren haben aber den Nachteil einer langsamen Erwärmung größerer Massen und sind für das Löten von verdeckt liegenden Teilen weitgehend ungeeignet. Beim sogenannten Vakuumlöten werden diese Verfahren in Verbindung mit der Erzeugung eines Unterdrucks eingesetzt, um den Anteil der Leerstellen in den Lötverbindung klein zu halten.

[0005] Die Wärmeübertragung in einer kondensierenden Dampfphase (sogenanntes Dampfphasenlöten) ist besser geeignet, Lötgut zu erwärmen. Zum einen ist eine bessere Wärmeübertragung gewährleistet, zum anderen bestimmt die Temperatur des Dampfes die maximale Temperatur, die das Lötgut erfahren kann.

[0006] Eine Druckänderung im Zusammenhang mit Kondensationswärmeübertragung zu verwenden, ist bereits bekannt. Den Gesetzen der Thermodynamik folgend kann beispielsweise der Siedepunkt einer Flüssigkeit verändert werden, indem der Umgebungsdruck- der Flüssigkeit verändert wird. Dieses Prinzip kommt in der US 4,392,049 und der DE 196 02 312 A1 zur Anwendung. Durch Änderung des Umgebungsdrucks in einer geschlossenen Kammer wird dort die Siedetemperatur der Flüssigkeit verändert und somit die Temperatur des Dampfes gesteuert. Der direkte Einsatz einer Druckänderung in der

Dampfphase ist allerdings dann problematisch, wenn man den großen Vorteil der Temperaturkonstanz beim Löten nutzen möchte. Gerade diese Eigenschaft bietet den Vorteil, daß ein automatischer, physikalisch bedingter Schutz gegen unerwünschte hohe Temperaturen gegeben ist.

[0007] Eine Lösung, dieses Problem besteht darin, den Prozeß der Erwärmung in der Dampfphasenkammer stattfinden zu lassen und dann einen nachgeschalteten Unterdruckprozeß in einer Kammer durchzuführen, die sich außerhalb der Dampfphasenzone befindet. In der DE 199 11 887 C1 ist eine entsprechende Vorrichtung beschrieben. Dabei erfolgt zum Löten die Wärmeübertragung durch Kondensation und danach wird das schmelzflüssige Lötgut aus der Dampfkammer in eine angrenzende Kammer gefahren. Dort wird dann mit Hilfe einer sogenannten Vakuumglocke ein Unterdruck im Bereich der Lötstellen erzeugt, um die Einschlüsse im Lot entweichen zu lassen und möglichst lunkerfreie Lötstellen herzustellen. Dieser Verfahrensablauf ist allerdings mit wesentlichen Nachteilen verbunden. Wenn dieser Vakuumschritt nämlich nach dem Lötprozeß erfolgt, ergibt sich das Problem, daß das Lötgut solange schmelzflüssig gehalten werden muß, bis aufgrund eines zu erzeugenden Unterdrucks Fremdstoffe, die die Leerstellen bilden, aus der Lötstelle entweichen konnten. In der DE 199 11 887 C1 wird dieses Problem dadurch gelöst, daß das Lötgut auf einem Träger sitzt, der eventuell beheizt werden kann. Dadurch soll die Wärmeabstrahlung des Lötgutes in die Umgebung kompensiert werden und die Lötstellen schmelzflüssig gehalten werden. Dies kann bei einfachen Teilen, die einen guten Flächenkontakt zum heißen Träger haben, funktionieren. Sobald die Teile aber komplexer werden oder die Zeit zum Evakuieren etwas länger wird, sind die Ergebnisse dieser Anordnung unbefriedigend. Um diesen Verfahrensnachteil zu kompensieren und eine unerwünscht frühe Erstarrung des Lotes zu verhindern, muß das Lötgut beim Ausfahren aus der Dampfphase einen möglichst hohen Temperaturunterschied zum Schmelzpunkt des verwendeten Lotes besitzen. Aus diesem Grund wird das Lötgut dabei um ca. 10–15°C über diese Schmelztemperatur erwärmt. Aus der Praxis sind auch noch höhere Temperaturen bekannt.

[0008] Die Problematik einer zu frühen Erstarrung des Lotes bringt zum einen Unsicherheiten für den Fertigungsprozeß mit sich, da bereits kleine Änderungen der Randbedingungen beim Evakuieren oder Zeitverzögerungen durch Störungen zu einer Verschlechterung des gewünschten Ergebnisses führen. Zum anderen werden durch die ausführungsbedingte Beschränkung des Zeitbereichs für das Einwirken des Unterdrucks die Möglichkeiten von Verfahrensvarianten wie z.B. wechselnde Druckverhältnisse etc. eingeschränkt oder unmöglich gemacht. Je höher die Temperatur des Lötgutes aber steigt, desto nachteilig

ger ist sie für die Qualität der Lötstellen und Materialien. Neben der Zunahme von Ablegiervorgängen ist es auch bekannt, daß höhere Temperaturen bei bleifreien Lötten offensichtlich zur Zunahme der Leerstellen im Lot führen. So ist es aus verschiedenen Gründen wünschenswert, die Lötung bei Temperaturen durchzuführen, die nur geringfügig oberhalb der Schmelztemperatur des Lotes liegen.

Aufgabenstellung

[0009] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, wobei Fehlstellen (Lunker) im Lot zuverlässig verhindert werden. Die Aufgabe wird mit den Merkmalen der Patentansprüche gelöst.

[0010] Bei der Lösung geht die Erfindung von dem Grundgedanken aus, in der Dampfphasenzone um das Lötgut herum einen Unterdruck zu erzeugen, wodurch das Lot ausgast. In einer bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform ist eine Unterdruck(Evakuierungs)kammer vorgesehen, in die das Lotgut verbracht wird. Die Unterdruckkammer nimmt die Temperatur des Dampfes an, da sie sich in der Dampfphase befindet. Eine zusätzliche Heizung kann verwendet werden, ist aber nicht notwendig. Die Unterdruckkammer wird gegen die Dampfphase abgeschlossen, und das Gasvolumen wird aus ihr abgesaugt, um einen Unterdruck einer gewünschten Größenordnung zu erzeugen und Gaseinschlüsse aus dem Lot zu beseitigen.

[0011] Die Erfindung hat folgende Vorteile.

[0012] Da die Dampfphase die Unterdruckkammer umgibt, kann diese nicht abkühlen und wirkt deshalb als „Komplett-Strahler“, der das Lotgut mit maximaler Temperatur der Dampfphase bestrahlt und somit sehr zuverlässig ein zu frühes Abkühlen des Lotes verhindert. Der Siedepunkt des die Dampfphase erzeugenden Mediums muß nur geringfügig über der Schmelztemperatur des Lotes liegen, da keine Temperaturreserve gegen ein unerwünscht frühes Abkühlen vorhanden sein muß. So genügt beispielsweise bereits ein Temperaturüberschuß von nur 5°C über der Schmelztemperatur des Lotes, um zuverlässig zu löten und anschließend Leerstellen zu beseitigen.

Ausführungsbeispiel

[0013] Im folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) einen vereinfacht Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Ausführungsform, und

[0015] [Fig. 2](#) das Lötgut gemäß [Fig. 1](#) in der ge-

schlossenen Unterdruckkammer.

[0016] [Fig. 1](#) zeigt eine erste Kammer **5** mit einer Dampfphasenzone **1**. Die Dampfphase wird durch das am Boden der Kammer **5** sichtbare flüssige Medium **13**, das vorzugsweise eine inerte organische Flüssigkeit ist, erzeugt. In der Dampfphasenzone **1** befindet sich auf einer Ablage **4** Lötgut **2**. In der Dampfphasenzone befindet sich weiterhin eine zweite Kammer **6** zum Erzeugen eines Unterdrucks um das Lötgut **2** herum. Das Lötgut **2** wird mittels eines Transportsystems **9** aus einer angrenzenden dritten Kammer **10** in Pfeilrichtung A in die Kammer **5** gefahren. Die Verbindung zwischen der ersten Kammer **5** und der dritten Kammer **10** wird von einem Kühlrohr **11** umgeben, das dafür sorgt, daß die Dampfphase in der ersten Kammer zurückgehalten wird und nicht in die Kammer **10** eintritt. Die zweite Kammer **6** zur Erzeugung des Unterdrucks wird in Pfeilrichtung B über die Ablage **4** mit dem Lötgut **2** gefahren, so daß die senkrechte Wand der Ablage **4** die zweite Kammer **6** abschließt. Danach erfolgt während einer vorbestimmten Zeit die Evakuierung der Kammer **6** über den Anschluß **7** auf einen vorbestimmten Unterdruck. Dann wird die zweite Kammer **6** wieder von der Ablage **4** mit dem Lötgut entfernt, das Transportsystem **9** nimmt das Lötgut **2** auf und fährt es aus der ersten Kammer **5** in die dritte Kammer **10**. Von dort wird es zur weiteren Bearbeitung (nicht gezeigt) transportiert.

[0017] Wahlweise besteht die Möglichkeit, die Höhe der Dampfphase **1** zu verändern, um für eine vorbestimmte Zeit die Wärmeübertragung auf die in der Dampfphasenzone befindlichen Teile zu verringern. Es besteht auch die Möglichkeit, die Dampfphase **1** beim Schließen der Unterdruckkammer **6** kurzzeitig abzusenken und anschließend wieder anzuheben, so daß die Kammer **6** möglichst wenig Dampfphase enthält, wodurch das Evakuieren erleichtert wird. Außerdem kann die Kammer **6** mit dem Lötgut **2** bereits vor oder während des Schmelzvorgangs des Lotes geschlossen werden und dann die Wärme über die Strahlungswärme der Kammer **6** auf das Lötgut übertragen werden. In diesem Fall erfolgt die Wärmeübertragung durch diffuse Strahlung der Kammerwände. Die Evakuierung der Kammer **6** kann nach dem Schließen der Kammer mit einer Zeitverzögerung beginnen und auch mit einem sehr langsam ansteigenden Unterdruck beaufschlagt werden, da aufgrund des Aufenthalts in der Dampfphase nicht befürchtet werden muß, daß das Lot der Lötstellen vorzeitig erstarrt.

[0018] Die Unterdruckkammer kann wahlweise auch von oben auf das Lötgut abgesenkt werden (nicht dargestellt). In diesem Fall kann die Erwärmung über die Kammerwände verzögert erfolgen, wenn der obere Teil der Kammer sich nicht ständig oder nur unvollständig in der Dampfphase befindet und Strahlungswärme überwiegend über den unteren Teil der Kammer auf das Lötgut übertragen wird.

ren Teil der Kammer auf das Lötgut übertragen wird.

[0019] Fig. 2 zeigt die Ablage 4 mit dem Lötgut 2 gemäß Fig. 1, nachdem die zweite Kammer 6 gemäß Fig. 1 in Pfeilrichtung B über die Ablage 4 und das Lötgut 2 geschoben und durch die senkrechte Wand der Ablage 4 verschlossen wurde.

[0020] Um zum Beispiel Flußmittelanteile bereits vor dem Schmelzen aus den Lötstellen zu entfernen, kann die Evakuierung der Kammer 6 mit dem Lötgut auch bereits vor dem Schmelzen des Lotes erfolgen. Anschließend wird dann ein Druckausgleich hergestellt und der Lötprozeß durchgeführt.

[0021] In der Unterdruckkammer 6 kann das Lötgut gereinigt oder anderweitig behandelt werden. Die Kammer 6 kann z.B. eine Vorrichtung zur Erzeugen eines Plasmas enthalten. Durch eine geeignete Plasmabehandlung des Lötgutes werden Verschmutzungen auf dem Lötsubstrat beseitigt und die Benetzungsfähigkeit wird erhöht. Plasmabehandlung kann sowohl vor dem Löten als auch während des Lötprozesses oder danach erfolgen. Wahlweise kann die Kammer 6 auch mit einem Überdruck beaufschlagt werden. Desweiteren kann das Lötgut mit einer Prozeßflüssigkeit behandelt werden, die zum Beispiel über den Anschluß 11 in die Kammer 6 eingeführt wird und über den Anschluß 12 aus der Kammer 6 wieder abgeführt wird. Durch die Prozeßflüssigkeit kann zum Beispiel eine Abkühlung des Lotgutes nach dem Löten oder eine Reinigung vorgenommen werden.

[0022] Nach dem Evakuieren durch die Leitung 7 kann der Druckausgleich mittels eines Schutzgases oder anderen Gases über die Leitung 8 erfolgen. Beim Druckausgleich kann das Lötgut gekühlt werden, indem das Gas die Kammer 6 länger als bis zum Druckausgleich nötig durchströmt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Löten in der Dampfphase, wobei vor, während, und/oder nach dem Schmelzen des Lotes (3) auf dem Lötgut (2) in der Dampfphasenzone (1) um das Lötgut (2) herum ein Unterdruck erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 mit den Schritten:
(a) Einfahren des Lötgutes (2) in die Dampfphasenzone (1) zum Erwärmen des Lötgutes (2) in der Dampfphase,
(b) Umschließen des Lötguts (2) mit einer Unterdruckkammer (6) in der Dampfphasenzone (1),
(c) Erzeugen eines Unterdrucks in der Unterdruckkammer (6) für eine vorbestimmte Zeit,
(d) Herstellen eines Druckausgleichs zwischen der Kammer (6) und der Dampfphasenzone (1),
(e) Entnahme des Lötguts (2) aus der Kammer (6)

und aus der Dampfphasenzone (1).

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Schmelzen des Lotes (3) nach dem Schritt (a) erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Schmelzen des Lotes (3) nach dem Schritt (b) erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Schmelzen des Lotes (3) während des Schrittes (c) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Kammer (6) seitlich über das Lötgut (2) gefahren wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, wobei die Kammer von oben auf das Lötgut (2) abgesenkt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der obere Teil der Kammer außerhalb der Dampfphasenzone bleibt, so daß die Erwärmung des Lötguts (2) von oben geringer als von unten ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Höhe der Dampfphase (1) gesteuert verändert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die Höhe der Dampfphase (1) beim Umschließen des Lötguts (2) durch die Kammer (6) unter das Niveau des Lötgutes kurzzeitig oder länger abgesenkt und danach wieder angehoben wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Erzeugung des Unterdrucks verzögert erfolgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, wobei der Druckausgleich mittels eines Schutzgases erfolgt.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Schutzgas das Lötgut (2) kühlt.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, wobei anstelle des Schrittes (d) in der Kammer (6) ein Überdruck erzeugt wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 14, wobei in der Kammer (6) eine zusätzliche Reinigung des Lötgutes (2) in einem Plasma erfolgt.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 15, wobei in der Kammer (6) eine Wärmebehandlung oder Reinigung des Lötgutes (2) mit einer Prozeßflüssigkeit erfolgt.

17. Vorrichtung mit

- (a) einer ersten Kammer (5), in der sich die Dampfphasenzone (1) und eine Ablage (4) für das Lötgut (2) befindet,
- (b) einer zweiten Kammer (6), in der Unterdruck erzeugt werden kann, die sich in der Kammer (5) befindet oder in diese einfahrbar ist, wobei die zweite Kammer (6) über das Lötgut (2) fahrbar ist oder das Lötgut (2) in die zweite Kammer (6) einfahrbar ist,
- (c) Einrichtungen (7, 8) zum Absenken und zum Erhöhen des Drucks in der zweiten Kammer (6),
- (d) einem Transportsystem (9) zum Fahren des Lötgutes (2) in die erste Kammer (5) und aus der ersten Kammer (5).

18. Vorrichtung nach Anspruch 17 mit einer dritten Kammer (10), die in Verbindung mit der ersten Kammer (5) steht und durch die das Transportsystem (9) hindurchgeht.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, wobei die Verbindung der ersten Kammer (5) mit der dritten Kammer (10) von einem Kühlrohr (11) umgeben ist, um die Dampfphase (1) in der ersten Kammer (5) zurückzuhalten.

20. Vorrichtung nach Anspruch 17, 18 oder 19, wobei die zweite Kammer (6) Einrichtungen (11, 12) zum Zuführen und Abführen eines Schutzgases oder einer Prozeßflüssigkeit aufweist.

21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei in der zweiten Kammer (6) eine Einrichtung zum Erzeugen eines Plasmas vorgesehen ist.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

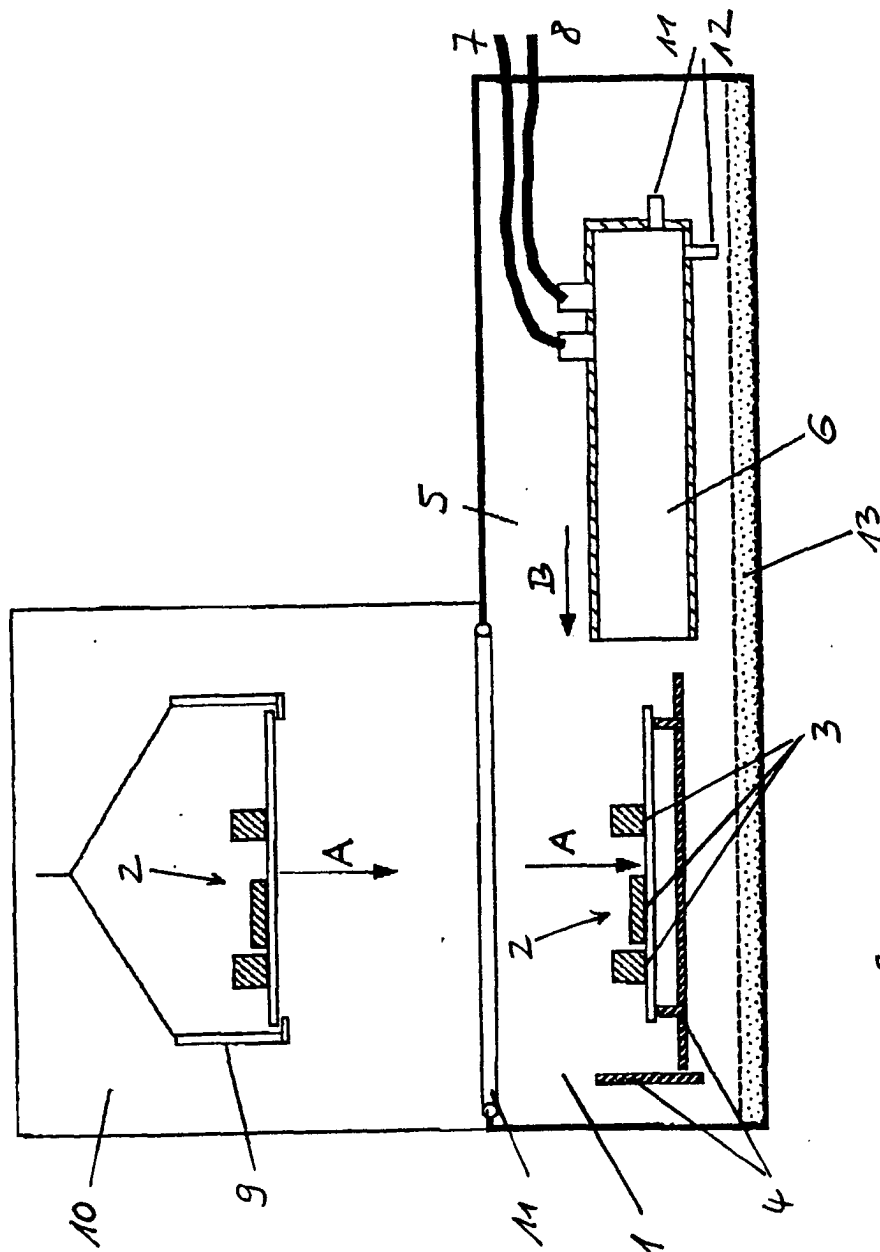


Fig. 1

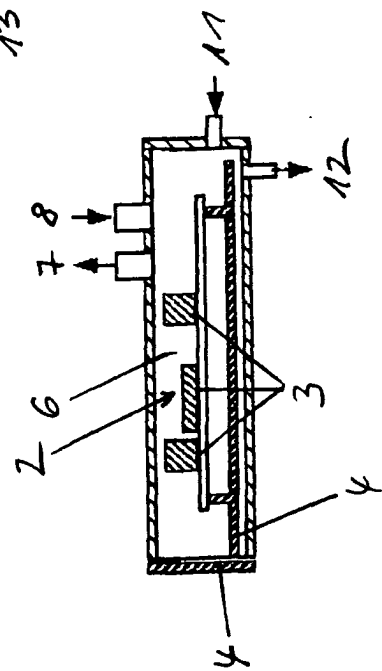


Fig. 2