



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 197 32 439 B4** 2006.01.19

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **197 32 439.8**
(22) Anmeldetag: **28.07.1997**
(43) Offenlegungstag: **18.02.1999**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **19.01.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/36** (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:
Infineon Technologies AG, 81669 München, DE

(74) Vertreter:
Westphal, Mussnug & Partner, 80336 München

(72) Erfinder:
Tihanyi, Jenő, Dr.-Ing., 85551 Kirchheim, DE;
Strack, Helmut, Dr.phil., 80804 München, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE-AS 25 42 174
DE 196 40 003 A1
DE 44 12 524 A1
US 45 71 610
EP 06 97 726 A2
EP 06 92 821 A2
EP 06 32 499 A2

(54) Bezeichnung: **Leistungshalbleiterbauelement auf Kühlkörper**

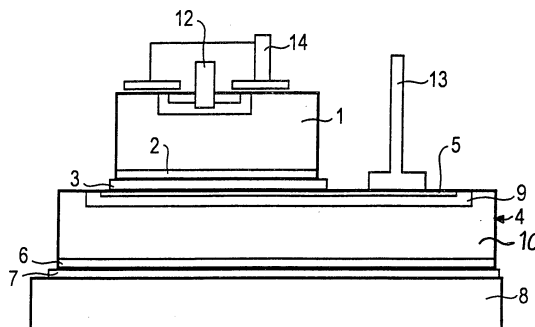
(57) Hauptanspruch: Leistungshalbleiterbauelement, das umfaßt:

einen Leistungstransistor mit einem Halbleitersubstrat (1), einem Gate- und einem Source-Anschluß (14, 12) und einem an einer Rückseite des Halbleitersubstrats (1) angeordneten Drain-Anschluß;

eine Isolatorschicht (4), die eine Isolatormetallisierung (5) aufweist und die elektrisch leitend und mechanisch mit der Rückseite des Halbleitersubstrats (1) verbunden ist;

einen Außenkontakt (13) zur Kontaktierung des Drain-Anschlusses der an die Isolatormetallisierung (5) angeschlossen ist;

einen Kühlkörper (8), der mit der Isolatorschicht (4) verbunden ist, wobei die Isolatorschicht (4) zwischen dem Halbleitersubstrat (1) und dem Kühlkörper (8) angeordnet ist, und wobei die Isolatorschicht (4) mindestens zwei Halbleiterschichten (9, 10) von unterschiedlichem Leitungstyp umfaßt, wobei eine erste (9) der mindestens zwei Halbleiterschichten mit dem Halbleitersubstrat (1) verbunden ist und eine zweite der mindestens zwei Halbleiterschichten mit einem Kühlkörper (8) verbunden ist, so daß die Isolatorschicht (4) elektrisch sperrt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Leistungshalbleiterbauelement auf einem Kühlkörper nach dem Oberbegriff von Anspruch 1.

[0002] Leistungshalbleiterbauelemente sind ausgelegt für eine Verlustleistung von mehr als einem Watt und insbesondere für höhere Ströme (im Bereich von einem Ampere bis zu 1000 Ampere) und/oder Spannungen (im Bereich von einigen zehn Volt bis zu einigen 1000 Volt). Typische Leistungshalbleiterbauelemente sind Leistungsdioden, -transistoren, Thyristoren, DIACs, TRIACs und komplette Leistungsschaltkreise. Ein zentrales Problem ist bei den Leistungshalbleiterbauelementen eine ausreichende Wärmeabfuhr, wozu aufwendige Kühlmaßnahmen erforderlich sind. Insbesondere muß im Betrieb der SOA (safe operation area) Bereich eingehalten werden. Mit dem SOA-Bereich wird die maximal zulässige Verlustleistung unter vorgegebenen Kühlbedingungen definiert. Nur in diesem Bereich ist dann die thermische Stabilität des Bauelements gewährleistet. Nur ausnahmsweise kann dieser Bereich verlassen werden, z. B. im Pulsbetrieb, wo kurzfristig die Grenzwerte für den Dauerbetrieb überschritten werden dürfen.

[0003] Die heutigen Leistungs-MOS-FETs sind so aufgebaut, daß das Siliziumsubstrat gleichzeitig die Drain-Elektrode ist und auf den Kühlkörper aufgelötet wird. Da der Kühlkörper gleichzeitig als Bodenplatte für die mechanische Montage dient, liegt der Kühlkörper als Berührungsschutz meist auf Masse (Schutzerde). Daher ist zwischen dem Kühlkörper und dem Substrat eine Isolation notwendig, wenn der Drain-Anschluß nicht automatisch auf Masse liegen soll. Zur Wärmeabfuhr ist deswegen im Stand der Technik bei einem Leistungshalbleiterbauelement der eigentliche Halbleiterchip über Lot mit einer ersten Cu-Schicht verbunden, die ihrerseits auf einer Isolationskeramik angebracht ist. Die Isolationskeramik ist über eine zweite Cu-Schicht und Lot mit der Bodenplatte des Aufbaus verbunden.

[0004] Will man die maximal zulässige Verlustleistung von leistungselektronischen Schaltungen der genannten Art noch weiter erhöhen, müßte die Wärmeableitung weiter verbessert werden.

[0005] Nach dem heutigen Stand der Technik ist dies z. B. möglich über ein Gebläse oder Wasserkühlung oder Kühlung mit anderen Kühlmitteln zur schnelleren Abfuhr der Wärme vom Kühlkörper. Dies ist aber aufwendig und nicht immer ohne weiteres durchführbar.

Stand der Technik

[0006] Die Veröffentlichung DE 25 42 174 B2 be-

schreibt eine Halbleiterlaservorrichtung mit einer Wärmesenke aus einem Siliziumkristall. In diese Wärmesenke sind beabstandet zueinander streifenförmige dotierte Halbleiterzonen eingebracht, die komplementär zu einer Grunddotierung der Wärmesenke dotiert sind, wobei zwischen jeder dieser Halbleiterzonen und der Wärmesenke pn-Übergänge gebildet sind. Auf der Wärmesenke ist ein GaAs-Kristall angeordnet, der zwei komplementär zueinander dotierte Halbleiterschichten aufweist, von denen eine mittels metallischer Elektroden an die Halbleiterzonen in dem als Wärmesenke dienenden Siliziumkristall angeschlossen ist.

[0007] In der älteren Anmeldung DE 196 40 003 A1 wird eine Halbleitervorrichtung mit einer Laserdiode vorgeschlagen, wobei die die Laserdiode bildenden Halbleiterschichten auf einem Halbleitersubstrat angeordnet sind, das drei dotierte Schichten aufweist, von denen jeweils benachbarte Schichten komplementär zueinander dotiert sind. Auf eine den Schichten der Laserdiode abgewandte Seite des Substrats ist eine Metallisierung aufgebracht, mittels der die Anordnung auf einer Wärmesenke befestigt werden kann.

Aufgabenstellung

[0008] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Leistungshalbleiterbauelement zu schaffen, bei dem eine bessere Wärmeabfuhr über den Kühlkörper möglich ist.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Leistungshalbleiterbauelement mit den Merkmalen nach Anspruch 1 gelöst. Die Unteransprüche beziehen sich auf vorteilhafte Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiterbauelements.

[0010] Das erfindungsgemäße Halbleiterbauelement umfasst:

einen Leistungstransistor mit einem Halbleitersubstrat, einem Gate- und einem Source-Anschluß und einem an einer Rückseite des Halbleitersubstrats angeordneten Drain-Anschluß;

eine Isolatorschicht, die eine Isolatormetallisierung aufweist und die elektrisch leitend und mechanisch mit der Rückseite des Halbleitersubstrats verbunden ist;

einen Außenkontakt zur Kontaktierung des Drain-Anschlusses, der an die Isolatormetallisierung angeschlossen ist;

einen Kühlkörper, der mit der Isolatorschicht verbunden ist, wobei die Isolatorschicht zwischen dem Halbleitersubstrat und dem Kühlkörper angeordnet ist, und wobei die Isolatorschicht mindestens zwei Halbleiterschichten von unterschiedlichem Leitungstyp umfasst, wobei eine erste der mindestens zwei Halbleiterschichten mit dem Halbleitersubstrat verbunden ist und eine zweite der mindestens zwei Halbleiter-

schichten mit einem Kühlkörper verbunden ist, so daß die Isolatorschicht elektrisch sperrt.

[0011] Die zwei Halbleiterschichten ergeben eine zwischen dem Halbleitersubstrat und dem Kühlkörper in Sperrrichtung gepolte Diode.

[0012] Darüber hinaus kann die Isolatorschicht mindestens drei Halbleiterschichten von paarweise unterschiedlichem Leitungstyp umfassen, die so angeordnet sind, daß sich zwei gegenpolig in Reihe geschaltete Dioden zwischen dem Halbleitersubstrat und dem Kühlkörper ergeben.

[0013] Bei dem erfindungsgemäßen Leistungshalbleiterbauelement kann wenigstens eine der Halbleiterschichten aus Silizium, aus SiC, aus GaAs oder aus Diamant oder weiteren Halbleitermaterialien bestehen.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Leistungshalbleiterbauelement dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat einen MOS-FET umfaßt und die Diode oder die Dioden eine höhere Durchbruchspannung aufweisen als der MOS-FET.

[0015] Das Leistungshalbleiterbauelement kann mehrere Halbleitersubstrate auf einem Kühlkörper aufweisen.

[0016] Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung der Aufgabe liegt darin, daß der Halbleiter eine sehr hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist, die bei 300 K z. B. für Si in der Größenordnung von 150 W/m·K, für GaAs in der Größenordnung von 50 W/m·K, für β -SiC in der Größenordnung von 400 W/m·K und für C (Diamant) in der Größenordnung von 2000 W/m·K liegt. Demgegenüber haben die gewöhnlich verwendeten Isolatoren wie Al_2O_3 (Saphir) eine Wärmeleitfähigkeit in der Größenordnung von etwa 10 W/m·K bei 300 K. Der mit der Verwendung von Halbleitern verbundenen unerwünschten höheren elektrischen Leitfähigkeit wird dadurch entgegengewirkt, daß mehrere Halbleiterschichten mit unterschiedlichen Leitungstypen übereinander geschichtet werden, so daß sich z. B. zwei gegenpolig in Reihe geschaltete Dioden zwischen dem Halbleitersubstrat und dem Kühlkörper ergeben, von denen eine immer sperrt und einen elektrischen Strom zwischen Halbleitersubstrat und Kühlkörper verhindert. Schließlich wird mit dem erfindungsgemäßen Leistungshalbleiterbauelement eine kostengünstige Lösung des Kühlproblems bei hohen Leistungen ermöglicht.

Ausführungsbeispiel

[0017] Die Erfindung wird zum besseren Verständnis im folgenden unter Angabe von weiteren Ausgestaltungen und Vorteilen anhand von zeichnerisch dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert.

[0018] [Fig. 1](#) zeigt eine erste Ausführungsform der Erfindung mit einem Feldeffekt-Transistor als Halbleiterbauelement;

[0019] [Fig. 2](#) zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung mit einem Feldeffekt-Transistor als Halbleiterbauelement.

[0020] Als Halbleiteranordnung ist in [Fig. 1](#) ein auf einem Kühlkörper **8** montierter MOS-FET gezeigt. Der MOS-FET hat ein Halbleitersubstrat **1**, auf dem bzw. in dem sich mehrere aktive Zonen mit Außenanschlüssen befinden. Ferner sind in [Fig. 1](#) schematisch die aktiven Zonen des MOS-FET dargestellt. Da es sich jedoch bei dem MOS-FET nur um ein Ausführungsbeispiel handelt, wird die Funktion der einzelnen Zonen hier nicht weiter erläutert. Der MOS-FET weist einen Source-Anschluß **12**, einen Gate-Anschluß **14** und einen auf die Rückseite des Halbleitersubstrats **1** geführten Drain-Anschluß **13** auf. Die Verbindung zwischen dem Drain-Anschluß **13** und der Rückseite des Halbleitersubstrats **1** wird in der gezeigten Ausführungsform des Bauelements über eine Substratmetallisierung **2** hergestellt, die eine dünne Metallschicht auf der Kühlkörperseite des Halbleitersubstrats **1** ist.

[0021] Außer zur Herstellung eines elektrischen Kontaktes zwischen dem Außenanschluß **13** und der Rückseite des Substrats **1** dient die Substratmetallisierung **2** auch zur mechanischen und thermischen Verbindung zwischen dem Halbleitersubstrat **1** und einem Isolator **4**, der sich zwischen dem Halbleitersubstrat **1** und einem Kühlkörper **8** befindet und der der elektrischen Isolierung der beiden Elemente dient. Zur mechanischen Verbindung hat auch der Isolator wie das Halbleitersubstrat **1** eine Metallschicht oder elementseitige Isolatormetallisierung **5**. Auf diese wird eine erste Löt- oder Klebschicht **3** aufgebracht, auf der dann wiederum das Bauelement mit seiner Substratmetallisierung **2** aufgesetzt wird. Die Metallschichten **2** und **5** dienen somit zunächst als Verbindungsfläche für das Verlöten oder Verkleben der zwei aneinanderzufügenden Kristalle des Isolators und des Halbleitersubstrats.

[0022] Der Isolator kristall wird ebenso wie die Isolator keramik Al_2O_3 oder AlN nach dem Stand der Technik auf die gleiche Art wie mit dem Halbleitersubstrat **1** mit dem Kühlkörper **8** verbunden. Eine kühlkörperseitige Isolatormetallisierung **6** auf dem Isolator kristall **4** dient wiederum als Verbindungsfläche für die Löt- oder Klebeverbindung zwischen dem Isolator und dem Kühlkörper **8**. Zwischen der kühlkörperseitigen Isolatormetallisierung **6** und dem Kühlkörper **8**, der vorzugsweise aus Cu besteht, befindet sich eine zweite Löt- oder Klebschicht **7**, um einen thermischen und mechanischen Kontakt mit dem Kühlkörper **8** herzustellen.

[0023] Da eine optimale thermische wie auch mechanische Verbindung durch Metallverbindungen, also insbesondere ein Verlöten zustandekommt, die Metallverbindung aber gleichzeitig ein guter elektrischer Leiter ist, muß die elektrische Isolierung durch den Isolator **4** erfolgen.

[0024] Während die Isolatorkeramiken Al_2O_3 oder AlN als Isolator **4** nach dem Stand der Technik jedoch schlechte Wärmeleiter sind, kann mit Halbleitermaterialien als Isolator **4** eine sehr viel bessere Wärmeableitung vom Leistungshalbleiter zum Kühlkörper erreicht werden. Die elektrische Isolierung erfolgt erfindungsgemäß dadurch, daß zwei unterschiedlich dotierte Halbleitermaterialien aufeinander geschichtet werden und so als Diode wirken.

[0025] Bei der in [Fig. 1](#) gezeigten Ausführungsform wird durch die Anordnung der Halbleiterschichten **9** und **10** von unterschiedlichem Leitungstyp eine Diode gebildet, die in Sperrichtung zwischen Halbleitersubstrat **1** und dem Kühlkörper **8** gepolt sein muß. Wenn also der Drain-Anschluß **13** auf einem höheren Potential als der Kühlkörper liegen soll, d. h. mit dem Pluspol einer Stromversorgung verbunden ist, während der Kühlkörper auf Masse liegt, so ist die Halbleiterschicht **10**, die in elektrischem Kontakt mit dem Kühlkörper **8** steht, p-leitend und die Halbleiterschicht **9**, die in elektrischem Kontakt mit dem Halbleitersubstrat **1** steht, n-leitend. Entsprechend ist die Halbleiterschicht **10** n-leitend und die Halbleiterschicht **9** p-leitend, wenn der Drain-Anschluß **13** auf einem niedrigeren Potential liegt als der Kühlkörper, d. h. der Drain-Anschluß **13** mit dem Minuspol einer Stromversorgung verbunden ist.

[0026] Zur Herstellung des Dioden-Chips können unterschiedlich dotierte Halbleiterschichten auf einem Träger abgeschieden werden, oder es kann ein Halbleiter beidseitig durch Implantation oder Diffusion unterschiedlich dotiert werden.

[0027] In einer zweiten Ausführungsform, die in [Fig. 2](#) gezeigt ist, wird die Sicherheit beim Betreiben des Leistungshalbleiterbauelements dadurch erhöht, daß zwei gegenpolige Dioden oder eine „Doppeldiode“ als elektrische Abschirmung zwischen Halbleitersubstrat **1** und dem Kühlkörper **8** verwendet werden.

[0028] Dazu wird zusätzlich zu den beiden Halbleiterschichten **9** und **10** der ersten Ausführungsform eine dritte Halbleiterschicht **11** in der Isolatorschicht **4** vorgesehen, die so angeordnet wird, daß sich eine alternierende Folge von Leitungstypen ergibt, also z. B. npn oder pnp. Im übrigen ist der Aufbau der gezeigten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Leistungshalbleiterbauelements identisch mit dem in [Fig. 1](#) gezeigten (gleiche Bestandteile sind gleich bezeichnet).

[0029] Der doppelte Dioden-Chip als Isolator zwischen dem Halbleitersubstrat **1** und dem Kühlkörper **8** hat den Vorteil, daß die Polung des Drain-Anschlusses **13** gegenüber dem Potential des Kühlkörpers **8** frei gewählt werden kann.

[0030] Die erfindungsgemäße Lösung der Aufgabe, eine verbesserte Wärmeableitung bei Leistungshalbleitern zu schaffen, besteht im wesentlichen darin, daß der FET-Chip über einem Dioden-Chip angeordnet ist. Dieser Dioden-Chip leitet die Wärme ab, ist billig in der Herstellung und gewährleistet die elektrische Isolation für die Drain-Elektrode. Das Bauelement kann damit z. B. auf die Karosserie eines Fahrzeugs aufgeschraubt werden, oder es kann auf einem Gehäuse eines Elektromotors direkt befestigt werden, das auf 0 V liegt. Vorzugsweise weist der Dioden-Chip dabei eine höhere Durchbruchspannung als z. B. ein MOS-FET oder bei ausgeführter Rückseite ein IC-Chip auf dem Halbleitersubstrat auf. Es können auf dem Kühlkörper mit der Halbleiterisolatorschicht mehrere n^+ -Gebiete und darüber FETs oder ICs angeordnet werden. Auch mehrere Dioden-FETs oder IC-Chips in einem gemeinsamen Gehäuse sind möglich. In einem weiteren Ausführungsbeispiel sind zwei Dioden zu einer „Doppeldiode“ zusammengefügt, welche in beiden Richtungen sperrt. Die Herstellung dieser Diode kann z. B. über tiefe Diffusion erfolgen.

[0031] Die Erfindung wurde in der Beschreibung nur mit einem Halbleitersubstrat **1** auf einem Kühlkörper **8** beschrieben, es ist aber unmittelbar einleuchtend, daß mehrere Chips parallel auf einem Kühlkörper und/oder einem Dioden-Chip vorgesehen sein können.

[0032] Die Erfindung ist nicht auf spezielle Halbleitermaterialien beschränkt, wegen der durchwegs höheren Wärmeleitfähigkeit von Halbleitermaterialien gegenüber Isolatoren eignen sich neben den oben genannten Materialien Si, (β -) SiC, GaAs, C (Diamant) auch weitere Halbleiter.

[0033] Statt des Verlötens oder Verklebens von Halbleitersubstrat und Isolator bzw. Isolator und Kühlkörper ist auch ein einfaches Aneinanderpressen der metallisierten Bestandteile zum Wärmeaustausch möglich, wobei eine Verschraubung o. dgl. vorgesehen sein kann. Ebenso können zum Verbinden der Teile Niedertemperaturverbindungen wie das Sintern von Metallpulvern (Ag) eingesetzt werden.

Bezugszeichenliste

1	Halbleitersubstrat
2	Substratmetallisierung
3	erste Lotschicht oder Leitkleber
4	Isolatorschicht
5	elementseitige Isolatormetallisierung

- 6 kühlkörperseitige Isolatormetallisierung
- 7 zweite Lotschicht oder Leitkleber
- 8 Kühlkörper
- 9 erste Halbleiterschicht
- 10 zweite Halbleiterschicht
- 11 dritte Halbleiterschicht
- 12 Source-Anschluß
- 13 Drain-Anschluß
- 14 Gate-Anschluß

Patentansprüche

1. Leistungshalbleiterbauelement, das umfaßt: einen Leistungstransistor mit einem Halbleitersubstrat (1), einem Gate- und einem Source-Anschluß (14, 12) und einem an einer Rückseite des Halbleitersubstrats (1) angeordneten Drain-Anschluß; eine Isolatorschicht (4), die eine Isolatormetallisierung (5) aufweist und die elektrisch leitend und mechanisch mit der Rückseite des Halbleitersubstrats (1) verbunden ist; einen Außenkontakt (13) zur Kontaktierung des Drain-Anschlusses der an die Isolatormetallisierung (5) angeschlossen ist; einen Kühlkörper (8), der mit der Isolatorschicht (4) verbunden ist, wobei die Isolatorschicht (4) zwischen dem Halbleitersubstrat (1) und dem Kühlkörper (8) angeordnet ist, und wobei die Isolatorschicht (4) mindestens zwei Halbleiterschichten (9, 10) von unterschiedlichem Leitungstyp umfaßt, wobei eine erste (9) der mindestens zwei Halbleiterschichten mit dem Halbleitersubstrat (1) verbunden ist und eine zweite der mindestens zwei Halbleiterschichten mit einem Kühlkörper (8) verbunden ist, so daß die Isolatorschicht (4) elektrisch sperrt.

2. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zwei Halbleiterschichten (9, 10) eine zwischen dem Halbleitersubstrat (1) und dem Kühlkörper (8) in Sperrichtung gepolte Diode bilden.

3. Leistungshalbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Isolatorschicht (4) mindestens drei Halbleiterschichten (9, 10, 11) von paarweise unterschiedlichem Leitungstyp umfaßt, die so angeordnet sind, daß sich zwei gegenpolig in Reihe geschaltete Dioden zwischen dem Halbleitersubstrat (1) und dem Kühlkörper (8) ergeben.

4. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Halbleiterschichten (9, 10, 11) aus Si besteht.

5. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Halbleiterschichten (9, 10, 11) aus SiC besteht.

6. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Halbleiterschichten (9, 10, 11) aus GaAs besteht.

7. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Halbleiterschichten (9, 10, 11) aus Diamant besteht.

8. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Halbleitersubstrat (1) einen MOS-FET umfaßt und die Diode oder die Dioden, die aus den Halbleiterschichten (9, 10, 11) gebildet sind, eine höhere Durchbruchspannung aufweisen als der MOS-FET.

9. Leistungshalbleiterbauelement nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Halbleitersubstrate (1) auf einem Kühlkörper (8) angeordnet sind.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

FIG 1

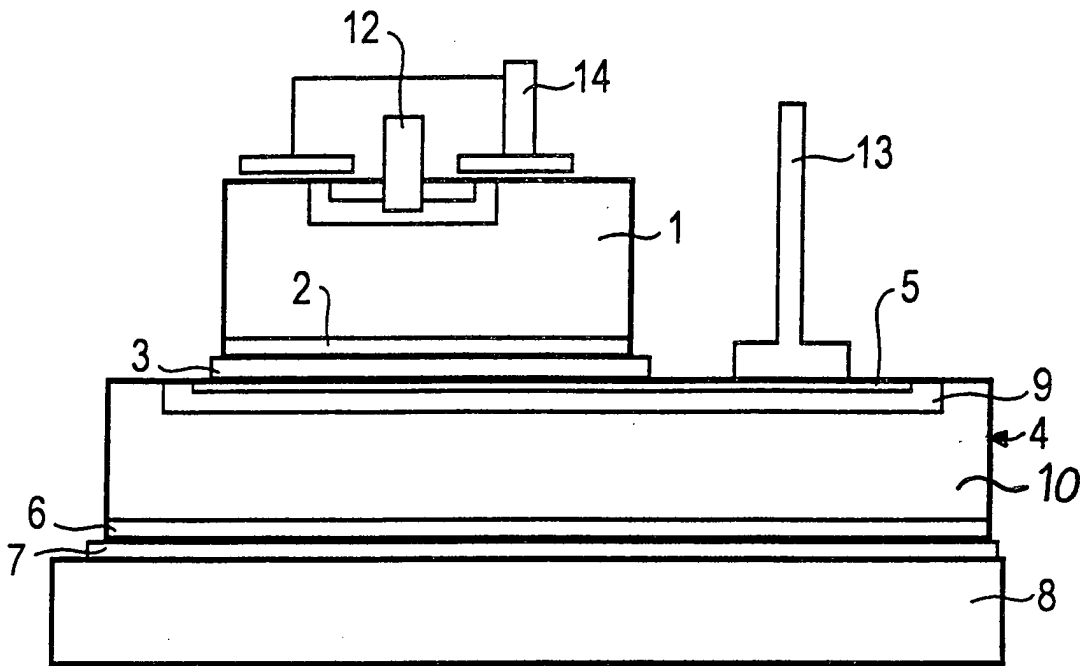


FIG 2

