



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 54 756 A1** 2004.06.09

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 54 756.4**  
(22) Anmeldetag: **23.11.2002**  
(43) Offenlegungstag: **09.06.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 21/66**  
**H01L 23/544, H01L 23/528**

(71) Anmelder:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

(74) Vertreter:  
**Kindermann, P., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 85598  
Baldham**

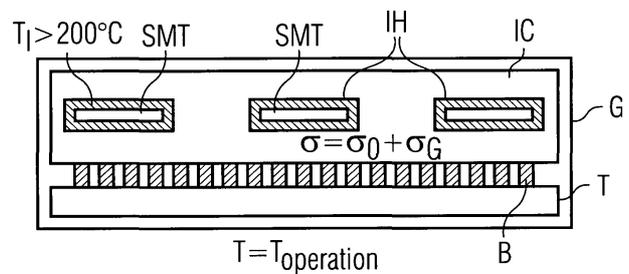
(72) Erfinder:  
**Glasow, Alexander von, 82031 Grünwald, DE;  
Fischer, Armin, Dr., 81825 München, DE; Hagen,  
Jochen von, 83059 Kolbermoor, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse (G) endmontierten Halbleiter-Baustein (IC) mit einer Stressmigrations-Teststruktur (SMT), die im Halbleiter-Baustein (IC) ausgebildet ist. Zur Erhöhung einer Erfassungsgenauigkeit auch einer durch das Gehäuse (G) verursachten Beanspruchung  $\sigma_G$  ist innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Stressmigrations-Teststruktur (SMT) eine integrierte Heizvorrichtung (IH) ausgebildet.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften und insbesondere auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse endmontierten Halbleiter-Bausteins.

[0002] Integrierte Schaltungen werden üblicherweise mit einer Vielzahl von strukturierten Metallisierungs- bzw. Leiterbahnebenen hergestellt, die voneinander durch dielektrische Zwischenisolierschichten elektrisch voneinander getrennt sind. Zur Realisierung von elektrischen Verbindungen zwischen den strukturierten Metallisierungs- bzw. Leiterbahnschichten oder zwischen den Leiterbahnschichten und einem Substrat werden an ausgewählten Orten sogenannte Kontaktlöcher bzw. Vias in den Isolierschichten ausgebildet.

[0003] Mit fortschreitender Integrationsdichte werden zur Realisierung von verbesserten Leistungsmerkmalen wie z.B. einer erhöhten Geschwindigkeit und einer vergrößerten Schaltungsfunktionalität pro Flächeneinheit die Strukturbreiten und insbesondere die Kontaktlöcher bzw. Vias zunehmend kleiner, weshalb sie insbesondere für eine sogenannte Stressmigration zunehmend empfänglich werden.

[0004] Im Gegensatz zu der sogenannten Elektromigration, bei der ein Massentransport von Leiterbahnmaterial auf Grund eines anliegenden Gleichstroms und insbesondere bei sehr hohen Stromdichten hervorgerufen wird, bezieht sich die in der vorliegenden Erfindung beschriebene Stressmigration auf einen Massentransport, der in Leiterbahnschichten bzw. Kontaktlöchern insbesondere auf Grund von mechanischen Spannungen bzw. Spannungsgradienten hervorgerufen wird. Derartige mechanische Spannungen, die beispielsweise aus einer Fehlanpassung von thermischen Ausdehnungskoeffizienten und von unterschiedlichen Elastizitätsmodulen der Leiterbahnschichten bzw. der dazwischen liegenden Isolatorschichten und anderer leitender und nicht leitender Zwischenschichten herrühren, führen demzufolge zu einem ähnlichen Materialtransport, der abhängig von einer Druck- oder Zugspannung bzw. Wechselbeanspruchung die Ausbildung von Hohlräumen (voids) im elektrisch leitenden Material hervorruft, wodurch ein elektrischer Widerstands von Leiterbahnen im Halbleiter-Baustein erhöht oder sogar eine Leiterbahnunterbrechung auftreten kann.

[0005] Betrachtet man beispielsweise einen Herstellungsprozess, bei dem auf einer Leiterbahnschicht (Aluminium, Kupfer, usw.), die auf einem Halbleitersubstrat oder einer dielektrischen Schicht ausgebildet ist, eine weitere Isolatorschicht, beispielsweise bei einer Temperatur von 350 Grad Celsius mittels eines CVD-Verfahrens (Chemical Vapor Deposition), abgeschieden wird, so ergeben sich bereits auf Grund der unterschiedlichen Ausdehnungs-

koeffizienten zwischen der Leiterbahnschicht und den angrenzenden Isolierschichten mechanische Spannungen, die beispielsweise als Zug-Beanspruchung eine Stressmigration in der Leiterbahnschicht hervorrufen. Bei Kupfermetallisierung mit Cu-Vias führen Spannungsgradienten z.B. in Folge thermischer Fehlanpassung zum Transport von Leerstellen in das Via (Bildung von Hohlräumen).

[0006] Genauer gesagt diffundieren Leerstellen zur Verringerung der Spannungsenergie in der Leiterbahnschicht, wodurch nach einer gewissen Zeit, üblicherweise mehrere Monate oder Jahre, dieser Massentransport in der Leiterbahnschicht oder den Vias Hohlräume erzeugt, die die elektrischen Eigenschaften des Halbleiter-Bausteins beeinflussen und bis zu einer Unterbrechung einer Leiterbahn führen können.

## Stand der Technik

[0007] **Fig. 1A bis 1C** zeigen vereinfachte Schnittansichten zur Veranschaulichung herkömmlicher Vorrichtungen zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften.

[0008] Gemäß **Fig. 1A** werden Zuverlässigkeitsuntersuchungen zur Charakterisierung der vorstehend beschriebenen Stressmigrations-Eigenschaften von Leiterbahnen und insbesondere von Metallisierungen in integrierten Schaltungen bzw. Halbleiter-Bausteinen IC üblicherweise direkt auf dem Wafer bzw. auf Waferebene durchgeführt. Dabei werden die Widerstände von unterschiedlichen Stressmigrations-Teststrukturen SMT, die in einem Halbleiter-Baustein IC ausgebildet sind, in regelmäßigen Abständen (z.B. einmal pro Stunde, Tag oder Woche) gemessen und die Abweichung vom Anfangswert bewertet. Zwischen diesen Messungen werden die Wafer in einem Ofen bei Temperaturen größer 150 Grad Celsius gelagert, wodurch sich die Dauer für diese Zuverlässigkeitsuntersuchungen wesentlich auf etwa 1000 bis 2000 Stunden verringern lässt, um eine Produktlebensdauer von z.B. 15 Jahren abzusichern.

[0009] Nachteilig ist jedoch bei einer derartigen Testvorrichtung, dass die gewonnenen Ergebnisse auf Grund einer fehlenden Endmontage in einem Gehäuse nur unzureichend sind und insofern keine ausreichend genaue Erfassung der Stressmigrations-Eigenschaften des Halbleiter-Bausteins in produktnaher Umgebung ermöglichen.

[0010] Gemäß **Fig. 1B** kann demzufolge ein derartiger Test auch in einem endmontierten Testgehäuse TG durchgeführt werden, wobei der Halbleiter-Baustein IC beispielsweise mittels Bond-Drähten oder Lötverbindungen B auf einem Bausteinträger T montiert ist, wobei als Gehäuse ein temperaturfestes Keramik-Testgehäuse verwendet wird. Obwohl auf diese Weise neben internen Spannungen  $\sigma_0$  des Halbleiter-Bausteins IC auch die durch die Montage bzw. die Lötverbindungen B und den Bausteinträger T des Testgehäuses TG verursachten Spannungen  $\sigma_{TG}$  erfasst und bewertet werden können, geben derartige

Untersuchungsergebnisse insbesondere auf Grund des von einem produktrelevanten Gehäuse abweichenden Testgehäuses TG wiederum keine genauen Aussagen für die Stressmigrations-Eigenschaften der Leiterbahnsystems in einem Halbleiter-Baustein mit Produktgehäuse.

[0011] Gemäß Fig. 1C kann weiterhin der zu untersuchende Halbleiter-Baustein IC wiederum über Lötverbindungen B und einen Bausteinträger T auch in einem produktrelevanten Kunststoffgehäuse G eingebettet sein, wobei sich jedoch hierbei die Problematik ergibt, dass bei einer entsprechenden Erwärmung auf Temperaturen  $T_E$  größer 150 Grad Celsius durch die thermische Fehlanpassung der das Leiterbahnsystem umgebenden Schichten eine Änderung des produktrelevanten Spannungszustandes verursacht wird, weshalb man keine genauen Aussagen über die Stressmigrations-Eigenschaften in einem derart gepackten Halbleiter-Baustein IC erhält. Ferner kann auch die Plastik- bzw. Kunststoffmasse des Gehäuses G schmelzen bzw. weich werden, wodurch die durch dieses Kunststoffgehäuse G verursachte Spannung ebenfalls zu einer veringerten Spannung  $\sigma_G$  führt.

[0012] Ohne diese erhöhten Temperaturen größer 150 Grad Celsius, die vorzugsweise von einer externen Heizung EH erzeugt werden, sind jedoch derartige Zuverlässigkeitsuntersuchungen nicht wirtschaftlich durchführbar, da sie mehrere Monate und üblicherweise sogar mehrere Jahre beanspruchen würden.

[0013] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse endmontierten Halbleiter-Bausteins zu schaffen, wodurch man in relativ kurzer Zeit eine ausreichend genaue Bewertung von Stressmigrations-Eigenschaften erhält.

#### Aufgabenstellung

[0014] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe hinsichtlich der Vorrichtung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich des Verfahren durch die Maßnahmen des Patentanspruchs 11 gelöst.

[0015] Insbesondere durch die Verwendung einer internen Heizvorrichtung, die innerhalb oder in unmittelbarer Nähe einer Stressmigrations-Teststruktur im Halbleiter-Baustein zum lokalen Erwärmen der Stressmigrations-Teststruktur ausgebildet ist, erhält man eine ausreichende Beschleunigung zur Verringerung der Testzeiten, wobei eine durch ein produktrelevantes Gehäuse verursachte Spannung dadurch im Wesentlichen unbeeinflusst bleibt.

[0016] Vorzugsweise besteht die Stressmigrations-Teststruktur aus zumindest einem ersten Leiterbahnbereich, der in einer ersten Leiterbahnschicht ausgebildet ist, zumindest einem zweiten Leiterbahnbereich, der in einer zweiten Leiterbahnschicht ausgebildet ist und zumindest einem Verbindungsbereich,

der zwischen den Leiterbahnschichten zum elektrischen Verbinden der ersten und zweiten Leiterbahnbereiche in einer ersten Isolierschicht ausgebildet ist. Da die Stressmigrations-Teststruktur demzufolge in den zur Verfügung stehenden Leiterbahnschichten des Halbleiter-Bausteins ausgebildet ist, erhält man für die ermittelten Messwerte eine hohe Aussagekraft hinsichtlich der Stressmigrations-Eigenschaften im Halbleiter-Baustein.

[0017] Vorzugsweise ist eine Oberfläche und/oder ein Volumen des ersten und/oder ein Volumen zweiten Leiterbahnbereichs wesentlich größer als eine Oberfläche und/oder ein Volumen des Verbindungsbereichs, wodurch man in Kenntnis des Layouts für die weitere Halbleiter-Schaltung eine weitere wesentliche Reduzierung der Zeitdauer für die Zuverlässigkeitsuntersuchung erhält, da die an der vergrößerten Oberfläche wirkende Spannung bzw. Beanspruchung, sowie die Anzahl von diffusionsfähigen Leerstellen im Volumen entsprechend vergrößert ist.

[0018] Zur weiteren Erhöhung einer Messgenauigkeit und der statistischen Signifikanz bei einer Untersuchung von Stressmigrations-Eigenschaften kann die Stressmigrations-Teststruktur eine Vielzahl von ersten und zweiten Leiterbahnbereichen aufweisen, die über eine Vielzahl von Verbindungsbereichen kettenförmig miteinander verbunden sind.

[0019] Vorzugsweise wird die interne Heizvorrichtung als Heiz-Leiterbahnbereich innerhalb des zumindest einen ersten oder zweiten Leiterbahnbereichs oder Verbindungsbereichs ausgebildet, wobei der Heiz-Leiterbahnbereich von einem Wechselstrom durchströmt wird. Auf diese Weise erhält man eine besonderes effektive Erwärmung der zu untersuchenden Strukturen, wobei insbesondere bei Verwendung eines Wechselstroms der Einfluss von Elektromigration zuverlässig ausgeschlossen werden kann.

[0020] Hinsichtlich des Verfahrens zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften wird vorzugsweise zunächst die vorstehend beschriebene Stressmigrations-Erfassungsvorrichtung in einem Halbleiter-Baustein ausgebildet, anschließend der Halbleiter-Baustein auf einen Baustein-Träger montiert und in einem produktrelevanten Gehäuse verpackt, wobei abschließend ein Heizstrom an die integrierte Heizvorrichtung und zum Erfassen der Stressmigrations-Eigenschaften des Halbleiter-Bausteins eine Messspannung an die Stressmigrations-Teststruktur angelegt und ein Strom durch die Stressmigrations-Teststruktur gemessen wird. Auf diese Weise können erstmals auch für produktrelevante Gehäuse, wie beispielsweise Kunststoffgehäuse, die entsprechenden Stressmigrations-Eigenschaften in ausreichend kurzer Zeit hochgenau ermittelt werden.

[0021] In den weiteren Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung gekennzeichnet.

## Ausführungsbeispiel

[0022] Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher beschrieben.

[0023] Es zeigen:

[0024] **Fig. 1A bis 1C** vereinfachte Schnittansichten zur Veranschaulichung einer herkömmlichen Vorrichtung und eines herkömmlichen Verfahrens zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften;

[0025] **Fig. 2** eine vereinfachte Schnittansicht zur Veranschaulichung einer Vorrichtung und eines Verfahrens zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse endmontierten Halbleiter-Bausteins;

[0026] **Fig. 3A** eine vereinfachte Draufsicht eines Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels;

[0027] **Fig. 3B** eine vereinfachte perspektivische Ansicht der Vorrichtung gemäß **Fig. 3A** entlang eines Schnitts I-I;

[0028] **Fig. 4A** eine vereinfachte Draufsicht einer Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels;

[0029] **Fig. 4B** eine vereinfachte Schnittansicht der Vorrichtung gemäß **Fig. 4A** entlang eines Schnitts II-II; und

[0030] **Fig. 5** eine vereinfachte Draufsicht einer Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels.

[0031] **Fig. 2** zeigt eine vereinfachte Schnittansicht einer Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente wie in den **Fig. 1A bis 1C** bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

[0032] Gemäß **Fig. 2** werden die Zuverlässigkeitsuntersuchungen zur Charakterisierung von Stressmigrations-Eigenschaften (insbesondere von Metallisierungen) in Halbleiter-Bausteinen IC (integrierten Schaltungen) erfindungsgemäß in einem endmontierten Zustand und nach Verpackung in einem produktrelevanten Gehäuse G durchgeführt.

[0033] Insbesondere bei sogenannten Flip-Chip-Gehäusen G werden mechanische Spannungen im Halbleiter-Baustein IC bis in den Bereich der Fließspannung von sogenannten Bulk-Materialien induziert, weshalb sie ein erhöhtes Zuverlässigkeitsrisiko darstellen. Dieser gemäß des Standes der Technik nicht bewertbare Einfluss wird gemäß **Fig. 2** dadurch erfasst, dass die im Halbleiter-Baustein IC integrierten Stressmigrations-Teststrukturen SMT intern oder in unmittelbarer Nähe davon eine integrierte Heizvorrichtung IH aufweisen, die lokal eine interne Temperatur  $T_1$  größer 150 Grad Celsius erzeugen kann. Demzufolge können die Außentemperaturen beispielsweise bei einer Arbeitstemperatur von  $T = T_{\text{operation}}$  liegen, die ausreichend unterhalb einer kunst-

stoffverträglichen Temperatur von maximal 150 Grad Celsius liegt. Auf diese Weise können die in produktrelevanten Gehäusen G verwendeten Kunststoffmaterialien unverändert am Halbleiter-Baustein IC sowie am Baustein-Träger T oder den Lötverbindungen bzw. -kugeln B angreifen und ihre entsprechende mechanische Beanspruchung bzw. Spannung  $\sigma_G$  auf den Halbleiter-Baustein IC unverändert verursachen. Darüber hinaus verbleibt auch außerhalb der Stressmigrations-Teststrukturen SMT ein vorherrschender Grundstress bzw. eine Grundbeanspruchung im Halbleitermaterial bzw. den Verdrahtungs- und/oder Isolatorschichten bei einem unveränderten Wert  $\sigma_0$ , so dass sich der von der Stressmigrations-Teststruktur SMT erfassbare Stress bzw. die entsprechende Beanspruchung  $\sigma$  zu:

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_G \text{ ergibt.}$$

[0034] Gleichwohl kann mittels der integrierten Heizvorrichtung IH eine lokale Erwärmung der Stressmigrations-Teststruktur SMT auf  $T_1$  größer 150 Grad Celsius herbeigeführt werden, wobei vorzugsweise Temperaturen in einem Bereich von 225 Grad Celsius bis 300 Grad Celsius eingestellt werden. Auf diese Weise kann in relativ kurzer Zeit, d.h. 100 bis 2000 Stunden, eine Aussage über die Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse endmontierten Halbleiter-Bausteins IC getroffen werden.

[0035] Entgegen der herkömmlichen Einlagerung der Halbleiter-Bausteine IC mit ihren produktrelevanten Gehäusen G in einem Ofen, wobei die Gehäuse-Spannungszustände bis hin zum Verfließen in unerwünschter Weise verändert werden, können somit erstmalig produktnahe Tests zur Charakterisierung der Stressmigrations-Eigenschaften insbesondere von Metallisierungen integrierter Schaltungen durchgeführt werden.

[0036] **Fig. 3A** zeigt eine vereinfachte Draufsicht und **Fig. 3B** eine perspektivische Schnittansicht entlang eines Schnitts I-I gemäß **Fig. 3A** einer Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels, wobei gleiche Bezugszeichen wiederum gleiche oder entsprechende Elemente bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

[0037] Gemäß **Fig. 3A** und **3B** weist die Stressmigrations-Teststruktur SMT in einer ersten Leiterbahnschicht bzw. Metallisierungsebene L1 zwei erste Leiterbahnbereiche **1** auf, die als Leiterplatten mit einer relativ großen Oberfläche zur optimalen Aufnahme von mechanischen Spannungen bzw. Beanspruchungen und/oder Volumen zum Ausbilden oder Bereitstellen von Leerstellen ausgebildet sind. In einer zweiten Leiterbahnschicht bzw. Metallisierungsebene L2 sind drei zweite Leiterbahnbereiche **2** ausgebildet, die die ersten Leiterbahnbereiche **1** über Verbindungsbereiche **3** in sogenannten Kontaktlöchern

oder Vias elektrisch miteinander verbinden. Die Verbindungsbereiche **3** verbinden die ersten und zweiten Leiterbahnbereiche **1** und **2** demzufolge durch ein entsprechendes Kontaktloch bzw. via in einer zwischen den Leiterbahnschichten L1 und L2 liegenden ersten Isolierschicht I1.

[0038] Zur Verbesserung der Empfindlichkeit der Stressmigrations-Teststruktur SMT ist zumindest die Oberfläche und/oder das Volumen der ersten Leiterbahnbereiche **1** wesentlich größer als eine Oberfläche und/oder ein Volumen der Verbindungsbereiche **3**, wodurch sich der stressmigrationsbedingte Materialtransport bzw. eine Hohlraumbildung (voiding) hauptsächlich in den Verbindungsbereichen **3** auswirkt. Diese durch die Stressmigration ausgebildeten Hohlräume sind in den Verbindungsbereichen **3** mit V (Void) bezeichnet.

[0039] In der Stressmigrations-Teststruktur SMT gemäß des ersten Ausführungsbeispiels nach **Fig. 3A** und **3B** besitzen die ersten Leiterbahnbereiche **1** eine wesentlich größere Oberfläche und/oder Volumen als die zweiten Leiterbahnbereiche **2**, wobei auch diese zweiten Leiterbahnbereiche eine entsprechend große Oberfläche und/oder Volumen aufweisen können. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel sind diese zweiten Leiterbahnbereiche jedoch auch hervorragend geeignet für eine später beschriebene interne Heizvorrichtung.

[0040] Gemäß **Fig. 3A** und **3B** besteht die Stressmigrations-Teststruktur SMT demzufolge aus einer Vielzahl von ersten Leiterbahnbereichen **1** und einer Vielzahl von zweiten Leiterbahnbereichen **2**, die über eine Vielzahl von Verbindungsbereichen **3** kettenförmig miteinander verbunden sind. Auf Grund dieser kettenförmigen Struktur erhält man eine weitere Verbesserung der statistischen Signifikanz zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften in einem Halbleiter-Baustein.

[0041] Zur lokalen Erwärmung der Stressmigrations-Teststruktur SMT ist im ersten Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 3A** und **3B** außerhalb der ersten Leiterbahnbereiche **1** und der zweiten Leiterbahnbereiche **2** oder der Verbindungsbereiche **3** eine integrierte Heizvorrichtung in Form von sich erwärmenden Leiterbahnstrukturen ausgebildet.

[0042] Genauer gesagt ist gemäß **Fig. 3B** in der zweiten Leiterbahnschicht L2 unterhalb der ersten Leiterbahnbereiche **1** und zwischen den zweiten Leiterbahnbereichen **2** ein beispielsweise mäandrierend strukturiertes Leiterband IH1 ausgebildet, welches mit einem Heizstrom durch Joule'sche Erwärmung aufgeheizt werden kann. Der Heizstrom dieser unteren integrierten Heizvorrichtung IH1 kann gemäß **Fig. 3A** beispielsweise ein Wechselstrom oder ein Gleichstrom AC/DC sein.

[0043] Ferner kann gemäß **Fig. 3B** auch in einer durch eine zweite Isolierschicht I2 beabstandete und demzufolge über der ersten Leiterbahnschicht L3 liegenden Leiterbahnschicht L3 eine obere integrierte Heizvorrichtung IH2 ausgebildet sein, die beispiels-

weise wiederum mäandrierend strukturiert sein kann. Eine Erwärmung erfolgt hierbei in gleicher Weise wie bei der unteren integrierten Heizvorrichtung IH1 über einen Gleich- oder Wechselstrom.

[0044] Vorzugsweise weist die integrierte Heizvorrichtung IH1 und IH2 ein polykristallines Halbleitermaterial und insbesondere Polysilizium auf, wodurch man besonders gute Wärmeleiteigenschaften erhält. Es können jedoch in gleicher Weise auch Metall-Materialien verwendet werden. Die in dieser unteren und oberen internen Heizvorrichtung IH1 und IH2 erzeugten Temperaturen liegen üblicherweise über 150 Grad Celsius und vorzugsweise in einem Temperaturbereich von 225 Grad Celsius bis 300 Grad Celsius, wodurch man die Stressmigration insbesondere in den ersten Leiterbahnbereichen **1** optimal beschleunigen kann, ohne dabei eine wesentliche Änderung der Beanspruchungen  $\sigma_0$  im Halbleiter-Baustein IC und insbesondere der durch das Kunststoffgehäuse G hervorgerufenen Beanspruchungen  $\sigma_G$  zu verursachen.

[0045] Insbesondere bei Verwendung von Silizium als Halbleitermaterial für den Halbleiter-Baustein IC erhält man auf Grund der guten Wärmeleiteigenschaften von Silizium eine ausschließlich lokale Erwärmung, die nur auf ein sehr kleines Gebiet unmittelbar in der Nähe der Stressmigrations-Teststruktur SMT beschränkt ist.

[0046] **Fig. 4A** zeigt eine vereinfachte Draufsicht und **Fig. 4B** eine vereinfachte Schnittansicht entlang eines Schnitts II-II in **Fig. 4A** einer Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels, wobei gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente wie in **Fig. 3A** und **3B** bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

[0047] Gemäß **Fig. 4A** und **4B** besitzt die Stressmigrations-Teststruktur wiederum den gleichen Aufbau wie die Stressmigrations-Teststruktur gemäß des ersten Ausführungsbeispiels, wobei jedoch nunmehr die integrierte Heizvorrichtung unmittelbar in bzw. innerhalb der Stressmigrations-Teststruktur SMT ausgebildet ist. Genauer gesagt weist die Heizvorrichtung gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels einen internen Heiz-Leiterbahnbereich IH innerhalb des zumindest ersten Leiterbahnbereichs **1** oder des zweiten Leiterbahnbereichs **2** oder der Verbindungsbereiche **3** auf, wobei der Heiz-Leiterbahnbereich von einem Heizstrom AC durchströmt wird. Vorzugsweise weist der Heizstrom AC einen hohen Wechselstromanteil auf, wobei er vorzugsweise nur Wechselstromkomponenten besitzt. Auf diese Weise kann eine durch Gleichstrom verursachte nicht erwünschte Elektromigration verhindert werden, die eine Messgenauigkeit bei der Erfassung der gewünschten Stressmigrations-Eigenschaften beeinträchtigen würde.

[0048] Der Heizstrom AC wird gemäß **Fig. 4A** und **4B** über Anschlussbereiche A unmittelbar an die äu-

ßersten zweiten Leiterbahnbereiche **2** der kettenförmig ausgebildeten Stressmigrations-Teststruktur SMT angelegt, wobei insbesondere bei der dargestellten Strukturierung der zweiten Leiterbahnbereiche **2** mit ihren relativ geringen Oberflächen und/oder Volumen und bei Verwendung von gleichartigen Leiterbahnmaterialien eine Joule'sche Erwärmung hauptsächlich in diesen zweiten Leiterbahnbereichen **2** stattfindet, und die ersten Leiterbahnbereiche **1** kaum zur Erwärmung beitragen, jedoch durch Wärmeleitung aufgeheizt werden.

[0049] Gemäß **Fig. 4B** entsteht auf diese Weise wiederum auf Grund von Stressmigration insbesondere in den Verbindungsbereichen **3** ein Hohlraum bzw. Void V, der gegebenenfalls zu einer Verschlechterung der elektrischen Leitfähigkeit bzw. im Extremfall zu einer Unterbrechung der Verbindung führt. Da gemäß dieses zweiten Ausführungsbeispiels auch die Verbindungsbereiche **3** mit Heizstrom durchströmt werden, sollte möglichst keine Gleichstromkomponente im Heizstrom AC vorhanden sein um Schädigungen durch Elektromigration zu vermeiden.

[0050] **Fig. 5** zeigt eine vereinfachte Draufsicht einer Stressmigrations-Teststruktur SMT gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels, wobei wiederum gleiche Bezugszeichen gleiche oder entsprechende Elemente wie in den **Fig. 3** und **4** bezeichnen und auf eine wiederholte Beschreibung nachfolgend verzichtet wird.

[0051] Die Vorrichtung gemäß **Fig. 5** entspricht hierbei im Wesentlichen der Vorrichtung gemäß des zweiten Ausführungsbeispiels, wobei wiederum die interne Heizvorrichtung IH innerhalb bzw. als Teil der Stressmigrations-Teststruktur ausgebildet ist.

[0052] Im Gegensatz zu den **Fig. 4A** und **4B** wird nunmehr jedoch nicht die gesamte Stressmigrations-Teststruktur SMT mit einem Heizstrom AC belastet und somit durch Joule'sche Erwärmung erhitzt, sondern lediglich ein zwischen den ersten Leiterbahnbereichen **1** liegender zweiter Leiterbahnbereich **2** an den Heizstrom AC über Anschlussbereiche A angeschlossen. Somit erfolgt die Erwärmung der Struktur lediglich in diesem zwischen den ersten Leiterbahnbereichen **1** liegenden zweiten Leiterbahnbereich **2**, wodurch sich eine elektrische Belastung der Verbindungsbereiche bzw. Vias **3** vermeiden lässt. Auf Grund der ausreichenden Wärmeleitung werden dennoch diese unmittelbar angrenzenden Leiterbahnbereiche **3** ausreichend von der unteren bzw. zweiten Leiterbahnschicht L2 erhitzt, so dass man eine ausreichend beschleunigte Stressmigration erhält. Wiederum sollte zur Vermeidung von Schädigungen durch Elektromigration möglichst keine Gleichstromkomponente im Heizstrom AC vorhanden sein.

[0053] Als Materialien für die jeweiligen Leiterbahnschichten und Verbindungsbereiche können die jeweils in Halbleiter-Bausteinen zur Verfügung stehenden Leiterbahn- bzw. Metallisierungs-Materialien verwendet werden, wobei insbesondere Kupfer

und/oder Aluminium als Materialien für die Leiterbahnschichten und Kupfer, Aluminium oder Wolfram für die Verbindungsbereiche verwendet werden können.

[0054] Hinsichtlich des Verfahrens zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse endmontierten Halbleiter-Bausteins wird vorgeschlagen, dass zunächst die vorstehend beschriebenen Stressmigrations-Teststrukturen mit ihren jeweiligen internen oder unmittelbar in der Nähe ausgebildeten integrierten Heizvorrichtungen im Halbleiter-Baustein ausgebildet werden, wobei anschließend der Halbleiter-Baustein auf einem Baustein-Träger T, der vorzugsweise einen Anschlussrahmen bzw. Lead Frame eines Flip-Chip-Gehäuses darstellt, montiert wird. Anschließend wird das produktrelevante Gehäuse vorzugsweise mittels eines Kunststoff-Spritzguss-Verfahrens ausgebildet und nach dem Auskühlen bzw. Erhärten des Kunststoffes die eigentliche Zuverlässigkeitsuntersuchung im endmontierten Zustand durchgeführt. Hierbei wird zunächst ein Heizstrom an die integrierte Heizvorrichtung angelegt und ferner zur Erfassung der Stressmigrations-Eigenschaften des Halbleiter-Bausteins eine Messspannung an die Stressmigrations-Teststruktur angelegt und ein durch die Stressmigrations-Teststruktur fließender Strom gemessen. Das Anlegen des Heizstroms sowie das Anlegen der Messspannung kann hierbei gleichzeitig oder zeitlich voneinander getrennt durchgeführt werden, wodurch man eine weitere Vereinfachung des Testverfahrens und Beschleunigung erhält.

[0055] Die Erfindung wurde vorstehend anhand eines in einem Flip-Chip-Gehäuse gepackten Halbleiter-Bausteins beschrieben. Sie ist jedoch nicht darauf beschränkt und umfasst in gleicher Weise alle weiteren produktrelevanten Gehäuse. In gleicher Weise ist die Stressmigrations-Teststruktur nicht auf die dargestellte Form beschränkt, sondern umfasst in gleicher Weise alle alternativen Formen und Ausgestaltungen, wobei eine integrierte Heizvorrichtung innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Stressmigrations-Teststruktur eine lokale Erwärmung herbeiführt.

## Bezugszeichenliste

<b>1</b>	erster Leiterbahnbereich
<b>2</b>	zweiter Leiterbahnbereich
<b>3</b>	Verbindungsbereich
<b>SMT</b>	Stressmigrations-Teststruktur
<b>IC</b>	Halbleiter-Baustein
<b>B</b>	Lötverbindung
<b>T</b>	Baustein-Träger
<b>TG</b>	Testgehäuse
<b>G</b>	produktrelevantes Gehäuse
<b>EH</b>	externe Heizung
<b>IH, IH1, IH2</b>	integrierte Heizung
<b>AC/DC</b>	Heizstrom
<b>V</b>	Hohlraum
<b>A</b>	Anschlussbereich
<b>L1, L2, L3</b>	Leiterbahnschichten
<b>I1, I2</b>	Isolierschichten

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse (G) endmontierten Halbleiter-Bausteins (IC) mit einer Stressmigrations-Teststruktur (SMT), die im Halbleiter-Baustein (IC) zum Erfassen der Stressmigrations-Eigenschaften ausgebildet ist; und einer integrierten Heizvorrichtung (IH), die innerhalb oder in unmittelbarer Nähe der Stressmigrations-Teststruktur (SMT) im Halbleiter-Baustein (IC) zum lokalen Erwärmen der Stressmigrations-Teststruktur (SMT) ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Stressmigrations-Teststruktur (SMT) zumindest einen ersten Leiterbahnbereich (1) in einer ersten Leiterbahnschicht (L1), zumindest einen zweiten Leiterbahnbereich (2) in einer zweiten Leiterbahnschicht (L2), und zumindest einen Verbindungsbereich (3) zum elektrischen Verbinden der Leiterbahnbereiche (1, 2) durch eine erste Isolierschicht (I1), die zwischen den Leiterbahnschichten (L1, L2) ausgebildet ist, aufweist.

3. Vorrichtung nach Patentanspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass eine Oberfläche und/oder ein Volumen des ersten und/oder zweiten Leiterbahnbereichs (1, 2) wesentlich größer ist als eine Oberfläche und/oder ein Volumen des Verbindungsbereichs (3).

4. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das produktrelevante Gehäuse (G) ein Kunststoffgehäuse darstellt.

5. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Stressmigrations-Teststruktur (SMT) eine Vielzahl von ersten und zweiten Leiterbahnbereichen (1, 2) aufweist, die

über eine Vielzahl von Verbindungsbereichen (3) kettenförmig miteinander verbunden sind.

6. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierte Heizvorrichtung (IH) einen Heiz-Leiterbahnbereich (IH1, IH2) außerhalb des zumindest einen ersten oder zweiten Leiterbahnbereichs (1, 2) oder Verbindungsbereichs (3) aufweist, wobei der Heiz-Leiterbahnbereich von einem Heizstrom (AC, DC) durchströmt wird.

7. Vorrichtung nach Patentanspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Heiz-Leiterbahnbereich (IH1, IH2) in der ersten Leiterbahnschicht (L1), der zweiten Leiterbahnschicht (L2) oder einer weiteren an den ersten oder zweiten Leiterbahnbereich (1, 2) angrenzenden Leiterbahnschicht (L3) ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierte Heizvorrichtung einen Heiz-Leiterbahnbereich (IH) innerhalb des zumindest einen ersten oder zweiten Leiterbahnbereichs (1, 2) oder des Verbindungsbereichs (3) aufweist, wobei der Heiz-Leiterbahnbereich (IH) von einem Heizstrom (AC) durchströmt wird.

9. Vorrichtung nach Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Heizstrom (AC) einen hohen Wechselstromanteil aufweist.

10. Vorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die integrierte Heizvorrichtung (IH) Polysilizium oder Metall und der Halbleiter-Baustein (IC) ein Silizium-Halbleitermaterial aufweist.

11. Verfahren zur Erfassung von Stressmigrations-Eigenschaften eines in einem produktrelevanten Gehäuse (G) endmontierten Halbleiter-Bausteins (IC) mit den Schritten:

- Ausbilden einer Erfassungsvorrichtung nach einem der Patentansprüche 1 bis 10 in einem Halbleiter-Baustein (IC);
- Montieren des Halbleiter-Bausteins (IC) auf einem Baustein-Träger (T);
- Ausbilden eines produktrelevanten Gehäuses (G) um den montierten Halbleiter-Baustein (IC);
- Anlegen eines Heizstroms (AC, DC) an die integrierte Heizvorrichtung (IH); und
- Anlegen einer Messspannung an die Stressmigrations-Teststruktur (SMT) und Messen eines Stroms durch die Stressmigrations-Teststruktur (SMT) zum Erfassen der Stressmigrations-Eigenschaften des Halbleiter-Bausteins.

12. Verfahren nach Patentanspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) als Baustein-Träger (T) ein Flip-Chip-Träger montiert wird.

13. Verfahren nach einem der Patentansprüche 11 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt c) ein Kunststoff-Spritzguss-Verfahren durchgeführt wird.

14. Verfahren nach einem der Patentansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt d) ein Heizstrom zum Erzeugen einer lokalen Temperatur ( $T_1$ ) größer 150 Grad Celsius und insbesondere zum Erzeugen einer Temperatur ( $T_1$ ) in einem Bereich von 225 Grad Celsius bis 300 Grad Celsius angelegt wird.

15. Verfahren nach einem der Patentansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Schritte d) und e) gleichzeitig oder zeitlich voneinander getrennt durchgeführt werden.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG 1A Stand der Technik

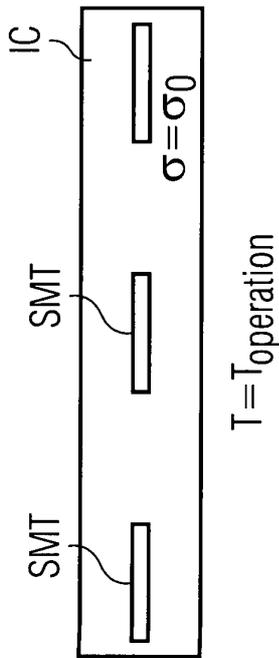


FIG 1B Stand der Technik

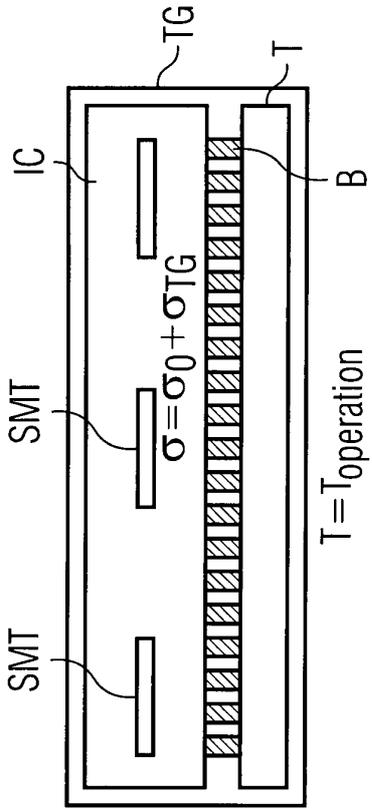


FIG 1C Stand der Technik

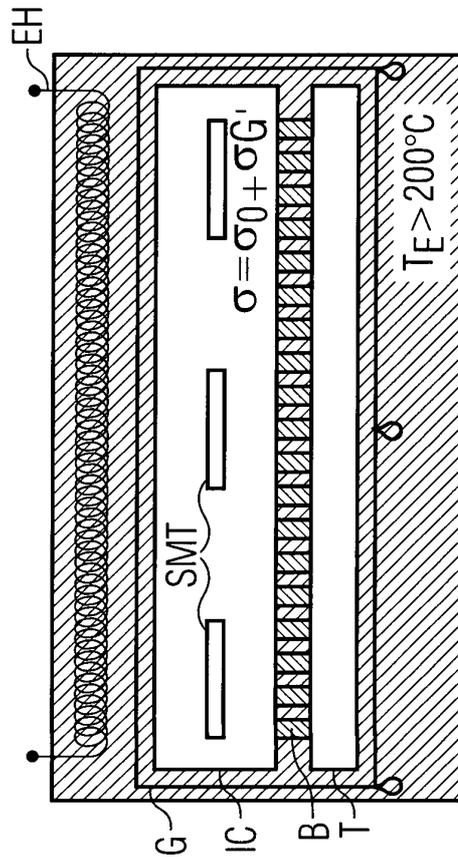
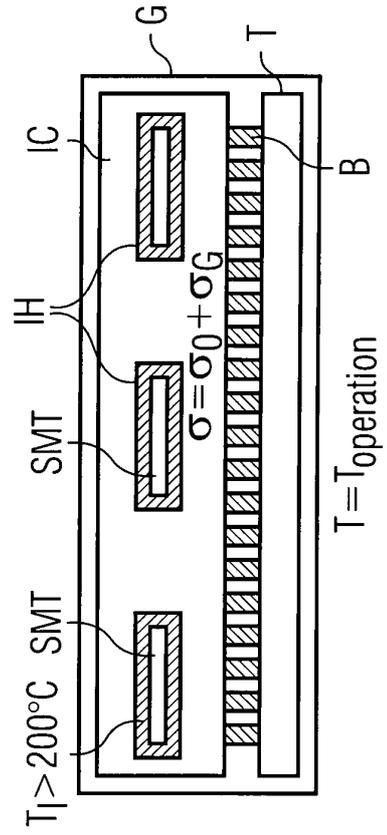
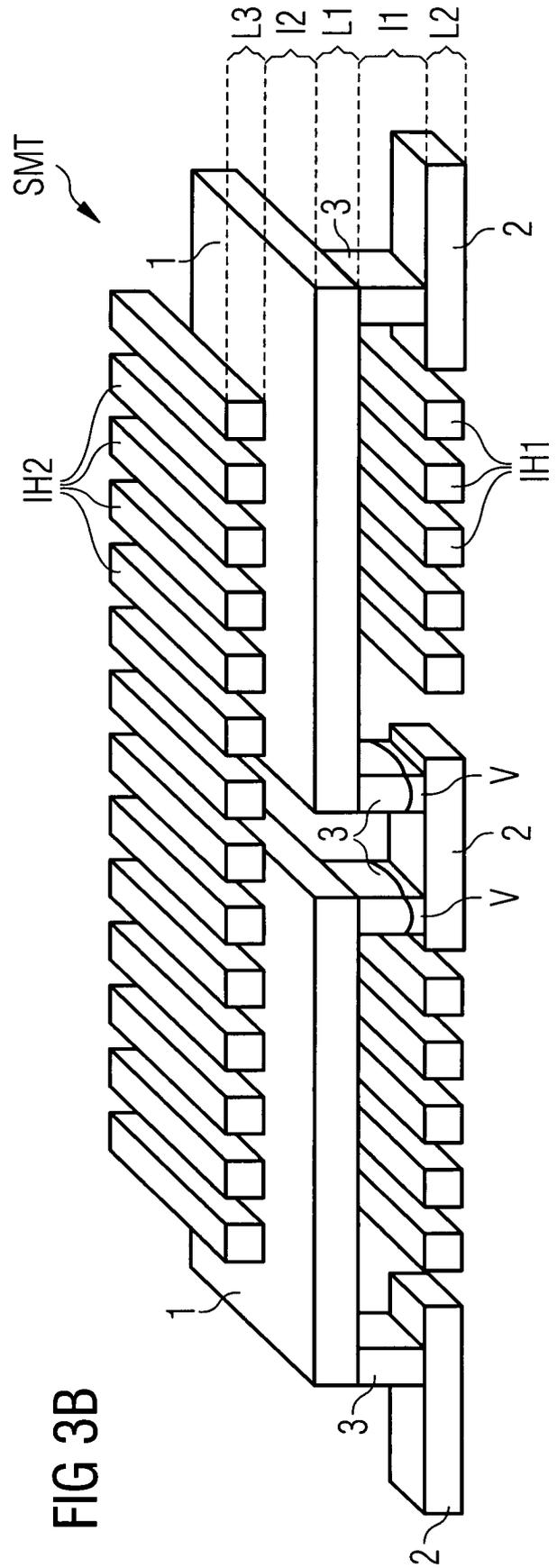
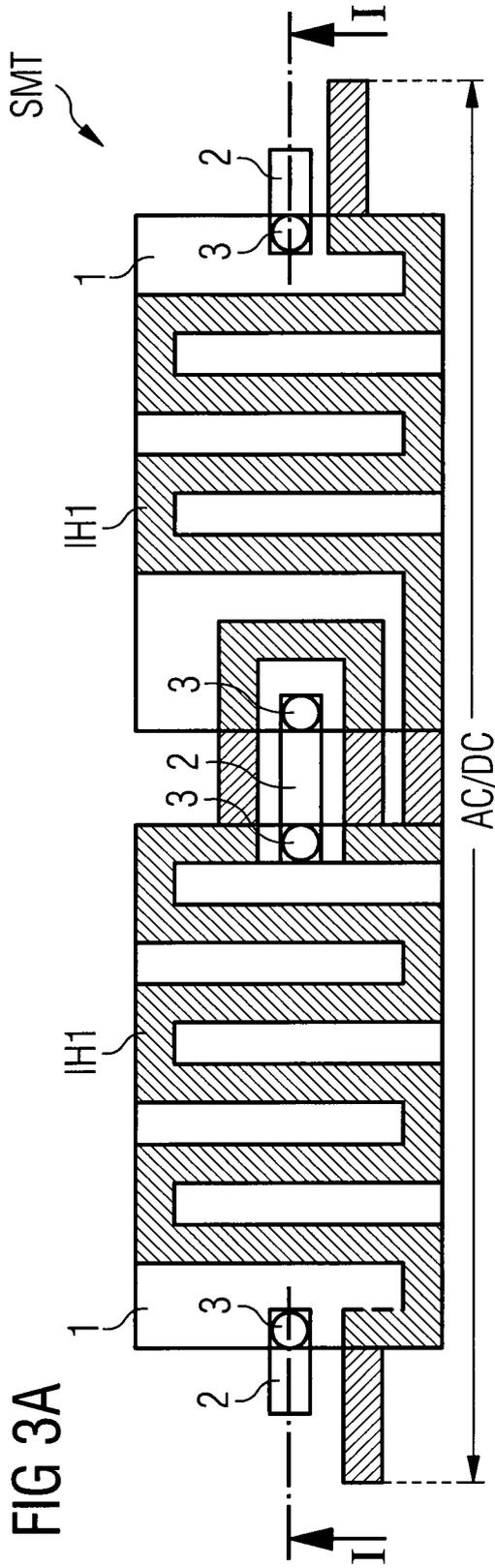
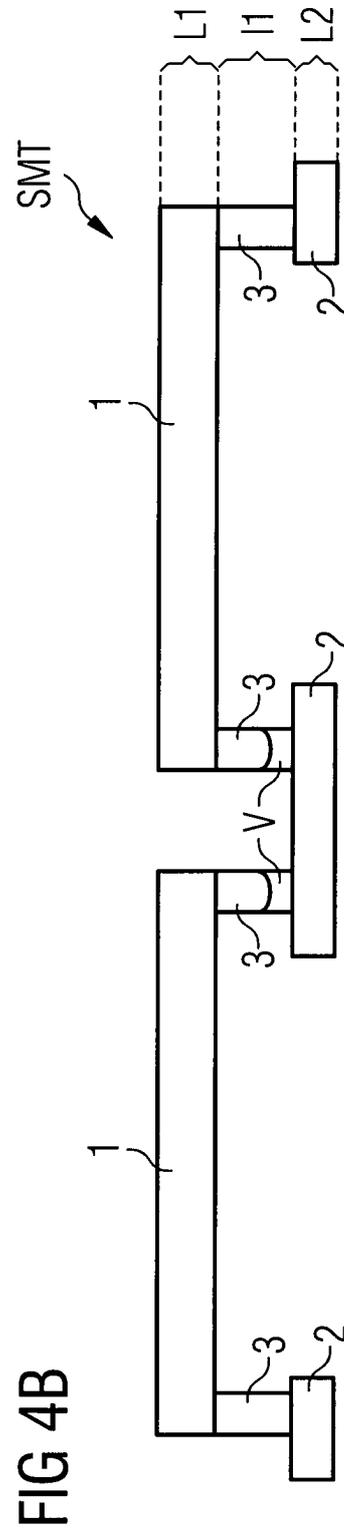
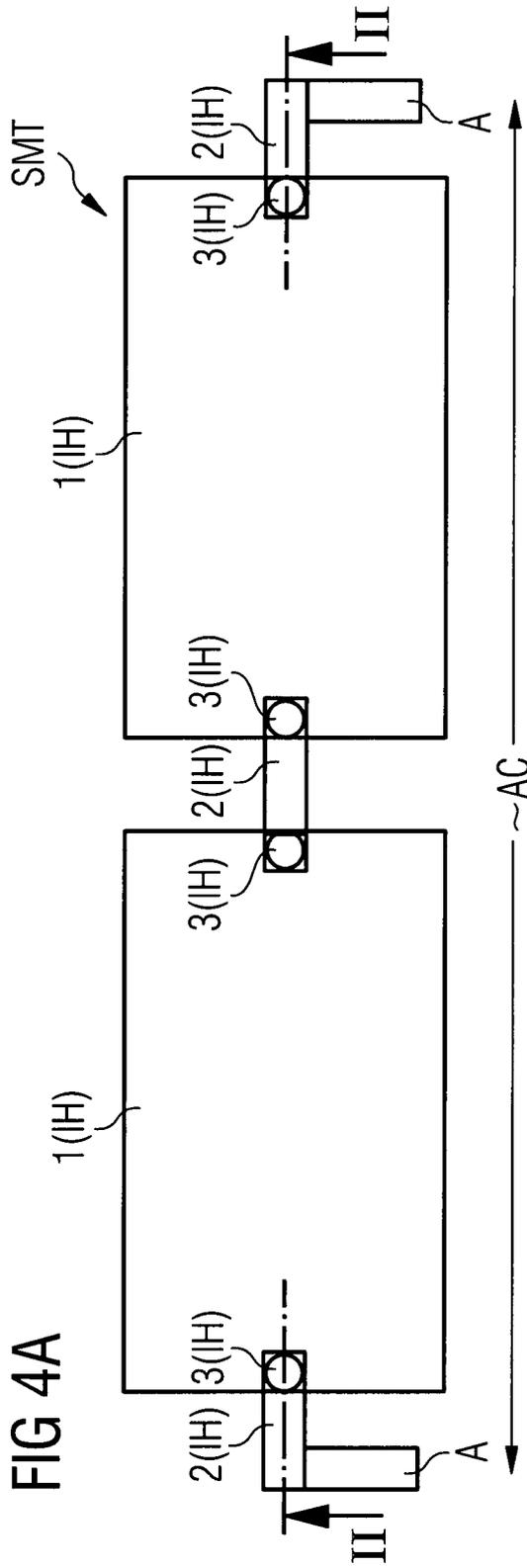


FIG 2







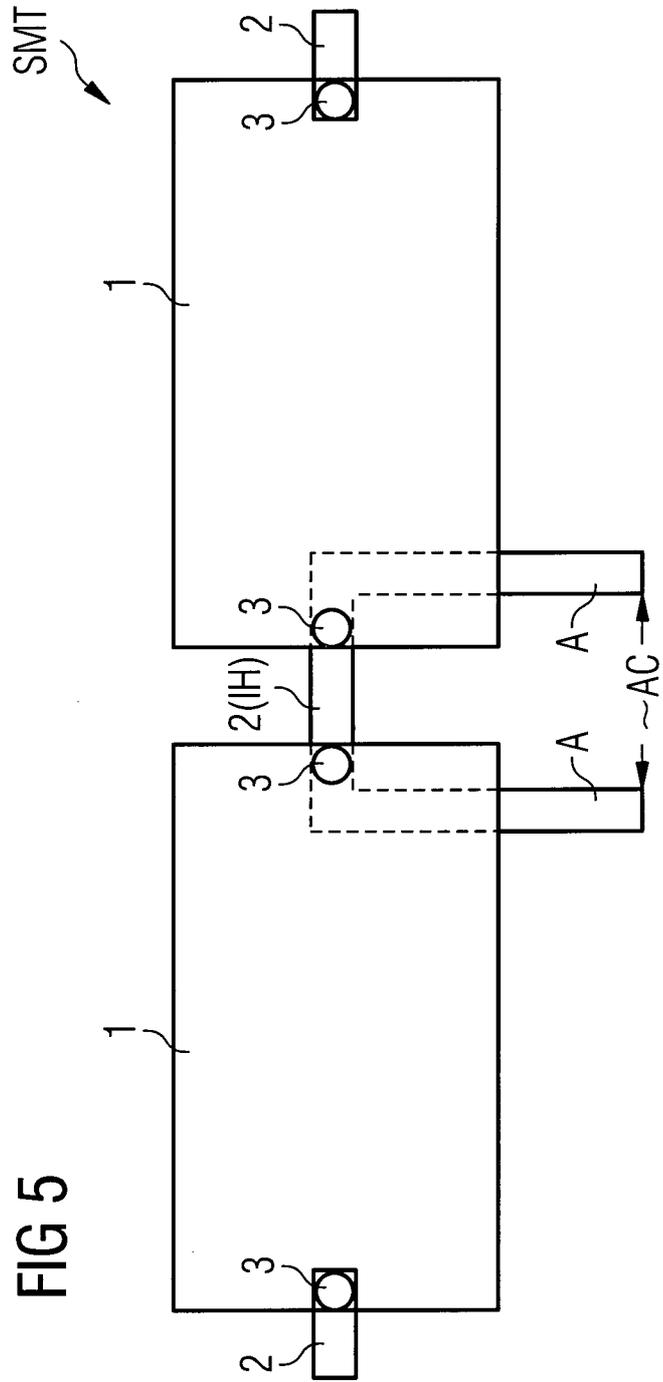


FIG 5