

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls. Weiterhin betrifft die Erfindung ein diesbezügliches Leistungshalbleitermodul.

[0002] Bei aus dem Stand der Technik bekannten Leistungshalbleitermodulen sind im Allgemeinen auf einem Substrat Leistungshalbleiterbauelemente, wie z. B. Leistungshalbleiterschalter und Dioden angeordnet und mittels einer Leiterschicht des Substrats, sowie Bonddrähten und/oder einem Folienverbund miteinander elektrisch leitend verbunden. Die Leistungshalbleiterschalter liegen dabei im Allgemeinen in Form von Transistoren, wie z. B. IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistor) oder MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor), oder in Form von Thyristoren vor.

[0003] Die auf dem Substrat angeordneten Leistungshalbleiterbauelemente sind dabei häufig elektrisch zu einer einzelnen oder mehreren sogenannten Halbbrückenschaltungen verschalten, die üblicherweise zum Gleich- und Wechselrichten von elektrischen Spannungen und Strömen verwendet werden. Das Substrat ist in der Regel direkt oder indirekt mit einem Kühlkörper verbunden.

[0004] Zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls werden Leistungshalbleiterbauelemente auf dem Substrat angeordnet und mit dem Substrat verbunden. Das Substrat kann dabei z. B. in Form eines DCB-Substrats vorliegen. Das Substrat weist eine strukturierte elektrisch leitende Metallschicht auf, die infolge ihrer Struktur Leiterbahnen ausbildet. Die Leistungshalbleiterbauelemente werden über die Leiterbahnen miteinander verbunden, so dass durch die Leistungshalbleiterbauelemente fließende Lastströme, welche eine hohe Stromstärke aufweisen können, auch durch die Leiterbahnen der elektrisch leitenden Metallschicht fließen. Zur Herstellung eines DCB-Substrats werden techniküblich z. B. ein Metallblech einheitlicher Dicke auf einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper, der üblicherweise aus einer Keramik besteht, gebondet und anschließend die Leiterbahnenstruktur aus dem Metallblech geätzt.

[0005] Das Substrat wird üblicherweise in Form einer größeren Einheit hergestellt, die anschließend durch Brechen zu Substrateinzeleinheiten vereinzelt wird. Die Substrateinzeleinheiten bilden jeweilig das Substrat für ein Leistungshalbleitermodul. Das Brechen des Substrats, d. h. genauer ausgedrückt, das Brechen des Isolierstoffkörpers, kann dabei sowohl vor als auch nach dem Verbinden der Leistungshalbleiterbauelemente mit dem Substrat erfolgen.

[0006] Das Substrat (gemeint ist die Substrateinzeleinheit) des Leistungshalbleitermoduls wird zur

Kühlung der Leistungshalbleiterbauelemente mit einem Kühlelement aus Metall stoffschlüssig verbunden. Da das Substrat einen vom Kühlelement abweichenden thermischen Ausdehnungskoeffizienten ausweist, dehnen sich im Betrieb des Leistungshalbleitermoduls beim Erwärmen des Leistungshalbleitermoduls das Substrat und das Kühlelement unterschiedlich stark aus, was zu mechanischen Spannungen zwischen Substrat und Kühlelement führt. Die Spannungen können zu einem Ablösen des Substrats vom Kühlelement oder zu einer Beschädigung des Substrats führen. Die Spannungen nehmen mit zunehmender Größe des Substrats zu, so dass die Größe des Substrats und damit die Anzahl der auf dem Substrat anordenbaren Leistungshalbleiterbauelemente begrenzt ist und damit die Komplexität der Leistungselektronikschaltung, die das Leistungshalbleitermodul aufweist kann, beschränkt ist, wenn das Leistungshalbleitermodul eine hohe Lebensdauer aufweisen soll. Weiterhin kann es aber auch bei Leistungshalbleitermodulen, welche über nur wenige Leistungshalbleiterbauelemente verfügen wünschenswert sein, mit möglichst kleinen Substraten auszukommen, da dann die Lebensdauer des Leistungshalbleitermoduls erheblich gesteigert werden kann.

[0007] Wenn die Leistungshalbleiterbauelemente mittels eines Folienverbunds miteinander elektrisch leitend verbunden werden sollen ist eine sehr genaue Positionierung der Leistungshalbleiterbauelemente auf dem Substrat und des Folienverbunds auf den Leistungshalbleiterbauelementen notwendig. Elektrische Verbindungen über den Folienverbund von einem Substrat (Substrateinzeleinheit) zu einem weiteren Substrat (weitere Substrateinzeleinheit) sind deshalb bisher fertigungstechnisch nur mit hohem Aufwand möglich, wenn die Substrate in Form von schon gebrochenen Substrateinzeleinheiten vorliegen, da die Substrateinzeleinheiten sich zueinander bewegen können. Weiterhin sollte auch ein definierter Mindestabstand zwischen den Substrateinzeleinheiten eingehalten werden.

[0008] Aus der EP 2 544 231 A2 ist ein leistungselektronisches System mit einer Kühleinrichtung, einer Mehrzahl von ersten flächigen Isolierstoffkörpern, einer Mehrzahl von ersten Leiterbahnen und mit mindestens einem Leistungshalbleiterbauelement, mindestens einer internen Verbindungseinrichtung und mit externen Anschlusselementen bekannt.

[0009] Es ist Aufgabe der Erfindung ein Leistungshalbleitermodul und Verfahren zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls zu schaffen, das eine hohe Lebensdauer ausweist und einfache Art und Weise gefertigt werden kann.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls mit folgenden Verfahrensschritten:

- a) Bereitstellen eines Substrats, wobei das Substrat einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper und eine auf einer ersten Seite des Isolierstoffkörpers angeordnete elektrisch leitende strukturierte erste Leitungsschicht aufweist, wobei das Substrat einen ersten Nutzbereich, der eine aus der ersten Leitungsschicht ausgebildete erste Leiterbahn und einen zweiten Nutzbereich, der eine aus der ersten Leitungsschicht ausgebildete zweite Leiterbahn aufweist, aufweist, wobei zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich des Substrats ein durch den Isolierstoffkörper von der ersten Seite des Isolierstoffkörpers zu der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Isolierstoffkörpers hindurchverlaufender Spalt angeordnet ist, wobei der erste und zweite Nutzbereich über mindestens einen Verbindungsbereich des Substrats miteinander verbunden sind, wobei der Isolierstoffkörper eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich und dem ersten Nutzbereich, und eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich und dem zweiten Nutzbereich verlaufende jeweilige Ausnehmung aufweist,
- b) Verbinden eines ersten Leistungshalbleiterbauelements mit der ersten Leiterbahn, und eines zweiten Leistungshalbleiterbauelements mit der zweiten Leiterbahn, und eines Folienverbunds, der eine strukturierte erste metallische Folienschicht und eine mit der strukturierten ersten metallischen Folienschicht verbundene elektrisch isolierende Folienschicht aufweist, mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement, und
- c) Brechen des Isolierstoffkörpers entlang der Ausnehmungen.

[0011] Weiterhin wird diese Aufgabe gelöst durch ein Leistungshalbleitermodul mit einem Substrat, wobei das Substrat einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper und eine auf einer ersten Seite des Isolierstoffkörpers angeordnete elektrisch leitende strukturierte erste Leitungsschicht aufweist, wobei das Substrat einen ersten Nutzbereich, der eine aus der ersten Leitungsschicht ausgebildete erste Leiterbahn und einen zweiten Nutzbereich, der eine aus der ersten Leitungsschicht ausgebildete zweite Leiterbahn aufweist, aufweist, wobei zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich des Substrats ein durch den Isolierstoffkörper von der ersten Seite des Isolierstoffkörpers zu der ersten Seite gegenüberliegenden zweiten Seite des Isolierstoffkörpers hindurchverlaufender Spalt angeordnet ist, wobei der erste und zweite Nutzbereich über mindestens einen Verbindungsbereich des Substrats miteinander verbunden sind, wobei der Isolierstoffkörper eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich und dem ersten Nutzbereich, und eine zwischen dem mindestens

einen Verbindungsbereich und dem zweiten Nutzbereich verlaufende jeweilige Ausnehmung aufweist, wobei ein erstes Leistungshalbleiterbauelement mit der ersten Leiterbahn, und ein zweites Leistungshalbleiterbauelement mit der zweiten Leiterbahn, und ein Folienverbund, der eine strukturierte erste metallische Folienschicht und eine mit der strukturierten ersten metallischen Folienschicht verbundene elektrisch isolierende Folienschicht aufweist, mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement verbunden ist.

[0012] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0013] Vorteilhafte Ausbildungen des Leistungshalbleitermodul ergeben sich analog zu vorteilhaften Ausbildungen des Verfahrens und umgekehrt.

[0014] Es erweist sich als vorteilhaft, wenn auf der zweiten Seite des Isolierstoffkörpers im ersten und zweiten Nutzbereich eine elektrisch leitende zweite Leitungsschicht angeordnet ist und die zweite Leitungsschicht mit einem Kühlelement mittels einer Sinterverbindung verbunden wird, wobei das Brechen des Isolierstoffkörpers entlang der Ausnehmungen in einen Verfahrensschritt mit der zur Herstellung dieser Sinterverbindung notwendigen Druckbeaufschlagung auf das Substrat erfolgt.

[0015] Hierdurch wird eine besonders schnelle und rationelle Fertigung des Leistungshalbleitermoduls ermöglicht.

[0016] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn auf der zweiten Seite des Isolierstoffkörpers im ersten und zweiten Nutzbereich eine elektrisch leitende zweite Leitungsschicht angeordnet ist und in einem dem Verfahrensschritt c) nachfolgenden Verfahrensschritt der erste und der zweite Nutzbereich mit einem Kühlelement verbunden wird, indem die zweite Leitungsschicht mit dem Kühlelement verbunden wird, da dann die Verbindung von zweiter Leitungsschicht mit dem Kühlelement in Form einer beliebigen Verbindung, insbesondere in Form einer beliebigen stoffschlüssigen Verbindung, vorliegen kann.

[0017] Weiterhin erweist sich als vorteilhaft, wenn die zweite Leitungsschicht mit dem Kühlelement mittels einer Löt-, Klebe- oder einer Sinterverbindung verbunden wird, da dies übliche Verbindungen darstellen.

[0018] Weiterhin erweist sich als vorteilhaft, wenn das Kühlelement als Metallplatte oder als Kühlkörper ausgebildet ist, da dies übliche Ausbildungen des Kühlelements darstellen.

[0019] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn das jeweilige Verbinden des ersten Leistungshal-

leiterbauelements mit der ersten Leiterbahn, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements mit der zweiten Leiterbahn, und des Folienverbunds mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement jeweilig mittels einer Löt-, einer elektrisch leitfähigen Klebe- oder einer Sinterverbindung erfolgt.

[0020] Weiterhin erweist sich als vorteilhaft, wenn beim Verfahrensschritt b) oder zwischen Verfahrensschritt b) und c) der Spalt mit einem elektrisch isolierenden Material abgedeckt wird. Das elektrisch isolierende Material bildet neben dem Folienverbund eine zusätzliche mechanische Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Nutzbereich.

[0021] Ferner erweist es sich als vorteilhaft, wenn beim Verfahrensschritt b) zuerst das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements mit der ersten Leiterbahn, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements mit der zweiten Leiterbahn durchgeführt wird und anschließend das Verbinden des Folienverbunds mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement durchgeführt wird. Hierdurch wird eine flexible Herstellung des Leistungshalbleitermoduls ermöglicht.

[0022] Weiterhin erweist sich als vorteilhaft, wenn beim Verfahrensschritt b) das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements mit der ersten Leiterbahn, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements mit der zweiten Leiterbahn gemeinsam mit dem Verbinden des Folienverbunds mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement durchgeführt wird. Hierdurch wird eine besonders schnelle und rationelle Fertigung des Leistungshalbleitermoduls ermöglicht.

[0023] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Dabei zeigen:

[0024] [Fig. 1](#) eine schematisierte Ansicht von oben auf ein Substrat eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls,

[0025] [Fig. 2](#) eine schematisierte Schnittansicht eines Substrats eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls,

[0026] [Fig. 3](#) eine weitere schematisierte Schnittansicht eines Substrats eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls,

[0027] [Fig. 4](#) eine schematisierte Schnittansicht einer Ausbildung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls,

[0028] [Fig. 5](#) eine schematisierte Schnittansicht einer weiteren Ausbildung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls und

[0029] [Fig. 6](#) eine schematisierte Schnittansicht einer Ausbildung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls im Rahmen einer vorteilhaften Ausbildung eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls.

[0030] In [Fig. 1](#) ist eine schematisierte Ansicht von oben auf ein Substrat **2** eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls dargestellt. In [Fig. 2](#) ist eine schematisierte Schnittansicht des Substrats **2** entlang einer Linie A und in [Fig. 3](#) entlang einer Linie B dargestellt. Das Substrat **2** ist im Rahmen des beschriebenen Ausführungsbeispiels als DCB-Substrat ausgebildet, es kann jedoch auch in Form eines anderen Substrattyps ausgebildet sein.

[0031] In einem ersten Verfahrensschritt zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls erfolgt ein Bereitstellen des Substrats **2**.

[0032] Das Substrat **2** weist einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper **4** und eine auf einer ersten Seite S1 des Isolierstoffkörpers **4** angeordnete elektrisch leitende strukturierte erste Leitungsschicht **5** aufweist, wobei das Substrat **2** einen ersten Nutzbereich **20a**, der eine aus der ersten Leitungsschicht **5** ausgebildete erste Leiterbahn **5a** und einen zweiten Nutzbereich **20b**, der eine aus der ersten Leitungsschicht **5** ausgebildete zweite Leiterbahn **5b** aufweist, aufweist. Der erste Nutzbereich **20a** ist in [Fig. 1](#) durch gestrichelt eingezeichnete Grenzen **24a**, **24b**, **24c** und **24d** des ersten Nutzbereichs und **24d** eingerahmt. Der zweite Nutzbereich **20b** ist in [Fig. 1](#) durch gestrichelt eingezeichnete Grenzen **25a**, **25b**, **25c** und **25d** des zweiten Nutzbereichs **20b** eingerahmt. Die erste Leitungsschicht **5** bildet im Rahmen des Ausführungsbeispiels durch Ihre Struktur die erste und die zweite Leiterbahn **5a** und **5b** aus. Es sei angemerkt, dass der erste Nutzbereich **20a** selbstverständlich zusätzlich zur ersten Leiterbahn **5a** noch weitere aus der ersten Leitungsschicht **5** ausgebildete Leiterbahnen aufweisen kann und der zweite Nutzbereich **20b** selbstverständlich zusätzlich zur zweiten Leiterbahn **5b** noch weitere aus der ersten Leitungsschicht **5** ausgebildete Leiterbahnen aufweisen kann.

[0033] Zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** des Substrats **2** ist ein durch das Substrat **2** von der ersten Seite S1 des Isolierstoffkörpers **4** zu der der ersten Seite S1 gegenüberliegenden zweiten Seite S2 des Isolierstoffkörpers **4** hindurchverlaufender Spalt **30** angeordnet. Der Spalt **30** kann z. B. mittels einer Säge in den Isolierstoffkörper eingebracht worden sein. Der Spalt **30** verläuft entlang der zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** angeordneten Grenzen **24d** und **25d** des ersten und zweiten Nutzbereichs **20a** und **20b** entlang.

[0034] Im Rahmen des Ausführungsbeispiels weist das Substrat **2** eine auf der zweiten Seite S2 des Isolierstoffkörpers **4** im ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** angeordnete elektrisch leitende zweite Leitungsschicht auf, wobei der Isolierstoffkörper **4** zwischen der ersten Leitungsschicht **5** und der zweiten Leitungsschicht **13** angeordnet ist. Die zweite Leitungsschicht **5** bildet im Rahmen des Ausführungsbeispiels einen ersten und einen zweiten Leitungsschichtabschnittsbereich **13a** und **13b** aus, wobei die zweite Leitungsschicht **13** noch mehr Leitungsschichtabschnittsbereiche als den ersten und den zweiten Leitungsschichtabschnittsbereich **13a** und **13b** ausbilden kann. Die erste und zweite Leitungsschicht **5** und **13** können z. B. aus Kupfer bestehen. Der Isolierstoffkörper **2** besteht vorzugsweise aus einer Keramik.

[0035] Der erste und zweite Nutzbereich **20a** und **20b** ist im Rahmen des Ausführungsbeispiels über einen ersten und zweiten Verbindungsbereich **22a** und **22b** des Substrats **2** miteinander verbunden.

[0036] Der Isolierstoffkörper **4** weist eine zwischen dem ersten Verbindungsbereich **22a** und dem ersten Nutzbereich **20a**, und eine zwischen dem ersten Verbindungsbereich **22a** und dem zweiten Nutzbereich **20b** verlaufende jeweilige Ausnehmung **21a** und **26a** auf. Weiterhin weist der Isolierstoffkörper **4** im Rahmen des Ausführungsbeispiels eine zwischen dem zweiten Verbindungsbereich **22b** und dem ersten Nutzbereich **20a**, und eine zwischen dem zweiten Verbindungsbereich **22b** und dem zweiten Nutzbereich **20b** verlaufende jeweilige Ausnehmung **21b** und **26b** auf. Ein Ende der jeweiligen Ausnehmungen **21a**, **26a**, **21b** und **26b** endet dabei am Spalt **30**. Das andere Ende der jeweiligen Ausnehmungen **21a**, **26a**, **21b** und **26b** endet dabei vorzugsweise an eine jeweilige Randkante des Isolierstoffkörpers **4**.

[0037] Weiterhin weist der Isolierstoffkörper **4** beim Ausführungsbeispiel eine zwischen einem ersten Randbereich **22c** des Substrats und dem ersten Nutzbereich **20a**, und eine zwischen einem zweiten Randbereich **22d** des Substrats und dem zweiten Nutzbereich **20b** verlaufende jeweilige Ausnehmung **21c** und **21d** auf. Die beiden Enden der jeweiligen Ausnehmungen **21c** und **21d** enden dabei vorzugsweise an einer jeweiligen Randkante des Isolierstoffkörpers **4**, wobei vorzugsweise die Ausnehmung **21c**, die Ausnehmungen **21a** und **21b** schneidet, und die Ausnehmung **21d**, die Ausnehmungen **26a** und **26b** schneidet.

[0038] Der Spalt **30** verläuft vorzugsweise in einer lateralen ersten Richtung X des Isolierstoffkörpers **4** über den ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** des Substrats **2** hinaus, wobei der Spalt **30** in einer lateralen ersten Richtung X des Isolierstoffkörpers **4** nicht vollständig durch den Isolierstoffkörpers

4 verläuft. Die Ausnehmungen **21a**, **26a**, **21d**, **21b**, **26b** und **21c** sind beim Ausführungsbeispiel entlang der lateralen äußeren Grenzen **24a**, **24b**, **24c**, **25a**, **25b** und **25c** des ersten und zweiten Nutzbereichs **20a** und **20b** des Substrats **2** angeordnet.

[0039] Es sein an dieser Stelle angemerkt, dass im Rahmen einer einfachen Ausführung der Erfindung der erste und zweite Randbereich **22c** und **22d** entfallen können und im Rahmen einer besonders einfachen Ausführung der Erfindung zusätzlich zum ersten und zweiten Randbereich **22c** und **22d** auch der zweite Verbindungsbereich **22b** entfallen kann und solchermaßen der erste und zweite Nutzbereich **20a** und **20b** auch nur über den ersten Verbindungsbereich **22a** miteinander verbunden sein können.

[0040] Die Ausnehmungen können z. B. in Form von Gräben vorliegen, oder z. B. in Form von hintereinander angeordneten eng beanstandeten Sack- oder Durchgangslöchern vorliegen. Die Ausnehmungen können z. B. mittels eines Laserstrahls in den Isolierstoffkörper **4** eingebracht werden. Die Ausnehmungen bewirken eine mechanische Schwächung des Isolierstoffkörpers **4** entlang der beim späteren Brechen des Isolierstoffkörpers **4** entstehenden gewünschten Bruchkanten des Isolierstoffkörpers **4**.

[0041] In einem weiteren Verfahrensschritt zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls **1** erfolgt im Rahmen des Ausführungsbeispiels ein Verbinden eines ersten und eines dritten Leistungshalbleiterbauelements T1 und D1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und eines zweiten und eines vierten Leistungshalbleiterbauelements T2 und D2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und eines Folienverbunds **11**, der eine strukturierte erste metallische Folienschicht **8** und eine mit der strukturierten ersten metallischen Folienschicht **8** verbundene elektrisch isolierende Folienschicht **9** aufweist, mit dem ersten, zweiten, dritten und vierten Leistungshalbleiterbauelement T1, T2, D1 und D2 und mit der zweiten Leiterbahn **5b**, was in **Fig. 4** dargestellt ist. Vorzugsweise weist der Folienverbunds **11** eine zweite metallische Folienschicht **10** auf. Die elektrisch isolierende Folienschicht **9** ist zwischen der ersten und der zweiten metallischen Folienschicht **8** und **10** angeordnet. Der Folienverbund **11** weist im Rahmen des Ausführungsbeispiels elektrische leitende Durchkontaktierungen **18** auf, welche die erste und die zweite Folienschicht **8** und **10** elektrisch leitend miteinander verbinden. Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass der Folienverbund **11** gegebenenfalls noch weitere metallischen Folienschichten aufweisen kann zwischen denen jeweils eine elektrisch isolierende Folienschicht angeordnet ist.

[0042] Die erste metallische Folienschicht **8** weist aufgrund ihrer Struktur Unterbrechungen **40** auf, so dass die erste metallische Folienschicht **8** von-

einander elektrisch isoliert angeordnete elektrische Leitungsbahnen, die gegebenenfalls auch zu Anschlussbereichen reduziert sein können, ausgebildet. Die zweite metallische Folienschicht **10** kann ebenfalls strukturiert ausgebildet sein und gegebenenfalls elektrische Leitungsbahnen ausbilden. Die Folienschichten sind, mittels z. B. einer Klebeverbindung, miteinander verbunden.

[0043] Es sei an dieser Stelle angemerkt, das im Rahmen des Ausführungsbeispiels das erste und das zweite Leistungshalbleiterbauelement als Leistungshalbleiterschalter und insbesondere in Form von IGBTs vorliegen und der erste Laststromanschluss C des jeweiligen Leistungshalbleiterschalters in Form des Kollektors des jeweiligen IGBT und der zweite Laststromanschluss E des jeweiligen Leistungshalbleiterschalters in Form des Emitters des jeweiligen IGBT vorliegt.

[0044] Weiterhin sei an dieser Stelle angemerkt, das im Rahmen des Ausführungsbeispiels das dritte und das vierte Leistungshalbleiterbauelement als Dioden vorliegen und der erste Laststromanschluss K der jeweiligen Diode in Form der Kathode der jeweiligen Diode und der zweite Laststromanschluss A der jeweiligen Diode in Form der Anode der jeweiligen Diode vorliegt.

[0045] Zum Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des Folienverbund **11** mit der zweiten Leiterbahn wird jeweilig eine Verbindungsmittelschicht zwischen den zu verbindenden Elementen angeordnet. Der Übersichtlichkeit halber ist in [Fig. 4](#) nur die zwischen dem ersten Leistungshalbleiterbauelements T1 und der ersten Leiterbahn **5a** angeordnete Verbindungsmittelschicht **6a** mit einem Bezugszeichen versehen.

[0046] Zum Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1, des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2, des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit dem Folienverbund **11** wird jeweilig eine Verbindungsmittelschicht zwischen den Leistungshalbleiterbauelementen und der ersten metallischen Folienschicht **8** angeordnet. Der Übersichtlichkeit halber ist in [Fig. 4](#) nur die zwischen dem ersten Leistungshalbleiterbauelements T1 und der ersten metallischen Folienschicht **8** angeordnete Verbindungsmittelschicht **7a** mit einem Bezugszeichen versehen.

[0047] Die jeweilige Verbindungsmittelschicht kann z. B. in Form einer elektrisch leitfähigen Klebeschicht,

einer Lotschicht oder in Form einer Sintermittelverbindungsschicht, die z. B. in Form einer Sinterpaste vorliegen kann, vorliegen. Die jeweilige Verbinden der zu verbindenden Elementen kann solchermaßen z. B. mittels einer Löt-, Klebe- oder einer Sinterverbindung erfolgen.

[0048] Das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des Folienverbund **11** mit der zweiten Leiterbahn **5b** kann gemeinsam, insbesondere gleichzeitig, mit dem Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1, des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2, des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit dem Folienverbund **11** erfolgen, indem z. B. im Falle einer Lötverbindung die gesamte Anordnung in einem Ofen auf die Schmelztemperatur des Lots erhitzt wird.

[0049] Alternativ kann der Verfahrensschritt des Verbindens der Elemente im Rahmen eines ersten und eines dem ersten Teilverfahrensschritt nachfolgenden zweiten Teilverfahrensschritt erfolgen. In dem ersten Teilverfahrensschritt erfolgt das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 mit der ersten Leiterbahn **5a**, und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit der zweiten Leiterbahn **5b**, und des Folienverbund **11** mit der zweiten Leiterbahn **5b** und in dem zweiten nachfolgenden Teilverfahrensschritt erfolgt das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements T1, des zweiten Leistungshalbleiterbauelements T2, des dritten Leistungshalbleiterbauelements D1 und des vierten Leistungshalbleiterbauelements D2 mit dem Folienverbund **11**.

[0050] Der Spalt **30** kann gegebenenfalls mit einem elektrisch isolierenden Material **50**, wie z. B. Silikon oder einem präkeramischen Polymer abgedeckt werden, was der Übersichtlichkeit halber nur in [Fig. 4](#) dargestellt ist. Das elektrisch isolierende Material **50** bildet neben dem Folienverbund **11** eine zusätzliche mechanische Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Nutzbereich **20a** und **20b**. Das elektrisch isolierende Material kann dabei durch den gesamten Spalt **30** hindurchverlaufen und auf der ersten und/oder auf der zweiten Seite des Isolierstoffkörpers **4** angeordnet sein.

[0051] Anschließend erfolgt im Rahmen des Ausführungsbeispiels in einem weiteren Verfahrensschritt das Brechen des Isolierstoffkörpers **4** entlang der

Ausnahmen **21a**, **26a**, **21b**, **26b**, **21c** und **21d**, wodurch das Substrat **2**, insbesondere in den ersten Nutzbereich **20a**, der nach dem Brechen des Isolierstoffkörpers **4** eine erste Substrateinzeleinheit darstellt und in den zweiten Nutzbereich **20b**, der nach dem Brechen des Isolierstoffkörpers **4**, eine zweite Substrateinzeleinheit, darstellt, zerfällt. Beim Brechen des Isolierstoffkörpers **4** wird der Isolierstoffkörper **4** derart mittels der Brechkraft FB mechanisch belastet, dass an den gewünschten Bruchkanten eine hohe mechanische Belastung des Isolierstoffkörpers entsteht, so dass der Isolierstoffkörper **4** und damit das Substrat **2** entlang der Ausnahmen **21a**, **26a**, **21b**, **26b**, **21c** und **21d** bricht. Das Brechen des Isolierstoffkörpers **4** erfolgt dabei vorzugsweise in mehreren Teilschritten, so dass beim Ausführungsbeispiel zuerst der erste und zweite Randbereich **22c** und **22d** und anschließend der erste und der zweite Verbindungsbereich **22a** und **22b** vom ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** weggebrochen werden.

[0052] Es sei dabei an dieser Stelle angemerkt, dass das Brechen der Randbereiche **22c** und **22d** auch schon zu einem beliebigen früheren Verfahrensschritt durchgeführt werden kann.

[0053] Der erste und der zweite Nutzbereich **20a** und **20b** sind über den Folienverbund **11** und über das gegebenenfalls vorhandene elektrisch isolierenden Material, das den Spalt **30** abdeckt, miteinander verbunden und weisen einen Abstand auf, der der Breite des Spalts **30** entspricht. Durch entsprechende Wahl der Breite des Spalts **30** kann der Abstand zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b** und somit zwischen der ersten und zweiten Substrateinzeleinheit definiert eingestellt werden und somit der gewünschte Mindestabstand zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich **20a** und **20b**, d. h. zwischen der ersten und zweiten Substrateinzeleinheit sicher eingehalten werden.

[0054] Anschließend wird im Rahmen des Ausführungsbeispiels in einem weiteren Verfahrensschritt der erste und der zweite Nutzbereich **20a** und **20b** mit einem Kühlelement **41** verbunden, indem die zweite Leitungsschicht **13** mit dem Kühlelement **41**, verbunden wird, was in [Fig. 5](#) dargestellt ist. Vorzugsweise wird die zweite Leitungsschicht **13** mit dem Kühlelement **41** mittels einer Löt-, Klebe- oder einer Sinterverbindung verbunden, so dass zwischen der zweiten Leitungsschicht **13** und dem Kühlelement **41** eine Löt-, Klebe- oder einer Sinterschicht **15** angeordnet ist.

[0055] In [Fig. 6](#) ist eine schematisierte Schnittansicht einer Ausbildung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls **1** im Rahmen einer vorteilhaften Ausbildung eines Verfahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls dargestellt. Bei dieser Ausbildung des Ver-

fahrens zur Herstellung eines erfindungsgemäßen Leistungshalbleitermoduls **1** erfolgt nicht, wie oben beschrieben, das Brechen des Isolierstoffkörpers und das Verbinden des ersten und der zweiten Nutzbereichs **20a** und **20b** mit dem Kühlelement **41** in zwei Verfahrensschritten sondern innerhalb eines Verfahrensschritts, was eine besonders schnelle und rationelle Fertigung des Leistungshalbleitermoduls **1** ermöglicht. Bei dieser Ausbildung der Erfindung wird die zweite Leitungsschicht **13** mit einem Kühlelement **41** mittels einer Sinterverbindung verbunden, wobei das Brechen des Isolierstoffkörpers entlang der Ausnahmen in einen Verfahrensschritt mit der zur Herstellung der Sinterverbindung notwendigen Druckbeaufschlagung auf das Substrat **2** erfolgt. Zur Herstellung der Sinterverbindung wird von einer Sinterpresse eine Sinterdruckkraft FS auf das Substrat ausgeübt und unter Wärmebeaufschlagung die zweite Leitungsschicht **13** mit einem Kühlelement **41** über die Sinterschicht **42** miteinander verbunden. Die relativ hohe Sinterdruckkraft FS belastet den Isolierstoffkörper **4** dabei mechanisch, so dass der Isolierstoffkörper **4** und damit das Substrat **2** entlang den Ausnahmen **21a**, **26a**, **21b**, **26b**, **21c** und **21d** bricht.

[0056] Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass das Kühlelement **41** als Metallplatte oder als Kühlkörper ausgebildet ist. Der Kühlkörper weist dabei vorzugsweise Kühlrippen auf. Die Metallplatte dient vorzugsweise zur Befestigung des Leistungshalbleitermoduls **1** an einem Kühlkörper.

[0057] Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass insbesondere im Falle einer Sinterverbindung, eines oder beide der zu verbindenden Elemente an den Seiten der Elemente, die miteinander verbunden werden sollen, mit mindestens einer Schicht, wie z. B. einer Haftverbindungsschicht, die z. B. zumindest im Wesentlichen aus Silber bestehen kann, versehen sein können.

[0058] Ferner sei an dieser Stelle angemerkt, dass selbstverständlich das Substrat **2** neben den ersten und zweiten Nutzbereich noch weitere Nutzbereiche aufweisen kann. Die Nutzbereiche können z. B. zu einer matrixartigen Struktur angeordnet sein.

[0059] Ferner sei angemerkt, dass in den Figuren nur die zum Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente dargestellt sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Leistungshalbleitermoduls (**1**) mit folgenden Verfahrensschritten:
a) Bereitstellen eines Substrats (**2**), wobei das Substrat (**2**) einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper (**4**) und eine auf einer ersten Seite (S1) des Isolierstoffkörpers (**4**) angeordnete elektrisch leitende strukturierte erste Leitungsschicht (**5**) aufweist, wobei

das Substrat (2) einen ersten Nutzbereich (20a), der eine aus der ersten Leitungsschicht (5) ausgebildete erste Leiterbahn (5a) und einen zweiten Nutzbereich (20b), der eine aus der ersten Leitungsschicht (5) ausgebildete zweite Leiterbahn (5b) aufweist, aufweist, wobei zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich (20a, 20b) des Substrats (2) ein durch den Isolierstoffkörper (4) von der ersten Seite (S1) des Isolierstoffkörpers (4) zu der der ersten Seite (S1) gegenüberliegenden zweiten Seite (S2) des Isolierstoffkörpers (4) hindurchverlaufender Spalt (30) angeordnet ist, wobei der erste und zweite Nutzbereich (20a, 20b) über mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) des Substrats (2) miteinander verbunden sind, wobei der Isolierstoffkörper (4) eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) und dem ersten Nutzbereich (20a), und eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) und dem zweiten Nutzbereich (20b) verlaufende jeweilige Ausnehmung (21a, 26a, 21b, 26b) aufweist,

b) Verbinden eines ersten Leistungshalbleiterbauelements (T1) mit der ersten Leiterbahn (5a), und eines zweiten Leistungshalbleiterbauelements (T2) mit der zweiten Leiterbahn (5b), und eines Folienverbunds (11), der eine strukturierte erste metallische Folienschicht (8) und eine mit der strukturierten ersten metallischen Folienschicht (8) verbundene elektrisch isolierende Folienschicht (9) aufweist, mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement (T1, T2), und

c) Brechen des Isolierstoffkörpers (4) entlang der Ausnehmungen (21a, 26a, 21b, 26b).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Seite (S2) des Isolierstoffkörpers (4) im ersten und zweiten Nutzbereich (20a, 20b) eine elektrisch leitende zweite Leitungsschicht (13) angeordnet ist und die zweite Leitungsschicht (13) mit einem Kühlelement (41) mittels einer Sinterverbindung verbunden wird, wobei das Brechen des Isolierstoffkörpers (4) entlang der Ausnehmungen (21a, 26a, 21b, 26b) in einen Verfahrensschritt mit der zur Herstellung dieser Sinterverbindung notwendigen Druckbeaufschlagung auf das Substrat (2) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass auf der zweiten Seite (S2) des Isolierstoffkörpers (4) im ersten und zweiten Nutzbereich (20a, 20b) eine elektrisch leitende zweite Leitungsschicht (13) angeordnet ist und in einem dem Verfahrensschritt c) nachfolgenden Verfahrensschritt der erste und der zweite Nutzbereich (20a, 20b) mit einem Kühlelement (41) verbunden wird, indem die zweite Leitungsschicht (13) mit dem Kühlelement (41) verbunden wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite Leitungsschicht (13) mit

dem Kühlelement (41) mittels einer Löt-, Klebe- oder einer Sinterverbindung verbunden wird.

5. Verfahren nach Anspruch 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Kühlelement (41) als Metallplatte oder als Kühlkörper ausgebildet ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das jeweilige Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements (T1) mit der ersten Leiterbahn (5a), und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements (T2) mit der zweiten Leiterbahn (5b), und des Folienverbunds (11) mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement (T1, T2) jeweilig mittels einer Löt-, einer elektrisch leitfähigen Klebe- oder einer Sinterverbindung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verfahrensschritt b) oder zwischen Verfahrensschritt b) und c) der Spalt (30) mit einem elektrisch isolierenden Material (50) abgedeckt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verfahrensschritt b) zuerst das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements (T1) mit der ersten Leiterbahn (5a), und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements (T2) mit der zweiten Leiterbahn (5b) durchgeführt wird und anschließend das Verbinden des Folienverbunds (11) mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement (T1, T2) durchgeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass beim Verfahrensschritt b) das Verbinden des ersten Leistungshalbleiterbauelements (T1) mit der ersten Leiterbahn (5a), und des zweiten Leistungshalbleiterbauelements (T2) mit der zweiten Leiterbahn (5b) gemeinsam mit dem Verbinden des Folienverbunds (11) mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement (T1, T2) durchgeführt wird.

10. Leistungshalbleitermodul mit einem Substrat (2), wobei das Substrat (2) einen elektrisch nicht leitenden Isolierstoffkörper (4) und eine auf einer ersten Seite (S1) des Isolierstoffkörpers (4) angeordnete elektrisch leitende strukturierte erste Leitungsschicht (5) aufweist, wobei das Substrat (2) einen ersten Nutzbereich (20a), der eine aus der ersten Leitungsschicht (5) ausgebildete erste Leiterbahn (5a) und einen zweiten Nutzbereich (20b), der eine aus der ersten Leitungsschicht (5) ausgebildete zweite Leiterbahn (5b) aufweist, aufweist, wobei zwischen dem ersten und zweiten Nutzbereich (20a, 20b) des Substrats (2) ein durch den Isolierstoffkörper (4) von der ersten Seite (S1) des Isolierstoffkörpers (4) zu der der ersten Seite (S1) gegenüberliegenden zwei-

ten Seite (S2) des Isolierstoffkörpers (4) hindurchverlaufender Spalt (3) angeordnet ist, wobei der erste und zweite Nutzbereich (20a, 20b) über mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) des Substrats (2) miteinander verbunden sind, wobei der Isolierstoffkörper (4) eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) und dem ersten Nutzbereich (20a), und eine zwischen dem mindestens einen Verbindungsbereich (22a, 22b) und dem zweiten Nutzbereich (20b) verlaufende jeweilige Ausnehmung (21a, 26a, 21b, 26b) aufweist, wobei ein erstes Leistungshalbleiterbauelement (T1) mit der ersten Leiterbahn (5a), und ein zweites Leistungshalbleiterbauelement (T2) mit der zweiten Leiterbahn (5b), und ein Folienverbund (11), der eine strukturierte erste metallische Folienschicht (8) und eine mit der strukturierten ersten metallischen Folienschicht (8) verbundene elektrisch isolierende Folienschicht (9) aufweist, mit dem ersten und zweiten Leistungshalbleiterbauelement (T1, T2) verbunden ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

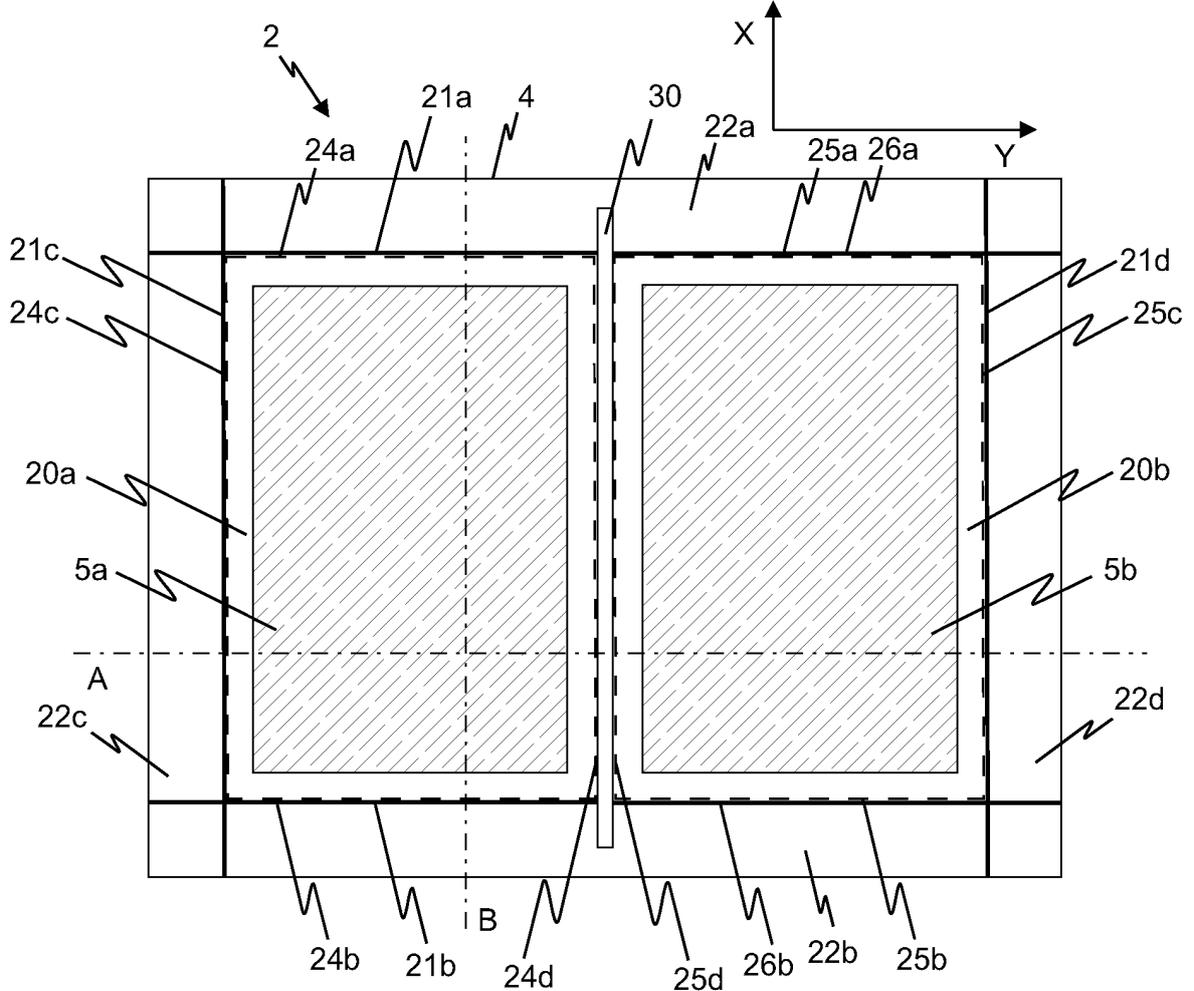


FIG 1

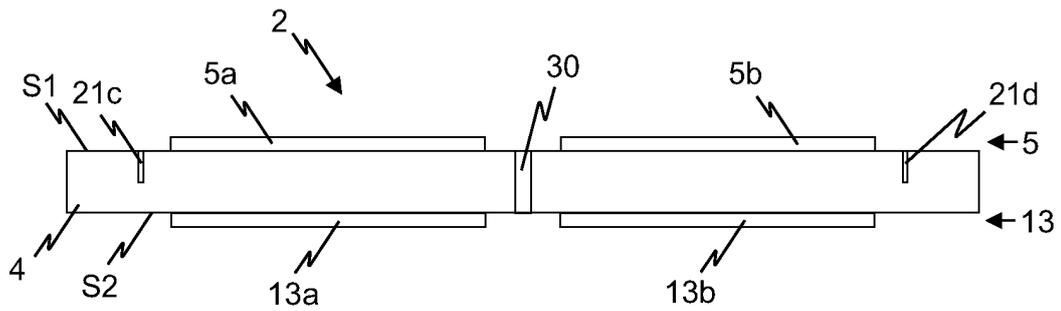


FIG 2



FIG 3

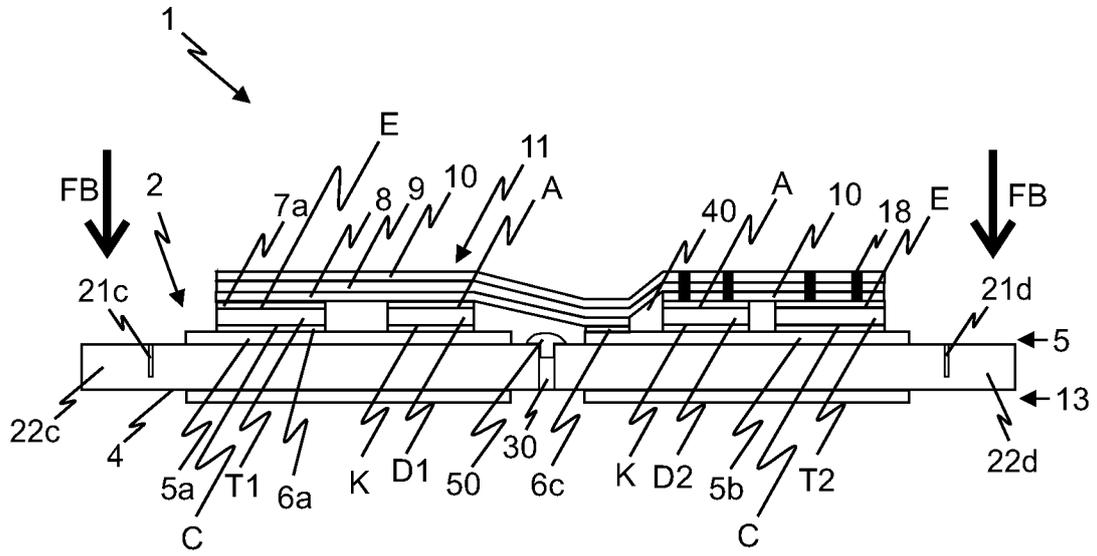


FIG 4

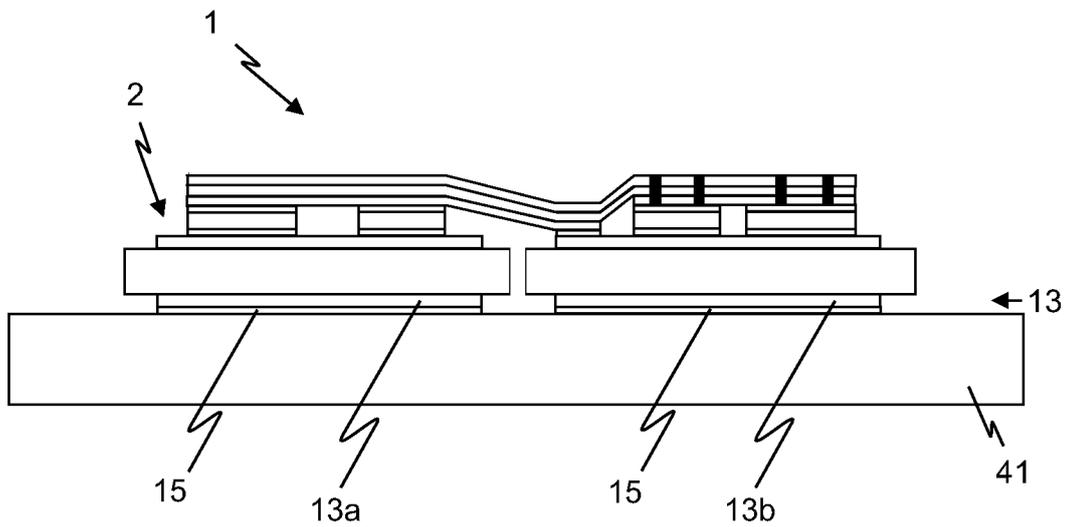


FIG 5

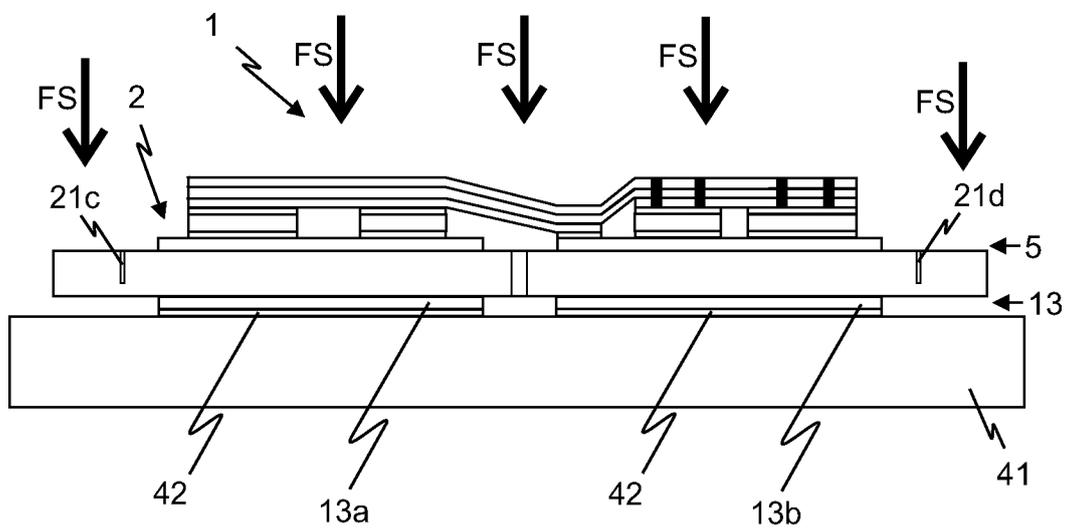


FIG 6