

(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer:

AT 408 428 B

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer:

1453/99

(51) Int. Cl.⁷: B32B 18/00

(22) Anmeldetag:

24.08.1999

B32B 15/04, 15/02

(42) Beginn der Patentdauer:

15.04.2001

(45) Ausgabetag:

26.11.2001

(56) Entgegenhaltungen:

WO 93/20255A1 EP 350648A2 GB 751045A

(73) Patentinhaber:

ELECTROVAC, FABRIKATION
ELEKTROTECHNISCHER SPEZIALARTIKEL
GESELLSCHAFT M.B.H.
A-3400 KLOSTERNEUBURG,
NIEDERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:

HOFER HEIMO DIPL.ING.
WIEN (AT).

(54) VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES KUPFER-KERAMIK-VERBUNDES

AT 408 428 B

(57) Verfahren zur Herstellung eines Kupfer-Keramik-Verbundes umfassend zumindest eine Keramikplatte und zumindest eine, an einer Oberflächenseite der Keramikplatte vorgesehene und dort flächig mit der Keramikplatte mittels des Direct-Copper-Bonding- (DCB-) Verfahrens verbundene Kupferplatte, bei welchem Direct-Copper-Bonding- (DCB-) Verfahren zwischen der Keramik- und der Kupferplatte durch Aufbringen von Sauerstoff auf eine dieser Platten oder auf beide Platten und nachfolgendes Erhitzen der beiden Platten über die eutektische Temperatur von Cu und Cu₂O ein Cu/Cu₂O-Eutektikum gebildet wird, welches nach Abkühlen der beiden Platten diese miteinander verbindet, wobei auf zumindest eine der beiden Platten (1) ein oxidhältiges Pulver durch ein mechanisches Verfahren, wie z.B. Einreiben, Einbürsten oder Einpolieren, auf die Oberfläche der Keramik- und/oder der Kupferplatte aufgebracht wird.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Kupfer-Keramik-Verbundes umfassend zumindest eine Keramikplatte und zumindest eine, an einer Oberflächenseite der Keramikplatte vorgesehene und dort flächig mit der Keramikplatte mittels des Direct-Copper-Bonding-(DCB-) Verfahrens verbundene Kupferplatte, bei welchem Direct-Copper-Bonding- (DCB-) Verfahren zwischen der Keramik- und der Kupferplatte durch Aufbringen von Sauerstoff auf eine dieser Platten und/oder beide Platten und nachfolgendes Erhitzen der beiden Platten über die eutektische Temperatur von Cu und Cu₂O ein Cu/Cu₂O-Eutektikum gebildet wird, welches nach Abkühlen der beiden Platten diese miteinander verbindet.

Es sind auch andere Verfahren zur Festlegung einer Kupferschicht auf einem Keramikbauteil bekannt. So beschreibt beispielsweise die WO 93/20255 ein Verfahren, mittels welchem eine Kupferschicht mit einer Dicke im Bereich von 5µm bis 300µm haftfest auf einem keramischen Bauteil festgelegt werden kann. Gemäß diesem Verfahren wird die Kupferschicht durch thermisches Aufspritzen von feinkörnigem Kupferpulver auf die Oberfläche des Keramik-Bauteiles in einem gemeinsamen Arbeitsschritt einerseits erzeugt und andererseits auf dem keramischen Bauteil festgelegt.

Die EP-A2-350 648 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung einer Kupferbeschichtung auf anorganischen Dielektrika, wie Keramik oder Email durch chemische und galvanische Metallabscheidung. Die Herstellung der Kupferschicht wird gemäß Anspruch 1 der EP-A2-350 648 zweistufig durchgeführt: Zunächst wird eine (dünne) Kupferschicht chemisch am Dielektrikum abgeschieden, diese Kupferschicht mechanisch, z.B. durch Polieren oder Bürsten behandelt und abschließend eine zweite (wesentlich dickere) Kupferschicht galvanisch auf der ersten Kupferschicht abgeschieden.

Die in diesen beiden Dokumenten beschriebenen Verfahren weichen grundsätzlich von einem Direct-Copper-Bonding-Verfahren ab und kommen damit nicht in die Nähe der gegenständlichen Erfindung.

Bei der in eingangs angeführter Weise erfolgenden Herstellung eines Kupfer-Keramik-Verbundes wird die physikalische Tatsache ausgenutzt, daß ein Cu/Cu₂O-Eutektikum sowohl Kupfer als auch Keramik sehr gut benetzt bzw. daß dieses Eutektikum nach dem Erkalten besonders gut an Keramik und Kupfer haftet und somit diese beiden Komponenten besonders innig miteinander verbindet.

Voraussetzung für die Bildung eines solchen Cu/Cu₂O-Eutektikums ist die Anwesenheit von Cu₂O im Bereich jener Oberflächen der Kupfer- und der Keramikplatte, mit welchen diese beiden Platten aneinander anliegen sollen. Nach bisher bekannten Formen des Direct-Copper-Bonding (DCB), das auch als Direct-Bonding-Copper (DBC) bezeichnet wird, wird an einer Oberfläche der Kupferplatte eine Cu₂O-Schicht erzeugt.

Dies kann beispielsweise durch Erhitzen der Kupferplatte in einer sauerstoffhaltigen Atmosphäre erfolgen. Ein anderer, häufiger gewählter Weg liegt darin, die Kupferplatte in einem naß-chemischen Prozeß, d.h. durch Ätzen der Kupferplatte in verschiedenen Säurebädern, mit einer Oxidschicht zu überziehen. Diese Oxidschicht kann durch Kupferoxid, aber auch aus anderen Mischoxiden, wie beispielsweise Manganoxid, gebildet sein.

Ein solches Direct-Copper-Bonding-Verfahren ist beispielsweise in der GB-A-761 045 beschrieben. Die zur Bildung des Eutektikums notwendige Oxidschicht wird hier durch Oxidieren der Kupferoberfläche hergestellt. Diese Oxidation kann auf verschiedene Weise erfolgen, beispielsweise dadurch, daß der Kupferbauteil in Wasserdampf enthaltender Atmosphäre oder bei in seiner Nähe angeordneten, Sauerstoff abgebenden Substanzen erhitzt wird.

Nach Herstellung einer Oxidschicht wird die Kupferplatte auf die Keramikplatte aufgelegt. Es ist in der Regel egal, mit welcher Seite die Kupferplatte auf die Keramik gelegt wird, weil das sich bildende Eutektikum durch die Kupferfolie hindurchdringen kann. Tatsächlich ist es so, daß die Kupferplatte beim Eintauchen in ein chemisches Bad auf beiden Seiten oxidiert wird, wenn nicht besondere Vorkehrungen getroffen werden, die das verhindern, d.h. durch Anwendung welcher lediglich auf einer Seite der Kupferplatte eine Oxidschicht gebildet wird.

Die beiden Platten werden anschließend über die eutektische Temperatur von Cu und Cu₂O, aber unterhalb der Schmelztemperatur von Kupfer erhitzt. Das Cu/Cu₂O-Eutektikum verbindet sich dadurch mit der Keramik und stellt nach Erkalten die bereits erwähnte gute Verbindung der Kupferplatte mit der Keramikplatte her.

Die gegenständliche Erfindung setzt bei der Beobachtung an, daß der angeführte naßchemische Ätzprozeß zur Erzeugung einer Cu₂O-Schicht vor allem den Nachteil eines relativ hohen Säureverbrauches, eines hohen Wasserverbrauches (zum Abspülen der Säureresten nach Abschluß des Ätzens) und eines damit verbundenen Anfalls großer Mengen von Abwässern aufweist. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens liegt in seiner schlechten Reproduzierbarkeit, weil die aufgebrachte Oxidmenge von mehreren Faktoren, wie Zusammensetzung der Säurebäder, Verweilzeit der Kupferplatte in diesen Bädern, Strömungsvorgänge und Temperaturgradienten im Bad sowie von der immer verschiedenen Aktivität der Kupferoberfläche abhängig ist.

Es ist daher Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Kupfer-Keramik-Verbundes der eingangs angeführten Art anzugeben, bei welchem diese Nachteile vermieden werden, d.h. bei welchem beim Erzeugen des oxidierten Kupfers nur wenig Abfälle entstehen sowie die entstehende Menge von Oxid gut reproduzierbar ist.

Erfahrungsgemäß wird dies dadurch erreicht, daß auf zumindest eine der beiden Platten ein oxidhaltiges Pulver durch ein mechanisches Verfahren, wie z.B. Einreiben, Einbürsten oder Einpolieren, auf die Oberfläche der Keramik- und/oder der Kupferplatte aufgebracht wird.

Es wird hier bereits fertiges, an anderer Stelle erzeugtes Oxid verwendet, wodurch ein gesonderter, vom ohnehin notwendigen Erhitzen der Kupfer- und der Keramikplatte verschiedener Verfahrensschritt zur Bildung des Oxiids vollkommen entfallen kann. Die mit einem derartigen gesonderten Schritt verbundenen Abfälle können daher nicht entstehen. Die Menge an aufgebrachtem Oxid kann mittels Verwägung des auf die Keramik- und/oder Kupferplatte aufgebrachten Pulvers exakt ermittelt werden und ist bei einem bestimmten Aufbringungsverfahren nur von der Oberflächenrauhigkeit der betreffenden Platte abhängig.

Ein weiterer, entscheidender Vorteil dieses mechanischen Aufbringverfahrens liegt darin, daß dieses wesentlich rascher abläuft, als ein bisher bekanntes chemisches Ätzverfahren. Mußte letzteres - weil ein mehrmaliges Einbringen der Kupferplatte in verschiedene Säure- und Abspülräder erfordernd - völlig losgelöst von den übrigen Schritten des DCB-Verfahrens durchgeführt werden, kann das bevorzugt eingesetzte Reibverfahren problemlos in das DCB-Verfahren eingebaut werden. Das Reibverfahren umfaßt nämlich lediglich einen einzigen Verfahrensschritt, welcher den Schritten des DCB-Verfahrens (Keramik- auf die Kupferplatte auflegen, erhitzen und abkühlen) vorgesetzt werden kann.

Weiters kann vorgesehen sein, daß eine Keramikplatte aus Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, Berylliumoxid od. dgl. verwendet wird.

Jede dieser Keramiken kann wegen ihrer spezifischen chemischen und mechanischen Eigenschaften für bestimmte, gerade die der eingesetzten Keramik eigenen Eigenschaften erfordernde Anwendung eingesetzt werden. Beispielsweise liegt ein Vorteil von Aluminiumnitrid im Vergleich zu Aluminiumoxid in dessen bedeutend höherer Wärmeleitfähigkeit, was bei DCB-Anwendungen von großer Wichtigkeit ist.

Sämtliche aufgezählten Keramiken weisen einen wesentlich höheren Elastizitätsmodul als Kupfer auf, wodurch das thermische Dehnungsverhalten eines DCB-Verbundes jenem der ungebondeten Keramik sehr nahe kommt. Man kann daher mit der Auswahl der Keramik die mechanischen Eigenschaften des entstehenden DCB-Verbundes bestimmen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann vorgesehen sein, daß das oxidhaltige Pulver Oxide der Nebengruppenelemente beinhaltet.

Solche Oxide sind auf einfache Weise herstellbar bzw. fertig am Markt erhältlich, sodaß durch deren Verwendung beim erfahrungsgemäßen Verfahren kein bzw. ein nur geringfügiger technischer Zusatzaufwand notwendig ist.

Als besonders günstig hat es sich erwiesen, daß das oxidhaltige Pulver gebildet ist durch eine Mischung aus MnO₂ und CuO.

Manganoxid zerfällt bei höheren Temperaturen in andere Oxidationsstufen wie etwa Mn₂O₃ oder Mn₃O₄ und gibt dabei kontinuierlich Sauerstoff ab. Dieser Zerfall wirkt sich auf die Beständigkeit von CuO₂ (CuO zerfällt beim Erhitzen bei ca. 400°C in Cu₂O) aus. Die Beständigkeit von Kupferoxid gegen eine Reduktion wird mit steigender Temperatur immer geringer, weil die damit verbunden zunehmende Entropie das Kupferoxid in Kupfer und Sauerstoff aufzubrechen versucht. Eine derartige Reduktion kann in der Bondphase zu einer Gasentwicklung und damit zum Entstehen von Aufwürfen der Kupferfolie führen. Die Stabilität von Kupferoxid- bzw. das Maß der statt-

findenden Reduktion - kann bei diesen hohen Temperaturen nur durch einen erhöhten Sauerstoffanteil - durch den Zerfall des Manganoxids in andere Oxidationsstufen zusammen mit dem Sauerstoffgehalt in der Ofenatmosphäre - gewährleistet werden. Ein weiterer Vorteil dieses Zerfalls des Manganoxids beruht auf der Tatsache, daß oxidische Schmelzen in sauerstoffreichen Atmosphären wesentlich besser benetzen als in sauerstoffarmen, weil Sauerstoff deren Oberflächenspannung herabzusetzen vermag.

5 Es kann auch vorgesehen sein, daß das oxidhältige Pulver Cu₂O enthält.

Das für die Bildung eines Cu/Cu₂O-Eutektikums notwendige Cu₂O ist damit unmittelbar im Bereich der Verbindungsschicht zwischen dem Keramik- und dem Kupferbauteil vorhanden, sodaß zu 10 seiner Entstehung führende chemische Reaktionen nicht abgewartet werden müssen.

Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die beigeschlossenen Zeichnungen, in welchen besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele dargestellt sind, näher beschrieben. Dabei zeigt:

15 Fig.1 einen vertikal geführten Schnitt durch eine Kupfer- oder Keramikplatte, auf dessen Oberfläche gerade ein oxidhältiges Pulver gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgebracht wird und

Fig.2 einen vertikal geführten Schnitt durch eine Kupfer- oder Keramikplatte, auf dessen Oberfläche unter Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens Oxid aufgebracht ist.

20 Ein Kupfer-Keramik-Verbund, der aus zumindest einer Keramikplatte und zumindest einer Kupferplatte besteht, welche Kupferplatte an einer Oberflächenseite der Keramikplatte vorgesehen bzw. dort flächig festgelegt ist, wird nach bereits bekanntem Stand der Technik mittels eines Direct-Copper-Bonding (DCB-) Verfahrens (auch als Direct-Bonding-Copper (DBC-) Verfahren bezeichnet) hergestellt.

25 Dabei wird im Bereich jener Oberflächen der Kupfer- und der Keramikplatte, mit welchen diese beiden Platten aneinander anliegen, ein Cu/Cu₂O-Eutektikum gebildet, das die beiden Platten innig aneinander festlegt.

30 Dieses Eutektium hat den Vorteil, daß es bei einer unter der Schmelztemperatur von Kupfer liegenden Temperatur (der sog. eutektischen Temperatur, die etwa bei 1065°C liegt) schmelzflüssig wird und in diesem Zustand sowohl Kupfer- als auch Keramikplatte benetzen kann. Die eutektische Temperatur von etwa 1065° wird so lange beibehalten, bis das Eutektikum sowohl die Kupfer- als auch die Keramikplatte vollständig benetzt hat. Danach werden die beiden Platten abkühlen gelassen, wobei das Cu/Cu₂O-Eutektikum erstarrt und die beiden Platten miteinander verbindet.

35 Damit ein Cu/Cu₂O-Eutektikum entstehen kann, muß im Bereich der aneinander anliegenden Oberflächen der Kupfer- und der Keramikplatte während der gesamten Aufheizphase und auch noch beim Erreichen der eutektischen Temperatur Cu₂O vorhanden sein. Eine im Stand der Technik hierzu bereits angewandte Methode liegt darin, auf die Oberfläche der Kupferplatte Sauerstoff aufzubringen, welcher mit dem dortigen Kupfer reagiert, womit das benötigte Cu₂O schon von Beginn des gesamten DCB-Verfahrens an präsent ist.

40 Beim Verfahren der vorliegenden Erfindung ist hingegen vorgesehen, daß das Cu₂O in der Regel erst beim Aufheizen der beiden Platten auf die eutektische Temperatur entsteht. Damit diese Entstehung von statthaften gehen kann, wird erfindungsgemäß zur Aufbringung von Sauerstoff auf zumindest eine der beiden Platten ein oxidhältiges Pulver, insbesondere ein Pulver beinhaltend Oxide der Nebengruppenelemente, d.h. Metalloxide, deren metallische Komponenten durch ein Element der Nebengruppe des Periodensystems gebildet sind, aufgebracht.

45 Dieses Oxid, insbesondere Metalloid, ist im Gegensatz zum eben erwähnten Stand der Technik aber noch nicht chemisch mit der Kupferoberfläche oder der Keramikoberfläche verbunden, sondern bloß auf mechanischem Weg auf diese aufgebracht.

50 Dieses mechanische Festlegen des (Metall-)Oxids auf der Oberfläche von zumindest einer der beiden zu verbindenden Platten erfolgt erfindungsgemäß durch ein mechanisches Verfahren, wie z.B. Einreiben, Einbürsten oder Einpolieren des oxidhältigen Pulvers in die Oberfläche der Keramik- und/oder Kupferplatte.

Nach dem Aufbringen des oxidhältigen Pulvers auf Kupfer- und/oder Keramikplatte werden diese beiden Komponenten aufeinander gelegt und gemäß DCB-Verfahren auf die eutektische Temperatur aufgeheizt.

55 Die Bildung von Cu₂O erfolgt während dieses Aufheizens der Keramik- und der Kupferplatte,

bei welchem Vorgang der im Oxid des eingeriebenen Pulvers gebundene Sauerstoff an das Kupfer abgegeben wird und somit das benötigte Cu₂O entsteht.

Es ist natürlich möglich, einen mehr als eine Kupfer- und eine Keramikplatte umfassenden Verbund mittels dem erfindungsgemäßen Verfahren herzustellen. Dabei muß selbstredend an jeder Stoßstelle zwischen einer Kupfer- und einer Keramikplatte das zur Cu₂O-Bildung führende oxidhältige Pulver aufgebracht werden.

Das zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens verwendete Oxidpulver kann auch aus Cu₂O bestehen. In diesem speziellen Fall wird der oben angegebene Grundsatz, daß das Cu₂O erst während des Aufheizens entsteht, durchbrochen, denn der im von der Kupferplatte separaten Cu₂O-Pulver enthaltene Sauerstoff wird nicht an das Kupfer der Platte abgegeben.

Das auf Kupfer- und/oder Keramikplatte aufgebrachte Pulver muß nicht ein reines Oxidpulver sein, für die Erreichung des hier benötigten Effektes der Cu₂O-Bildung ist es ausreichend, wenn ein oxidhältiges Pulver verwendet wird.

Die von Oxid verschiedenen Bestandteile eines solchen Pulvers können beispielsweise aus Kupfer oder Keramik bestehen, wenn das Verfahren zusammen mit der Oberflächenrauhigkeit eine Aufbringung von derart viel Pulver gestattet, daß ein rein oxidisches Pulver zu einer zu großen Menge an gebildetem Eutektikum führen würde. Im Extremfall kann das zum völligen Aufschmelzen der Kupferplatte führen.

Das Pulver braucht weiters nicht rein zu sein, d.h. aus einem einzigen Metalloxid bestehen, vielmehr können Mischungen aus mehreren verschiedenen Metalloxiden eingesetzt werden.

In der Praxis hat es sich als günstig herausgestellt, das Oxid- bzw. oxidhältige Pulver durch ein mechanisches Verfahren, wie z.B. Einreiben, Einbürsten oder Einpolieren in die Oberfläche der Keramik- und/oder Kupferplatte einzubringen. Damit wird das Pulver mechanisch an der/den betreffenden Oberflächen fixiert und kann sich bei Handhabung der Platten nicht mehr von diesen lösen, so wie dies bei bloßem Aufstreuen des Pulvers der Fall wäre.

Die Durchführung dieses mechanischen Einreibens ist in Fig.1 dargestellt. Mit 1 ist dabei die Kupfer- oder Keramikplatte bezeichnet, auf dessen Oberfläche das oxidhältige Pulver aufzubringen ist. Mit 2 sind die einzelnen Partikel des oxidhältigen Pulvers bezeichnet. Nach dem Aufstreuen dieses oxidhältigen Pulvers wird ein Reibschnürr 3 auf dieses aufgelegt und mit einer Anpreßkraft F gegen die Kupfer- oder Keramikplatte 1 gedrückt. Wie mit dem Pfeil 4 symbolisiert, wird der Reibschnürr 3 in eine parallel zur Oberfläche der Kupfer- oder Keramikplatte 1 gerichtete Hin- und Herbewegung versetzt.

Dadurch werden die Partikel 2 des oxidhältigen Pulvers in die Nähe der Plattenoberfläche gebracht, wobei Adhäsionskräfte entstehen, welche die Partikel 2 an der Oberfläche halten.

Das Ergebnis des erfindungsgemäßen mechanischen Aufbringverfahrens, d.h. die Oberfläche der Kupfer- oder Keramikplatte 1 nach Abschluß des Verfahrens nach Fig.1 zeigt Fig.2: Die einzelnen Pulverpartikel 2 haben sich in den Oberflächenrauhigkeiten der Kupfer- oder Keramikplattenoberfläche festgesetzt.

Als Materialien, aus welchen die Keramikplatte gebildet sein kann, können insbesondere Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, Berylliumoxid od. dgl. angegeben werden.

Als bevorzugt beim erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzte Oxide können Manganoxid in der Form von MnO₂ und Kupferoxid in der Form von CuO angegeben werden.

Das oxidhältige Pulver kann auch durch eine Mischung aus MnO₂ und CuO gebildet sein, oder Cu₂O enthalten.

PATENTANSPRÜCHE:

- 50 1. Verfahren zur Herstellung eines Kupfer-Keramik-Verbundes umfassend zumindest eine Keramikplatte und zumindest eine, an einer Oberflächenseite der Keramikplatte vorgesehene und dort flächig mit der Keramikplatte mittels des Direct-Copper-Bonding- (DCB-) Verfahrens verbundene Kupferplatte, bei welchem Direct-Copper-Bonding- (DCB-) Verfahren zwischen der Keramik- und der Kupferplatte durch Aufbringen von Sauerstoff auf eine dieser Platten oder auf beide Platten und nachfolgendes Erhitzen der beiden Platten über

die eutektische Temperatur von Cu und Cu₂O ein Cu/Cu₂O-Eutektikum gebildet wird, welches nach Abkühlen der beiden Platten diese miteinander verbindet, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf zumindest eine der beiden Platten (1) ein oxidhältiges Pulver durch ein mechanisches Verfahren, wie z.B. Einreiben, Einbürsten oder Einstreuen, auf die Oberfläche der Keramik- und/oder der Kupferplatte aufgebracht wird.

- 5 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine Keramikplatte aus Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid, Siliziumnitrid, Siliziumkarbid, Berylliumoxid od. dgl. verwendet wird.
- 10 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oxidhältige Pulver Oxide der Nebengruppenelemente beinhaltet.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oxidhältige Pulver gebildet ist durch eine Mischung aus MnO₂ und CuO.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das oxidhältige Pulver Cu₂O enthält.

15

HIEZU 1 BLATT ZEICHNUNGEN

20

25

30

35

40

45

50

55

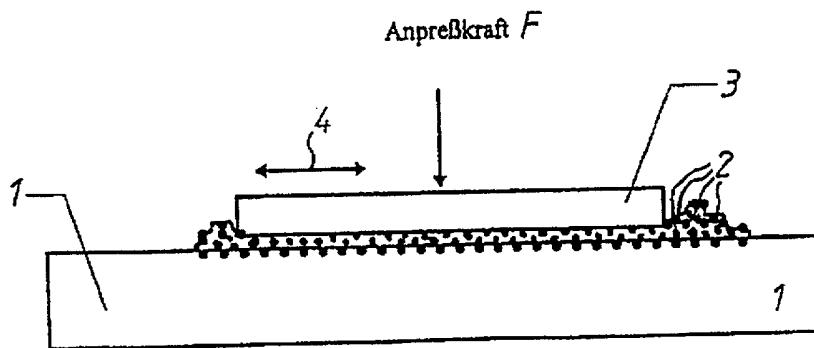


Fig.1

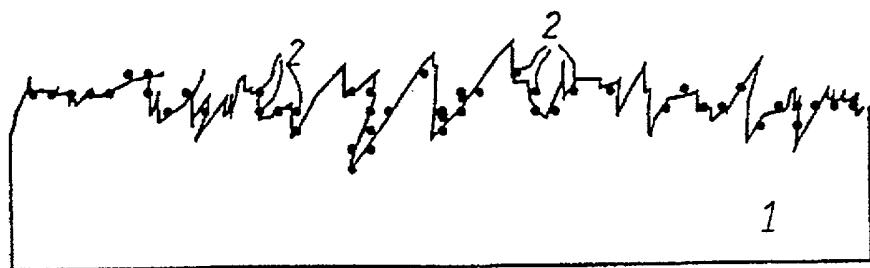


Fig.2