

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-58706  
(P2016-58706A)

(43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 23/13 (2006.01)	HO 1 L 23/12 C	4 G 0 2 6
HO 1 L 23/36 (2006.01)	HO 1 L 23/36 C	5 E 3 4 3
HO 1 L 23/373 (2006.01)	HO 1 L 23/36 M	5 F 1 3 6
HO 1 L 23/12 (2006.01)	HO 1 L 23/12 J	
CO 4 B 37/02 (2006.01)	CO 4 B 37/02 A	

審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-255472 (P2014-255472)	(71) 出願人 502362758 J X 金属株式会社 東京都千代田区大手町一丁目1番2号
(22) 出願日 平成26年12月17日 (2014.12.17)	
(31) 優先権主張番号 特願2014-184659 (P2014-184659)	(74) 代理人 110000523 アクシス国際特許業務法人
(32) 優先日 平成26年9月10日 (2014.9.10)	(72) 発明者 高村 博 茨城県北茨城市華川町白場187-4 J X日鉱日石金属株式会社磯原工場内
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)	(72) 発明者 鈴木 了 茨城県北茨城市華川町白場187-4 J X日鉱日石金属株式会社磯原工場内
	Fターム(参考) 4G026 BA16 BB22 BE04 BF06 BF41 BF47 BG02 BG03 BH07 5E343 AA24 BB24 BB53 BB67 CC01 CC07 EE22 ER31 GG02 GG08 5F136 DA27 FA03 FA16 GA12

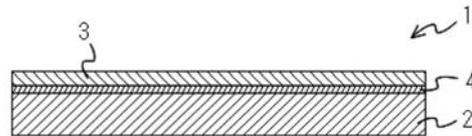
(54) 【発明の名称】 金属セラミック接合基板及び、その製造方法

(57) 【要約】

【課題】窒化アルミニウム基板と導体層とを、比較的薄い厚みの接合層によって有効に接合させることにより、微細な回路パターンを形成可能とし、また所要の放熱性能を発揮することのできる金属セラミック接合基板及び、その製造方法を提供する。

【解決手段】この発明の金属セラミック接合基板1は、窒化アルミニウム基板2の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層3を積層してなるものであって、前記窒化アルミニウム基板2と導体層3との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の化合物を含む接合層4が介在し、該接合層4の介在下で、前記窒化アルミニウム基板2と導体層3とが接合されてなるものである。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層を積層してなる金属セラミック接合基板であって、

前記窒化アルミニウム基板と導体層との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の化合物を含む接合層が介在し、該接合層の介在下で、前記窒化アルミニウム基板と導体層とが接合されてなる金属セラミック接合基板。

## 【請求項 2】

前記接合層の厚みが 500 nm 以上かつ 5000 nm 以下である請求項 1 に記載の金属セラミック接合基板。 10

## 【請求項 3】

前記導体層から接合層への銅の拡散距離が、該導体層と接合層との界面から厚み方向に沿って測って 200 nm 以上である請求項 1 または 2 に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 4】

厚み方向で、導体層と接合層との界面から窒化アルミニウム基板側に向かって、200 nm 離れた位置における銅の濃度が、 $8 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  以上である請求項 3 に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 5】

前記接合層中の酸素濃度が  $3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$  以上である請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。 20

## 【請求項 6】

前記窒化アルミニウム基板と導体層とのピール強度が、0.4 kN/m 以上である請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 7】

前記窒化アルミニウム基板を、曲げ強度が 300 MPa 以上であり、表面粗さ Ra が 0.1  $\mu\text{m}$  以上かつ 5  $\mu\text{m}$  以下であり、表面における 1  $\mu\text{m}$  以上の欠陥が 10 個/ $\text{mm}^2$  以下であるものとしてなる請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 8】

前記導体層を構成する銅又は銅合金の導電率が IACS 80% 以上であり、該導体層の厚みが 10  $\mu\text{m}$  以上かつ 200  $\mu\text{m}$  以下である請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。 30

## 【請求項 9】

厚み方向で、窒化アルミニウム基板と接合層との界面から導体層側に向かって、400 nm 離れた位置における窒素の濃度が、 $2 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  以上である請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 10】

前記接合層中の、チタン、ジルコニウム及び / 又はハフニウムの含有量が、該接合層の厚み方向の中間領域にピークを有するとともに、該中間領域から、厚み方向で導体層側及び窒化アルミニウム基板側のそれぞれに向かうに従い減少してなる請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。 40

## 【請求項 11】

車載用又は民生機器搭載用のパワー半導体素子が搭載されるパワーモジュール用基板としてなる請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 12】

前記導体層に回路パターンが形成された金属回路基板としてなる請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

## 【請求項 13】

LED 用基板としてなる請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。 50

**【請求項 14】**

MEMS用基板としてなる請求項1～10のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

**【請求項 15】**

マルチコアMCUに用いられる請求項1～10のいずれか一項に記載の金属セラミック接合基板。

**【請求項 16】**

窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層を積層してなる金属セラミック接合基板を製造する方法であって、

窒化アルミニウム基板又は導体層の、少なくとも一方の表面上に、チタン、ジルコニウム及びハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種を、スパッタリング法又は蒸着法により、膜厚が300nm以上になるまで成膜し、その後、成膜した薄膜層上に、導体層又は窒化アルミニウム基板を、真空又は不活性ガス雰囲気の下、600以上かつ1000以下の温度条件で、0.1MPa以上かつ10MPa以下の加圧力の作用により圧着させて、前記窒化アルミニウム基板と導体層とを接合する金属セラミック接合基板の製造方法。

10

**【請求項 17】**

前記窒化アルミニウム基板と導体層とを接合する際の温度を、600以上かつ950以下とする請求項16に記載の金属セラミック接合基板の製造方法。

**【請求項 18】**

前記スパッタリング法又は蒸着法による成膜の際に用いられるチタン、ジルコニウムおよびハフニウム原料中の酸素濃度が、150wtppm以上であることを特徴とする請求項16または17に記載の金属セラミック接合基板の製造方法。

20

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

この発明は、窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層を積層してなる金属セラミック接合基板及び、その製造方法に関するものであり、特に、微細な回路パターンの形成を可能にするとともに、パワーモジュール用基板として用いる場合に導体層上に搭載され得る半導体素子から生じる熱を有効に放散させることのできる技術を提案するものである。

30

**【背景技術】****【0002】**

民生機器用や、ガソリン自動車、電気自動車その他の車載用等として採用されることのあるパワーモジュール用基板は、セラミック基板をベース板上に固定配置するとともに、導体層上にパワートランジスタ等の半導体素子が搭載されて使用に供されるものであり、使用に際し、半導体素子が発する高熱をベース板に伝導させて、その熱を速やかに放散することが求められる。

**【0003】**

この種の金属セラミック接合基板は通常、銅等からなる導体層を、セラミック基板としてのアルミナ基板上に直接接合させたものが用いられているが、近年は、半導体素子やLED素子の発熱量が増加する傾向にあることから、セラミック基板として、アルミナ基板よりも熱伝導性に優れた窒化アルミニウム基板が使用されるようになってきている。

40

**【0004】**

ここで、導体層を構成する銅等の窒化物の形成は力学的に不安定であるので、窒化アルミニウム基板と導体層との直接接合は困難である。

そのため、金属セラミック接合基板のセラミック基板として、窒化アルミニウム基板を用いる場合は、窒化アルミニウム基板と導体層との間に、銀等の活性金属を含むろう材を介在させることで、それらの接合を実現している。

**【発明の概要】**

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

ところで、上述したように、窒化アルミニウム基板と導体層との間に、銀を含むろう材を介在させることにより、それらを接合させて、金属セラミック接合基板を製造した場合は、窒化アルミニウム基板と導体層とを強固に接合させるために、銀ろう材の厚みを比較的厚くせざるを得ないが、銀ろう材の厚みが厚くなると、たとえばピッチ100 $\mu\text{m}$ 以下の微細な回路パターンの形成が困難になるという問題があった。

また、このようにろう材の厚みを厚くすると、使用に際し、厚みのあるろう材が、半導体素子で生じる熱の放散を阻害し、金属セラミック接合基板による所要の放熱性能を確保できないことがあった。

10

## 【0006】

この発明は、従来技術が抱えるこのような問題を解決することを課題とするものであり、その目的とするところは、窒化アルミニウム基板と導体層とを、比較的薄い厚みの接合層によって有効に接合させることにより、微細な回路パターンを形成可能とし、また所要の放熱性能を発揮することのできる金属セラミック接合基板及び、その製造方法を提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

発明者は、窒化アルミニウムと銅又は銅合金とを強固に接合することのできる材料を鋭意検討し、チタン、ジルコニウム、ハフニウムがアルミニウムよりも窒化物として安定すること、及び、チタン、ジルコニウム、ハフニウムが銅ないし銅合金と少量固溶することに着目して、これらの材料が、窒化アルミニウム基板と導体層との接合層として極めて有効であることを見出した。

20

## 【0008】

そして、窒化アルミニウム基板と導体層とを、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムの薄膜層の介在下でホットプレス等することで、製造された金属セラミック接合基板では、窒化アルミニウム基板に含まれる窒素及び、導体層に含まれる銅のそれぞれが、上記の薄膜層側に拡散するとともに化合物となって接合層を形成することにより、比較的薄い接合層で、窒化アルミニウム基板と導体層とが強固に接合されるとの知見を得た。

## 【0009】

このような知見に基き、この発明の金属セラミック接合基板は、窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層を積層してなる金属セラミック接合基板であって、前記窒化アルミニウム基板と導体層との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の化合物を含む接合層が介在し、該接合層の介在下で、前記窒化アルミニウム基板と導体層とが接合されてなるものである。尚、本発明における窒化チタン、窒化ジルコニウム、窒化ハフニウムとは、窒素と、チタン、及び又は、ジルコニウム、及び又は、ハフニウム、との化合物を意味しており、必ずしも、窒素と上記金属との組成が1:1である化合物のみを意味するものではない。

30

## 【0010】

ここで、この発明の金属セラミック接合基板では、前記接合層の厚みが500nm以上かつ5000nm以下であること、前記導体層から接合層への銅の拡散距離が、該導体層と接合層との界面から厚み方向に沿って測って200nm以上であること、及び、前記接合層中の酸素濃度が $3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることがそれぞれ好ましい。

40

銅の拡散距離が、上述したように200nm以上である場合、接合層の厚み方向で、導体層と接合層との界面から窒化アルミニウム基板側に向かって、200nm離れた位置における接合層中の銅の濃度は $8 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることが好ましい。

## 【0011】

またここで、この発明の金属セラミック接合基板では、前記窒化アルミニウム基板と導体層とのピール強度は、0.4kN/m以上であることが好ましい。さらに、窒化アルミ

50

ニウム基板と導体層とのピール強度は、 $0.6 \text{ kN/m}$ 以上であることがより好ましい。

そしてまた、前記窒化アルミニウム基板を、曲げ強度が $300 \text{ MPa}$ 以上であり、表面粗さ $R_a$ が $0.1 \mu\text{m}$ 以上かつ $5 \mu\text{m}$ 以下であり、表面における $1 \mu\text{m}$ 以上の欠陥が $10 \text{ 個/mm}^2$ 以下であるものとするのが好ましい。

【0012】

またここでは、前記導体層を構成する銅または銅合金の導電率が $\text{IACS} 80\%$ 以上であること、及び、該導体層の厚みが $10 \mu\text{m}$ 以上かつ $200 \mu\text{m}$ 以下であることが好適である。

【0013】

この金属セラミック接合基板では、接合層の厚み方向で、窒化アルミニウム基板と接合層との界面から導体層側に向かって、 $400 \text{ nm}$ 離れた位置における窒素の濃度が、 $2 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることが好ましい。

10

【0014】

そしてまた、前記接合層中の、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムの含有量は、該接合層の厚み方向の中間領域にピークを有し、該中間領域から厚み方向で導体層側及び窒化アルミニウム基板側のそれぞれに向かうに従い減少していることが好ましい。

【0015】

以上に述べたような金属セラミック接合基板は、車載用又は民生機器搭載用のパワー半導体素子が搭載されるパワーモジュール用基板であること、前記導体層に回路パターンが形成された金属回路基板であること、LED用基板であること、MEMS用基板であることが好適である。また、この発明の金属セラミック接合基板は、マルチコアMCUに用いられるものであることが好ましい。

20

【0016】

またこの発明の金属セラミック接合基板の製造方法は、窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層を積層してなる金属セラミック接合基板を製造する方法であって、窒化アルミニウム基板又は導体層の、少なくとも一方の表面上に、チタン、ジルコニウム及びハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種を、スパッタリング法又は蒸着法により、膜厚が $300 \text{ nm}$ 以上になるまで成膜し、その後、成膜した薄膜層上に、導体層又は窒化アルミニウム基板を、真空又は不活性ガス雰囲気の下、 $600$ 以上かつ $1000$ 以下の温度条件で、 $0.1 \text{ MPa}$ 以上かつ $10 \text{ MPa}$ 以下の加圧力の作用により圧着させて、前記窒化アルミニウム基板と導体層とを接合することにある。

30

【0017】

この製造方法で好ましくは、前記窒化アルミニウム基板と導体層とを接合する際の温度を、 $600$ 以上かつ $950$ 以下とする。

また、この製造方法で好ましくは、前記スパッタリング法又は蒸着法による成膜の際に用いられるチタン、ジルコニウムおよびハフニウム原料中の酸素濃度が、 $150 \text{ wt ppm}$ 以上である。

【発明の効果】

【0018】

この発明の金属セラミック接合基板によれば、窒化アルミニウム基板と導体層との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び/又は窒化ハフニウムを含む接合層が介在することにより、従来技術の銀ろう材に比して薄い厚みの接合層で構成でき、該接合層により、半導体素子から発生する熱を、有効に放散することができ、その結果として、放熱性能を大きく高めることができる。さらに、窒化アルミニウム基板と導体層とを強固に接合することができるので、微細な回路のパターニングが可能になる。

40

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】この発明の金属セラミック接合基板の一実施形態を示す概略断面図である。

【図2】この発明の金属セラミック接合基板の一例における各元素の含有量の、厚み方向

50

の分布を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、この発明の実施の形態について詳細に例示して説明する。

この発明の金属セラミック接合基板1は、図1に概略的に示すように、窒化アルミニウム基板2の少なくとも一方の表面側に、銅又は銅合金からなる導体層3を積層して構成されるものであって、前記窒化アルミニウム基板2と導体層3との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の化合物を含む接合層4が介在し、かかる接合層4の介在下で、前記窒化アルミニウム基板2と導体層3とが接合されたものである。

10

なお、図示の実施形態では、窒化アルミニウム基板2の一方の表面だけに、導体層3を積層させているが、図示は省略するが、窒化アルミニウム基板の両面のそれぞれに導体層を積層させたものとする 것도可能である。

【0021】

ここで、上記の導体層3は、回路パターンが形成され得るものであって、純銅又は銅合金からなるものである。

導体層3を純銅で構成する場合、タフピッチ銅、脱酸銅又は、無酸素銅等を用いることができる。

一方、導体層3を銅合金からなるものとする場合、この銅合金は、銅の他、銀、錫及びジルコニウムから選択される少なくとも一種を、二種以上の場合は合計で0.05重量%以上かつ0.3重量%以下で含有するものとすることができる。好ましくは、上記の銅合金はCu-0.1重量%Zr合金またはCu-0.12重量%Sn合金とする。

20

【0022】

またここで、窒化アルミニウム基板2は、窒化アルミニウム(AlN)を主成分とするセラミック基板であり、この窒化アルミニウム基板2中の窒化アルミニウムの濃度は、たとえば、90重量%~99.5重量%とすることができる。窒化アルミニウム2は、アルミナ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)等に比して熱伝導性に優れ、しかも熱膨張率が低いことから、この種の金属セラミック接合基板のセラミック基板として用いることが有効である。

窒化アルミニウム基板2は、窒化アルミニウムの他、Ca、Y及び からなる群から選択される一種以上の元素を含有することができ、この場合、Ca、Y及び の濃度は合計で、0.5重量%~10重量%とすることができる。

30

【0023】

このような窒化アルミニウム基板2に含まれる窒素は、導体層3に含まれる銅と結びついて窒化物を形成した場合に熱力学的に不安定であることから、窒化アルミニウム基板2と導体層3とを直接的に接合することは困難である。

それ故に、この発明の金属セラミック接合基板1では、窒化アルミニウム基板2と導体層3との間に、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の化合物を含む接合層4を介在させることとし、この接合層4が、窒化アルミニウム基板2と導体層3とを強固に接合するべく機能する。

【0024】

40

図2に、この発明の金属セラミック接合基板の一例の各元素の含有量の、厚み方向の分布を例示する。

この図2は、厚み0.635mmの窒化アルミニウム基板2と、タフピッチ銅からなる厚み33µmの導体層3との間に、窒化チタンを含む厚み500nmの接合層4を介在させた金属セラミック接合基板1で、その厚み方向に沿う断面で、電子線マイクロアナライザ(EPMA:Electron Probe Micro Analyser)を用いて、各元素の厚み方向の相対的な量の大小を調べ、厚み方向に沿う各元素の存在プロファイルを示したものであり、ここでは、横軸に厚み方向の位置を示し、縦軸に各元素のEPMAでのカウント数を示している。

【0025】

50

また、本発明において、製造された金属セラミック接合基板中の不純物濃度の定量分析は、二次イオン質量分析法（SIMS：Secondary Ion Mass Spectrometry）を用いて行われた。

【0026】

この発明では、後述するような製造方法等によって金属セラミック接合基板1を製造することで、図2に示す金属セラミック接合基板1のように、導体層3に含まれる銅が、図2の二本の破線の間にはさまれる接合層4の領域に拡散していることが好ましい。

この場合、接合層4の銅が存在する領域では、チタン等と銅との化合物が形成されると解され、これが、窒化アルミニウム基板2と導体層3との接合に有効に寄与すると考えられる。

【0027】

なおここで、接合層4の厚みとは、金属セラミック接合基板1の厚み方向で、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムが存在する領域の長さを意味する。従って、接合層4の界面は、金属セラミック接合基板1の厚み方向で、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムが存在する最も導体層3側及び最も窒化アルミニウム基板2側の位置を意味する。

【0028】

またこの発明では、図2に示す一例のように、窒化アルミニウム基板2に含まれる窒素が拡散して、窒素が接合層4の領域に存在すること等により、接合層4には、当該窒素とチタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムとの化合物である窒化チタン、窒化ジルコニウム及び/又は窒化ハフニウムが含まれる。

より詳細には、窒素は、金属セラミック接合基板1の厚み方向で、窒化アルミニウム基板2と接合層4との界面から導体層側に向かって、400nm離れた位置における窒素の濃度が $2 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ 以上であることが好ましい。なお、窒化アルミニウム基板2と接合層4との界面から400nm離れた位置における窒素の濃度は、たとえば、 $5 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$ とすることができる。

【0029】

窒化アルミニウム基板2に含まれる窒素が接合層4に拡散することで、接合層4の窒素が存在する領域では、窒化チタン、窒化ジルコニウム及び窒化ハフニウムのうちの少なくとも一種の化合物が形成されて、窒化アルミニウム基板2と導体層3とを強固に接合することができる。

【0030】

また図2に示すところでは、接合層4中のチタンは、窒化アルミニウム基板2側及び導体層3側のそれぞれに拡散したことによって、接合層4の厚み方向の中間領域、この場合は略中央付近に含有量のピークを有するとともに、窒化アルミニウム基板2側及び導体層3側のそれぞれに向かうに従って、含有量が次第に減少している。これは、接合層4の、導体層3に隣接する領域では、接合層4側に拡散した銅とチタンとの化合物が形成されており、また、接合層4の、窒化アルミニウム基板2に隣接する領域では、接合層4側に拡散した窒素と窒化チタンが形成されていることによるものと考えられ、それにより、窒化アルミニウム基板2と導体層3との接合が強固になると解される。

そのため、この発明の金属セラミック接合基板1では、接合層4中の、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムの含有量は、接合層4の厚み方向の中間領域にピークを有し、該中間領域から厚み方向で導体層側及び窒化アルミニウム基板側のそれぞれに向かうに従い減少していることが好ましい。

ここでいう中間領域は、窒化アルミニウム基板2と接合層4との界面および、導体層3と接合層4との界面を含まない接合層4の厚み方向の領域であり、たとえば、窒化アルミニウム基板2側のチタン濃度が $2 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ となる位置と、導体層側のチタン濃度が $5 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ となる位置との間の領域を意味するものとすることができる。

【0031】

以上に述べたような接合層 4 では、従来の銀ろう材に比して薄い厚みで、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とを有効に接合させることができ、且つ、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とのピール強度を、回路基板として要求される十分な強度を確保するため、チタン、ジルコニウム及び / 又はハフニウムが存在する領域の厚み方向の長さである接合層 4 の厚みが、500 nm 以上かつ 5000 nm 以下であることが好ましく、またこの場合、導体層 3 から接合層 4 への銅の拡散距離は、該導体層 3 と接合層 4 との界面から窒化アルミニウム基板 2 に向けて測って 200 nm 以上であることが好ましい。

言い換えれば、接合層 4 の厚みが 500 nm より薄く、銅の拡散距離が 200 nm より小さい場合は、回路基板として要求される所要のピール強度が得られない可能性があり、使用時の熱サイクルによって導体層 3 が剥離することが懸念される。

10

#### 【0032】

このように、銅が、導体層 3 と接合層 4 との界面から、窒化アルミニウム基板 2 側に向けて 200 nm 以上離れて拡散している場合、導体層 3 と接合層 4 との界面から窒化アルミニウム基板 2 側に向かって、200 nm 離れた位置における接合層 4 中の銅の濃度は、 $8 \times 10^{20} \text{ atoms/cm}^3$  以上であることが好適である。

#### 【0033】

それにより、導体層 3 から接合層 4 へと拡散した銅が、接合層 4 のチタン、ジルコニウム及び / 又はハフニウムとの化合物を形成して、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 との十分強固な接合を実現することができる。なお、接合層 4 の厚みは、5000 nm 以下とすることが、微細な回路パターンの形成を可能にするとの観点から好ましい。より好ましくは、接合層 4 の厚みを、500 nm ~ 3000 nm、特に、800 nm ~ 2000 nm とする。

20

接合層 4 中の酸素濃度が低いと上記のピール強度が低下することがあるので、この酸素濃度は、 $3 \times 10^{19} \text{ atoms/cm}^3$  以上とすることが好ましい。一方、酸素の上限は  $1 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^3$  とすることが好適である。

#### 【0034】

また、窒化アルミニウム基板 2 の少なくとも導体層 3 が積層される表面の表面粗さ  $R_a$  (算術平均粗さ  $R_a$ ) は、JIS B0601 に準拠して測定して、0.1  $\mu\text{m}$  以上かつ 5  $\mu\text{m}$  以下とすることが好ましい。これはすなわち、窒化アルミニウム基板 2 の当該表面の表面粗さ  $R_a$  が小さすぎると、ピール強度が小さくなって所要の接合力を確保し得ない可能性があり、また、当該表面の表面粗さ  $R_a$  が大きすぎると、該表面が粗くなって回路をパターンニングする際の精度低下のおそれがあるからである。

30

#### 【0035】

このようにして、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とを強固に接合することができるが、具体的には、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とのピール強度は、0.4 kN/m 以上であることが好ましい。さらに、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とのこのピール強度は、0.6 kN/m 以上であることがより好ましい。

このピール強度は、JIS C6481 に定義される引き剥がし強さを意味する。

#### 【0036】

ところで、この種の金属セラミック接合基板 1 は、後述する製造方法のように、チタン、ジルコニウム及び / 又はハフニウムを介して、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 とを接合する際にホットプレスした場合、窒化アルミニウム基板 2 と導体層 3 との熱膨張差に起因して、その接合時に基板が反ったり、割れたりすることがある。

40

また、金属セラミック接合基板 1 は、その使用時に、導体層 3 上に搭載される図示しない半導体素子から繰り返し熱が伝導することによる熱サイクルの影響を受けることになり、この際に剥離が生じる場合もある。

#### 【0037】

このことに対処するため、窒化アルミニウム基板 2 の曲げ強度は、JIS R1692 に準拠して測定して、300 MPa 以上とすることが好ましい。それにより、熱膨張差に起因する基板の割れや剥離を有効に防止することができる。

50

## 【 0 0 3 8 】

また、このような熱膨張差による基板の反りや割れを防止するため、導体層3の厚みは、 $200\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好適である。

一方、導体層3の厚みが薄すぎると、接合層4の影響によって配線の導電率が低下する可能性がある。このため、導体層3の厚みは、 $10\ \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。なお、導体層3を構成する銅または銅合金の導電率は、IACS80%以上であれば導体層として有効に機能することができる。この導電率は、JIS H0505に基いて測定することができる。

## 【 0 0 3 9 】

なおここで、窒化アルミニウム基板2の表面に $1\ \mu\text{m}$ 以上の欠陥が多数存在すると、微細パターンングで配線欠陥が生じるおそれがある。

そのため、窒化アルミニウム基板2の表面における $1\ \mu\text{m}$ 以上の欠陥は、 $10\ \text{個}/\text{mm}^2$ 以下であることが好ましい。ここで、欠陥とは、ポア(pore)またはボイド(void)、脱粒のことをいい、形状は、鏡面研磨した窒化アルミニウム基板の表面上に、大きさが長辺 $1\ \mu\text{m}$ 以上であり、微小な凹み形状をした空隙である。また欠陥密度は、 $1000$ 倍の視野でSEM観察して、欠陥の個数をカウントし、SEMの視野面積から、 $1\ \text{mm}^2$ 当たりの欠陥数に換算して求めることができる。

## 【 0 0 4 0 】

以上に述べたような金属セラミック接合基板1を製造するに当たっては、はじめに、窒化アルミニウム基板の少なくとも一方の表面上に、チタン、ジルコニウム及びハフニウムからなる群から選択される少なくとも一種の単体元素を、スパッタリング法又は蒸着法により成膜させる。

ここでは、スパッタリング、イオンプレーティング又は真空蒸着等の公知の方法を用いて、窒化アルミニウム基板の表面上に、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムの薄膜層を生成することができる。

スパッタリング法又は蒸着法は、窒化アルミニウム基板の表面上のこの薄膜層の膜厚が $300\ \text{nm}$ 以上となるまで実施する。

ここで、上記のスパッタリング法又は蒸着法では、窒化アルミニウム基板の表面への成膜に用いるチタン、ジルコニウムおよびハフニウム原料中の酸素濃度を、 $150\ \text{wtppm}$ 以上とすることが、ピール強度の向上の観点から好ましい。これはすなわち、酸素が存在すると窒化アルミニウム基板中の窒素との置換反応が促進されて、 $\text{AlN}$ が $\text{Al}_2\text{O}_3$ となり、吐き出された窒素が $\text{TiN}$ を形成する。従って、ここでの酸素が少ないと、製造された金属セラミック接合基板で窒素の接合層への拡散が不十分となり十分なピール強度が得られないことが懸念される。一方、酸素が多すぎると窒素と酸素の反応により $\text{NO}_x$ が生成し境界部にガス溜りができ、剥離が生じる可能性がある。

## 【 0 0 4 1 】

しかる後は、窒化アルミニウム基板の表面上に成膜した上記の薄膜層上に、銅又は銅合金からなる導体層を押圧して圧着させる。

この圧着は、真空又は不活性ガスの雰囲気の下、温度 $600\sim 1000$ 、好ましくは $600\sim 950$ で行うものとし、重ね合せた窒化アルミニウム基板と導体層の両側から、 $0.1\ \text{MPa}\sim 10\ \text{MPa}$ の加圧力を作用させる。

## 【 0 0 4 2 】

このようなホットプレスにより、図2に例示する金属セラミック接合基板のように、導体層に含まれる銅が、チタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムの薄膜層側に拡散するとともに、窒化アルミニウム基板に含まれる窒素が、当該薄膜層側に拡散し、さらに、薄膜層のチタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムが窒化アルミニウム基板側及び導体層側のそれぞれに拡散することになる。

それにより、導体層側では銅とチタン、ジルコニウム及び/又はハフニウムとの化合物が、また窒化アルミニウム基板側では窒化チタン、窒化ジルコニウム及び/又は窒化ハフニウムがそれぞれ存在する接合層が形成される。

10

20

30

40

50

## 【0043】

その結果として、それぞれの界面での拡散作用に起因する化合物の形成により、接合層の厚みがそれほど厚くなくとも、導体層と窒化アルミニウム基板とが強固に接合された金属セラミック接合基板を製造することができ、微細な回路パターンの形成が可能になる。

それ故に、この発明の金属セラミック接合基板は、セラミック基板をベース板上に固定配置するとともに、導体層上にパワートランジスタ等の半導体素子が搭載されて使用されるパワーモジュール用基板として用いることが好適である。

なお、回路パターンの形成方法は特に限定されるものではないが、たとえば、フォトリソ工程を利用し、マスクパターンを形成して、不要金属箔部分をエッチングで除去して作製すること等により、回路パターンを形成することが可能である。

10

## 【0044】

この発明の金属セラミック接合基板は、車載用又は民生機器ないし工作機械搭載用のパワー半導体素子が搭載されるパワーモジュール用基板とする他の、たとえば液晶のバックライト向けのLED (Light Emitting Diode) や、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems)、モバイル機器のRF (Radio Frequency) モジュール、スイッチングモジュール、アンテナスイッチモジュール、PA (Power Amplifier) モジュール、フィルタモジュール用の基板とすることができる。

このパワー半導体モジュールとしては、たとえば、IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor)、MOS-FET (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) モジュール等を挙げることができる。

20

また、この発明の金属セラミック接合基板は、複数の演算装置 (CPU) を搭載し、たとえばパワートレイン・システムその他の車両システム等で使用され得るマルチコアMCU (Micro Control Unit) に用いることもできる。

## 【実施例】

## 【0045】

次に、金属セラミック接合基板を試作し、その性能を確認したので以下に説明する。但し、ここでの説明は、単なる例示を目的としたものであり、それに限定されることを意図するものではない。

## 【0046】

この発明の製造方法に従う実施例1~28の方法により、窒化アルミニウム基板と導体層とを、それらの間に窒化チタンを含む接合層を介在させて接合させ、表1に示す各金属セラミック接合基板を得た。実施例1~28の製造方法の条件を表2に示す。また、この発明の製造方法の条件から外れる比較例1~25の方法により、表3に示す各金属セラミック接合基板を得た。比較例1~25の製造方法の条件を表4に示す。

30

なおここで、表1~4から、接合層中の銅の拡散距離は、ホットプレス時の温度によって変化することが解かる。

## 【0047】

実施例1~28の及び比較例1~25の方法により製造した上記の各金属セラミック基板に対し、JIS B0601に従ってピール強度試験を行い、それらのピール強度を測定した。このピール強度試験は具体的には、銅板の一端部が基板の外部に5mm程度突出するように、また、接合面積を10mm×10mmとして接合し、これを50mm/minの速度で90度上方に引っ張り上げるのに要する単位幅当りの力 (剥離強度) を算出し、評価した。

40

## 【0048】

また、実施例1~28及び比較例1~25の方法により製造した各金属セラミック基板に対し、インターバル5秒で、-40~120の低温および高温による熱サイクルを、300回繰り返し与えた後、蛍光探傷検査を行って、実施例1~28及び比較例1~25の方法により製造した各基板の反りおよび割れもしくは剥がれを調査した。

これらの試験結果も表2及び表4に示す。表2及び表4中、熱サイクル後の基板の反りおよび割れもしくは剥がれの項目における「」は、上述した熱サイクル後に基板の反り

50

ないし割れ、剥がれが生じなかったことを示し、また、同項目における「×」は、熱サイクル後に反りないし割れ、剥がれが生じたことを示す。この項目における「-」は評価不能であったことを示す。

【 0 0 4 9 】

【表 1】

	AlN基板			導体層		接合層			
	厚み ( $\mu\text{m}$ )	表面粗さ $R_a$ ( $\mu\text{m}$ )	曲げ強度 (MPa)	組成 (質量%)	厚み ( $\mu\text{m}$ )	組成	厚み (nm)	Cu拡散距離 (nm)	酸素濃度 ( $10^{19}\text{atom s/cm}^3$ )
実施例 1	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	300	15
実施例 2	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	300	30
実施例 3	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	300	90
実施例 4	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	30
実施例 5	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	90
実施例 6	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	1000	300	3
実施例 7	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	1000	300	90
実施例 8	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	1000	200	3
実施例 9	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	1000	200	60
実施例 10	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	2500	300	55
実施例 11	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	4500	300	65
実施例 12	635	0.1	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	15
実施例 13	635	0.3	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	15
実施例 14	635	1	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	15
実施例 15	635	0.05	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	15
実施例 16	635	0.2	320	タフピッチ銅	10	TiN	500	200	60
実施例 17	635	0.2	320	タフピッチ銅	100	TiN	500	200	60
実施例 18	635	0.2	320	タフピッチ銅	200	TiN	500	200	60
実施例 19	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	200	60
実施例 20	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	260	60
実施例 21	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	400	60
実施例 22	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	210	60
実施例 23	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	280	60
実施例 24	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	460	60
実施例 25	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	HfN	900	250	50
実施例 26	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	HfN	450	200	52
実施例 27	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	ZrN	950	260	60
実施例 28	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	ZrN	470	230	63

10

20

30

【 0 0 5 0 】

【表 2】

	薄膜形成			ホットプレス			試験結果		
	組成	形成方法	厚み (nm)	雰囲気	温度 (°C)	加圧力 (MPa)	ピール強度 (kN/m)	熱サイクル後基板の反り	熱サイクル後基板の割れ又は剥がれ
実施例 1	Ti	スパッタリング	300	真空	900	0.1	0.6	○	○
実施例 2	Ti	スパッタリング	300	真空	900	0.1	0.7	○	○
実施例 3	Ti	スパッタリング	300	真空	900	0.5	1	○	○
実施例 4	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.5	0.6	○	○
実施例 5	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.5	0.7	○	○
実施例 6	Ti	スパッタリング	600	真空	900	1.0	1.6	○	○
実施例 7	Ti	スパッタリング	600	真空	900	1.0	1.8	○	○
実施例 8	Ti	スパッタリング	600	真空	700	1.0	1.2	○	○
実施例 9	Ti	スパッタリング	600	真空	700	1.0	1.5	○	○
実施例 10	Ti	スパッタリング	1500	真空	900	5.0	2.6	○	○
実施例 11	Ti	スパッタリング	2700	真空	900	5.0	2.6	○	○
実施例 12	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.1	0.6	○	○
実施例 13	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.5	0.7	○	○
実施例 14	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.5	0.9	○	○
実施例 15	Ti	スパッタリング	300	真空	700	0.1	0.4	○	○
実施例 16	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.7	○	○
実施例 17	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.6	○	○
実施例 18	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.6	○	○
実施例 19	Ti	スパッタリング	300	真空	600	0.1	0.6	○	○
実施例 20	Ti	スパッタリング	300	真空	800	1.0	1.3	○	○
実施例 21	Ti	スパッタリング	300	真空	950	1.0	1.5	○	○
実施例 22	Ti	スパッタリング	300	真空	600	10	1.4	○	○
実施例 23	Ti	スパッタリング	300	真空	800	10	2	○	○
実施例 24	Ti	スパッタリング	300	真空	950	10	2.8	○	○
実施例 25	Hf	スパッタリング	600	真空	900	5.0	1.5	○	○
実施例 26	Hf	スパッタリング	300	真空	700	5.0	0.9	○	○
実施例 27	Zr	スパッタリング	600	真空	900	1.0	1.0	○	○
実施例 28	Zr	スパッタリング	300	真空	700	5.0	1.3	○	○

10

20

【 0 0 5 1 】

【表 3】

	AIN基板			導体層		接合層			
	厚み (μm)	表面粗さRa (μm)	曲げ強度 (MPa)	組成 (質量%)	厚み (μm)	組成	厚み (nm)	Cu拡散距離 (nm)	酸素濃度 (10 <sup>19</sup> atom s/cm <sup>3</sup> )
比較例 1	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	300	300	90
比較例 2	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	300	300	150
比較例 3	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	1000	100	150
比較例 4	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	2000	100	150
比較例 5	635	0.2	285	タフピッチ銅	10	TiN	500	200	60
比較例 6	635	0.2	285	タフピッチ銅	10	TiN	500	200	60
比較例 7	635	0.2	285	タフピッチ銅	200	TiN	500	200	60
比較例 8	635	0.2	400	タフピッチ銅	300	TiN	500	200	60
比較例 9	635	0.2	450	タフピッチ銅	300	TiN	500	200	60
比較例 10	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	330	60
比較例 11	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	480	60
比較例 12	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	TiN	500	240	60
比較例 13	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	700	600	30
比較例 14	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	700	600	30
比較例 15	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	700	600	30
比較例 16	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	700	400	30
比較例 17	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	700	400	30
比較例 18	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	1300	600	30
比較例 19	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	1300	500	30
比較例 20	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	1300	400	30
比較例 21	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	1300	400	30
比較例 22	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	500	600	30
比較例 23	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	500	600	30
比較例 24	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	1300	300	30
比較例 25	635	0.2	320	タフピッチ銅	33	AgCu	2400	300	30

30

40

【 0 0 5 2 】

50

【表 4】

	薄膜形成			ホットプレス			試験結果		
	組成	形成方法	厚み (nm)	雰囲気	温度 (°C)	加圧力 (MPa)	ピール強度 (kN/m)	熱サイクル後 基板の反り	熱サイクル後 基板の割れ 又は剥がれ
比較例 1	Ti	スパッタリング	200	真空	900	0.1	0.2	○	○
比較例 2	Ti	スパッタリング	200	真空	900	0.5	0.2	○	○
比較例 3	Ti	スパッタリング	600	真空	550	0.5	0.3	○	○
比較例 4	Ti	スパッタリング	1300	真空	550	0.5	0.3	○	○
比較例 5	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.8	○	×
比較例 6	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.7	×	○
比較例 7	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.6	-	×
比較例 8	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.7	-	×
比較例 9	Ti	スパッタリング	300	真空	700	1.0	0.8	×	○
比較例 10	Ti	スパッタリング	300	真空	950	0.05	0.2	○	○
比較例 11	Ti	スパッタリング	300	真空	1030	0.05	-	-	×
比較例 12	Ti	スパッタリング	300	真空	600	15	-	-	×
比較例 13	Ag	スパッタリング	300	真空	900	0.1	0.1	○	×
比較例 14	Ag	スパッタリング	300	真空	900	0.1	0.1	○	×
比較例 15	Ag	スパッタリング	300	真空	900	0.5	0.1	○	×
比較例 16	Ag	スパッタリング	300	真空	700	0.5	<0.1	-	-
比較例 17	Ag	スパッタリング	300	真空	700	0.5	<0.1	-	-
比較例 18	Ag	スパッタリング	600	真空	900	1.0	0.1	○	×
比較例 19	Ag	スパッタリング	600	真空	900	1.0	0.1	○	×
比較例 20	Ag	スパッタリング	600	真空	700	1.0	<0.1	-	-
比較例 21	Ag	スパッタリング	600	真空	700	1.0	<0.1	-	-
比較例 22	Ag	スパッタリング	200	真空	900	1.0	0.1	○	×
比較例 23	Ag	スパッタリング	200	真空	900	1.0	0.1	○	×
比較例 24	Ag	スパッタリング	600	真空	550	5.0	<0.1	-	-
比較例 25	Ag	スパッタリング	1300	真空	550	5.0	<0.1	-	-

10

20

## 【0053】

表 2 及び 4 に示す結果から、実施例 1 ~ 28 の方法及び比較例 1 ~ 10 の方法により製造した金属セラミック接合基板はいずれも、接合層に窒化チタン、窒化ジルコニウム又は窒化ハフニウムが含まれることから、接合層に銀が含まれる比較例 13 ~ 25 の方法により製造した金属セラミック接合基板よりも大きなピール強度が発揮されていることが解かる。また、実施例 1 ~ 5、12 ~ 24、26、28 の方法による金属セラミック接合基板は、接合層厚みが 500 nm ないし 450 nm と薄いものの、比較例 13 ~ 25 の方法による金属セラミック接合基板よりも十分大きなピール強度が発揮されている。

30

## 【0054】

なお、比較例 11 及び 12 は、ホットプレス時の温度が 1030 を超えていて当該温度が高すぎるか、又は、ホットプレス時の加圧力が 15 MPa と大きすぎたことに起因して、ホットプレス時に基板が割れて、金属セラミック接合基板を製造することができず、ピール強度の測定及び、熱サイクル後の基板の反り、割れ及び剥がれの評価が不可能であった。

## 【0055】

また、実施例 1 ~ 28 の方法による金属セラミック接合基板はいずれも、熱サイクル後の反り、割れ及び剥がれが生じなかったが、接合層に銀が含まれる比較例 13 ~ 25 の方法による金属セラミック接合基板は、熱サイクル後の基板の状態が良好ではなかった。

40

比較例 5 ~ 9、11、12 の方法による金属セラミック接合基板は、窒化アルミニウム基板の曲げ強度が小さく、又は導体層厚みが厚いことに起因して、熱サイクル後に基板の反り、割れないし剥がれが発生した。

## 【0056】

以上の結果より、この実施例 1 ~ 28 の製造方法によれば、熱サイクル後の基板の状態が良好で、接合層厚みを薄くしても十分大きなピール強度を有する金属セラミック接合基板を製造できることが解かった。従って、これらの金属セラミック接合基板では、接合層の厚みを減少させることによって、放熱性能を有効に高め、また微細な回路パターンを形成することが可能になる。

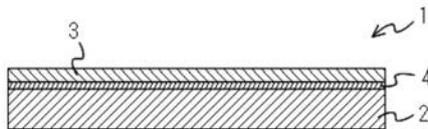
50

【符号の説明】

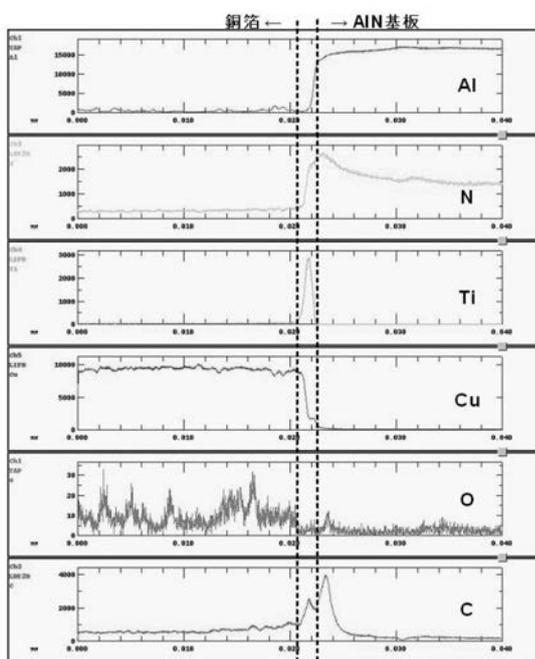
【0057】

- 1 金属セラミック接合基板
- 2 窒化アルミニウム基板
- 3 導体層
- 4 接合層

【図1】



【図2】



横軸1目盛:2μm

---

フロントページの続き

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード(参考)
<b>H 0 5 K</b>	<b>3/38</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H 0 5 K</b>	<b>3/38</b>	<b>E</b>	