

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 12 月 9 日 (09.12.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/107438 A1

(51) 国際特許分類: H01L 23/12, H01S 5/022
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/005955
(22) 国際出願日: 2004 年 4 月 23 日 (23.04.2004)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2003-152927 2003 年 5 月 29 日 (29.05.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 Osaka (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 天羽 映夫 (AMOH, Teruo) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 石井 隆 (ISHII, Takashi) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 松垣

賢次郎 (HIGAKI, Kenjiro) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 筑木 保志 (TSUZUKI, Yasushi) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP).

(74) 代理人: 中野 稔, 外 (NAKANO, Minoru et al.); 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

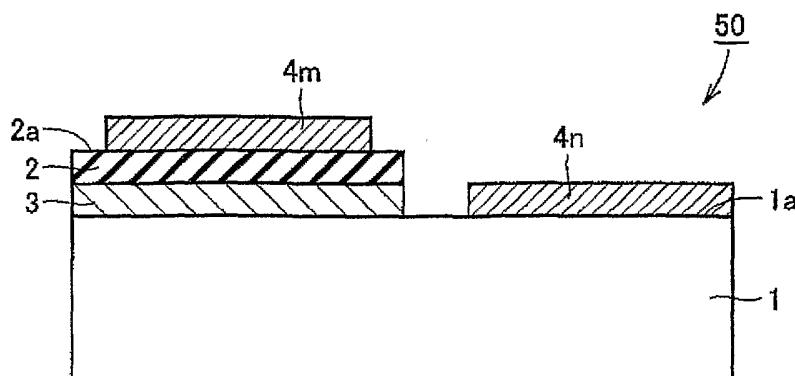
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,

/ 続葉有 /

(54) Title: SUBMOUNT AND SEMICONDUCTOR DEVICE USING SAME

(54) 発明の名称: サブマウントおよびそれを用いた半導体装置



(57) Abstract: A submount comprising an insulating film which realizes excellent insulation and enables a high precision patterning is disclosed. A semiconductor device using such a submount is also disclosed. A submount (50) comprises a conductive composite metal heat dissipating plate (1) which has a major surface (1a) and is composed of a composite material made of two or more metals or a composite material made of one or more metals and one or more ceramics, and an insulating film (2) formed on the major surface (1a) of the composite metal heat dissipating plate (1). The surface roughness parameters (Ra, Rz) of the insulating film (2) satisfy the relations: $Ra < 0.20 \mu m$ and $Rz < 2.0 \mu m$.

(57) 要約: 高精度なパターニングが可能であるとともに、優れた絶縁性を実現できる絶縁膜を備えるサブマウントおよびそれを用いた半導体装置を提供する。サブマウント50は、主表面1aを有し、2種以上の金属の複合体または1種以上の金属と1種以上のセラミックスとの複合体からなる導電性の複合金属放熱板1と、複合金属放熱板1の主表面1a上に形成された絶縁膜2とを備える。絶縁膜2の表面粗さRaおよびRzは、 $Ra < 0.20 \mu m$ および $Rz < 2.0 \mu m$ の関係を満たす。



WO 2004/107438 A1



SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明細書

サブマウントおよびそれを用いた半導体装置

技術分野

- 5 この発明は、一般的には、サブマウントおよびそれを用いた半導体装置に関し、より特定のには、半導体素子を搭載するためのサブマウントおよびそれを用いた半導体装置に関する。

背景技術

- 10 従来、半導体素子を搭載するサブマウント基板として、窒化アルミニウム（AlN）や炭化ケイ素（SiC）などからなる絶縁性基板上に回路パターンを描いたものが多く用いられている。しかし、近年需要の伸びている窒化ガリウム（GaN）やガリウム砒素（GaAs）からなる半導体素子を実装する場合、半導体素子と上述の絶縁性基板との熱膨張係数（線膨張係数、以下同様）に若干のずれがある。たとえば、窒化アルミニウムおよび炭化ケイ素の熱膨張係数が、 $3 \sim 5 \times 10^{-6}$ （/K）であるのに対して、窒化ガリウムおよびガリウム砒素の熱膨張係数は、ともにそれよりも大きい。このため、半導体素子が発熱した場合に、絶縁性基板との間に熱応力が発生し、半導体素子の特性が十分に発揮されないという問題があった。
- 15 そこで、銅-タングステン（CuW）合金または複合体（以後、合金と略す）や、銅-モリブデン（CuMo）合金または複合体（以後、合金と略す）などからなる導電性基板を、半導体素子を搭載するサブマウント基板として用いることが考案されている。銅-タングステン合金や銅-モリブデン合金の熱膨張係数は、窒化ガリウムおよびガリウム砒素の熱膨張係数により近いので、これらの合金からなる導電性基板を用いた場合、上述の問題を解決することができる。
- 20 25

このように半導体素子を搭載するサブマウント基板に導電性基板を用いる場合で、その導電性基板上に回路パターンを形成する場合は、形成する回路パターンの絶縁性を確保する必要が生じる。このため、導電性基板上にまず絶縁膜を設け、その絶縁膜上に回路パターンを形成することが行なわれている。

このように半導体素子を搭載するサブマウント基板に導電性基板を用いる内容が、たとえば、特開平5-326743号公報、および特開昭60-128697号公報に開示されている。これらの公報には、導電性基板上に設ける絶縁膜にダイヤモンドや擬似ダイヤモンドを使用することが開示されている。

5 このように、サブマウント基板に導電性基板を用いた場合、導電性基板上に絶縁膜を設けている。しかし、その絶縁膜にピンホールが形成されている場合、その部分が導通するため、導電性基板上に形成する回路パターン間の絶縁性が確保されないおそれがある。これによって、サブマウント基板に搭載される半導体素子が所望の状態に動作されないという問題が発生する。

10 また、半導体素子をサブマウント基板に実装するため、回路パターンの高精度化が要求されている。特に、近年において半導体素子の高集積化が進み、回路パターンの高精度化の要求は一層強まっている。このため、サブマウント基板上に設けた絶縁膜も高精度にパターニングできる必要がある。しかし、特開平5-326743号公報、および特開昭60-128697号公報に開示されているように絶縁膜にダイヤモンドを使用した場合、ダイヤモンドは高硬度であり、化学的に安定しているため、絶縁膜を高精度にパターニングすることが困難である。また、ダイヤモンドは高価であるため、サブマウントの製造コストが増大するという問題も発生する。

20 そこでこの発明の目的は、上記の課題を解決することであり、高精度なパターニングが可能であるとともに、優れた絶縁性を実現できる絶縁膜を備えるサブマウントおよびそれを用いた半導体装置を提供することである。

発明の開示

25 この発明に従ったサブマウントは、主表面を有し、2種以上の金属の複合体または1種以上の金属と1種以上のセラミックスとの複合体からなる導電性のサブマウント基板と、サブマウント基板の主表面上に形成された絶縁膜とを備える。絶縁膜の表面粗さ R_a および R_z は、 $R_a < 0.20 \mu m$ および $R_z < 2.0 \mu m$ の関係を満たす。表面粗さ R_a とは、JIS B 0601で規定されている算術平均粗さのことである。また、表面粗さ R_z とは、JIS B 0601で

規定されている十点平均粗さのことである。

このように構成されたサブマウントによれば、以下に説明する理由から備える絶縁膜によって優れた絶縁性を実現することができる。例えば、絶縁膜の表面粗さ R_a が $0.20\text{ }\mu\text{m}$ 以上または R_z が $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、絶縁膜の凹凸が、主にサブマウント基板の主表面の凹凸に起因している場合、つまり、主表面の表面粗さが大きい場合は、主表面上に絶縁膜を形成する際に、主表面の凹凸によって、絶縁膜にピンホールが形成されやすくなる。この場合、ピンホールが形成された部分に起因して、絶縁膜による絶縁性が十分に確保されないおそれがある。また、主表面の凹凸が大きすぎるために、絶縁膜の厚みが部分的に薄くなってしまうおそれがあり、その部分で絶縁性が確保されないおそれがある。

また、絶縁膜の表面粗さ R_a が $0.20\text{ }\mu\text{m}$ 以上または R_z が $2.0\text{ }\mu\text{m}$ 以上であり、絶縁膜の凹凸が、主に絶縁膜の膜質に起因している場合、つまり、絶縁膜の粒径が過度に大きかったり、絶縁膜がポーラス状であったり、絶縁膜にへこみ等の大きな欠陥があったり等する場合は、そのような膜質の影響で絶縁膜の厚みが部分的に薄くなってしまうおそれがあり、その部分で絶縁性が確保されないおそれがある。

なお、絶縁膜の表面粗さを上述の範囲とするために、サブマウント基板の主表面の表面粗さ R_a および R_z は、 $R_a < 0.10\text{ }\mu\text{m}$ および $R_z < 1.0\text{ }\mu\text{m}$ の関係を満たすことが好ましい。

また好ましくは、絶縁膜の厚み T は、絶縁膜の表面粗さ R_a の 10 倍以上 100 倍以下である。絶縁膜の厚み T は、絶縁膜の表面粗さ R_z の 2 倍以上 150 倍以下である。このように構成されたサブマウントによれば、絶縁膜を容易かつ高精度にパターニングできるとともに、絶縁膜による優れた絶縁性をより確実に実現することができる。

つまり、絶縁膜の厚み T を、絶縁膜の表面粗さ R_a の 10 倍以上、絶縁膜の表面粗さ R_z の 2 倍以上とした場合、絶縁膜の厚みが適度に確保されている。このため、主表面の凹凸によって絶縁膜にピンホールが形成されたとしても、絶縁膜の形成過程でピンホールが消滅し、絶縁性を確保することができる。また、絶縁膜の厚み T を、絶縁膜の表面粗さ R_a の 1000 倍以下、絶縁膜の表面粗さ R_z

の150倍以下とすることによって、絶縁膜の厚みが大きすぎるために絶縁膜のパターニングが容易に行なえないという事態を回避することができる。

また好ましくは、サブマウント基板は、銅-タングステン (CuW) 合金、銅-モリブデン (CuMo) 合金およびAlSiCからなる群より選ばれた少なくとも一種を含む。このように構成されたサブマウントによれば、これらの材料から形成されたサブマウント基板は、窒化ガリウムやガリウム砒素の熱膨張係数 (線膨張係数、以下同様) により近い熱膨張係数を有する。このため、サブマウントに窒化ガリウムやガリウム砒素からなる半導体素子を搭載する場合に、サブマウント基板と半導体素子との間に熱応力が発生することを抑制できる。これにより、半導体素子の特性を十分に発揮させることができる。

また好ましくは、絶縁膜は、二酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化タンタル (Ta_2O_5)、酸化アルミニウム (Al_2O_3) および窒化アルミニウム (AlN) からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む。このように構成されたサブマウントによれば、これらの材質から形成された絶縁膜によって高い絶縁性を実現することができる。また、ダイヤモンドから形成された絶縁膜と比較して、容易かつ高精度にパターニングすることができる。さらに、ダイヤモンドと比較して、安価に形成することができるためサブマウントの製造コストを削減することができる。

また好ましくは、サブマウントは、サブマウント基板と絶縁膜との間に形成され、絶縁膜に接触する密着膜をさらに備える。このように構成されたサブマウントによれば、サブマウント基板と絶縁膜との密着性を向上させることができる。これにより、絶縁膜をサブマウント基板に確実に保持することができる。

また好ましくは、密着膜は、チタン (Ti)、クロム (Cr)、ニッケル (Ni) -クロム (Cr) 合金およびタンタル (Ta) からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む。このように構成されたサブマウントによれば、これらの材質から形成された密着膜によって、絶縁膜をサブマウント基板に確実に保持することができる。

この発明に従った半導体装置は、上述のいずれかに記載のサブマウントを用いた半導体装置である。半導体装置は、サブマウントに搭載される半導体素子を備える。半導体素子の材料としては、たとえば、GaAs系、GaN系などの化合

物半導体が挙げられる。このように構成された半導体装置によれば、サブマウントによる上述の効果によって、半導体素子の特性を十分に発揮させることができる。

5 図面の簡単な説明

図 1 は、この発明の実施の形態 1 におけるサブマウントを示す断面図である。

図 2 は、図 1 中に示すサブマウントの製造方法の第 1 工程を示す断面図である。

10 図 3 は、図 1 中に示すサブマウントの製造方法の第 2 工程を示す断面図である。

図 4 は、図 1 中に示すサブマウントの製造方法の第 3 工程を示す断面図である。

図 5 は、この発明の実施の形態 2 におけるサブマウントを示す断面図である。

図 6 は、この発明の実施の形態 3 におけるサブマウントを示す断面図である。

15 図 7 は、この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す断面図である。

図 8 は、この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す断面図である。

図 9 は、この発明の実施の形態 6 における半導体装置を示す断面図である。

図 10 は、サブマウントの耐圧の測定方法を示す断面図である。

図 11 は、サブマウントのダイシアテストの方法を示す断面図である。

20

発明を実施するための最良の形態

この発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

(実施の形態 1)

図 1 は、この発明の実施の形態 1 におけるサブマウントを示す断面図である。

25 図 1 を参照して、サブマウント 50 は、主表面 1a を有する複合金属放熱板 1 と、主表面 1a 上に形成された絶縁膜密着層 3 と、絶縁膜密着層 3 上に形成され、頂面 2a を有する絶縁膜 2 と、頂面 2a 上に形成された電極 4m と、絶縁膜密着層 3、絶縁膜 2 および電極 4m とは別に主表面 1a 上に形成された電極 4n とを備える。

絶縁膜 2 および絶縁膜密着層 3 は、ほぼ同じ幅で形成されている。電極 4 m は、絶縁膜 2 の幅よりも小さい幅で形成されている。電極 4 m と電極 4 n とは、絶縁膜 2 によって電氣的に絶縁している。

複合金属放熱板 1 は、銅-タングステン (CuW) 合金または銅-モリブデン (CuMo) 合金から形成されている。また、複合金属放熱板 1 は、AlSiC のような金属とセラミックスとの複合体から形成されていても構わない。複合金属放熱板 1 の側面または底面に、はんだ接合用または防錆用のメタライズ層が形成されていても良い。このメタライズ層は、たとえば、ニッケル (Ni)、チタン (Ti)、白金 (Pt) または金 (Au) の単層膜、もしくはこれらが積層された多層膜から形成される。

複合金属放熱板 1 の熱膨張係数 (線膨張係数、以下同様) は、サブマウント 50 に搭載される半導体素子の熱膨張係数に近似していることが好ましい。たとえば、サブマウント 50 に窒化ガリウムやガリウム砒素からなる半導体素子を搭載する場合、複合金属放熱板 1 の熱膨張係数は、 1.0×10^{-6} (1/K) 以下であることが好ましい。また、同様の場合、複合金属放熱板 1 の熱膨張係数は、 5.0×10^{-6} (1/K) 以上 7.0×10^{-6} (1/K) 以下であることがさらに好ましい。この場合、半導体素子が発熱しても、複合金属放熱板 1 と半導体素子との間に熱応力が発生することを抑制できる。

複合金属放熱板 1 の熱伝導率は、高い方が好ましい。具体的には、複合金属放熱板 1 の熱伝導率は、 150 (W/m·K) 以上であることが好ましく、 200 (W/m·K) 以上であることがさらに好ましい。これにより、サブマウント 50 に搭載される半導体素子から発生した熱を、複合金属放熱板 1 を介して効率良く外部に放出することができる。

絶縁膜密着層 3 は、チタン (Ti)、クロム (Cr)、ニッケル-クロム合金 (NiCr)、タンタル (Ta)、およびこれらの化合物によって形成されている。絶縁膜密着層 3 は、 $0.01 \mu\text{m}$ 以上 $1.0 \mu\text{m}$ 以下の厚み、たとえば、 $0.1 \mu\text{m}$ の厚みで形成されている。このように形成された絶縁膜密着層 3 は、複合金属放熱板 1 との密着性が良好な材料で形成されているため、絶縁膜 2 を複合金属放熱板 1 に確実に保持する役割を果たす。

絶縁膜2は、二酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化タンタル (Ta_2O_5) および酸化アルミニウム (Al_2O_3) などの酸化物単層膜、窒化アルミニウム (AlN) などの窒化物単層膜、酸窒化物単層膜、ならびにこれらを組合せた多層膜によって形成されている。絶縁膜2によって、絶縁膜2を挟んだ上層と下層とが絶縁されて

5 いる。

絶縁膜2の頂面2aの表面粗さ R_a (算術平均粗さ) は、 $R_a < 0.20 \mu\text{m}$ の関係を満たす。絶縁膜2の頂面2aの表面粗さ R_z (十点平均粗さ) は、 $R_z < 2.0 \mu\text{m}$ の関係を満たす。絶縁膜2の頂面2aの表面粗さ R_a は、 $R_a < 0.05 \mu\text{m}$ の関係を満たすことが好ましい。絶縁膜2の頂面2aの表面粗さ R_z は、 $R_z < 0.5 \mu\text{m}$ の関係を満たすことが好ましい。

10

絶縁膜2の頂面2aの表面粗さが上述の関係を満たすために、主表面1aの表面粗さ R_a (算術平均粗さ) は、 $R_a < 0.10 \mu\text{m}$ の関係を満たすことが好ましい。主表面1aの表面粗さ R_z (十点平均粗さ) は、 $R_z < 1.0 \mu\text{m}$ の関係を満たすことが好ましい。主表面1aの表面粗さ R_a は、 $R_a < 0.03 \mu\text{m}$ の関係を満たすことがさらに好ましい。主表面1aの表面粗さ R_z は、 $R_z < 0.3 \mu\text{m}$ の関係を満たすことがさらに好ましい。

15

絶縁膜2の厚み T は、頂面2aの表面粗さ R_a の10倍以上1000倍以下であり、頂面2aの表面粗さ R_z の2倍以上150倍以下であることが好ましい。絶縁膜2の厚み T は、頂面2aの表面粗さ R_a の50倍以上500倍以下であり、頂面2aの表面粗さ R_z の5倍以上100倍以下であることがさらに好ましい。絶縁膜2は、たとえば、 $5.0 \mu\text{m}$ の厚みで形成されている。

20

電極4mおよび4nは、下から順に、チタン (Ti) 層、白金 (Pt) 層および金 (Au) 層の3層が積層された多層膜から形成されている。 Ti 層、 Pt 層および Au 層は、たとえば、 $0.1 \mu\text{m}$ 、 $0.2 \mu\text{m}$ および $0.6 \mu\text{m}$ の厚みで

25 形成されている。

電極4mおよび4nの Ti 層は、絶縁膜2および複合金属放熱板1にそれぞれ接触して形成されている。 Ti 層は、絶縁膜2および複合金属放熱板1との密着性が良好であるため、電極4mおよび4nのいわゆる密着層としての役割を果たす。この密着層を形成する材料としては、チタンのほかに、クロム (Cr)、ニ

ッケルクロム合金 (NiCr)、タンタル (Ta) およびこれらの化合物などを用いることができる。

電極 4 m および 4 n の Pt 層は、Ti 層の上部表面上に形成されたいわゆる拡散防止層である。この拡散防止層を形成する材料としては、白金のほかに、パラジウム (Pd)、ニッケルクロム合金 (NiCr)、タングステンチタニウム (TiW)、ニッケル (Ni) およびモリブデン (Mo) などを用いることができる。また、電極 4 m および 4 n の Au 層は、いわゆる電極層である。この電極層を形成する材料としては、金の他に、アルミニウム (Al)、銀 (Ag) およびこれらの合金などを用いることができる。また、密着層と拡散防止層とは必須ではなく、場合によっては省略しても構わない。

なお、本実施の形態では、複合金属放熱板 1 と絶縁膜 2 との間に絶縁膜密着層 3 を設けたが、本発明において絶縁膜密着層 3 は必須ではない。つまり、複合金属放熱板 1 の主表面 1 a 上に直接絶縁膜 2 が形成されていても良い。

図 2 から図 4 は、図 1 中に示すサブマウントの製造方法の工程を示す断面図である。図 1 から図 4 を用いて、図 1 中に示すサブマウント 50 の製造方法について説明を行なう。

図 2 を参照して、所定の材料から形成された複合金属放熱板 1 を準備する。銅-タングステン合金または銅-モリブデン合金からなる複合金属放熱板 1 を用いる場合、まず、タングステンまたはモリブデンの金属粉末をプレス成形することによって成形体とし、その成形体を非酸化性雰囲気下で焼結することによって多孔質の焼結体を得る。その焼結体に溶融した銅を浸透させて焼結体の空隙を埋めることによって、複合金属放熱板 1 を形成する。

また、AlSiC からなる複合金属放熱板 1 を用いる場合、所定の組成を有する合金粉末をガスアトマイズ法によって製造する。この際、平均シリコン粒径を 50 μ m 以下にすることが好ましい。この合金粉末を所定の温度以上に加熱した後、押し出し成形法等を用いて加工することによって、複合金属放熱板 1 を形成する。

次に、複合金属放熱板 1 の主表面 1 a の研磨を行なう。研磨方法としては、研削盤、サンドブラスト、サンドペーパーまたは砥粒などを用いた通常の研磨方法

を適用することができる。また、化学的機械研磨法（CMP ; Chemical Mechanical Polishing）を用いても構わない。この際、主表面 1 a の表面粗さ R_a および R_z が、 $R_a < 0.10 \mu m$ および $R_z < 1.0 \mu m$ の関係を満たすように主表面 1 a の研磨を行なうことが好ましい。

- 5 図 3 を参照して、主表面 1 a 上に絶縁膜密着層 3 を成膜する。この際、蒸着法またはスパッタリング法などによって、絶縁膜密着層 3 を成膜することが好ましい。

- なお、絶縁膜密着層 3 の成膜にめっき法を用いることは好ましくない。めっき法を用いた場合、通常めっきと下地との密着性を向上させるためにシンタ工程を行なう。このシンタ工程で複合金属放熱板 1 は高温になる。複合金属放熱板 1 には、熱膨張係数の異なる金属が含まれている。このため、複合金属放熱板 1 が高温になった時に複合金属放熱板 1 の表面粗さが大きくなり、絶縁膜 2 にピンホールが発生しやすくなるからである。また、絶縁膜密着層 3 の成膜に印刷法などを用いることは好ましくない。印刷法によって形成された厚膜メタライズは、パターン精度および平坦度の点において劣っているからである。

- 次に、絶縁膜密着層 3 上に絶縁膜 2 を成膜する。成膜された絶縁膜 2 の頂面 2 a の表面粗さ R_a および R_z は、 $R_a < 0.20 \mu m$ および $R_z < 2.0 \mu m$ の関係を満たす。また、絶縁膜 2 の厚み T が絶縁膜 2 の表面粗さ R_a の 10 倍以上 1000 倍以下となり、絶縁膜 2 の表面粗さ R_z の 2 倍以上 150 倍以下となるように絶縁膜 2 を成膜する。また、絶縁膜 2 の成膜には、蒸着法またはスパッタリング法を用いることが好ましい。これらの成膜方法によれば、複合金属放熱板 1 を高温にすることなく絶縁膜 2 の成膜を行なうことができる。

- 図 4 を参照して、メタルマスク法やフォトリソグラフィ法を用いることによって、絶縁膜密着層 3 および絶縁膜 2 を所定のパターン形状にパターンニングする。
- 25 高精度なパターンニングを行なうために、リフトオフ、ドライエッチングおよび化学エッチングなどの方法を採用することができる。

図 1 を参照して、絶縁膜 2 の頂面 2 a 上および複合金属放熱板 1 の主表面 1 a 上に、所定のパターン形状を有する電極 4 m および 4 n を形成する。以上に説明した工程によってサブマウント 50 が完成する。

このように構成されたサブマウント 50 によれば、絶縁膜 2 の頂面 2 a の表面粗さが所定の値より小さくなっている。このため、その絶縁膜 2 が形成された複合金属放熱板 1 の主表面 1 a も表面粗さが小さくなるように形成されている。このため、主表面 1 a 上に設けられる絶縁膜 2 にピンホールが形成されることを防
5 止できる。また、絶縁膜 2 は、絶縁膜 2 の頂面 2 a の表面粗さに対して十分に大きい厚み T で形成されている。以上の理由から、絶縁膜 2 によって優れた絶縁性を実現することができる。

また、絶縁膜 2 は、二酸化ケイ素など加工が容易な材料から形成されている。さらに、絶縁膜 2 は、絶縁性を得たうえで、必要以上に大きい厚みで形成されて
10 いない。このため、図 4 に示す工程において、絶縁膜 2 を容易かつ高精度にパターンニングすることができる。

(実施の形態 2)

図 5 は、この発明の実施の形態 2 におけるサブマウントを示す断面図である。図 5 を参照して、サブマウント 55 は、主表面 1 a を有する複合金属放熱板 1
15 と、主表面 1 a 上に形成された電極 4 q と、電極 4 q 上に形成された絶縁膜密着層 3 と、絶縁膜密着層 3 上に形成され、頂面 2 a を有する絶縁膜 2 と、頂面 2 a 上に形成された電極 4 p とを備える。

電極 4 q は、主表面 1 a の全面に渡って形成されている点で相違する。複合金属放熱板 1、絶縁膜 2 の頂面 2 a の表面粗さ、絶縁膜 2 の厚み T、およびその他
20 使用できる材料等については、実施の形態 1 におけるサブマウント 50 と同様であり、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。

(実施の形態 3)

図 6 は、この発明の実施の形態 3 におけるサブマウントを示す断面図である。図 6 を参照して、実施の形態 3 におけるサブマウント 60 は、実施の形態 2 にお
25 けるサブマウント 55 に、はんだバリア層 5 p および 5 q と、はんだ層 6 p および 6 q とをさらに備える。以下において重複する構造の説明は省略する。

はんだバリア層 5 p は、電極 4 p の幅よりも小さい幅で形成されている。はんだバリア層 5 q は、絶縁膜密着層 3 とは別に電極 4 q の頂面上に形成されている。はんだバリア層 5 p および 5 q の材料としては、たとえば、白金 (Pt)、

ニッケル-クロム合金 (NiCr) およびニッケル (Ni) などを用いることができる。はんだバリア層 5 p および 5 q は、たとえば、 $0.2\ \mu\text{m}$ の厚みで形成されている。なお、はんだバリア層はなくても構わない。

5 はんだバリア層 5 p 上には、はんだバリア層 5 p とほぼ同じ幅ではんだ層 6 p が形成されている。はんだバリア層 5 q 上には、はんだバリア層 5 q とほぼ同じ幅ではんだ層 6 q が形成されている。はんだ層 6 p および 6 q の材料としては、たとえば、錫 (Sn) 系はんだ、インジウム (In) 系はんだ、金錫 (AuSn) 系はんだ、金ゲルマニウム (AuGe) 系はんだ、鉛錫 (PbSn) 系はんだ、インジウム錫 (InSn) 系はんだ、および銀錫 (AgSn) 系はんだなど
10 の合金はんだ、これら合金はんだの積層体、これら合金はんだを構成する金属の積層体、ならびにこれら合金はんだと合金はんだを構成する金属との積層体を用いることができる。

なお、はんだ層 6 p および 6 q として金錫 (AuSn) 系はんだを用いる場合、その組成比としては金 (Au) が 65 質量%以上 85 質量%以下、または金
15 (Au) が 5 質量%以上 20 質量%以下であることが好ましい。

このように構成されたサブマウント 60 によれば、実施の形態 1 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。

(実施の形態 4)

図 7 は、この発明の実施の形態 4 における半導体装置を示す断面図である。図
20 7 を参照して、半導体装置 70 は、サブマウント 65 と、サブマウント 65 に搭載されたレーザーダイオード 8 とを備える。

サブマウント 65 は、主表面 1 a を有する複合金属放熱板 1 と、主表面 1 a 上に下から順に形成された絶縁膜密着層 3、頂面 2 a を有する絶縁膜 2、電極 4、
はんだバリア層 5 およびはんだ層 6 とによって構成されている。複合金属放熱板
25 1、絶縁膜 2 の頂面 2 a の表面粗さ、絶縁膜 2 の厚み T、およびその他使用できる材料等については、実施の形態 1 におけるサブマウント 50 と同様である。

はんだ層 6 とレーザーダイオード 8 の底面側に形成された電極 7 とが接続されることによって、サブマウント 65 にレーザーダイオード 8 が搭載されている。
レーザーダイオード 8 および電極 4 の頂面側からボンディングワイヤ 8 b が延び

ており、ボンディングワイヤ 8 b はサブマウント 6 5 上の所定の位置または外部電極に接続されている。

この発明の実施の形態 4 に従った半導体装置 7 0 は、サブマウント 6 5 を用いた半導体装置である。半導体装置 7 0 は、サブマウント 6 5 に搭載される半導体素子としてのレーザーダイオード 8 を備える。なお、本実施の形態では、半導体素子としてレーザーダイオード 8 を用いたが、発光ダイオードなどの各種半導体発光素子を用いることもできる。また、発光素子の発光部は、上面および下面のいずれであってもよい。

このように構成された半導体装置 7 0 によれば、レーザーダイオード 8 で発生する熱をサブマウント 6 5 を介して外部に放出できるとともに、絶縁膜 2 が示す優れた絶縁性によって、レーザーダイオード 8 の特性を十分に発揮させることができる。

(実施の形態 5)

図 8 は、この発明の実施の形態 5 における半導体装置を示す断面図である。図 8 を参照して、半導体装置 7 5 は、実施の形態 3 におけるサブマウント 6 0 と、サブマウント 6 0 に搭載されたレーザーダイオード 8 とを備える。

はんだ層 6 p とレーザーダイオード 8 の底面側に形成された電極 7 p とが接続され、はんだ層 6 q とレーザーダイオード 8 の底面側に形成された電極 7 q とが接続されることによって、サブマウント 6 0 にレーザーダイオード 8 が搭載されている。

このように構成された半導体装置 7 5 によれば、実施の形態 4 に記載の効果と同様の効果を奏することができる。

(実施の形態 6)

図 9 は、この発明の実施の形態 6 における半導体装置を示す断面図である。図 9 を参照して、半導体装置 8 0 は、実施の形態 2 におけるサブマウント 5 5 と、サブマウント 5 5 に搭載されたレーザーダイオード 8 とを備える。

電極 4 p とレーザーダイオード 8 の底面側に形成された電極 7 p とが Au バンプ 9 p を介して接続され、電極 4 q とレーザーダイオード 8 の底面側に形成された電極 7 q とが Au バンプ 9 q を介して接続されることによって、サブマウント

5 5にレーザーダイオード8が搭載されている。

このように構成された半導体装置80によれば、実施の形態4に記載の効果と同様の効果を奏することができる。

5 実施例

実施の形態1において図1から図4を用いて説明した製造方法に従ってサブマウントを作製し、そのサブマウントの評価試験を行なった。

図2に示す工程で、銅-タングステン合金(Cu; 10質量%、W; 90質量%)からなり、一辺の長さが40mmの正方形形状を有する厚み1.0mmの
10 複合金属放熱板1を準備した。主表面1aの表面粗さが所定の値となるように、複合金属放熱板1の研磨を行なった。図3に示す工程で、スパッタリング法を用いて、チタンからなる絶縁膜密着層3を主表面1a上に成膜した。絶縁膜密着層3の厚みを0.1 μ mとした。スパッタリング法を用いて、絶縁膜密着層3上に二酸化ケイ素または酸化アルミニウムからなる絶縁膜2を所定の厚みで成膜し
15 た。

図4に示す工程で、フォトリソグラフィ工程とドライエッチング工程とを順次行なうことによって、絶縁膜密着層3および絶縁膜2をパターンニングした。その後、絶縁膜2の頂面2aの表面粗さを測定した。図1に示す工程で、スパッタリング法を用いて、チタン、白金および金からなる積層膜を絶縁膜2上に成膜し
20 た。フォトリソグラフィ工程とリフトオフ工程とを順次行なうことによって、一辺の長さが1.0mmの正方形形状を有する電極4を形成した。

絶縁膜2の頂面2aの表面粗さRaおよびRzと、絶縁膜2の厚みTとをかえることによって、製造条件の異なる試料1から5のサブマウントを作製した。また、試料1から5のサブマウントの評価を行なうために、比較用試料1および2
25 を作製した。試料1から5ならびに比較用試料1および2のサブマウントの製造条件を表1にまとめた。

表1を参照して、試料1から5のサブマウントを本発明に従ったサブマウントとした。比較用試料1のサブマウントは、絶縁膜2の頂面2aの表面粗さが本発明で規定する範囲よりも大きい値となっている。また、比較用試料2のサブマウントは、絶縁膜2の厚みTが本発明で規定する範囲よりも小さい値となっている。

続いて、試料1から5ならびに比較用試料1および2のサブマウントを用いて耐圧試験を行なった。図10は、サブマウントの耐圧の測定方法を示す断面図である。図10を参照して、サブマウントを金属板44の上に載置した。サブマウントに100(V)の電圧を印加し、サブマウントの電極4と金属板44との間の抵抗値を絶縁抵抗計41によって測定した。抵抗値の測定は30箇所で行なった。抵抗値の平均が 10^{10} (Ω)以上であった場合は「◎」、 10^5 (Ω)以上 10^{10} (Ω)未満であった場合は「○」、 10^5 (Ω)未満であった場合は「×」として、表1に示した。

以上の結果から、本発明によれば、絶縁膜2によって優れた絶縁性を実現できることを確認できた。

試料1から5のサブマウントについて、耐熱試験を行なった。耐熱試験は、サブマウントを温度350℃の雰囲気中に3分間保持する工程を10回繰り返すことによって行なった。その後、40から400倍まで拡大可能な顕微鏡でサブマウントの表面を観察した。その結果、全ての試料のサブマウントで表面にクラックが認められなかった。また、耐熱試験を行なった後のサブマウントに上述の耐圧試験を行なったら、抵抗値の低下が10%以内に収まった。以上の結果から、試料1から5のサブマウントは、耐熱性に関する要求を十分に満たしていることを確認できた。

さらに、絶縁膜2の密着性を確認するために、レーザーダイオードのサブマウントに対する接合強度のテストとして、MIL-STD-883C METHOD 2019.4に基づいたダイシアテストを行なった。図11は、サブマウントのダイシアテストの方法を示す断面図である。図11を参照して、サブマウントの電極4上にAuSnはんだ47を介してダミーチップ48を搭載した。サブマウントを固定した状態で、ダミーチップ48の側面を押圧するようにツール45

を矢印46に示す方向に移動させた。接合を破断する破断応力は全て30（MPa）以上であり、十分に強い密着性であった。以上の結果から、試料1から5のサブマウントは、絶縁膜2の密着性に関する要求を十分に満たしていることを確認できた。

- 5 今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

10 産業上の利用可能性

以上説明したようにこの発明に従えば、高精度なパターニングが可能であるとともに、優れた絶縁性を実現できる絶縁膜を備えるサブマウントおよびそれを用いた半導体装置を提供することができる。

請求の範囲

1. 主表面を有し、2種以上の金属の複合体または1種以上の金属と1種以上のセラミックスとの複合体からなる導電性のサブマウント基板と、
- 5 前記サブマウント基板の前記主表面上に形成された絶縁膜とを備え、
前記絶縁膜の表面粗さ R_a および R_z は、 $R_a < 0.20 \mu m$ および $R_z < 2.0 \mu m$ の関係を満たす、サブマウント。
2. 前記絶縁膜の厚み T は、前記絶縁膜の表面粗さ R_a の10倍以上1000倍以下であり、前記絶縁膜の表面粗さ R_z の2倍以上150倍以下である、請求
- 10 項1に記載のサブマウント。
3. 前記サブマウント基板は、銅-タングステン、銅-モリブデンおよび $AlSiC$ からなる群より選ばれた少なくとも一種を含む、請求項1または2に記載のサブマウント。
4. 前記絶縁膜は、二酸化ケイ素、酸化タンタル、酸化アルミニウムおよび窒
- 15 化アルミニウムからなる群より選ばれた少なくとも一種を含む、請求項1から3のいずれか1項に記載のサブマウント。
5. 前記サブマウント基板と前記絶縁膜との間に形成され、前記絶縁膜に接触する密着膜をさらに備える、請求項1から4のいずれか1項に記載のサブマウント。
- 20 6. 前記密着膜は、チタン、クロム、ニッケル-クロム合金およびタンタルからなる群より選ばれた少なくとも一種を含む、請求項5に記載のサブマウント。
7. 請求項1から6のいずれか1項に記載のサブマウントを用いた半導体装置であって、前記サブマウントに搭載される半導体素子を備える、半導体装置。

1 / 4

FIG. 1

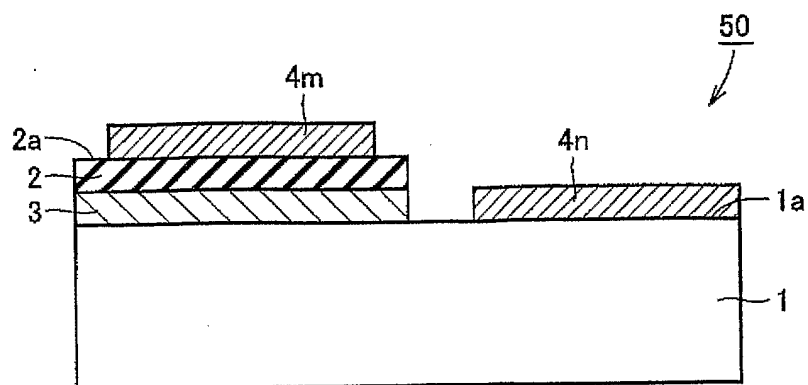


FIG. 2

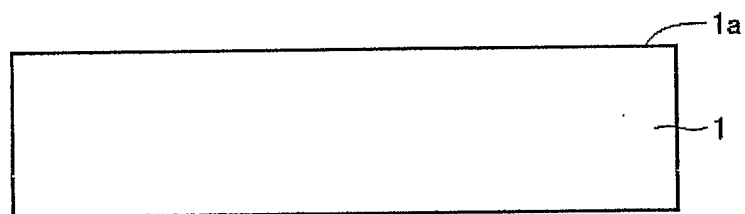


FIG. 3

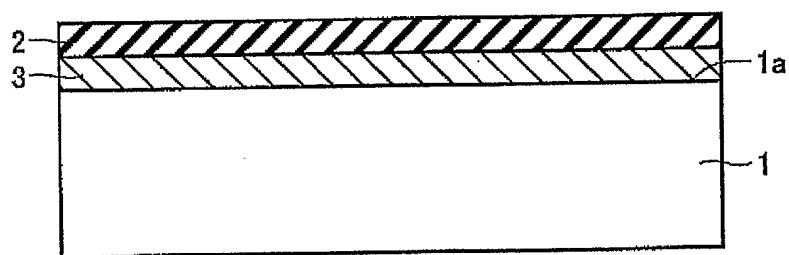
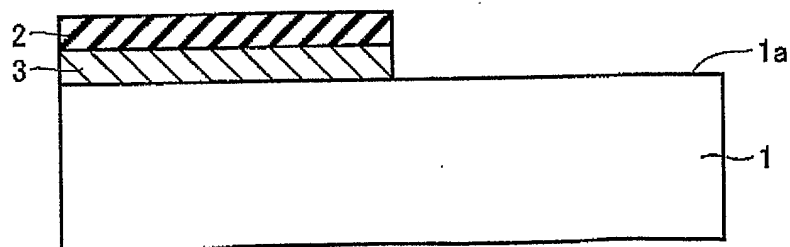


FIG. 4



2/4

FIG. 5

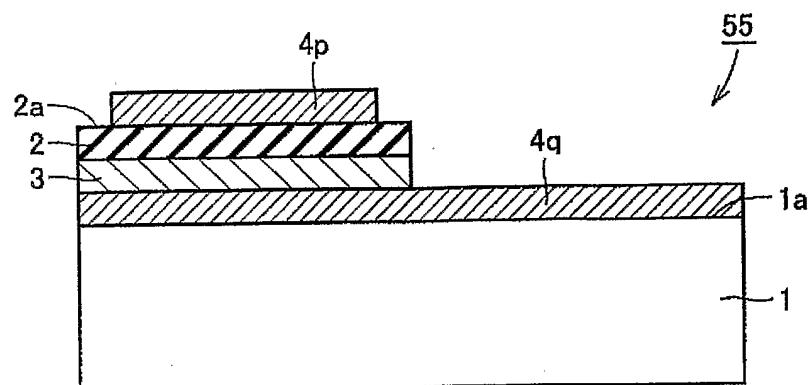


FIG. 6

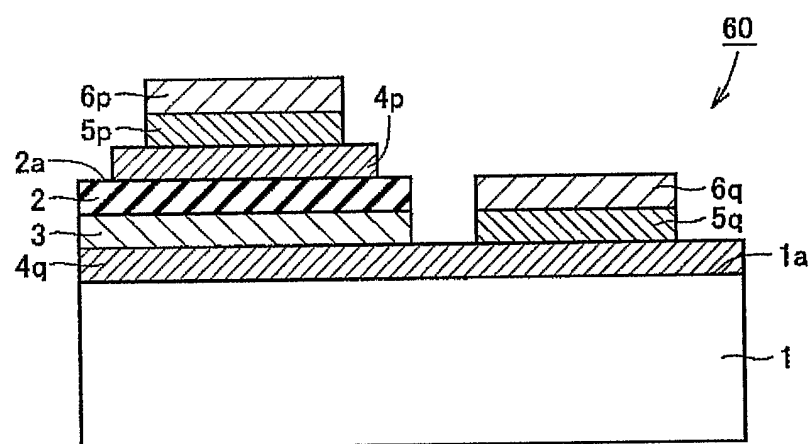


FIG. 7

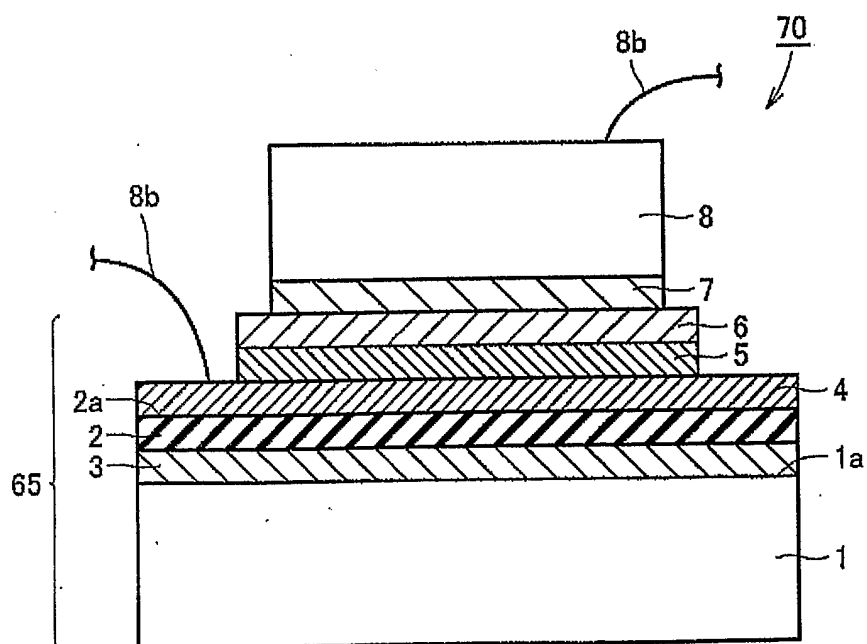


FIG. 8

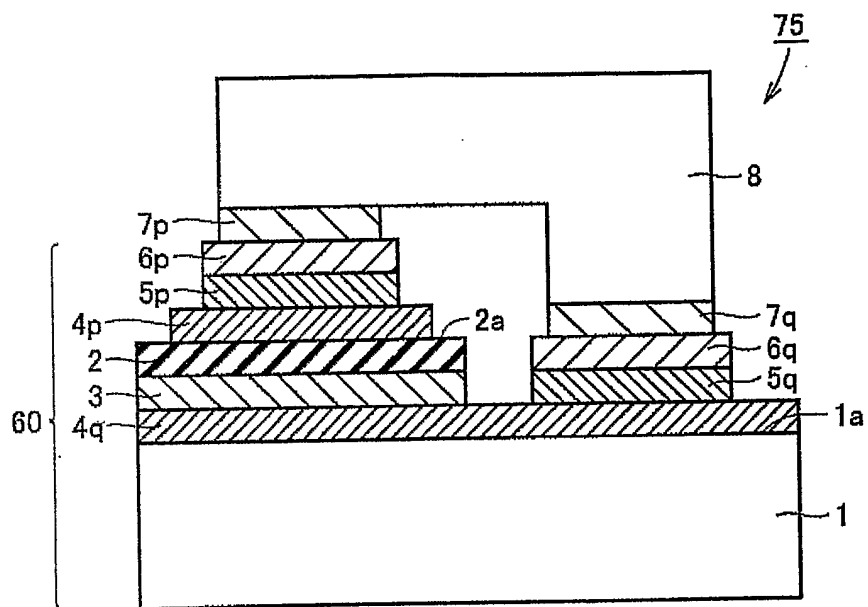
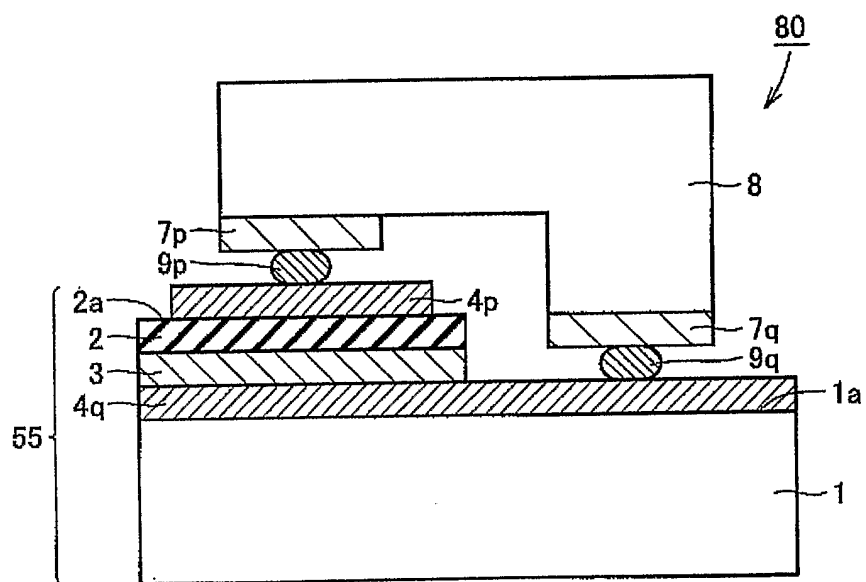


FIG. 9



4/4

FIG. 10

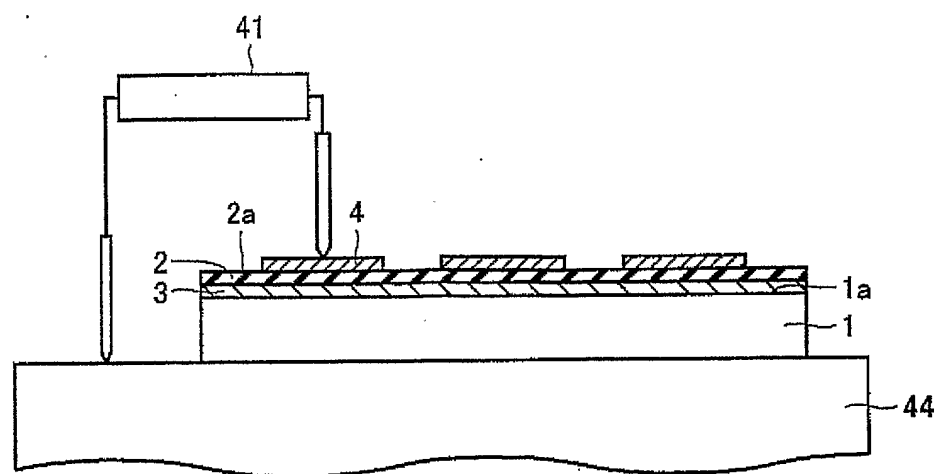
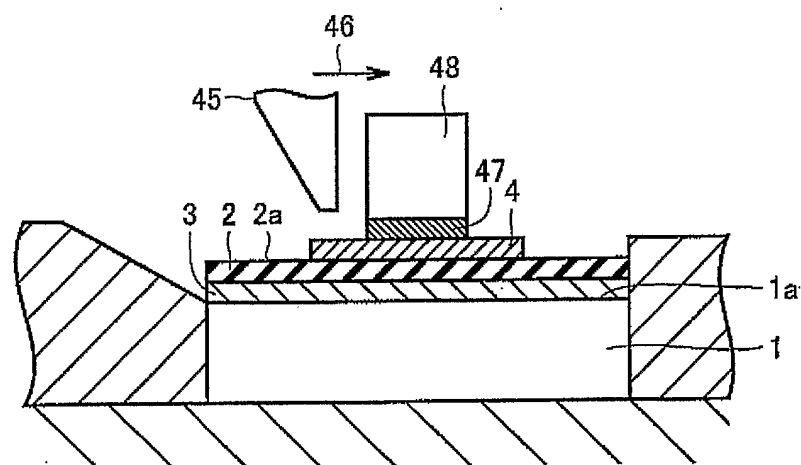


FIG. 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005955

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L23/12, H01S5/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L23/12, H01S5/022

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-60282 A (Toshiba Corp.), 28 February, 2003 (28.02.03), Par. Nos. [0010] to [0068]; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 2002-368020 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 20 December, 2002 (20.12.02), Par. Nos. [0018] to [0059]; all drawings & WO 03/94220 A	1-7
Y	JP 9-36274 A (Tokuyama Corp.), 07 February, 1997 (07.02.97), Par. Nos. [0013] to [0023]; all drawings & EP 755074 A & US 5770821 A	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 August, 2004 (03.08.04)Date of mailing of the international search report
17 August, 2004 (17.08.04)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/005955

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-100826 A (Toshiba Corp.), 05 April, 2002 (05.04.02), Par. Nos. [0008] to [0027]; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 2001-332651 A (Kyocera Corp.), 30 November, 2001 (30.11.01), Par. Nos. [0013] to [0039]; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 5-326743 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 10 December, 1993 (10.12.93), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 60-128697 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 09 July, 1985 (09.07.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-7
Y	JP 10-229244 A (Rohm Co., Ltd.), 25 August, 1998 (25.08.98), Par. No. [0024] (Family: none)	4
E, A	JP 2003-198038 A (Sharp Corp.), 11 July, 2003 (11.07.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L23/12, H01S5/022

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01L23/12, H01S5/022

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2003-60282 A (株式会社東芝) 2003. 02. 28, 【0010】-【0068】欄, 全図 (ファミリーなし)	1-7
Y	J P 2002-368020 A (住友電気工業株式会社) 2002. 12. 20, 【0018】-【0059】欄, 全図 & W O 03/94220 A	1-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

03. 08. 2004

国際調査報告の発送日

17. 8. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

土屋 知久

2 K

8826

電話番号 03-3581-1101 内線 3253

C (続き). 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 9-36274 A (株式会社トクヤマ) 1997. 02. 07, 【0013】-【0023】欄, 全図 & EP 755074 A & US 5770821 A	1-7
Y	JP 2002-100826 A (株式会社東芝) 2002. 04. 05, 【0008】-【0027】欄, 全図 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 2001-332651 A (京セラ株式会社) 2001. 11. 30, 【0013】-【0039】欄, 全図 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 5-326743 A (住友電気工業株式会社) 1993. 12. 10, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 60-128697 A (住友電気工業株式会社) 1985. 07. 09, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7
Y	JP 10-229244 A (ローム株式会社) 1998. 08. 25, 【0024】 (ファミリーなし)	4
EA	JP 2003-198038 A (シャープ株式会社) 2003. 07. 11, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7