

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 3 月 6 日(06.03.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/034338 A1

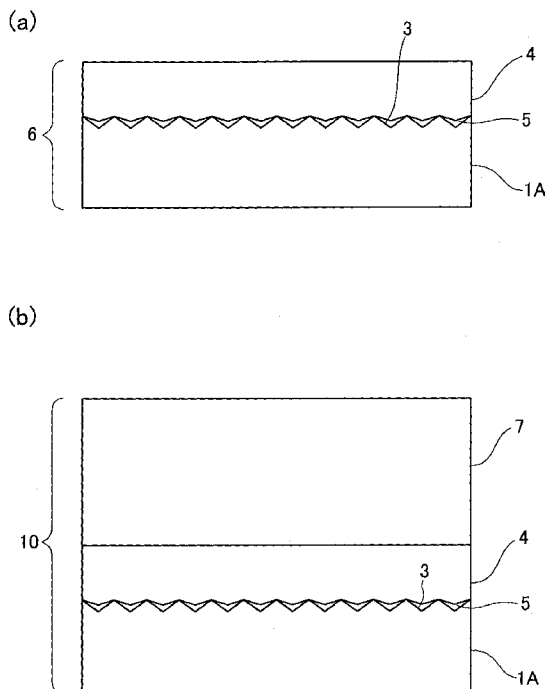
- (51) 国際特許分類:
C30B 29/38 (2006.01) H01L 21/208 (2006.01)
C30B 19/12 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/070264
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 19 日(19.07.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-190532 2012 年 8 月 30 日(30.08.2012) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 倉岡 義孝(KURAOKA, Yoshitaka); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 岩井 真(IWAI, Makoto); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町 2 番 5 6 号日本碍子株式会社内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 細田 益稔, 外(HOSODA, Masutoshi et al.); 〒1080074 東京都港区高輪一丁目 5 番 4 号常和高輪ビル 7 階 Tokyo (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[続葉有]

(54) Title: COMPOSITE SUBSTRATE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, METHOD FOR MANUFACTURING FUNCTIONAL LAYER FORMED OF GROUP 13 ELEMENT NITRIDE, AND FUNCTIONAL ELEMENT

(54) 発明の名称: 複合基板、その製造方法、13族元素窒化物からなる機能層の製造方法および機能素子

第 2 図



(57) Abstract: A composite substrate (10) is provided with: a sapphire substrate (1A); a seed crystal film (4), which is provided on the surface of the sapphire substrate, and which is formed of gallium nitride crystal; and a gallium nitride crystal layer (7), which is crystal-grown on the seed crystal film (4), and which has a thickness of 200 μm or less. Voids (3) are provided at the interface between the sapphire substrate (1A) and the seed crystal film (4), and the ratio of the voids is 4.5-12.5 %.

(57) 要約: 複合基板 10 は、サファイア基板 1A、サファイア基板の表面に設けられた窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜 4、およびこの種結晶膜 4 上に結晶成長した厚さ 200 μm 以下の窒化ガリウム結晶層 7 を備える。サファイア基板 1A と種結晶膜 4 との界面にボイド 3 が設けられており、このボイド比率が 4.5 ~ 12.5 % である。



(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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明細書

複合基板、その製造方法、13族元素窒化物からなる機能層の製造方法および機能素子

5 発明の属する技術分野

本発明は、窒化ガリウム結晶層を有する複合基板、その製法およびこれを利用した発光素子に関するものである。

背景技術

特許文献1 (Applied Physics Letters, 84, 4041) では、サファイア基
10 板上に窒化ガリウム薄層を成長した後、H₂アニールにより窒化ガリウム層およびサファイア基板表面をエッチングしている。このエッチングによりサファイア表面がエッチングされ、微細な凹凸が形成される。この凹凸上に窒化ガリウム薄層を再成長すると、ボイドを有する種結晶基板を作製できる。しかし、特許文献1は、窒化ガリウム種結晶基板を用いるNaフラックス法を
15 開示していない。

また、特許文献2 (特開 2000-327495) は、窒化ガリウム種結晶基板を用いるNaフラックス法を開示する。Naフラックス法による窒化ガリウム単結晶成長において、窒化ガリウム薄層 (またはAlN薄層) を堆積させた基板を用いることにより、核発生位置制御を可能とし、成長を容易なものとし
20 た。しかし、特許文献2では、成長した窒化ガリウム層からGaNテンプレートを剥離することは記載されていない。

特許文献3 (特開 2004-247711) では、ボイド層を形成した窒化ガリウム層を形成し、その上にフラックス法により窒化ガリウム層を成長させ、ボイド近傍にて基板と窒化物結晶を分離している。

25 また、特許文献4 (WO 2009/011407) では、サファイア基板表面のエッチングによりボイド層のある窒化ガリウム種結晶基板を作製す

る。ついで、フラックス法にて窒化ガリウム結晶層を厚膜成長させる。降温時に、サファイアと窒化ガリウムの熱膨張係数差によりボイドにてサファイア基板と窒化ガリウムが自然に剥離し、窒化ガリウム自立基板が得られる。

発明の開示

- 5 本発明者は、特許文献 2（特開 2000-327495）記載のように、N a フラックス法により作製した低転位 G a N テンプレートを用い、MOCVD 法にて、LED やパワーデバイスの機能を実現する構造を成膜することを研究していた。G a N テンプレート基板とは、支持基板上に種結晶膜および窒化ガリウム結晶層（フラックス法によって形成した厚膜）を設けてなる基板であり、この上
10 に機能層をさらに形成するためのテンプレートとなるものである。

この際には、特許文献 3（特開 2004-247711）、特許文献 4（W O 2 0 0 9 / 0 1 1 4 0 7）記載の製法では、N a フラックス法により形成した窒化ガリウム結晶層が基板から自然剥離するので、G a N テンプレート基板は提供できず、したがって製法としては考慮していなかった。

- 15 具体的には、表面が平坦なサファイア基板の上に MOCVD 法などにより窒化ガリウム結晶層を成膜して作製した種基板を用いて、さらにその上にフラックス法により成長温度 800℃～900℃で窒化ガリウム結晶層を 10～200 μ m の厚さに成長させると、最表面が低転位密度の窒化ガリウム結晶層を持つ G a N テンプレートを作製できる。

- 20 本発明者は、この G a N テンプレートを用いて、MOCVD 法により LED 構造を作製しようと試みた。しかし、この際、高温雰囲気(1000℃以上)にて G a N テンプレートの窒化ガリウム結晶層がひび割れたり、クラックが発生するという問題があった。

- 本発明の課題は、サファイア基板、およびサファイア基板上に結晶成長し
25 た窒化ガリウム結晶層を備える複合基板において、その上に 1 3 族元素窒化物層をさらに形成するときに、窒化ガリウム結晶層のクラックやひび割れを

抑制することである。

本発明は、サファイア基板、前記サファイア基板の表面に設けられた窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜、およびこの種結晶膜上に結晶成長した厚さ200 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板であって、

- 5 サファイア基板と種結晶膜との界面にボイドが設けられており、このボイド比率が4.5～12.5%であることを特徴とする。

また、本発明は、サファイア基板、および前記サファイア基板上に結晶成長した厚さ200 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板を製造する方法であって、

- 10 サファイア基板上に窒化ガリウムからなる下地膜を気相成長法により形成する下地膜形成工程；

サファイア基板および下地膜を水素存在下に加熱処理することによって、下地膜を除去してサファイア基板の表面を粗面化するエッチング工程；

- 15 次いで、サファイア基板の表面に窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜を気相成長法によって形成する種結晶膜形成工程；および

窒化ガリウム結晶層を種結晶膜上にフラックス法によって育成する単結晶育成工程

を備えていることを特徴とする、複合基板の製造方法に係るものである。

- 20 また、本発明は、サファイア基板、および前記サファイア基板上に結晶成長した厚さ200 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板を製造する方法であって、

前記サファイア基板の上に13族元素窒化物からなる光吸収層を設ける工程；

- 25 次いで前記光吸収層上に窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜を形成する種結晶膜形成工程；

次いで前記光吸収層にレーザ光を照射することによってボイドを形成す

るレーザ光照射工程；および

前記窒化ガリウム結晶層を前記種結晶膜上にフラックス法によって育成する単結晶育成工程

を備えていることを特徴とする。

- 5 また、本発明は、前記複合基板の窒化ガリウム結晶層上に気相法によって13族元素窒化物からなる機能層を形成することを特徴とする、13族元素窒化物からなる機能層の製造方法に係るものである。

また、本発明は、前記方法によって得られたことを特徴とする、複合基板に係るものである。

- 10 また、本発明は、前記複合基板、および窒化ガリウム結晶層上に気相法によって形成された13族元素窒化物からなる機能層を備えていることを特徴とする、機能素子に係るものである。

本発明者は、複合基板上に気相法で機能層をさらに形成しようとするとき、窒化ガリウム層にクラックやひび割れが発生する原因について検討した。こ

- 15 の結果、以下の仮説を考えた。

すなわち、フラックス法では成長温度800℃～900℃にて窒化ガリウム結晶層を厚膜成長するが、MOCVD法等の気相法によって複合基板の上に機能層を形成するときには、1000℃以上にまで温度を上げるため、厚膜の窒化ガリウム結晶層とサファイア基板との応力に耐えられなかったものと考えられた。

- 20 そこで、本発明者は、サファイア基板の粗面化エッチングやレーザ加工を適用し、ボイド層のあるGaNテンプレートを種結晶基板として作製した。ついで、フラックス法にて窒化ガリウム結晶層を成長させた。そして、種結晶膜とサファイア基板との界面におけるボイド比率を制御することによって、降温時に、サファイア基板から窒化ガリウム結晶が自然剥離しないよう
- 25 にした複合基板を得た。そして、この複合基板上に機能層を気相法によって形成してみた結果、前記した窒化ガリウム結晶層のクラックやひび割れを抑

制できることを見だし、本発明に到達した。

ここで、窒化ガリウム結晶層の厚さを $200\ \mu\text{m}$ 以下とし、基板と種結晶膜との界面におけるボイド比率が 12.5% 以下とすることによって、窒化ガリウム結晶層の基板からの剥離を抑制できる。また、ボイド比率を 4.5% 以上とすることによって、機能層を形成するときにはサファイア基板と窒化ガリウム結晶層との熱応力によるクラックやひび割れを抑制できる。

なお、特許文献4では、サファイア基板表面を微細な凹凸形状にエッチングし、ボイド層のある窒化ガリウム種結晶基板を作製し、その上にNaフラックス法によって厚膜の窒化ガリウム結晶層を成長させているが、窒化ガリウム結晶層が厚膜のためにサファイア基板から自然剥離し、自立基板となっていた。このため、サファイア基板を含む複合基板をテンプレートとして用いるという思想がなく、本発明に到達できるものではない。

図面の簡単な説明

図1(a)は、サファイア基板1上に下地膜2を形成した状態を模式的に示す断面図であり、図1(b)は、サファイア基板1Aの表面をエッチングした状態を模式的に示す断面図である。

図2(a)は、サファイア基板1の粗面3上に種結晶膜4を形成した状態を模式的に示す断面図であり、図2(b)は、種結晶膜4上にフラックス法によって窒化ガリウム結晶層7を形成した状態を模式的に示す断面図である。

図3は、窒化ガリウム結晶層7上に機能層8を形成した状態を模式的に示す断面図である。

図4は、窒化ガリウム結晶層7上に発光素子構造13を形成した状態を模式的に示す断面図である。

図5は、条件Aで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

6

図6は、条件Bで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

図7は、条件Cで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

5 図8は、条件Dで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

図9は、条件Eで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

10 図10は、条件Fで得られたサファイア基板と種結晶膜との界面付近の微構造を示す走査型電子顕微鏡写真である。

発明を実施するための形態

以下、適宜図面を参照しつつ、本発明を詳細に説明する。

図1(a)に示すように、サファイア基板1の表面1aに、窒化ガリウムからなる下地膜2を形成する。次いで、水素の存在下に基板および下地膜を
15 加熱することで、図1(b)に示すように、下地膜2がほぼエッチングされて消失し、基板1Aの表面に多数の微細なクレーターが生成し、粗化面3が形成される。

次いで、図2(a)に示すように、基板1Aの粗化面3上に、窒化ガリウムからなる種結晶膜4を形成する。この種結晶膜4内では、粗化面3の影響
20 で転位が抑制され、結晶性の良い種結晶が得られる。これによって、種結晶基板6を提供できる。

次いで、図2(b)に示すように、種結晶膜4上に、フラックス法によって窒化ガリウム結晶層7をエピタキシャル成長させる。この際、窒化ガリウム結晶層7が基板1Aから自然剥離しないようにする。これによって、複合
25 基板10を得ることができる。この複合基板10は、窒化ガリウム結晶層の転位が少ないことから、その上に気相法によって機能層を形成するためのテ

ンプレートとして用いることができる。

この複合基板を気相法、特に有機金属気相成長 (MOCVD) 法に適用した際、高温雰囲気 (例えば 1000°C を超える温度) でも、窒化ガリウム層にクラックやひび割れが発生しないことを見いだした。

- 5 次いで、図 3 に示すように、複合基板 6 上に機能層 8 を形成する。ここで、機能層は複数層形成することができる。例えば、図 4 の例では、発光素子構造 1 3 を形成している。これによって、転位密度の少ない発光層が得られることから、発光素子 1 4 の内部量子効率が向上する。

- 10 発光素子構造 1 3 は、例えば、n 型半導体層、この n 型半導体層上に設けられた発光領域およびこの発光領域上に設けられた p 型半導体層を備えている。図 4 の発光素子 1 4 では、窒化ガリウム結晶層 7 上に、n 型コンタクト層 8、n 型クラッド層 9、活性層 1 0、p 型クラッド層 1 1、p 型コンタクト層 1 2 が形成されており、発光素子構造 1 3 を構成する。

- 15 また、他の好適な実施形態においては、サファイア基板の上に 1 3 族元素窒化物からなる光吸収層を設け、次いで光吸収層上に窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜を形成し、次いで光吸収層にレーザ光を照射することによってボイドを形成する。次いで、窒化ガリウム結晶層を種結晶膜上にフラックス法によって育成する。

- 20 この方法によって、サファイア基板と種結晶膜との界面に沿ってボイドを形成し、レーザ加工の強度と位置制御によってボイド比率を制御した複合基板を製造できることを見いだした。

(サファイア基板)

- 25 サファイアのウルツ鉱構造は、c 面、a 面、および m 面を有する。これらの各結晶面は結晶学的に定義されるものである。下地膜、種結晶膜、およびフラックス法によって育成される窒化ガリウム結晶層の育成方向は、c 面の法線方向であってよく、また a 面、m 面それぞれの法線方向であってもよい。

窒化ガリウム結晶層の亀裂やクラック、ひび割れの発生、反り、およびサ
ファイア基板からの剥離を抑制するため、窒化ガリウム結晶層の厚さはサフ
ファイア基板の厚さ以下であることが好ましい。基板の取扱いの観点から、具
体的にはサファイア基板の厚さを200～2000 μm とすることが好ま
5 しく、また、300 μm 以上とすることが好ましい。また、サファイア基板
の厚さは、1000 μm 以下とすることもできる。

(下地膜)

下地膜の形成方法は気相成長法であるが、有機金属化学気相成長 (MOC
VD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法、ハイドライド気相
10 成長 (HVPE) 法、MBE法、昇華法を例示できる。

下地膜の厚さは特に限定されないが、サファイア基板表面の粗面化のエッ
칭ング効果が得られはじめる0.01 μm 以上が好ましく、0.1 μm 以上
がさらに好ましく、0.5 μm 以上がいっそう好ましい。また厚過ぎるとエ
ッチングに長時間かかり効率が悪いばかりでなく、エッチングによる表面の
15 凹凸が大きくなり過ぎ、種結晶膜形成時に横方向成長によるボイドを発生さ
せることができないため、3.0 μm 以下が望ましく、2.0 μm 以下が更
に好ましく、1.5 μm 以下がさらに好ましい。

下地膜の形成温度は、1000℃以上が好ましく、1050℃以上が更に
好ましい。また、下地膜の形成温度は、1160℃以下が好ましく、112
20 0℃以下が更に好ましい。

(サファイア基板表面の粗面化)

サファイア基板表面の粗面化は、下地膜および基板表面のエッチングが可
能な条件で行う。具体的には、雰囲気中に水素を存在させ、加熱処理を行う。
雰囲気中には、水素以外の気体を含有してよく、含有していなくともよ
25 い。水素以外の気体を含有する場合には、この気体は、窒素、アルゴン、ヘ
リウム等が好ましい。

本発明の観点からは、サファイア基板表面の粗面化エッチングのときの温度は、下地膜の形成温度以上であることが好ましく、また、1260℃以下であることが好ましい。これによって、サファイア基板と種結晶膜との界面におけるボイド量を適切に制御し、転位の少ない窒化ガリウム結晶層を生成
5 させると共に、窒化ガリウム結晶層のサファイア基板からの剥離を抑制できる。こうした観点からは、サファイア基板表面の粗面化エッチングのときの温度と下地膜の形成温度との差は、0℃であって良いが、80℃以上であることが好ましい。また、サファイア基板表面の粗面化エッチングのときの温度は、1100℃以上であることが好ましい。

10 (種結晶膜)

種結晶膜は、一層であってよく、あるいはサファイア基板側にバッファ層を含んでいて良い。種結晶膜の形成方法は気相成長法を好ましい一例として挙げることができ、有機金属化学気相成長(MOCVD: Metal Organic
15 Chemical Vapor Deposition)法、ハイドライド気相成長(HVPE)法、パルス励起堆積(PXD)法、MBE法、昇華法を例示できる。有機金属化学気相成長法が特に好ましい。

また、基板1Aと種結晶膜4との界面には、ボイド5が形成されている。しかし、ボイド比率が大きいと、フラックス法による窒化ガリウム結晶層の育成時に自然剥離が生じやすいので、ボイド比率はある程度小さく抑えるこ
20 とで自然剥離を抑制する。一方、ボイドが少なすぎると、機能層を形成するときにサファイア基板と窒化ガリウム結晶層との熱応力によるクラックやひび割れが生じやすくなる。このため、ボイド比率は、4.5～12.5%が好ましい。

(フラックス法による窒化ガリウム結晶層の育成)

25 本発明によれば、微細なボイド層がある種結晶基板6を採用した。ただし、窒化ガリウム結晶層7とサファイア基板1Aとの界面での自然剥離が生ず

ると、複合基板として利用できない。ここで、窒化ガリウム結晶層 7 の厚さを $200\ \mu\text{m}$ 以下とすることで、窒化ガリウム結晶層の基板 A からの自然剥離が生じにくいようにしている。この観点からは、窒化ガリウム結晶層 7 の厚さは、 $100\ \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $50\ \mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。

- 5 また、窒化ガリウム結晶層 7 の厚さは、種結晶膜 4 の転位をフラックス法による窒化ガリウム育成時に消滅させ、その最表面の結晶性を良好なものとする、という観点からは、 $15\ \mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $20\ \mu\text{m}$ 以上が更に好ましい。

- 本願でいう単結晶の定義について述べておく。結晶の全体にわたって規則正しく原子が配列した教科書的な単結晶を含むが、そのみに限定する意味ではなく、一般工業的に流通している単結晶という意味である。すなわち、結晶がある程度の欠陥を含んでいたり、歪みを内在していたり、不純物がとりこまれていたりしていてもよく、多結晶（セラミックス）と区別して、これらを単結晶と呼んで用いているのと同義である。
- 10

- 15 本工程においては、窒化ガリウム結晶層をフラックス法によって育成する。この際、フラックスの種類は、窒化ガリウム結晶を生成可能である限り、特に限定されない。好適な実施形態においては、アルカリ金属とアルカリ土類金属の少なくとも一方を含むフラックスを使用し、ナトリウム金属を含むフラックスが特に好ましい。

- 20 フラックスには、ガリウム原料物質を混合し、使用する。ガリウム原料物質としては、ガリウム単体金属、ガリウム合金、ガリウム化合物を適用できるが、ガリウム単体金属が取扱いの上からも好適である。

- フラックス法における窒化ガリウム結晶の育成温度や育成時の保持時間は特に限定されず、フラックスの組成に応じて適宜変更する。一例では、ナトリウムまたはリチウム含有フラックスを用いて窒化ガリウム結晶を育成する場合には、育成温度を $800\sim 950\ ^\circ\text{C}$ とすることが好ましく、 850
- 25

～900℃とすることが更に好ましい。

フラックス法では、窒素原子を含む気体を含む雰囲気下で単結晶を育成する。このガスは窒素ガスが好ましいが、アンモニアでもよい。雰囲気の圧力は特に限定されないが、フラックスの蒸発を防止する観点からは、10気圧以上が好ましく、30気圧以上が更に好ましい。ただし、圧力が高いと装置が大がかりとなるので、雰囲気の全圧は、2000気圧以下が好ましく、500気圧以下が更に好ましい。雰囲気中の窒素原子を含む気体以外のガスは限定されないが、不活性ガスが好ましく、アルゴン、ヘリウム、ネオンが特に好ましい。

10 (光吸収層)

光吸収層の形成方法は気相成長法であるが、有機金属化学気相成長 (MOCVD: Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法、ハイドライド気相成長 (HVPE) 法、MBE法、昇華法を例示できる。

光吸収層の厚さは特に限定されないが、レーザ光によるボイド生成を促進するという観点からは、15nm以上が好ましく、30nm以上がさらに好ましい。また光吸収層が厚過ぎると、窒化ガリウム結晶が剥離し易くなるので、300nm以下が望ましく、100nm以下がさらに好ましい。また、光吸収層の材質は、後述する「機能層」の材質として列挙したような13族元素窒化物である。

レーザ光によるボイド生成を行う場合、種結晶膜の厚さは特に限定されないが、ボイド生成時に種結晶膜が破壊されないよう、種結晶膜の厚さは0.3μm以上であることが好ましい。また、レーザ光の焦点合わせが容易となるよう、光吸収層と種結晶膜とが形成されたサファイア基板の反りが小さいことが望ましい。反りを小さくするという観点から、レーザ光を照射する時点での種結晶膜の厚さは2μm以下が好ましく、1μm以下がさらに好ましい。フラックス法によるメルトバック量を考慮し、ボイド生成後に再度MO

CVD法などによって種結晶膜を追加して堆積することで、種結晶膜の堆積膜厚を増加させることが望ましい。

(レーザ加工)

レーザ加工に用いるレーザの種類は特に限定されないが、光吸収層の光吸収率が高い波長であることが望ましい。そのようなレーザの一例として、KrFエキシマレーザ、ArFエキシマレーザや、Nd:YAGレーザの第4高調波などの紫外レーザが好ましい。光吸収層では窒化ガリウム結晶の分解によってN₂ガスが発生することから、クラックや割れの発生を防止するためパルスレーザによるスポット照射が好ましい。レーザの照射径は10 μm以下が望ましく、3 μm以下がさらに好ましい。

(機能層)

こうして得られた複合基板上に機能層を気相法で形成する。

こうした機能層は、単一層であってよく、複数層であってよい。また、機能としては、高輝度・高演色性の白色LEDや高速高密度光メモリ用青紫レーザディスク、ハイブリッド自動車用のインバータ用のパワーデバイスなどに用いることができる。

複合基板上に気相法、好ましくは有機金属気相成長(MOCVD)法により半導体発光ダイオード(LED)を作製すると、LED内部の転位密度がGaNテンプレートと同等となる。

機能層の成膜温度は、結晶品質の観点から、950℃以上が好ましく、1000℃以上が更に好ましい。また、窒化ガリウム結晶層のクラックやひび割れを抑制するという観点からは、機能層の成膜温度は、1200℃以下が好ましく、1150℃以下が更に好ましい。

機能層の材質は、13族元素窒化物が好ましい。13族元素とは、IUPACが策定した周期律表による第13族元素のことである。13族元素は、具体的にはガリウム、アルミニウム、インジウム、タリウム等である。また、添

加剤としては、炭素や、低融点金属（錫、ビスマス、銀、金）、高融点金属（鉄、マンガン、チタン、クロムなどの遷移金属）が挙げられる。低融点金属は、ナトリウムの酸化防止を目的として添加する場合があります、高融点金属は、坩堝を入れる容器や育成炉のヒーターなどから混入する場合がある。

5

実施例

(実験 1)

(種結晶基板作製)

直径 4 インチ 630 μm 厚の単結晶サファイア c 面基板 1 を MOCVD 炉（有機金属気相成長炉）内に入れ、水素雰囲気中で 1150℃ にて 10 分間加熱し、表面のクリーニングを行った。次いで、基板温度を 500℃ まで下げ、TMG（トリメチルガリウム）、アンモニアを原料として窒化ガリウム層を 30 nm の厚さに成長させた。次いで、基板温度を 1100℃ まで上げ、TMG とアンモニアとを原料として窒化ガリウム層を 1 μm の厚さに成長させ、下地膜 2 を形成した。

15 次いで、TMG とアンモニアの供給を停止し、水素ガスのみの雰囲気にて表面の窒化ガリウム層をほぼ蒸発させ、サファイア基板 1A を露出させた。基板温度は窒化ガリウム層の成膜温度よりも高温とした。窒化ガリウムからなる下地膜をサファイア基板表面から蒸発させるときの条件としては、温度を 5 種類変え、MOCVD 炉に取付けた光学膜厚測定装置を用いて窒化ガリウム層がほぼ消失する時間をあらかじめ調べた（表 1 の条件 A～E を参照）。

20 表 1 に示した条件 A～E で窒化ガリウムと共にサファイア基板表面はエッチングされ蒸発し、微小な凹凸が生成されていることが確認された。表 1 の条件 F では、この工程を行わず、サファイア基板表面のエッチングをせずに次の工程を行ったものである。

25 この基板を TMG とアンモニアとを原料とし、水素ガスおよび窒素ガスをキャリアガスとして、再び 1100℃ の温度で基板上に窒化ガリウムからな

る種結晶膜を成長させ、 $5\text{ }\mu\text{m}$ の厚さに堆積した。

条件 A～F で作製した種結晶基板をMOCVD炉から取り出した後、それぞれの基板を劈開し、走査型電子顕微鏡 (SEM) にてサファイア基板およびその上の種結晶膜の横断面を観察した (図 5 ～ 10)。SEM 装置には日本電子製
 5 JSM-5410 を用いた。倍率 3 5 0 0 倍にて横断面を実測し、視野内での界面の長さ $38\text{ }\mu\text{m}$ に対するボイドの長さを測長し、その割合を算出した結果を表 1 に示した。表 1 によると、ボイドが生成される割合は蒸発させるときの加熱温度と時間により変化することが分かる。さらに、カソードルミネッセンス (CL) 法にて発光が微弱のため周囲より暗く見える点 (ダークスポット) を
 10 基板表面に現れた転位として計数することにより、それぞれの条件における種結晶膜の転位密度を算出した。CL 法による測定にはカソードルミネッセンス観察検出器を取付けた日立ハイテクノロジーズ製 S-3400N Type II を使用した。結果を表 1 に示す。

表 1

15

	加熱温度 ($^{\circ}\text{C}$)	加熱時間 [秒]	SEM 像	ボイドの 割合 (%)	種結晶膜の 転位密度 [個/ cm^2] (CL 法による)
条件 A	1180	500	図 5	12.9	2×10^9
条件 B	1200	400	図 6	12.5	2×10^9
条件 C	1240	200	図 7	8.2	2×10^9
条件 D	1260	100	図 8	4.5	2×10^9
条件 E	1280	80	図 9	4.3	4×10^9
条件 F	加熱なし	加熱なし	図 10	0.0	7×10^9

(フラックス法)

6 種の条件にて作製した基板を種結晶基板として Na フラックス法にて窒化ガリウム結晶を育成した。成長に用いた原料は、金属ガリウム、金属ナ
 20 トリウムおよび金属リチウムである。アルミナるつばに金属ガリウム 30 g 、

金属ナトリウム 44 g、金属リチウム 30 mg をそれぞれ充填して、炉内温度 900℃・圧力 5 MPa にて窒化ガリウム単結晶を約 30 時間育成した。つぼから取り出したところ、条件 B～F の基板表面に透明な窒化ガリウム単結晶が約 300 μm の厚さで堆積していた。条件 A では、窒化ガリウム層が消失しサファイア基板表面が現れていた。この理由は、フラックス法による窒化ガリウム層形成過程で窒化ガリウム層がサファイア基板から自然剥離したものと考えられる。

(評価)

条件 A を除いた条件 B～F の 5 種類についてダイヤモンド砥粒による研磨にて平坦化し、窒化ガリウム層の厚さが 70 μm、直径 4 インチの c 面 GaN テンプレート（複合基板）を得た。この GaN テンプレート表面の窒化ガリウム層の転位密度を CL 法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個/cm² 程度と、種結晶基板よりも転位を一層低減する効果が確認された。

(この基板を「低転位 GaN テンプレート」と呼ぶ)

15 (低転位 GaN テンプレート上への MOCVD 法による成膜)

条件 B～F の 5 種類の低転位 GaN テンプレートを MOCVD 炉内に入れ、水素とアンモニアガスの混合雰囲気中で 1100℃ にまで昇温し、その温度にて TMG、アンモニア原料として絶縁性の u -GaN 層を 2 μm の厚さに成長させた後、モノシランを原料ガスに混入させ、 n -GaN 層を 2 μm の厚さに成長させた。その後、原料を止め、基板温度を室温まで下げた後、基板を取り出した。

条件 B～F では、窒化ガリウム結晶層はサファイア基板から剥離することにはなかった。条件 B, C, D については、平坦な表面が得られた。一方、条件 E, F については、窒化ガリウム層表面に亀裂が生じていた。

25 各々の低転位 GaN テンプレート上に成膜した n -GaN 層の電気特性試験としてホール効果測定を行った。条件 B～F の 5 種類の条件で作製した

各サンプルを 6mm 角に切り出し、その四隅に 1mm 角の Ti/Al 電極を蒸着したものを窒素ガス中にて 600℃にて 1 分間アニールし、その後室温にまで下げて取り出すという工程により、測定用サンプルを作製した。Ti/Al 電極と n-GaN 層にオーミック性が得られていることを確認した後、ホール測定の方法として van der Pauw 法を用いて測定を行った。その結果、条件 E, F については、亀裂の発生により電極間に異方性が生じ、測定結果は不良であった。

条件 B, C, D については電極間の異方性はなく測定結果は良好であり、各条件ともキャリア濃度 $N=1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、移動度 $\mu=700 \text{cm}^2/\text{Vs}$ が得られた。以上より、ボイドの割合は 4.5%~12.5%であれば窒化ガリウム層の亀裂やサファイア基板の割れを防ぐことが可能となる。

この低転位 GaN テンプレート上に成膜した n-GaN 層表面の転位密度を CL 法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個/ cm^2 程度と、低転位 GaN テンプレートと同等の転位密度であった。

15 (実験 2)

(種結晶基板作製)

直径 4 インチ $630 \mu\text{m}$ 厚の単結晶サファイア c 面基板 1 を MOCVD 炉 (有機金属気相成長炉) 内に入れ、水素雰囲気中で 1200°C にて 10 分間加熱し、表面のクリーニングを行った。次いで、基板温度を 500°C まで下げ、TMG (トリメチルガリウム)、アンモニアを原料として窒化ガリウム層を 30nm の厚さに成長させた。次いで、基板温度を 1100°C まで上げ、TMG とアンモニアとを原料として窒化ガリウム層を $2 \mu\text{m}$ の厚さに成長させ、下地膜 2 を形成した。

次いで、TMG とアンモニアの供給を停止し、水素ガスのみの雰囲気にて表面の窒化ガリウム層をほぼ蒸発させ、サファイア基板 1 A を露出させた。窒化ガリウムからなる下地膜 2 をサファイア基板表面から蒸発させるときの

条件として、温度を 5 種類変え、MOCVD 炉に取付けた光学膜厚測定装置を用いて窒化ガリウム層がほぼ消失するまでの時間をあらかじめ調べた（表 2 の条件 G～K を参照）。

表 2 に示した条件 G～K で窒化ガリウムと共にサファイア基板表面はエッチングされ蒸発し、微小な凹凸が生成されていることが確認された。

この基板を TMG とアンモニアとを原料とし、水素ガスおよび窒素ガスをキャリアガスとして、再び 1100℃ の温度で基板上に窒化ガリウムからなる種結晶膜を成長させ、5 μm の厚さに堆積した。

条件 G～K で作製した種結晶基板を MOCVD 炉から取り出した後、それぞれの基板を劈開し、実験 1 と同様に走査電子顕微鏡 (SEM) にてサファイア基板およびその上の種結晶膜の横断面を観察し、ボイドの長さを測長し、その割合を算出した結果を表 2 に示した。表 2 によると、ボイドが生成される割合は蒸発させるときの加熱温度と時間により変化することが分かる。さらに、CL 法により種結晶膜の転位密度を算出した。結果を表 2 に示す。

表 2

	加熱温度 (℃)	加熱時間 [秒]	ボイドの 割合 (%)	種結晶膜の 転位密度 [個/cm ²] (CL 法による)
条件 G	1080	3600	12.7	3×10^8
条件 H	1100	2400	11.8	4×10^8
条件 I	1180	1100	10.2	7×10^8
条件 J	1260	210	4.7	2×10^9
条件 K	1275	180	4.4	3×10^9

(フラックス法)

5 種の条件にて作製した基板を種結晶基板として Na フラックス法にて窒化ガリウム結晶を育成した。成長に用いた原料は、金属ガリウム、金属ナ

トリウムおよび金属リチウムである。アルミナるつぼに金属ガリウム 30 g、金属ナトリウム 44 g、金属リチウム 30 mg をそれぞれ充填して、炉内温度 900℃・圧力 5 MPa にて窒化ガリウム単結晶を約 30 時間育成した。るつぼから取り出したところ、条件 G～K の基板表面に透明な窒化ガリウム単結晶が約 300 μm の厚さで堆積していた。条件 G では、窒化ガリウム層が消失しサファイア基板表面が現れていた。この理由は、フラックス法による窒化ガリウム層形成過程で窒化ガリウム層がサファイア基板から自然剥離したものと考えられる。

(評価)

- 10 条件 G を除いた条件 H～K の 4 種類についてダイヤモンド砥粒による研磨にて平坦化し、窒化ガリウム層の厚さが 70 μm、直径 4 インチの c 面 GaN テンプレート（複合基板）を得た。この GaN テンプレート表面の窒化ガリウム層の転位密度を CL 法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個/cm² 程度と、種結晶基板よりも転位を一層低減する効果が確認された。
- 15 (この基板を「低転位 GaN テンプレート」と呼ぶ)

(低転位 GaN テンプレート上への MOCVD 法による成膜)

- 条件 H～K の 4 種類の低転位 GaN テンプレートを MOCVD 炉内に入れ、水素とアンモニアガスの混合雰囲気中で 1100℃ にまで昇温し、その温度にて TMG、アンモニア原料として絶縁性の In_2O_3 -GaN 層を 2 μm の厚さに成長させた後、モノシランを原料ガスに混入させ、n-GaN 層を 2 μm の厚さに成長させた。その後、原料を止め、基板温度を室温まで下げた後、基板を取り出した。
- 20

- 条件 H～K では、窒化ガリウム結晶層はサファイア基板から剥離することにはなかった。条件 H, I, J については、平坦な表面が得られた。一方、条件 K については、窒化ガリウム層表面に亀裂が生じていた。
- 25

各々の低転位 GaN テンプレート上に成膜した n-GaN 層の電気特性

試験としてホール効果測定を行った。条件H～Kの4種類の条件で作製した各サンプルを6mm角に切り出し、その四隅に1mm角のTi/Al電極を蒸着したものを窒素ガス中にて600℃にて1分間アニールし、その後室温にまで下げて取り出すという工程により、測定用サンプルを作製した。Ti/Al電極とn-
5 GaN層にオーミック性が得られていることを確認した後、ホール測定の方法としてvan der Pauw法を用いて測定を行った。その結果、条件Kについては、亀裂の発生により電極間に異方性が生じ、測定結果は不良であった。

条件H, I, Jについては電極間の異方性はなく測定結果は良好であり、
10 各条件ともキャリア濃度 $N=1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、移動度 $\mu=700 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が得られた。以上より、ボイドの割合は実施例1と同様、4.5%～12.5%であれば窒化ガリウム層の亀裂やサファイア基板の割れを防ぐことが可能となる。

この低転位GaNテンプレート上に成膜したn-GaN層表面の転位密度をCL法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個/ cm^2 程度と、
15 低転位GaNテンプレートと同等の転位密度であった。

(実験3)

(種結晶基板作製)

直径4インチ630 μm 厚の単結晶サファイアc面基板1をMOCVD炉(有機金属気相成長炉)内に入れ、水素雰囲気中で1150℃にて10分
20 加熱し、表面のクリーニングを行った。次いで、基板温度を500℃まで下げ、TMG(トリメチルガリウム)、アンモニアを原料として光吸収層として窒化ガリウム層を30nmの厚さに成長させた。次いで、基板温度を1100℃まで上げ、TMG(トリメチルガリウム)とアンモニアとを原料として窒化ガリウム層を1 μm の厚さに成長させ、種結晶膜を形成し、MOCVD
25 D炉から取り出した。同じ方法で種結晶基板を6枚作製した。この種結晶膜を形成したサファイア基板の反りを測定したところ、種結晶膜を上としたと

きに凸形状であり、反り量はすべて $15\ \mu\text{m}$ 以下であった。

得られた種結晶膜を形成したサファイア基板に対し、KrFエキシマレーザ光をサファイア基板側からパルス状に照射したところ、光吸収層がレーザ光を吸収し窒化ガリウムが分解され、径 $1\ \mu\text{m}$ のボイドが生じていた。レーザ光を6回対称に一定間隔で照射し、光吸収層にボイドを形成した種結晶基板を作製することを試みた。ボイドの間隔として表3の条件A' ~ F' の6条件にてボイドを付けた種結晶基板を作製した。なお、種結晶膜の表面には凹凸や荒れなどの発生はなかった。

条件A' ~ F' で作成した種結晶膜の付いたサファイア基板をそれぞれ再びMOCVD炉に入れ、窒素ガスを流しながら基板温度を 1100°C まで上げた後、窒素ガスを止め、水素ガスを流しながらTMG（トリメチルガリウム）とアンモニアとを原料として窒化ガリウム結晶層を $5\ \mu\text{m}$ の厚さにまで成長させて種結晶基板を作製し、MOCVD炉から取り出した。この種結晶膜表面の転位密度をCL法により測定し計測したところ、いずれも 7×10^9 個/ cm^2 程度であった。

得られたそれぞれの基板の上に、実施例1と同じ方法によりフラックス法により窒化ガリウム単結晶を堆積させたところ、条件B' ~ F' の基板表面に透明な窒化ガリウム単結晶が約 $300\ \mu\text{m}$ の厚さで堆積していた。条件A' では、窒化ガリウム層が消失し、サファイア基板表面が現れていた。この理由は、フラックス法による窒化ガリウム層形成過程で窒化ガリウム層がサファイア基板から自然剥離したものと考えられる。

条件A' を除いた条件B' ~ F' の5種類についてダイヤモンド砥粒による研磨にて平坦化し、窒化ガリウム層の厚さが $70\ \mu\text{m}$ 、直径4インチのc面GaNテンプレート（複合基板）を得た。このGaNテンプレートの転位密度をCL法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個/ cm^2 程度と、種結晶基板よりも転位を一層低減する効果が確認された。（この基板を

「低転位 G a N テンプレート」と呼ぶ)

条件 B' ~ F' の 5 種類の低転位 G a N テンプレートを MOCVD 炉内に入れ、水素とアンモニアガスの混合雰囲気中で 1 1 0 0 °C にまで昇温し、その温度にて TMG、アンモニア原料として絶縁性の ud-G a N 層を 2 μ m の厚さに
5 成長させた後、モノシランを原料ガスに混入させ、n-G a N 層を 2 μ m の厚さに成長させた。その後、原料を止め、基板温度を室温まで下げた後、基板を取り出した。

条件 B' ~ F' では、窒化ガリウム結晶層はサファイア基板から剥離することはなかった。条件 B'、C'、D'、E' については、平坦な表面が得られた。
10 一方、条件 F' については、窒化ガリウム層表面に亀裂が生じていた。

条件 B'、C'、D'、E' については均一な層が形成され、各条件ともキャリア濃度 $N=1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、移動度 $\mu=650 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ が得られた。以上より、ボイドの割合は 4.5%~12.5% であれば窒化ガリウム層の亀裂やサファイア基板の割れを防ぐことが可能となる。

15 この窒化ガリウム単結晶基板表面の転位密度を CL 法により計測したところ、おおむね $10^6 \sim 10^7$ 個 / cm^2 程度と、低転位 G a N テンプレートと同等の転位密度であった。

表 3

	ボイド径 [μ m]	間隔 [μ m]	ボイドの 割合 (%)	種結晶膜の 転位密度 [個/ cm^2] (CL 法による)
条件 A'	1	7	14.3	7×10^9
条件 B'	1	8	12.5	7×10^9
条件 C'	1	10	8.2	7×10^9
条件 D'	1	20	5.0	7×10^9
条件 E'	1	22	4.5	7×10^9
条件 F'	1	25	4.0	7×10^9

(実験 4)

まず、実験 1 の条件 C と同様にして、種結晶基板を作製した。この種結晶基板上に、実験 1 と同様にして、N a フラックス法にて窒化ガリウム結晶を育成した。透明な窒化ガリウム単結晶が約 300 μm の厚さで堆積していた。

- 5 次いで、ダイヤモンド砥粒による研磨にて、透明な窒化ガリウム単結晶の表面を平坦化した。ただし、窒化ガリウム層の厚さは、表 4 に示すように種々変更し、各複合基板を得た。

- 各複合基板上に、実験 1 と同様にして、n-G a N 層を 2 μm の厚さに成長させた。その後、原料を止め、基板温度を室温まで下げた後、基板を取り
10 出した。

得られた各基板について、亀裂の有無、キャリア濃度、移動度、n-G a N 層表面の転位密度を計測した。結果を表 4 に示す。

表 4

15

条件	窒化ガリウム層の厚さ (μm)	表面の亀裂	キャリア濃度 N (cm^{-3})	移動度 μ (cm^2/Vs)	n-G a N 層表面の転位密度 (個/ cm^2)
C	70	なし	1×10^{17}	700	2×10^6
P	200	なし	1×10^{17}	750	1×10^6
Q	50	なし	1×10^{17}	680	4×10^6
R	20	なし	1×10^{17}	630	8×10^6
S	250	あり	測定不可	測定不可	測定不可

(用途)

- 本発明は、高品質であることが要求される技術分野、例えばポスト蛍光灯といわれている高演色性の白色 L E D や高速高密度光メモリ用青紫レーザ
20 ディスク、ハイブリッド自動車用のインバータに用いるパワーデバイスなどに用いることができる。

本発明の特定の実施形態を説明してきたけれども、本発明はこれら特定の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲の範囲から離れることなく、種々の変更や改変を行いながら実施できる。

請求の範囲

1. サファイア基板、前記サファイア基板の表面に設けられた窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜、およびこの種結晶膜上に結晶成長した厚さ200
5 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板であって、
前記サファイア基板と前記種結晶膜との界面にボイドが設けられており、
このボイド比率が4.5～12.5%であることを特徴とする、複合基板。
2. 請求項1記載の複合基板、および前記窒化ガリウム結晶層上に気相法
10 によって形成された13族元素窒化物からなる機能層を備えていることを
特徴とする、機能素子。
3. 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項2記載の機能素子。
4. サファイア基板、および前記サファイア基板上に結晶成長した厚さ2
00 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板を製造する方法であ
15 って、
前記サファイア基板上に窒化ガリウムからなる下地膜を気相成長法により形成する下地膜形成工程；
前記サファイア基板および前記下地膜を水素存在下に加熱処理すること
によって、前記下地膜を除去して前記サファイア基板の表面を粗面化するエ
20 ッチング工程；
次いで前記サファイア基板の表面に窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜
を気相成長法によって形成する種結晶膜形成工程；および
前記窒化ガリウム結晶層を前記種結晶膜上にフラックス法によって育成
する結晶育成工程
25 を備えていることを特徴とする、複合基板の製造方法。
5. 前記エッチング工程を、前記下地膜の形成温度以上、1260℃以下

の温度で実施することを特徴とする、請求項4記載の方法。

6. 請求項4または5記載の方法によって得られた複合基板の前記窒化ガリウム結晶層上に気相法によって13族元素窒化物からなる機能層を形成することを特徴とする、13族元素窒化物からなる機能層の製造方法。

5 7. 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項6記載の方法。

8. 請求項4または5記載の方法によって得られたことを特徴とする、複合基板。

9. 請求項8記載の複合基板、および前記窒化ガリウム結晶層上に気相法
10 によって形成された13族元素窒化物からなる機能層を備えていることを特徴とする、機能素子。

10. 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項9記載の機能素子。

11. サファイア基板、および前記サファイア基板上に結晶成長した厚さ
15 200 μm 以下の窒化ガリウム結晶層を備える複合基板を製造する方法であって、

前記サファイア基板の上に13族元素窒化物からなる光吸収層を設ける工程；

次いで前記光吸収層上に窒化ガリウム結晶からなる種結晶膜を形成する
20 種結晶膜形成工程；

次いで前記光吸収層にレーザ光を照射することによってボイドを形成するボイド生成工程；および

前記窒化ガリウム結晶層を前記種結晶膜上にフラックス法によって育成する結晶育成工程

25 を備えていることを特徴とする、複合基板の製造方法。

12. 前記レーザ光としてパルスレーザを用いることを特徴とする、請求

項 1 1 記載の方法。

1 3. 前記光吸収層が窒化ガリウム結晶からなることを特徴とする、請求項 1 1 または 1 2 記載の方法。

1 4. 請求項 1 1 ～ 1 3 のいずれか一つの請求項に記載の方法によって得られた複合基板の前記窒化ガリウム結晶層上に気相法によって 1 3 族元素窒化物からなる機能層を形成することを特徴とする、1 3 族元素窒化物からなる機能層の製造方法。

1 5. 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項 1 4 記載の方法。

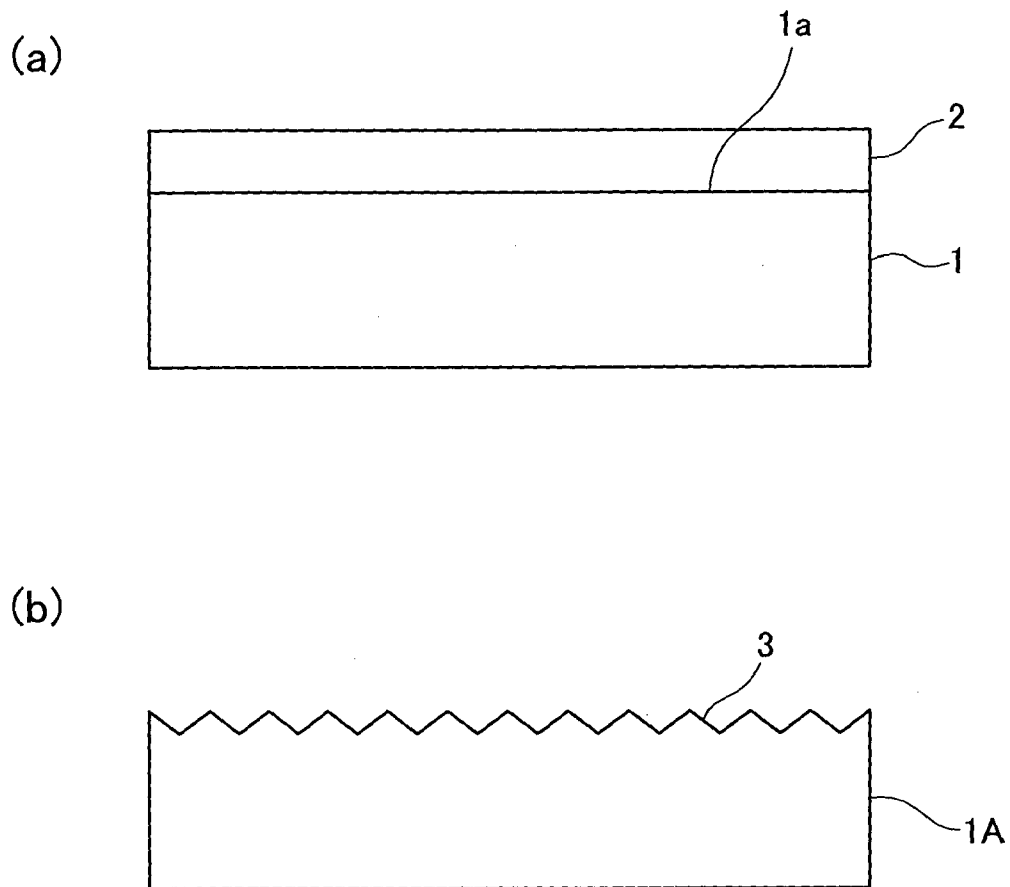
10 1 6. 請求項 1 1 ～ 1 3 のいずれか一つの請求項に記載の方法によって得られたことを特徴とする、複合基板。

1 7. 請求項 1 6 記載の複合基板、および前記窒化ガリウム結晶層上に気相法によって形成された 1 3 族元素窒化物からなる機能層を備えていることを特徴とする、機能素子。

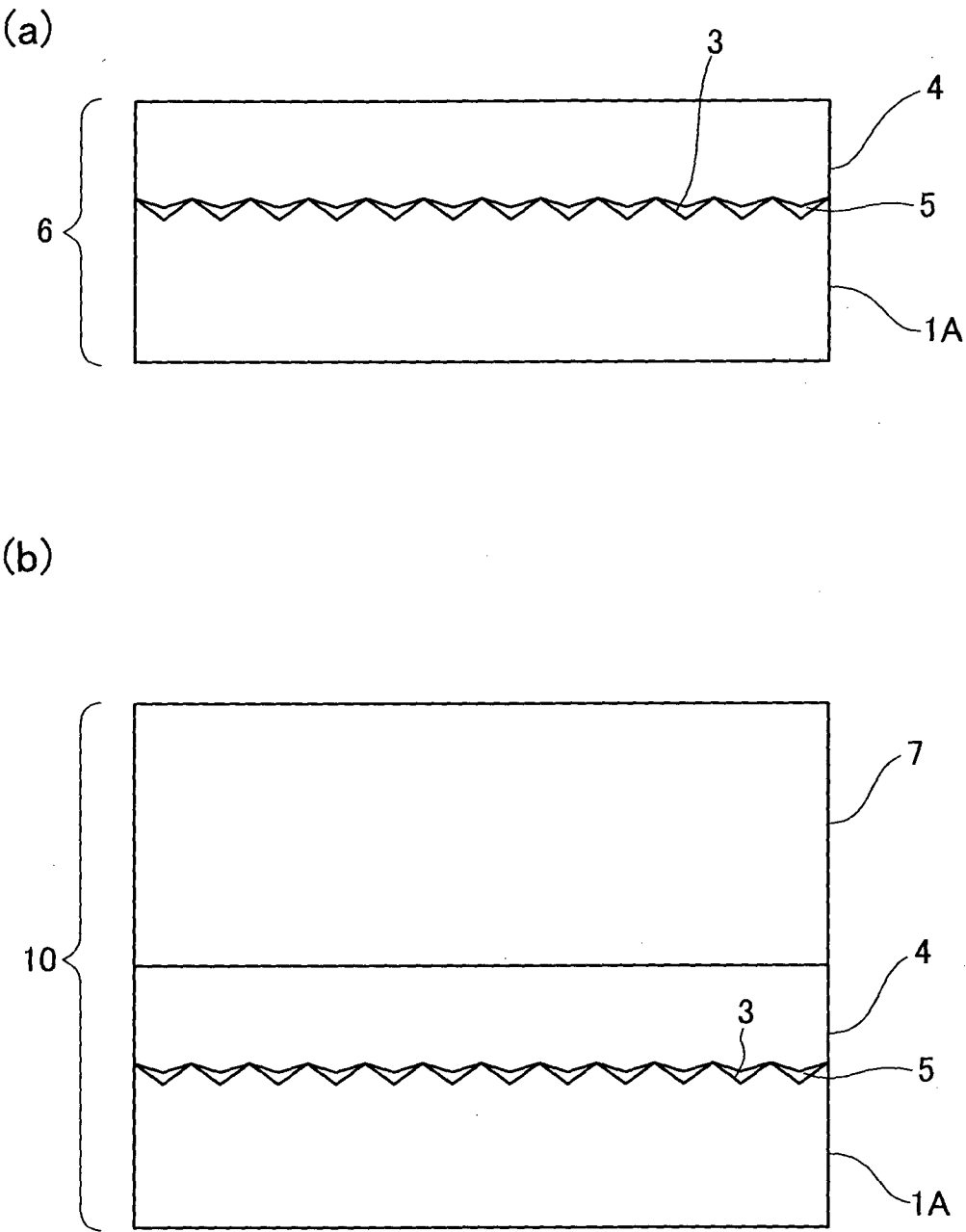
15 1 8. 前記機能層が発光機能を有することを特徴とする、請求項 1 7 記載の機能素子。

1/10

第 1 図

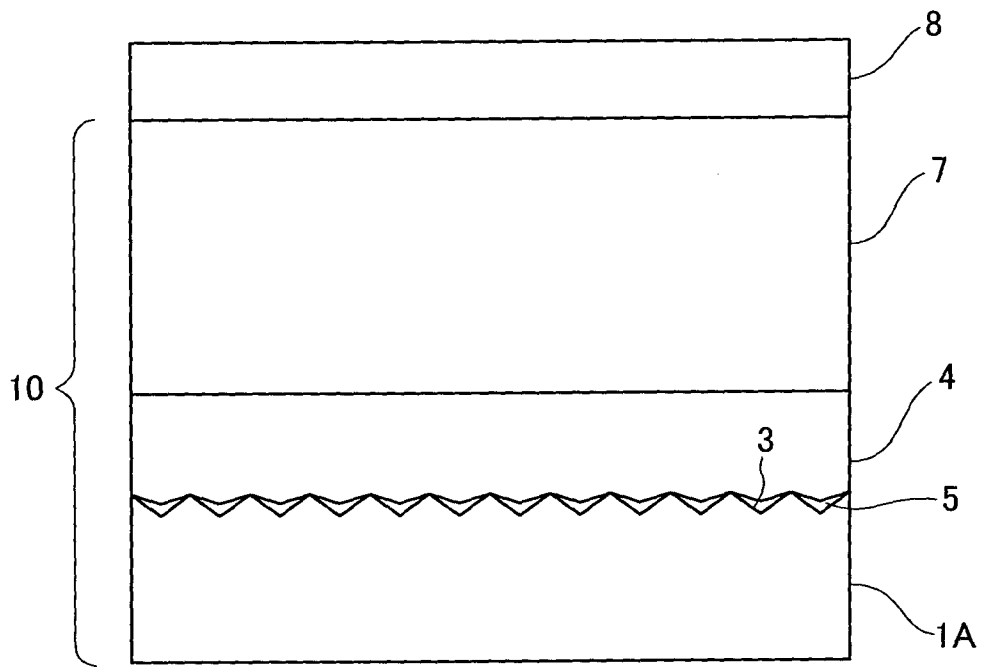


第 2 図

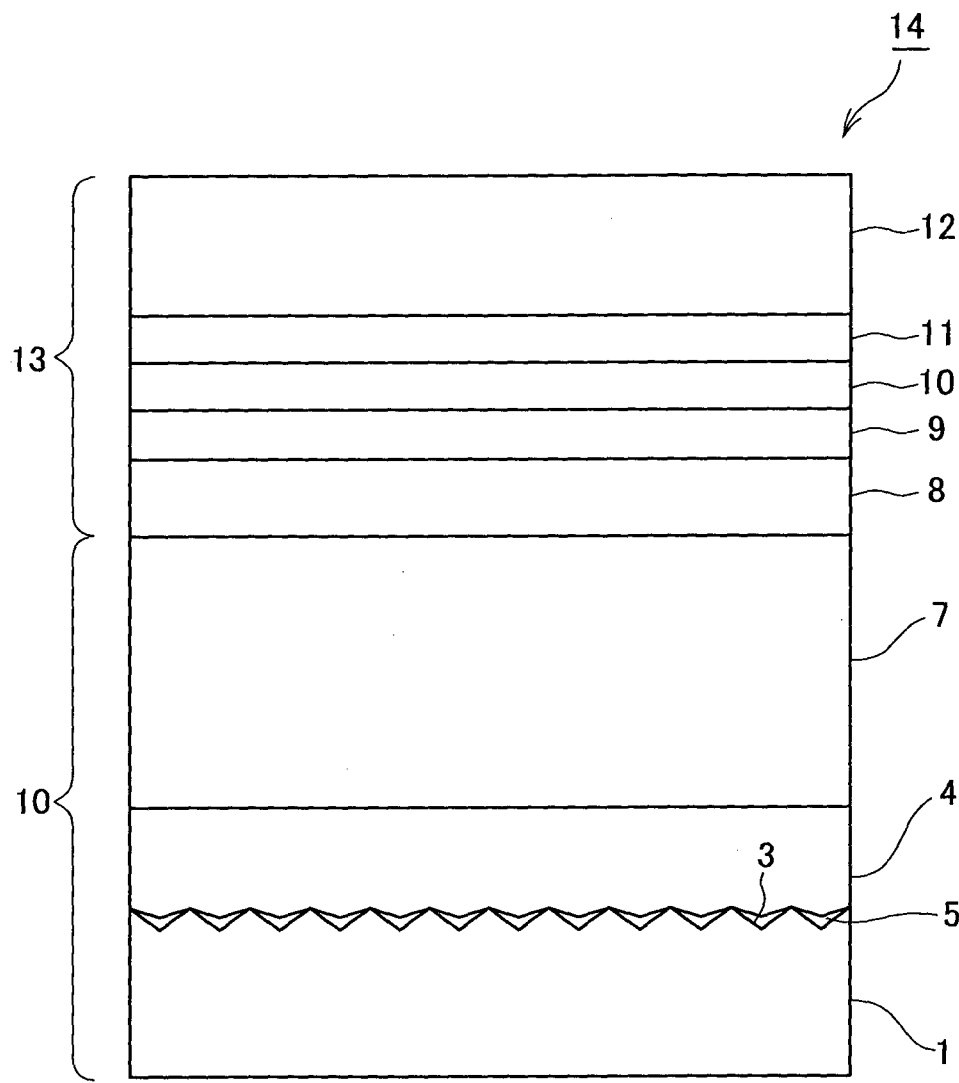


3/10

第 3 図

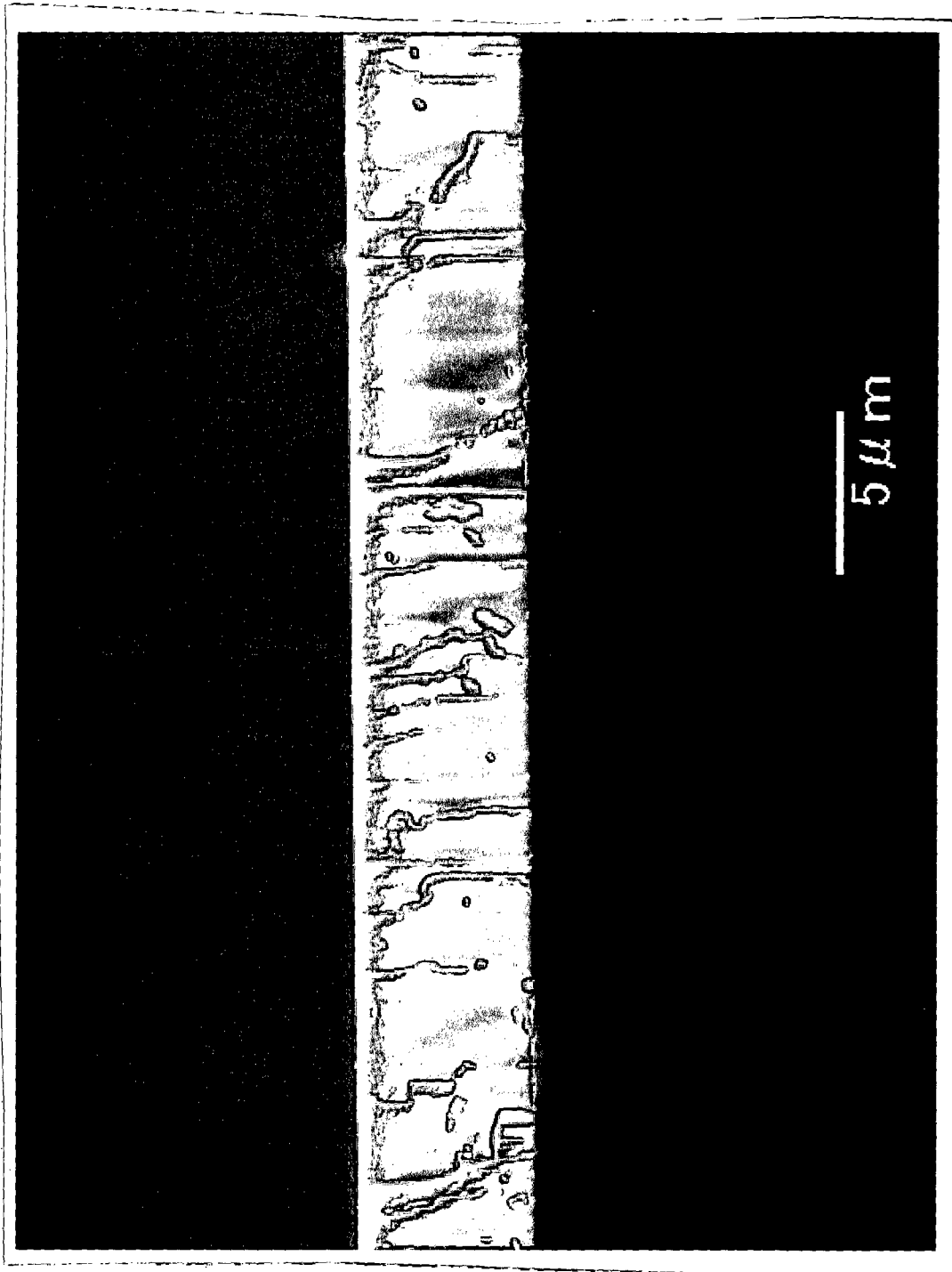


第 4 図



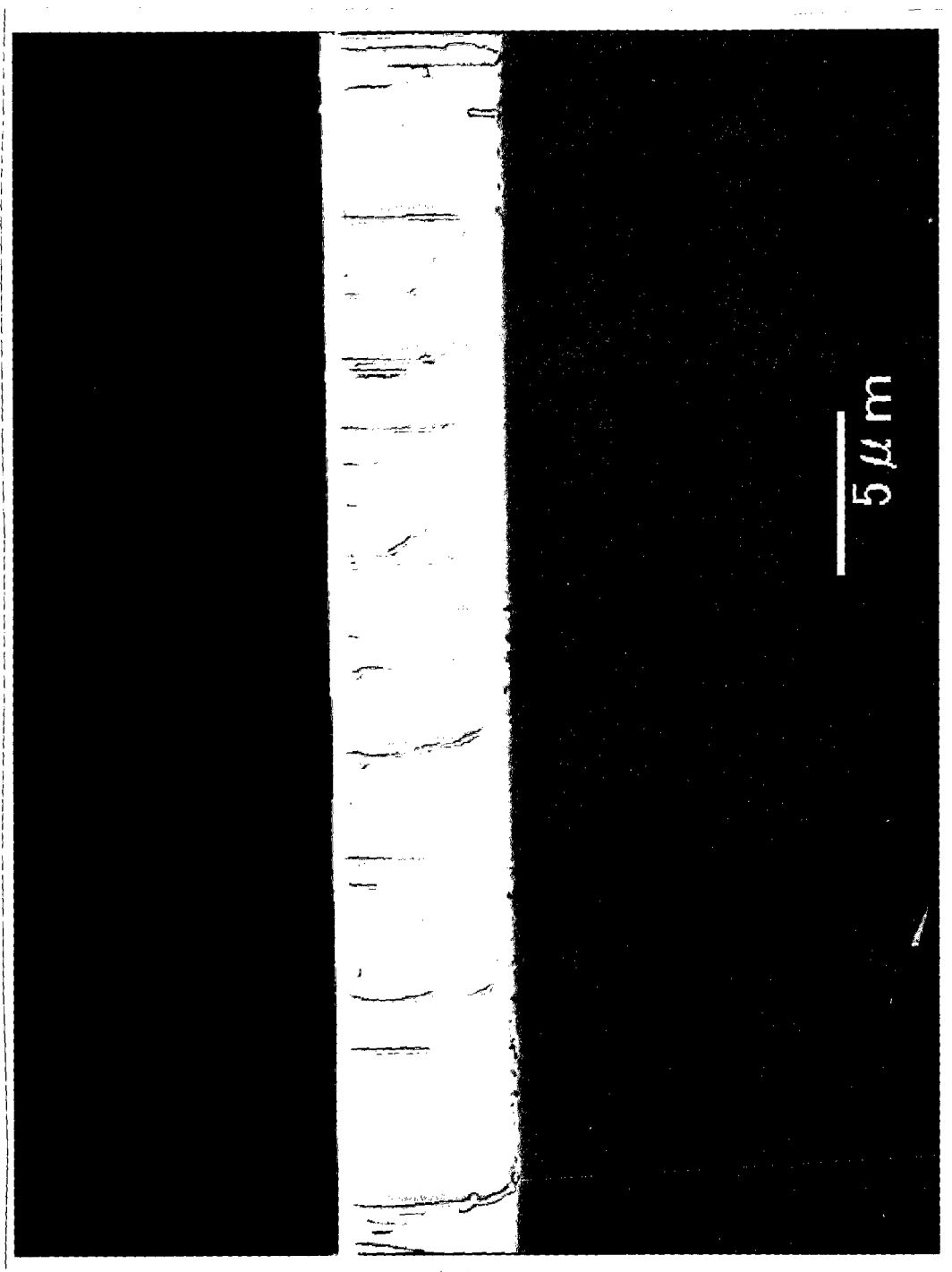
5/10

第 5 図



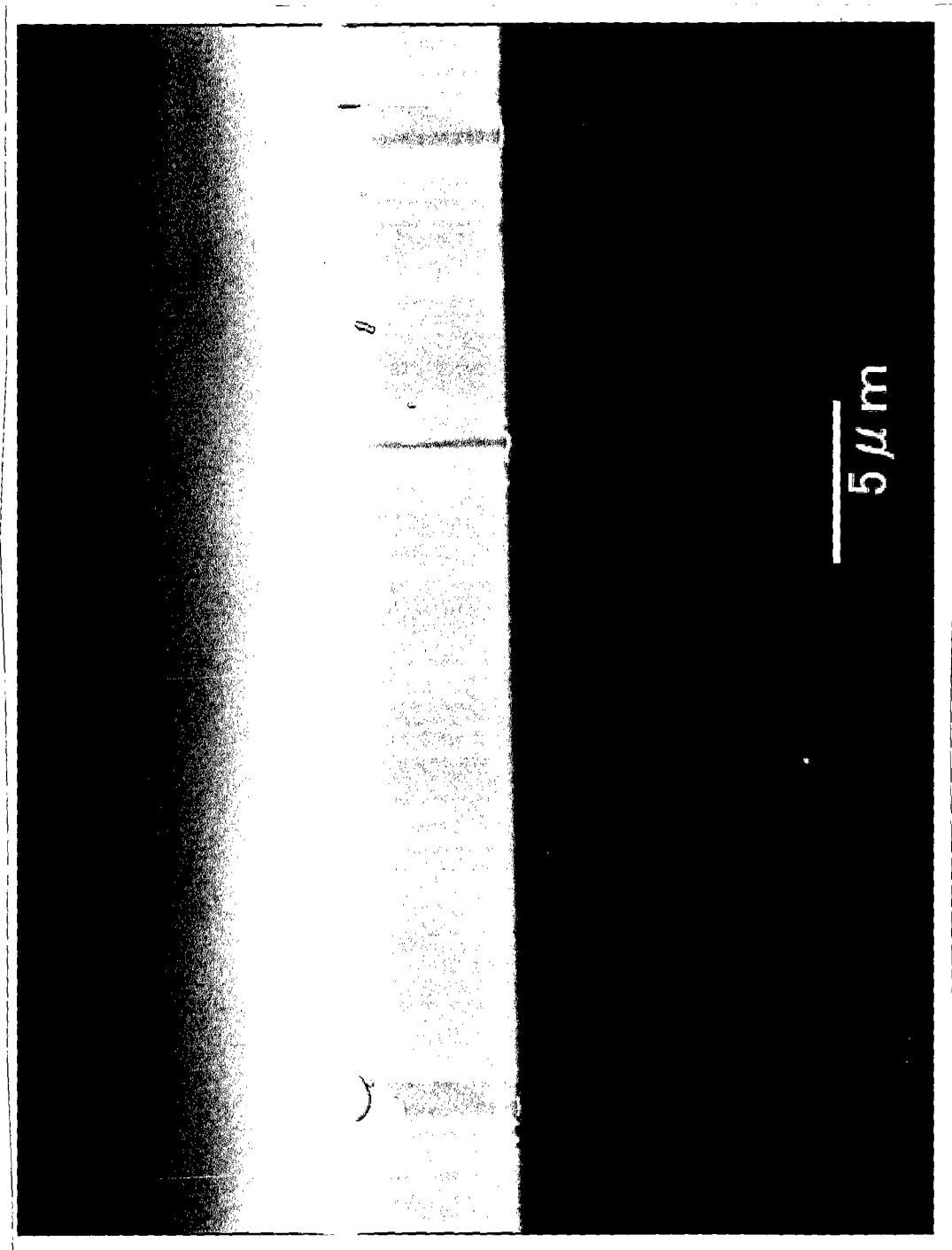
6/10

第 6 図



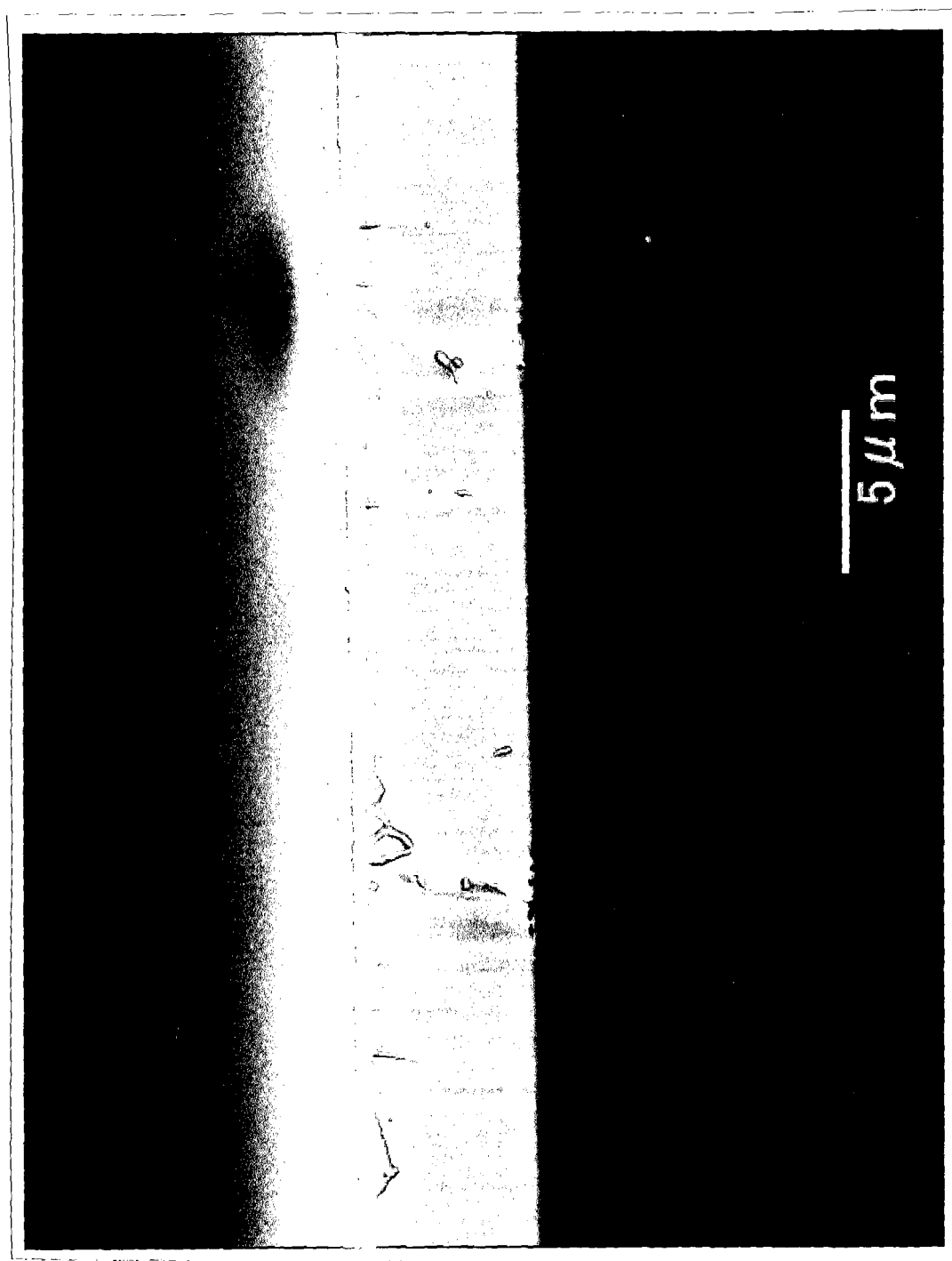
7/10

第 7 図



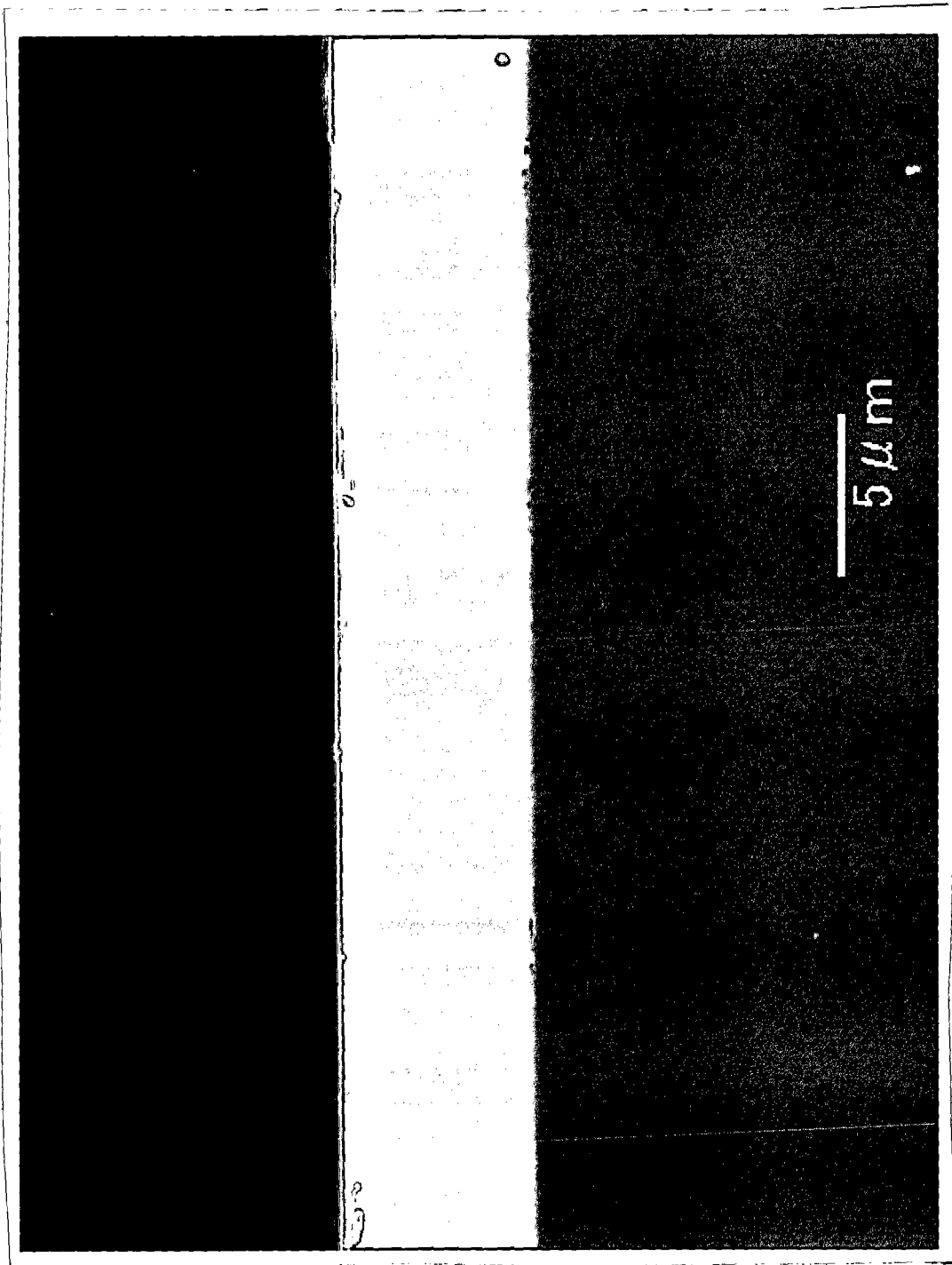
8/10

第 8 図



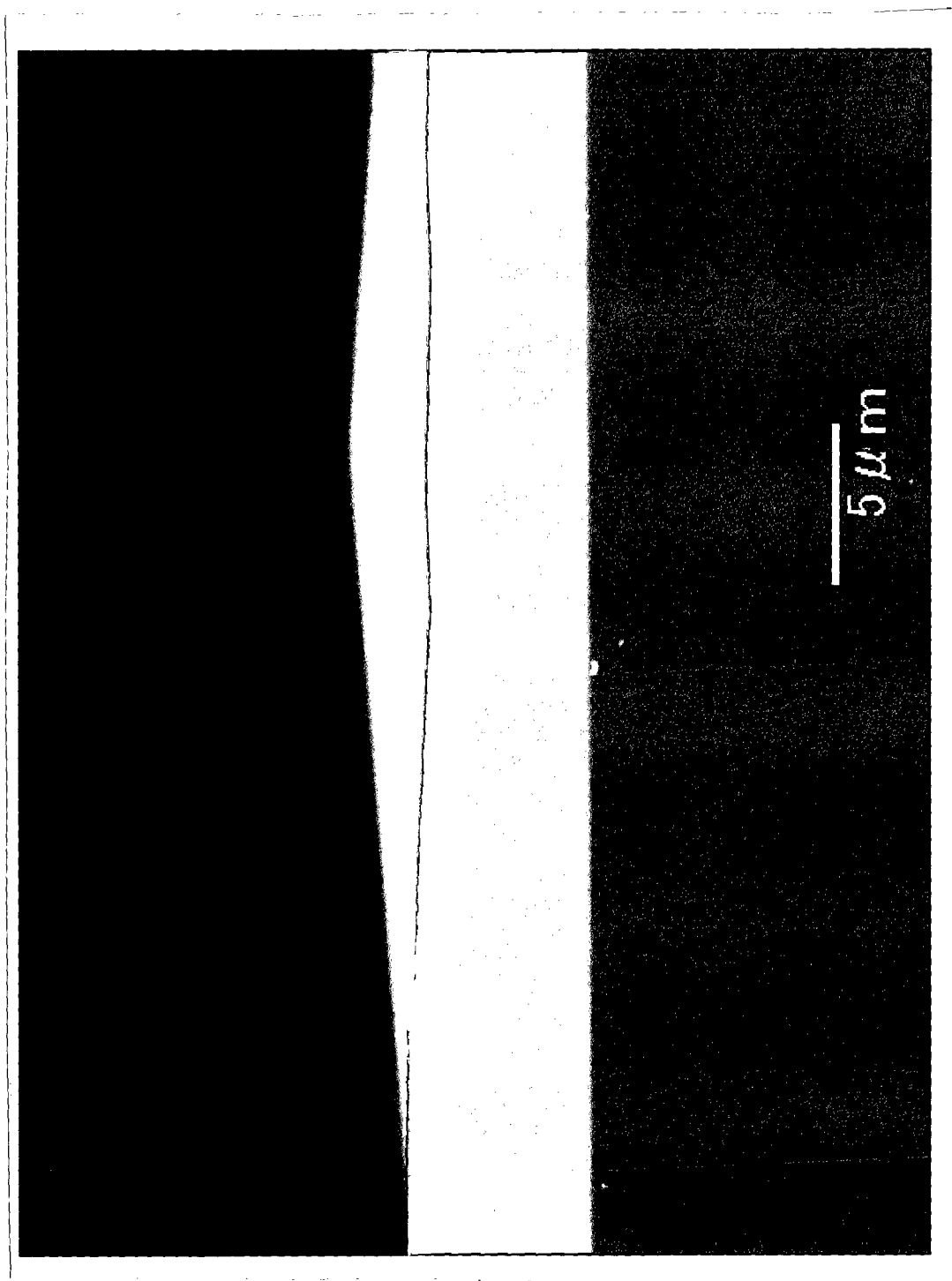
9/10

第 9 図



10/10

第10図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B29/38(2006.01) i, C30B19/12(2006.01) i, H01L21/208(2006.01) i

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)

C30B29/38, C30B19/12, H01L21/208

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2009/011407 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 22 January 2009 (22.01.2009), page 12, line 16 to page 14, line 20; claims; fig. 1, 2 & US 2010/0107969 A1 & CN 101743346 A & CN 103173864 A	4, 5, 8, 11-13, 16
Y	JP 2004-247711 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 02 September 2004 (02.09.2004), claims; paragraph [0068]; fig. 1 & US 2004/0147096 A1 & EP 1439572 A2 & CN 1518138 A	4, 5, 8, 11-13, 16

☒ 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
21 August, 2013 (21.08.13)

Date of mailing of the international search report
03 September, 2013 (03.09.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/070264

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 2007-525652 A (CTI PET Systems, Inc.), 06 September 2007 (06.09.2007), paragraph [0020] & US 2004/0262526 A1 & EP 1654111 A & WO 2004/109870 A2	11-13, 16
A	JP 2005-281067 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 13 October 2005 (13.10.2005), entire text (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. C30B29/38 (2006.01)i, C30B19/12 (2006.01)i, H01L21/208 (2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. C30B29/38, C30B19/12, H01L21/208

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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)

JSTPlus (JDreamIII)

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 請求項の番号
Y	WO 2009/011407 A1 (日本碍子株式会社) 2009.01.22, 第12頁第16行-第14頁第20行, 請求の範囲, 第1図, 第2図 & US 2010/0107969 A1 & CN 101743346 A & CN 103173864 A	4, 5, 8, 11-13, 16
Y	JP 2004-247711 A (松下電器産業株式会社) 2004.09.02, 特許請求の範囲, 段落【0068】, 図1 & US 2004/0147096 A1 & EP 1439572 A2 & CN 1518138 A	4, 5, 8, 11-13, 16

☒ 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

2 1 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 9 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

田中 則充

4 G

9 7 3 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

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 請求項の番号
Y	JP 2007-525652 A (シーティーアイ ペット システムズ インコーポレイテッド) 2007.09.06, 段落【0020】 & US 2004/0262526 A1 & EP 1654111 A & WO 2004/109870 A2	11-13, 16
A	JP 2005-281067 A (住友電気工業株式会社) 2005.10.13, 全文 (ファミリーなし)	1-18