

(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2010-225787

(P2010-225787A)

(43) 公開日 平成22年10月7日(2010.10.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 33/30 (2010.01)	H01L 33/00 184	4K029
H01L 33/22 (2010.01)	H01L 33/00 172	4K030
C23C 14/18 (2006.01)	C23C 14/18	5F004
C23C 14/14 (2006.01)	C23C 14/14 D	5F041
C23C 14/58 (2006.01)	C23C 14/58 A	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-70630 (P2009-70630)
 (22) 出願日 平成21年3月23日 (2009. 3. 23)

(71) 出願人 304020177
 国立大学法人山口大学
 山口県山口市吉田1677-1
 (74) 代理人 100077931
 弁理士 前田 弘
 (74) 代理人 100110939
 弁理士 竹内 宏
 (74) 代理人 100110940
 弁理士 嶋田 高久
 (74) 代理人 100113262
 弁理士 竹内 祐二
 (74) 代理人 100115059
 弁理士 今江 克実
 (74) 代理人 100115691
 弁理士 藤田 篤史

最終頁に続く

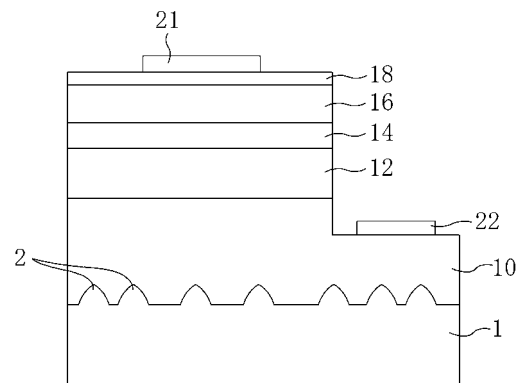
(54) 【発明の名称】 サファイア基板の製造方法、および半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 サファイア基板上に化合物半導体層を成長させて作製する半導体装置において、光取り出し効率の高い半導体装置を作製できるサファイア基板を提供する。

【解決手段】 サファイア基板1の面に複数の凸起2, 2, ...をランダム配置で形成し、その面上にGa_{0.5}N_{1.5}層10を成長させた。さらにその上に、多重量子井戸層12, p-AlGa_{0.3}N_{0.7}層14, p-GaN層16, ITO層18を形成し、2つの電極21, 22も形成して半導体発光素子を作製した。

【選択図】 図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

サファイア薄板の一面に金属を蒸着する工程 A と、
前記工程 A の後に前記サファイア薄板を熱処理して前記金属を微粒子状態とする工程 B と、

前記微粒子状態の金属をマスクとして前記サファイア薄板の前記一面をエッチングする工程 C と

を含む、サファイア基板の製造方法。

【請求項 2】

前記工程 A では、 1 nm 以上 20 nm 以下の厚みで前記金属を蒸着する、請求項 1 に記載のサファイア基板の製造方法。 10

【請求項 3】

前記工程 C では、前記一面に複数の凸起が形成されており、

前記複数の凸起は、前記一面のランダムな位置に設けられているとともに、底部から頂部にかけて先細の形状を有しており、

前記凸起の頂部の平面の面積は、 $0\text{ }\mu\text{ m}^2$ 以上 $0.05\text{ }\mu\text{ m}^2$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載されているサファイア基板の製造方法。

【請求項 4】

前記凸起の底面の長径は、 100 nm 以上 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であり、短径は 50 nm 以上 $0.5\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であり、 20

前記凸起は、 1×10^6 個/ cm^2 以上 5×10^{10} 個/ cm^2 以下の密度で配置されている、請求項 3 に記載されているサファイア基板の製造方法。

【請求項 5】

前記凸起の側面は曲面である、請求項 3 又は 4 に記載されているサファイア基板の製造方法。

【請求項 6】

前記凸起の高さは、 100 nm 以上 $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以下である、請求項 3 から 5 のいずれか一つに記載されているサファイア基板の製造方法。

【請求項 7】

前記サファイア薄板は、前記一面に複数の凸形状がランダムな位置に設けられており、
前記凸形状は底部から頂部にかけて先細の形状を有していて、 1×10^5 個/ cm^2 以上 5×10^7 個/ cm^2 以下の密度で配置されており、 30

前記凸形状の頂部の平面の面積は 0 よりも大きく $10\text{ }\mu\text{ m}^2$ 以下であり、

前記凸形状の底面の長径は $1\text{ }\mu\text{ m}$ 以上 $50\text{ }\mu\text{ m}$ 以下であり、短径は 100 nm 以上 $10\text{ }\mu\text{ m}$ 以下である、請求項 1 または 2 に記載されているサファイア基板の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 7 のいずれか一つに記載されているサファイア基板の製造方法により製造されたサファイア基板を備え、前記一面の上に化合物半導体層が設けられている半導体装置。

【発明の詳細な説明】 40

【技術分野】

【0001】

本発明はサファイア基板の製造方法、および半導体装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード (LED) は、エネルギー変換効率が良いことや長寿命であることから種々の照明デバイスやイルミネーション、電子機器等に多く使われている。可視光線の発光が可能な LED は、AlGaInN (以後、GaN で代表させる) あるいは AlGaInP からなる III-V 族化合物半導体材料を用いて主に作製されている。GaN は、緑色光、青色光および紫外光を発する LED で使われる。AlGaInP は、赤色光、橙色 50

光、および黄色光を発するLEDで使われる。

【0003】

現在コストや品質等の理由から、GaN結晶はサファイア(Al_2O_3)基板の上に成長させている。しかし、サファイア基板の上に成長させたGaN層には、サファイア結晶格子とGaN結晶格子との間の格子不整合が原因でGaN結晶中に高密度の非発光再結合中心として働く貫通転位が発生し、そのため光出力(外部量子効率)および耐久寿命が減少し、またリーク電流が増加してしまうという現象が生じていた。

【0004】

さらに、青色領域の波長においてGaNの屈折率が約2.4、サファイア基板の屈折率が約1.8と、GaNとサファイア基板の屈折率差が大きいためInGaN/GaN多重量子井戸層から発光した光のおよそ70%は、全反射の制限から多重量子井戸層を含んだGaN層に閉じ込められてGaN層中を伝搬する間に多重量子井戸層に自己吸収され、あるいは電極などに吸収され最終的に熱に変換される。すなわち、屈折率差に起因する全反射の制限のためにLEDの光取り出し効率が大幅に低下するという現象が生じている。

10

【0005】

このような貫通転位を減らすために、また光取り出し効率を向上させるために、サファイア基板のGaN層を成長させる面を予めエッチングして凹凸を形成し、いわゆるパターン化されたサファイア基板(PSS)を作製し、このPSSを用いてGaN層及びAlGaN層を成長させる技術が開示されている。(例えば、特許文献1)

【特許文献1】特許第3595277号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1に開示されているような従来のPSSは、複数本の平行溝やドーム型、円柱形、四角柱、さらには六角形の凸起が規則正しく並んだ幾何学的図形のパターンがサファイア基板の一面に設けられているものである。

【0007】

このような規則的なパターンを作製するためには通常、内部量子効率を低下させないように設計したパターンのフォトリソ、あるいは金型を作製し、高価な露光装置、あるいはナノインプリント装置を使用し多くの工程を経る必要があり、LED素子の製造コストを引き上げる要因となる。

30

【0008】

さらに周期的なパターンは光の取り出し効率の方向依存性を生み、LED素子からの発光の配光性に異方性を生じる。すなわち、GaN層中の光の伝搬方向にパターンの周期配列が直交する場合はLED素子の表面からの光取り出し効率が向上し、周期配列が平行の場合は通常の平坦な表面のサファイア基板と同程度の光取り出し効率となる。

【0009】

このように従来の規則的なパターンのPSSでは製造コストが大きくなる可能性があり、さらに光取り出し効率の異方性によりLED素子からの発光の配光性に異方性を生じ高効率かつ均一発光を必要とする照明や電子機器等に使用するのに支障が生じていた。

40

【0010】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、サファイア基板上に作製したLED素子の配光性の異方性が少なく、光取り出し効率の高い半導体装置の基板となるサファイア加工基板を簡単かつ安価に製造する方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するために、本発明のサファイア基板の製造方法は、サファイア薄板の一面に金属を蒸着する工程Aと、前記工程Aの後に前記サファイア薄板を熱処理して前記金属を微粒子状態とする工程Bと、前記微粒子状態の金属をマスクとして前記サファイア

50

薄板の前記一面をエッチングする工程 C とを含む構成とした。

【0012】

前記工程 A では、前記金属の厚みを 1 nm 以上 20 nm 以下とすることができる。

【0013】

前記工程 C では、前記一面に複数の凸起が形成されており、前記複数の凸起は、前記一面のランダムな位置に設けられているとともに、底部から頂部にかけて先細の形状を有しており、前記凸起の頂部の平面の面積は、 $0 \mu\text{m}^2$ 以上大きく $0.05 \mu\text{m}^2$ 以下とすることが可能である。

【0014】

前記凸起の底面の長径は、 100 nm 以上 $1 \mu\text{m}$ 以下であり、短径は 50 nm 以上 $0.5 \mu\text{m}$ 以下であり、前記凸起を、 1×10^6 個 / cm^2 以上 5×10^{10} 個 / cm^2 以下の密度で配置することが可能である。

10

【0015】

前記凸起の側面を曲面とすることが可能である。

【0016】

前記凸起の高さを 100 nm 以上 $1 \mu\text{m}$ 以下とすることが可能である。

【0017】

前記サファイア薄板は、前記一面に複数の凸形状がランダムな位置に設けられており、前記凸形状は底部から頂部にかけて先細の形状を有していて、 1×10^5 個 / cm^2 以上 5×10^7 個 / cm^2 以下の密度で配置されており、前記凸形状の頂部の平面の面積は 0 よりも大きく $10 \mu\text{m}^2$ 以下であり、前記凸形状の底面の長径は $1 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下であり、短径は 100 nm 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下とすることが可能である。

20

【0018】

本発明の半導体装置は、上記のサファイア基板の製造方法により製造されたサファイア基板を備え、前記一面の上に化合物半導体層が設けられている構成である。

【発明の効果】

【0019】

少ない工程で且つ簡単・安価な方法で、サファイア基板上のランダムな位置に先細の複数の凸起を設けることができる。さらに、その基板を使うことで光取り出し効率の高い発光ダイオードを作製することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。以下の図面においては、説明の簡潔化のため、実質的に同一の機能を有する構成要素を同一の参照符号で示す。

【0021】

(実施形態 1)

図 1 に示す模式的な製造フローによって実施形態 1 に係るサファイア基板 1 の製造方法を説明する

< サファイア薄板の準備 >

Al_2O_3 のコランダム構造の単結晶からなる円盤状のサファイア薄板 100 を用意した。サファイア薄板 100 の直径は $50 \sim 300 \text{ mm}$ 、厚みは $0.3 \sim 3 \text{ mm}$ である。サファイア薄板 100 は GaN 薄板に比較してコストが圧倒的に低く、Si 薄板に比較して光透過性を考慮したデバイス性能が圧倒的に優れている。また後に化合物半導体を形成する際に GaN 層を成長させることとなるサファイア薄板 100 の一面 (主面) は、a 面 < { 11 - 20 } 面 >、c 面 < (0001) 面 >、m 面 < { 1 - 100 } 面 >、若しくは r 面 < { 1 - 102 } 面 > のいずれでも良く、あるいは他の面方位の結晶面であっても良い。

40

【0022】

< 蒸着工程 >

サファイア薄板 100 の一面 (主面) に金属を蒸着して金属薄膜 102 を該主面に形成

50

した（工程 S 1）。金属は、金属そのもののコスト及び工程のコストを考慮して選ばよ
いが、例えば Ni、Pd 等を挙げることができる。金属薄膜 102 の厚みは、必要とする
凸起の大きさやこの後の工程の条件などによって変わってくるが、1 nm 以上 20 nm 以
下が好ましい。ここでは金属として Ni を用い、5 nm の厚みの金属薄膜 102 とした。

【0023】

< 熱処理工程 >

金属薄膜 102 が載ったサファイア薄板 100 を真空下あるいは窒素雰囲気下で熱処理
（アニール）した（工程 S 2）。この熱処理によって金属薄膜 102 は微粒子 103 状態
になった。図 2 にサファイア薄板 100 上に微粒子 103 が載っている状態を示す。

【0024】

微粒子 103 は球あるいは半球状であることが好ましい。熱処理の条件は、金属種、金
属薄膜 102 の厚み、形成したい微粒子 103 の形状・大きさなどによって調整する。金
属の微粒子 103 の大きさは、サファイア薄板 100 の上から見た時に（上方よりの平面
視）、径が 50 nm 以上 1 μ m 以下であることが好ましい。微粒子 103 の大きさにはば
らつきがある。ここでは、850 22 秒の条件でアニールし、出来上がった金属の微粒
子 103 は大きさにばらつきがあったが、大きいもので径が約 100 nm の球状であった
。

【0025】

< エッチング工程 >

金属の微粒子 103 をマスクとして用いて、サファイア薄板 100 の主面を誘導結合
プラズマ型反応性イオンエッチング（Inductive Coupled Plasma Reactive Ion Etching：
ICP-RIE）によってエッチングを行った（工程 S 3）。エッチングの条件を調節す
ることにより、金属の微粒子 103 が除去されるくらい十分にエッチングを行い、図 1 の
最下部分に示す複数の凸起 2, 2, ... が主面上にランダムに配置されたサファイア基板 1
を作製した。図 3 にこのサファイア基板 1 の斜視状態の SEM 写真を示す。

【0026】

図 4 はこのサファイア基板 1 を主面の上方から見た平面図であり、図 5 はその断面図で
ある。また、図 8 は凸起 2 の模式的な拡大断面図である。

【0027】

図 8 に示すように、サファイア基板 1 の主面上に形成した凸起 2 は、略円錐状であって
側面がやや上に凸の曲面により構成されており、底部 6 から頂部 4 にかけて先細である。
底部 6 はほぼ円形である。これは金属の微粒子 103 の形状に由来するものであり、金属
薄膜 102 の厚みやアニール条件によっては底部 6 の形状は変化する。頂部 4 は十分なエ
ッチングによって削られてほぼ平面が無くなってやや尖り形状となっている。頂部 4 の平
面部分の面積は、0.05 μ m² を越えるものはなく、平均でも 0.001 μ m² 未満で
ある。なお、頂部 4 の平面部分の面積は、断面 SEM 写真より、平面部分を円形と仮定し
て算出する。

【0028】

複数の凸起 2, 2, ... は大きさにばらつきがあるが、その高さ h は平均すると 100 nm
以上 1 μ m 以下の範囲内にあることが好ましく、ここでは平均約 300 nm であった。
また、底部 6 の直径（長径）R は平均すると 100 nm 以上 1 μ m 以下の範囲内にあるこ
とが好ましく、ここでは平均約 300 nm であった。凸起 2 の分布密度は、 1×10^6 個
/ cm^2 以上 5×10^{10} 個 / cm^2 以下の範囲内にあることが好ましく、ここでは $5 \times$
 10^8 個 / cm^2 であった。凸起 2 の側面が曲面であることは、側面では結晶面が連続的
に変化していることを意味している。

【0029】

複数の凸起 2, 2, ... の位置は金属の微粒子 103 の位置と同じ位置であり、金属の微
粒子 103 は主面 3 上にランダムに散らばっているため、主面 3 上に複数の凸起 2, 2,
... はランダムに配置されており、凸起 2, 2, ... 同士の間には規則性が無い。
また、複数の凸起 2, 2, ... それぞれの大きさも所定の範囲内でランダムである。従って

10

20

30

40

50

、複数の凸起 2, 2, ... に起因する光の反射・屈折・減衰等が互いに相互作用（例えば干渉）を起こしてもその相互作用に方向性がなく、光は全方向に均一に発せられる。そしてこれら複数の凸起 2, 2, ... が存在しない平坦なサファイア基板を用いて半導体発光素子を作製した場合に比べて光取り出し効率が大きくなり、従って光出力が大きくなる。このことを確認するために、以下のようにこのサファイア基板 1 を用いて化合物半導体層を有する半導体発光素子を作製した。

【0030】

< GaN 層の作製 >

複数の凸起 2, 2, ... を有するサファイア基板 1 の主面 3 上に、有機金属気相成長法（Metal Organic Vapor Phase Epitaxy: M O P V E）によって GaN 層を成長させた。なお、このとき Si をドーブすることにより n - GaN とした。図 6 は GaN 層 10 の成長の初期の状態を示す模式的な断面図であり、図 7 は GaN 層 10 の厚みが凸起 2 の高さよりも大きくなるまで GaN 層 10 が成長した状態を示す模式的な断面図である。

10

【0031】

図 6 に示すように GaN 層 10 は、凸起 2 部分を除くサファイア基板 1 の主面 3 から成長し、凸起 2 の側面及び頂部 4 からは成長しない。凸起 2 の側面は特定の面方位の結晶面が露出しているのではないので、GaN の成長の始点となる核が生成しにくいのであるが、サファイア基板 1 の主面 3 は特定の面方位の結晶面が全面に露出しているため、GaN の核が生成しやすく GaN 層 10 が成長していく。すなわち、凸起 2 の側面では結晶面が連続的に変化しているため、凸起 2 側面からの GaN の結晶成長を抑制している。凸起 2 の頂部 4 は平らな部分がほとんど無いか非常に狭いため、GaN 層 10 が成長しない。

20

【0032】

図 7 に示すように、GaN 層 10 が厚くなって行くに連れて、凸起 2 は横方向（水平方向）に成長する GaN 層 10 によって全面が覆われる。最終的に GaN 層 10 の厚みが凸起 2 の高さ以上になると、凸起 2 は GaN 層 10 に覆い隠され、上面から見ると、平らな GaN 層 10 の表面が観察されるだけとなる。

【0033】

本実施形態においては、最終的に GaN 層 10 の厚みが 6 μm になるまで GaN 層 10 を成長させた。カソードルミネッセンス（CL）によって、この GaN 層 10 の転位密度の評価を行った。CL によって観察される暗点は GaN 層 10 の表面に現れている貫通転位であり、従って暗点密度はほぼ転位密度である。本実施形態において観測される暗点密度は、従来のストライプ状のサファイア基板（基板表面に複数の平行な溝を形成した PSS）上に成長させた GaN 層において観察される暗点密度と同程度であった。なお、次に説明する半導体発光素子を作製する場合には、GaN 層 10 を成長させた後に、暗点観察をすることなく、連続して次の化合物半導体層を成長させる。

30

【0034】

< 半導体発光素子の作製 >

上記のサファイア基板 1 上の GaN 層 10 の上に更に複数の化合物半導体層および電極を形成して、図 10 に示す半導体発光素子を作製した。以下にその作製について説明する。

40

【0035】

まず GaN 層 10 の上に、InGaIn 層と GaN 層とを交互に複数回成長させて多重量子井戸層 12 を形成した。それから多重量子井戸層 12 の上に Mg をドーブした p - AlGaIn 層 14 を成長させ、更にその上に Mg をドーブした p - GaN 層 16 を成長させた。それから p - GaN 層 16 の上に透明電極である ITO 層 18 を電子ビーム蒸着法により形成した。

【0036】

次に上記の積層させた化合物半導体層の一部に対して ICP - RIE を使ってエッチング加工を行うことによって GaN 層 10 を露出させる。そして露出した GaN 層 10 の上に Ti / Al（積層構造）からなる n 型電極 22 を電子ビーム蒸着法により形成し、IT

50

0層18の上にTi/Alからなるp型電極21を形成して半導体発光素子を作製した。

【0037】

<半導体発光素子の特性>

上述のように作製した本実施形態の半導体発光素子(半導体装置)の発光出力を、OPTO-SYSTEM社製の自動プローブテスターWPSR3100を用いて測定した。比較のため、サファイア基板として主面がフラット(凸起を形成していない)な基板を用い、それ以外の構成・製法は本実施形態の半導体発光素子と同じ比較用発光素子を作製し、同じように発光出力を測定した。

【0038】

20mAの電流を入力させたときの比較用発光素子の発光出力を100とすると、本実施形態の半導体発光素子の発光出力は144となり、44%の出力向上を確認した。また、本実施形態の半導体発光素子は全面均一に発光していた。このように、サファイア基板1の主面3上に複数の凸起2, 2, ...をランダムに形成し、そのサファイア基板1上に化合物半導体層を形成して半導体発光素子を作製することにより、発光効率が向上し均一発光する半導体発光素子を得ることができた。本実施形態のサファイア基板1はフォトリソ工程を用いるフォトリソ工程を経ずに作製されているため、作製コスト、作製時間ともに少ないものとする事ができる。

10

【0039】

(実施形態2)

実施形態2では、サファイア薄板が実施形態1と異なっており、それ以外の構成は実施形態1と同じであるので、実施形態1と異なっている部分を以下に説明する。なお本実施形態に係るサファイア基板1'は図11に示されている。

20

【0040】

本実施形態のサファイア薄板は、主面3に予め複数の凸形状2'がランダムな位置に設けられており、これらの凸形状2'は底部から頂部にかけて先細の形状を有して、 1×10^5 個/cm²以上 5×10^7 個/cm²以下の密度で配置されており、凸形状2'の頂部4'の平面の面積は0よりも大きく $10 \mu\text{m}^2$ 以下であり、凸形状2'の底面の長径は $1 \mu\text{m}$ 以上 $50 \mu\text{m}$ 以下であり、短径は 100nm 以上 $10 \mu\text{m}$ 以下である。このサファイア薄板を使用して実施形態1と同様の工程を行って、図11に示すサファイア基板1'を得た。

30

【0041】

実施形態2では実施形態1と同じ効果を奏する。

【0042】

(その他の実施形態)

上記の実施形態は本発明の例示であって、本発明はこれらの例に限定されない。凸起2の形状は略円錐形状に限らず、例えば略半球形状などであっても構わない。上記の実施形態1又は2において、サファイア薄板を、特許文献1に開示されているような、複数本の平行溝やドーム型、円柱形、四角柱、さらには六角形の凸起が規則正しく並んだ幾何学的図形のパターンと併用してもよい。例えば、四角柱の形状の突起部頂上の平坦な部分の一面に上記実施形態の複数の凸起が設けられているものとしてもよい。

40

【0043】

凸起2の平均の高さは 100nm 以上 $1 \mu\text{m}$ 以下が好ましく、 800nm 以下がより好ましい。

【0044】

凸起2の底部6の形状は円形に限定されず、楕円形や曲線で囲まれた不定形などであってもよい。底部6の長径Rは 100nm 以上 $1 \mu\text{m}$ 以下が好ましい。

【0045】

凸起2の分布密度は、 1×10^6 個/cm²以上 5×10^{10} 個/cm²以下が好ましい。 1×10^6 個/cm²未満であると光取り出し効率の向上効果が小さくなり、 5×10^{10} 個/cm²よりも大きいと凸起間の重なりが大きくなり結晶成長に不具合が生じる

50

可能性が大きい。

【0046】

半導体発光素子の各構成層は、公知の手法で成長させれば良い。

【0047】

サファイア基板1の主面上3に成長させる半導体層はGaN層10に限らず、AlNやInGaNなどの化合物半導体層であってもよい。

【0048】

ランダム配置の複数凸起による光取り出し効率の向上効果は、複数本の平行溝によるPSSの効果と同等であり、凸起がないときは全反射の制限でGaN層中に閉じ込められていた光を光散乱効果によりGaN層の外に（さらにLED素子の外部に）取り出すことができる。

10

【産業上の利用可能性】

【0049】

以上説明したように、本発明に係るサファイア基板は、均一に且つ効率よく発光する半導体発光素子の基板となるので、照明用途等として有用である。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】実施形態に係るサファイア基板の模式的な製造工程図である。

【図2】実施形態に係る金属微粒子が載ったサファイア薄板のSEM写真である。

【図3】実施形態に係るサファイア基板のSEM写真である。

20

【図4】実施形態に係るサファイア基板の模式的な平面図である。

【図5】実施形態に係るサファイア基板の模式的な拡大断面図である。

【図6】GaN層が成長初期である実施形態に係る模式的な拡大断面図である。

【図7】GaN層が凸起を埋め込んだ状態である実施形態に係る模式的な拡大断面図である。

【図8】サファイア基板上の凸起を拡大した模式断面図である。

【図9】サファイア基板上の凸起を拡大した模式平面図である。

【図10】実施形態に係る半導体発光素子の模式的な拡大断面図である。

【図11】別の実施形態に係るサファイア基板の模式的な平面図である。

30

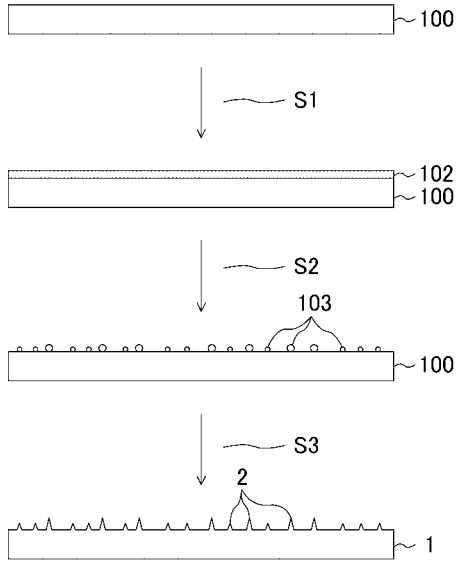
【符号の説明】

【0051】

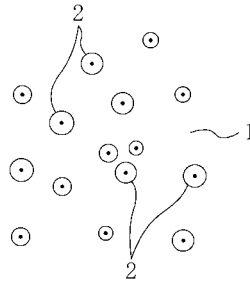
- 1、1' サファイア基板
- 2 凸起
- 2' 凸形状
- 3 主面
- 4 凸起頂部
- 6 凸起底部
- 100 サファイア薄板
- 102 金属薄膜
- 103 微粒子

40

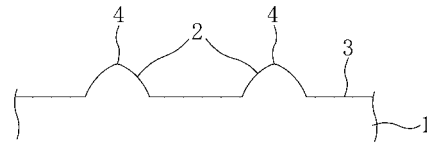
【 図 1 】



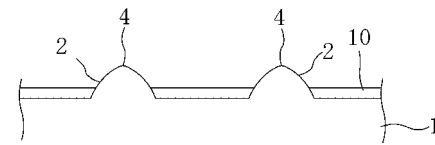
【 図 4 】



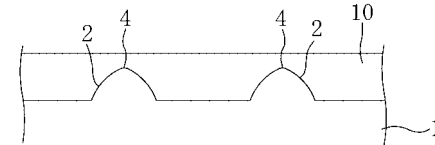
【 図 5 】



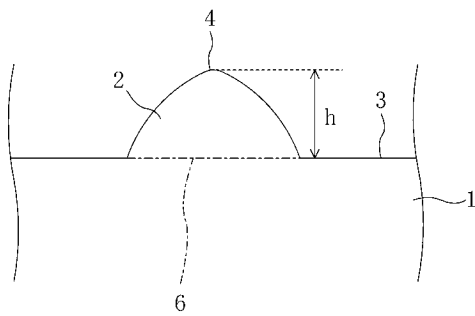
【 図 6 】



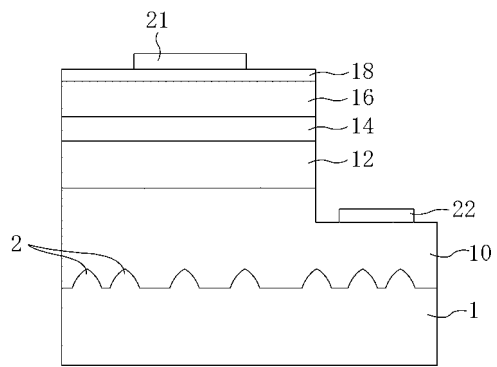
【 図 7 】



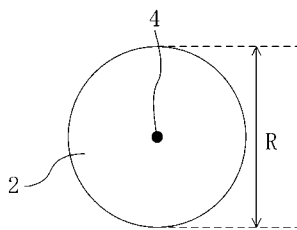
【 図 8 】



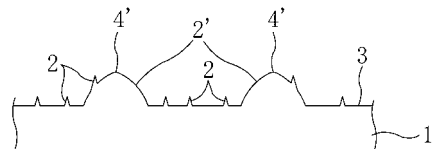
【 図 10 】



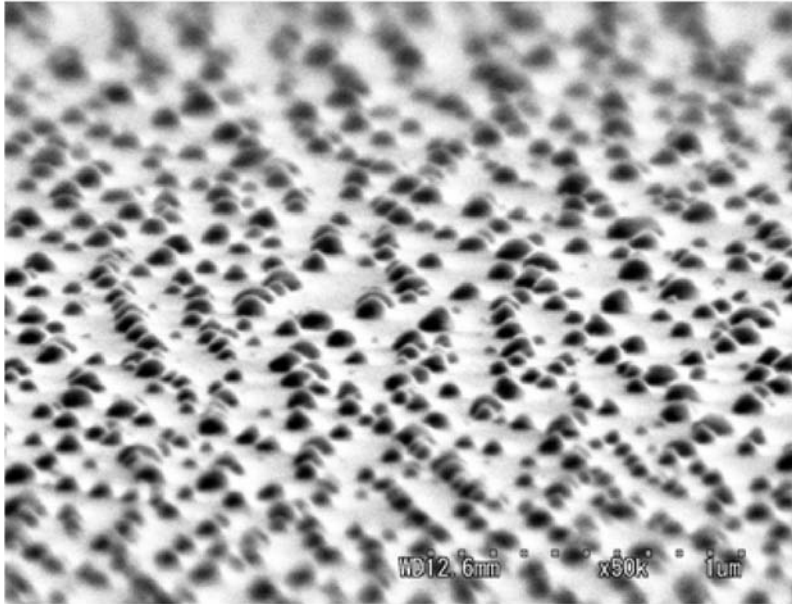
【 図 9 】



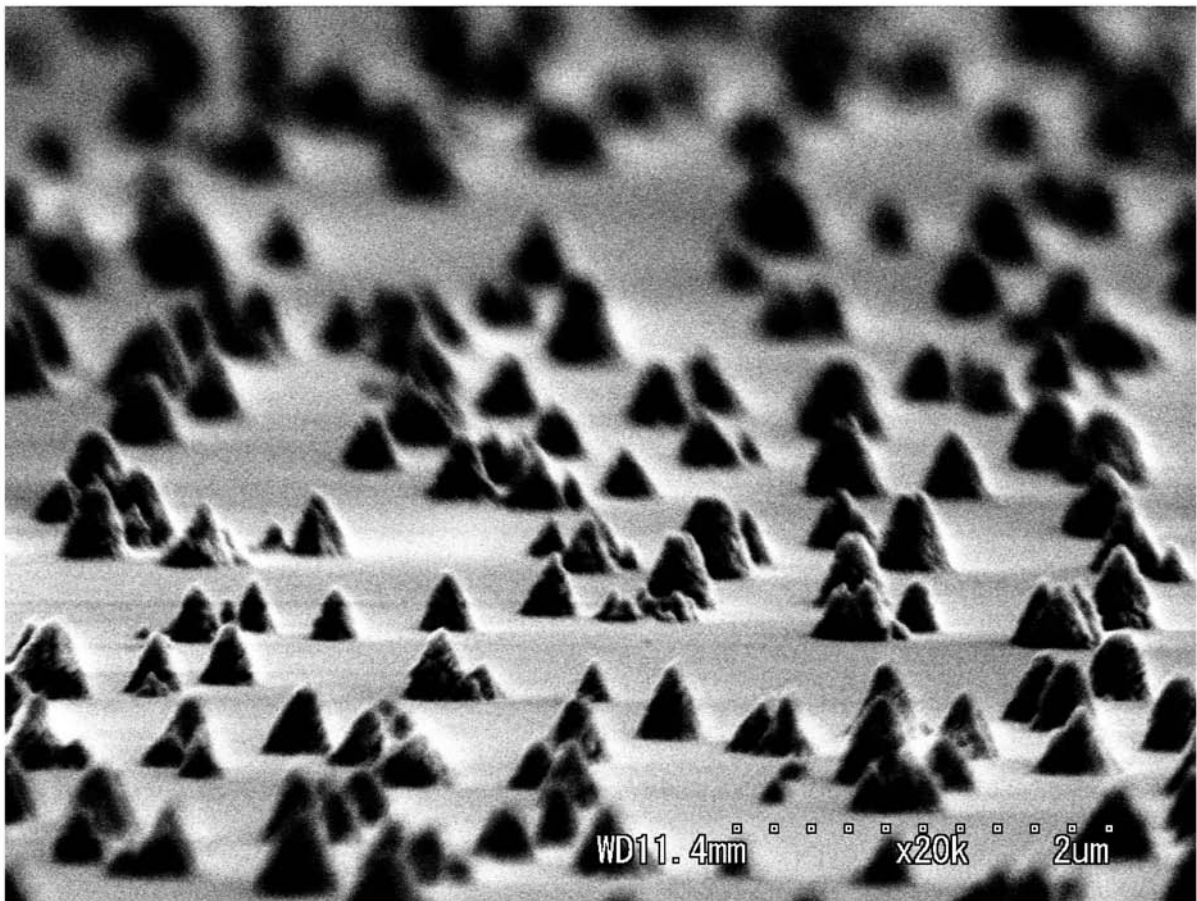
【 図 11 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 2 3 C 16/02 (2006.01)	C 2 3 C 16/02	
C 2 3 C 16/34 (2006.01)	C 2 3 C 16/34	
H 0 1 L 21/3065 (2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 1 C	
	H 0 1 L 21/302 1 0 5	
(74)代理人 100117581 弁理士 二宮 克也		
(74)代理人 100117710 弁理士 原田 智雄		
(74)代理人 100121728 弁理士 井関 勝守		
(74)代理人 100124671 弁理士 関 啓		
(74)代理人 100131060 弁理士 杉浦 靖也		
(72)発明者 只友 一行 山口県宇部市常盤台 2 - 1 6 - 1 国立大学法人 山口大学内		
(72)発明者 岡田 成仁 山口県宇部市常盤台 2 - 1 6 - 1 国立大学法人 山口大学内		
F ターム(参考) 4K029 AA07 AA24 BA02 BA25 BC07 BD01 EA01 GA01 4K030 AA11 BA02 BA08 BA38 BB02 BB12 CA04 CA05 DA02 DA04 LA14 5F004 AA16 BA20 EA05 5F041 AA03 AA40 AA42 CA04 CA40 CA65 CA73 CA74 CA88		