(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2009-70872
(P2009-70872A)
(43)公開日　平成21年4月2日(2009.4.2)

(51)Int.Cl.		F I		テーマコード（参考）
H01L 21/205	(2006.01)	H01L 21/205		5F041
H01L 33/00	(2006.01)	H01L 33/00	C	5F045

審査請求 未請求　請求項の数 4　OL　（全 12 頁）

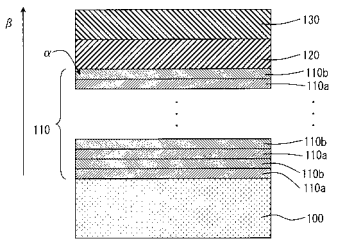
(21)出願番号　特願2007-234972 (P2007-234972)
(22)出願日　平成19年9月11日 (2007.9.11)

(71)出願人　507182807
コバレントマテリアル株式会社
東京都品川区大崎一丁目６番３号
(74)代理人　100101878
弁理士　木下　茂
(74)代理人　100113561
弁理士　石村　理恵
(72)発明者　阿部　芳久
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内
(72)発明者　小宮山　純
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】化合物半導体基板

(57)【要約】
【課題】窒化物半導体単結晶層の割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生を抑制しつつ、窒化物半導体単結晶層の厚膜化を図ることができる化合物半導体基板の提供。
【解決手段】結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板１００上に形成され、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層１１０ａと、前記第１の金属化合物層１１０ａと異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層１１０ｂとが互いに積層された第１の中間層１１０を備える。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板上に形成され、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層と、前記第１の金属化合物層と異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層とがこの順で互いに積層され、最上層が前記第１の金属化合物層または前記第２の金属化合物層のいずれかで構成された第１の中間層と、
前記第１の中間層上に形成され、$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶（０≦ｗ＜１、０≦ｘ＜１、ｗ＋ｘ＜１）で構成された第２の中間層と、
前記第２の中間層上に形成され、$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶（０≦ｙ＜１、０≦ｚ＜１、ｙ＋ｚ＜１）で構成された窒化物半導体単結晶層と、を備えたことを特徴とする化合物半導体基板。
【請求項２】
結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板上に形成された３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層と、
前記３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層上に形成され、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層と、前記第１の金属化合物層と異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層とがこの順で互いに積層され、最上層が前記第１の金属化合物層または前記第２の金属化合物層のいずれかで構成された第１の中間層と、
前記第１の中間層上に形成され、$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶（０≦ｗ＜１、０≦ｘ＜１、ｗ＋ｘ＜１）で構成された第２の中間層と、
前記第２の中間層上に形成され、$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶（０≦ｙ＜１、０≦ｚ＜１、ｙ＋ｚ＜１）で構成された窒化物半導体単結晶層と、を備えたことを特徴とする化合物半導体基板。
【請求項３】
前記最上層は、ＴｉＣまたはＶＣのいずれかで構成されていることを特徴とする請求項１または２に記載の化合物半導体基板。
【請求項４】
前記第１の金属化合物層はＴｉＣで構成され、前記第２の金属化合物層はＶＣで構成されていることを特徴とする請求項１または２に記載の化合物半導体基板。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、発光デバイスや電子デバイスに好適に用いられる化合物半導体基板に関する。
【背景技術】
【０００２】
窒化ガリウム（ＧａＮ）や窒化アルミニウム（ＡｌＮ）等に代表される窒化物半導体は、高い電子移動度、高い耐熱性等に優れた特性を備えているため、発光デバイスや、高速、高温動作が可能な電子デバイス等への応用が期待されている。
【０００３】
従来、このような窒化物半導体を形成する基板としては、サファイア、シリコン（Ｓｉ）、亜鉛酸化物（ＺｎＯ）等が用いられる。これらの基板の中でもＳｉ単結晶基板は、他の基板と比べて、結晶性に優れ、大面積で、高純度で、かつ、低価格で製造することが可能であるため、好適に用いられる。また、Ｓｉ単結晶基板を用いることで、その後のデバイス工程は、現在のデバイス工程をそのまま使用することができるため、開発コスト面においても優位であり、その実用化が求められている。
【０００４】
しかしながら、Ｓｉ単結晶基板と窒化物半導体との熱膨張係数を比較すると、窒化物半

導体の方が２倍近く高い値を有しているため、窒化物半導体単結晶層に引張応力が発生して割れ（クラック）が発生する。更に、Ｓｉと窒化物半導体との結晶格子定数の差に起因した結晶欠陥が生じる。そのため、Ｓｉ単結晶基板上に、３Ｃ－ＳｉＣやＡｌＮで構成される中間層を介して窒化物半導体単結晶層を形成する技術が知られている（例えば、特許文献１）。

【０００５】

しかしながら、３Ｃ－ＳｉＣやＡｌＮで構成される中間層を介して窒化物半導体単結晶層を形成しても前述した割れ、結晶欠陥等の発生の抑制には限界がある。従って、窒化物半導体単結晶層を厚膜形成（例えば、１μｍ以上）するには限界があった。なお、窒化物半導体単結晶層を厚く形成することは、層としての結晶性を向上させる。この結晶性の向上は、発光デバイスでは発光効率、輝度を向上させ、電子デバイスではデバイス特性を向上させる。

【０００６】

なお、高い発光効率、低い作動電圧、及び優れた熱発散能力を有する窒化物系発光素子を提供するにあたり、サファイア、シリコン、亜鉛酸化物、ガリウム砒素を含む基板上に金属、酸化物、窒化物、カーバイド等で構成されたシード物質層と、Ａｌ－Ｏ、Ａｌ－Ｎ、Ａｌ－Ｎ－Ｏ等を含む多機能性基板と、良質の３族元素と窒素で構成され、６００℃以下の温度と水素及びアンモニアガス雰囲気で成長した低温バッファ層と、１０００℃以上の高温と水素及びアンモニアガスなどの還元雰囲気で成長した単結晶窒化物系多層薄膜または窒化物系低温バッファ層の上部にｎ型の窒化物系クラッド層、窒化物系活性層及びｐ型の窒化物系クラッド層が順次に積層された発光素子用発光構造体とを備えた窒化物系発光素子が提案されている（例えば、特許文献２）。

【特許文献１】特開２００６－２１６５７６号公報

【特許文献２】特開２００７－５３３７３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００７】

しかしながら、特許文献２に記載の発明は、基板上部から発生する機械的及び熱的変形と分解を防止するものであるが、割れや結晶欠陥の発生を防止しつつ、窒化物半導体単結晶層を厚膜形成させることを目的とするものではない。また、特許文献２では、シード物質層、多機能性基板に様々な材料が適用可能であるという点においても、窒化物半導体単結晶層の厚膜化に伴う割れ、結晶欠陥等の抑制には限界がある。

【０００８】

そこで、本発明は、上記技術的課題を解決するためになされたものであり、窒化物半導体単結晶層の割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生を抑制しつつ、窒化物半導体単結晶層の厚膜化を図ることができる化合物半導体基板を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

本発明に係る化合物半導体基板は、結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板上に形成され、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層と、前記第１の金属化合物層と異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層とがこの順で互いに積層され、最上層が前記第１の金属化合物層または前記第２の金属化合物層のいずれかで構成された第１の中間層と、前記第１の中間層上に形成され、$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶（０≦ｗ＜１、０≦ｘ＜１、ｗ＋ｘ＜１）で構成された第２の中間層と、前記第２の中間層上に形成され、$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶（０≦ｙ＜１、０≦ｚ＜１、ｙ＋ｚ＜１）で構成された窒化物半導体単結晶層と、を備えたことを特徴とする。

このような構成を備えることで、窒化物半導体単結晶層の割れ、結晶欠陥等の発生を抑制しつつ、窒化物半導体単結晶層の厚膜化を図ることができる。

【００１０】

また、本発明に係る化合物半導体基板は、結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板上に形成された３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層と、前記３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層上に形成され、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層と、前記第１の金属化合物層と異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層とがこの順で互いに積層され、最上層が前記第１の金属化合物層または前記第２の金属化合物層のいずれかで構成された第１の中間層と、前記第１の中間層上に形成され、$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶（０≦ｗ＜１、０≦ｘ＜１、ｗ＋ｘ＜１）で構成された第２の中間層と、前記第２の中間層上に形成され、$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶（０≦ｙ＜１、０≦ｚ＜１、ｙ＋ｚ＜１）で構成された窒化物半導体単結晶層と、を備えたことを特徴とする。

このような構成を備えることで、窒化物半導体単結晶層の割れ、結晶欠陥等の発生を抑制しつつ、窒化物半導体単結晶層の厚膜化を図ることができる。

【００１１】

前記最上層は、ＴｉＣまたはＶＣのいずれかで構成されていることが好ましい。

このような構成を備えることで、この化合物半導体基板を発光デバイスとして適用した場合、発光効率、輝度を向上させることができる。

【００１２】

前記第１の金属化合物層はＴｉＣで構成され、前記第２の金属化合物層はＶＣで構成されていることがより好ましい。

このような構成を備えることで、この化合物半導体基板を高輝度の発光デバイスとして適用した場合でも発光効率、輝度を向上させることができる。

【発明の効果】

【００１３】

本発明は、窒化物半導体単結晶層の割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生を抑制しつつ、窒化物半導体単結晶層の厚膜化を図ることができる化合物半導体基板が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１４】

本発明に係る化合物半導体基板の実施形態について図面を用いて詳細に説明する。

（第１の実施形態）

図１、図２は、本発明の第１の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

本実施形態に関る化合物半導体基板は、図１、図２に示すように、Ｓｉ単結晶基板１００上に、第１の中間層１１０、第２の中間層１２０、化合物半導体単結晶層１３０が順次積層された構成を備えている。

【００１５】

Ｓｉ単結晶基板１００は、表面の結晶面方位が｛１１１｝面であるものが用いられる。なお、ここでいう面方位｛１１１｝には、結晶面方位｛１１１｝の微傾斜（約十数度）、あるいは、｛２１１｝等の高次面指数の結晶面方位が含まれる。このように、Ｓｉ単結晶基板１００の表面の結晶面方位を｛１１１｝とすることにより、アンチフェーズバンダリー欠陥の発生が低減され、欠陥への電界集中を緩和することができる。

【００１６】

また、Ｓｉ単結晶基板１００は、ＣＺ（チョクラルスキー）法により製造されたものが好適に用いられるが、本発明はこれに限定されるものではなく、ＦＺ（フローティングゾーン）法により製造されたもの、又は、これらの方法を用いて製造されたＳｉ単結晶基板上に気相成長によりＳｉ単結晶層を成膜させたものを用いることができる。

Ｓｉ単結晶基板１００は、例えば、キャリア濃度10^{16}～10^{21}／cm^3（抵抗率約１～０．００００１Ωｃｍ）、伝導型ｎ型のものが用いられる。

【００１７】

第１の中間層１１０は、図１、図２に示すように、第１の金属化合物層１１０ａと、第２の金属化合物層１１０ｂとがこの順で互いに積層され、最上層αが第１の金属化合物層１１０ａ（図２）または第２の金属化合物層１１０ｂ（図１）のいずれかで構成されてい

る。
すなわち、本実施形態に係わる第１の中間層１１０は、第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂをそれぞれ１層としてカウントした場合、図１に示すように、第１の金属化合物層１１０ａと、第２の金属化合物層１１０ｂとがこの順で互いに交互に連続して積層された２を含まない偶数層（第２の中間層１２０と接する最上層αが第２の金属化合物層１１０ｂ）の積層構造と、図２に示すように、第１の金属化合物層１１０ａと、第２の金属化合物層１１０ｂとがこの順で互いに交互に連続して積層された１を含まない奇数層（第２の中間層１２０と接する最上層αが第１の金属化合物層１１０ａ）の積層構造とを両方含む。
言い換えれば、第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂを各々１層としてカウントした場合、本概念は、「少なくとも３層以上の積層構造」を含むものとし、第１の金属化合物層１１０ａと、第２の金属合物層１１０ｂとが一層ずつ形成された２層のみからなる第１の中間層１１０を排除している。
【００１８】
第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂは、炭化チタン（ＴｉＣ）、窒化チタン（ＴｉＮ）、炭化バナジウム（ＶＣ）、窒化バナジウム（ＶＮ）のうちいずれか一種で構成されている。
従来、化合物半導体基板の中間層に用いることができる金属化合物としては、前述した特許文献２に示すように、Ｔｉ、Ｓｉ、Ｗ、Ｃｏ、Ｎｉ、Ｍｏ、Ｓｃ、Ｍｇ、Ｇｅ、Ｃｕ、Ｂｅ、Ｚｒ、Ｆｅ、Ａｌ、Ｃｒ、Ｎｂ、Ｙ、Ｖ等の酸化物、窒化物、炭化物等を挙げることができる。しかしながら、通常、前述した特許文献１に記載されているように、Ｓｉに近い熱膨張係数、結晶格子定数を備え、かつ、上層にＧａＮ、ＡｌＮを積層可能なものとして３Ｃ－ＳｉＣが好適に用いられている。なお、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮは、いずれも３Ｃ－ＳｉＣに近い熱膨張係数、結晶格子定数を備えており、熱膨張係数、結晶格子定数の違いという面では、問題とされるところは無い。
【００１９】
更に、第１の金属化合物層１１０ａと、第２の金属化合物層１１０ｂは、互いに異なる金属化合物で構成されている。すなわち、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層１１０ａ上には、第１の金属化合物層１１０ａと異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種の金属化合物で構成された第２の金属化合物１１０ｂが積層されている。
【００２０】
なお、第１の金属化合物層１１０ａと第２の金属化合物層１１０ｂとの積層が、同じ金属化合物で構成されている場合は、例えば、ある一層で結晶欠陥が発生した場合に、同じ金属化合物である次層にそのまま結晶転位が継承されてしまうため、何十もの層を積層しても結晶欠陥を抜くことが非常に困難となる。また、同じ金属化合物で構成された層が実質的に厚膜化してしまう構成となるため、自身の層から前述した割れ等が発生してしまうため、好ましくない。
【００２１】
以上より、第１中間層１１０は、－ＴｉＣ－ＶＣ－、－ＴｉＮ－ＶＣ－、－ＴｉＣ－ＶＮ－、－ＴｉＮ－ＶＮ－という異なる２つの金属化合物の層が連続して積層した構造、－ＴｉＣ－ＶＣ－ＴｉＮ－、－ＴｉＮ－ＶＮ－ＴｉＣ－のような異なる３つの金属化合物の層が連続して積層した構造、更には、－ＴｉＣ－ＶＣ－ＴｉＮ－ＶＮ－のような異なる４つの金属化合物の層が連続して積層した構造を含んでいる。
【００２２】
第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂは、膜厚が、１ｎｍ～５０ｎｍで構成されていることが好ましい。
第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂの膜厚が１ｎｍ未満だと異なる金属化合物で積層して構成する第１の中間層１１０の一層として機能することができない。また、膜厚が５０ｎｍを超えると、自身の層から前述した歪みや割れ等が発生して

しまうため、好ましくない。

【００２３】

第２の中間層１２０は、第１の中間層１１０上に形成され、$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶（０≦ｗ＜１、０≦ｘ＜１、ｗ＋ｘ＜１）で構成されている。

第２の中間層１２０は、その膜厚が１～２００ｎｍの範囲内であることが好ましい。膜厚が１ｎｍ未満だと、層が薄すぎて中間層としての機能を備えることができない。また、膜厚が２００ｎｍを超えると自身の層から前述した割れ等が発生してしまうため、好ましくない。

【００２４】

窒化物半導体単結晶層１３０は、第２中間層１２０上に形成され、$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶（０≦ｙ＜１、０≦ｚ＜１、ｙ＋ｚ＜１）で構成されている。

なお、第２の中間層１２０の$In_WGa_xAl_{1-w-x}N$単結晶は、ＡｌＮ（ｗ＝０、ｘ＝０）であり、窒化物半導体単結晶層１３０の$In_yGa_zAl_{1-y-z}N$単結晶は、ＧａＮ（ｙ＝０、ｚ＝１）であることが好ましい。ＡｌＮ及びＧａＮの各格子定数は、３．１１２Å（ａ軸換算）、３．１８Åであり、かつ、格子不整合が小さいため、このような窒化物を用いることで、格子不整合により発生する結晶欠陥（ミスフィット転位欠陥）の発生を低減することができる。

【００２５】

第１の中間層１１０、第２の中間層１２０、窒化物半導体単結晶層１３０は、例えば、ＭＯＣＶＤ（metal organic chemical vapor deposition）やＰＥＣＶＤ（plasma enhanced chemical vapor deposition）を初めとしたＣＶＤ法、レーザービームを用いた蒸着法、雰囲気ガスを用いたスパッタリング法等により形成することができる。なお、本発明では、ＭＯＣＶＤ法を用いるものとする。

【００２６】

上述したように、本実施形態に関る化合物半導体基板は、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第１の金属化合物層と、前記第１の金属化合物層と異なるＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された第２の金属化合物層とがこの順で互いに積層され、最上層が前記第１の金属化合物層または前記第２の金属化合物層のいずれかで構成された第１の中間層を備えている。

【００２７】

このように、３Ｃ－ＳｉＣに近い熱膨張係数、結晶格子定数を備えたＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮを用いて、第１の金属化合物層１１０ａ、第２の金属化合物層１１０ｂを、各々異なる金属化合物で互いに積層させた構成を備えることで、窒化物半導体単結晶層１３０の割れ、結晶欠陥等の発生を抑制することができる。従って、窒化物半導体単結晶１３０を厚膜化することができる。

前記最上層αは、ＴｉＣまたはＶＣのいずれかで構成されていることが好ましい。

【００２８】

通常、本実施形態に係るようなＳｉ単結晶を基板とする化合物半導体基板を、発光デバイスとして用いる場合は、Ｓｉ単結晶基板上に周知の発光構造体を形成する（図示せず）。

このような構成の場合、発光デバイスとして光を発光する方向は、化合物半導体基板の積層方向（図１、２中β方向）となる。しかしながら、発光構造体から発光される光は前記発光方向（積層方向β）のみならず、前記発光方向と反対の方向（すなわち、積層方向βと反対の方向）にも光が発光される。

この場合において、発光デバイスとして、発光効率を上げるためには、通常、反対の方向に進んだ光を前記発光方向に反射させる反射層を、発光構造体の下層、すなわち、化合物半導体基板の積層構造中に設けることが好ましい。

【００２９】

なお、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうちいずれか一種で構成された金属化合物層は、一般的に用いられる３Ｃ－ＳｉＣで構成された層よりも反射層としての機能（反射率）が

高い。これは、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮが金属化合物であるのに対し、３Ｃ－ＳｉＣは、バンドギャップが２．２ｅＶであり可視光を吸収することによる。また、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのうち、ＴｉＣ、ＶＣは、ＴｉＮ、ＶＮよりも反射層としての機能（反射率）が更に高い。

【００３０】

従って、反射層として第２の中間層１２０と接する少なくとも第１の中間層１１０の最上層αを、ＴｉＣ、ＶＣのいずれか一つの金属化合物で構成させることで、この化合物半導体基板を発光デバイスとして適用した場合、発光効率、輝度をより向上させることができる。

【００３１】

なお、前記第１の金属化合物層１１０ａはＴｉＣで構成され、前記第２の金属化合物層１１０ｂはＶＣで構成されていることがより好ましい。

【００３２】

前述したように、第２の中間層１２０と接する少なくとも第１の中間層１１０の最上層αを、反射効率が高いＴｉＣ、ＶＣのいずれか一つの金属化合物で構成させることで、ＴｉＮ、ＶＮで構成するよりも発光効率、輝度ともに高くなる。しかしながら、化合物半導体基板を高輝度の発光デバイスとして適用した場合、発光される光は強くなる。この場合、前記最上層αのみでは、高輝度であるため、発光された光が最上層αを貫通し、その下層までに達する恐れがある。このような場合において、第１の中間層１１０のすべてを、ＴｉＣ、ＶＣのいずれか一つの金属化合物で構成させることで、高輝度の発光デバイスであっても確実に発光された光を反射することができるため、高輝度の発光デバイスとして適用した場合でも発光効率、輝度を向上させることができる。

【００３３】

なお、本実施形態では、第１の中間層１１０の積層数は、第２の中間層１２０及び窒化物半導体単結晶１３０の厚さ等により適時、設計、変更される。また、窒化物半導体単結晶層１３０の割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生しない限度における膜厚は、第１の中間層１１０の積層数と、第２の中間層１２０及び窒化物半導体単結晶１３０の厚さの関係によるため、一概に定義はできないが、最大で８．０μｍ程度まで厚膜化が可能である。

【００３４】

（第２の実施形態）

図３、図４は、本発明の第２の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

本実施形態に関る化合物半導体基板は、第１の中間層１１０とＳｉ単結晶基板１００との間に、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０が形成されている点が異なる。その他は、第１の実施形態と同様なため、説明を省略する。

すなわち、本実施形態に係わる化合物半導体基板は、図３、図４に示すように、結晶面方位が｛１１１｝面であるＳｉ単結晶基板１００上に３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０が形成され、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０上に、第１の実施形態で説明した第１の中間層１１０が形成されている。

【００３５】

３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０は、その膜厚が１０～８００ｎｍの範囲内であることが好ましい。膜厚が１０ｎｍ未満だと、層が薄すぎて中間層としての機能を備えることができない。また、膜厚が８００ｎｍを超えると自身の層から前述した割れ等が発生してしまうため、好ましくない。

【００３６】

このような構成の場合、第１の中間層１１０を構成するＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮの格子定数は３Ｃ－ＳｉＣのそれに比べ小さいため、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮの結晶格子は層方向（図３中γ方向）に広がろうとし（引張応力）、逆に、３Ｃ－ＳｉＣの結晶格子は層方向γに縮まろうとする。すなわち、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０には圧縮応力が働く。また、熱膨張係数は、ＴｉＣ、ＴｉＮ、ＶＣ、ＶＮのほうが大きく、さらに、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶１５０中に圧縮応力が付加される。

その結果、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶１５０の圧縮応力がその上層の第１の中間層１１０の引張応力を緩和させるように働き、更に、その上層の第２の中間層１２０、窒化物半導体単結晶層１３０の引張応力をも緩和させる。従って、窒化物半導体単結晶層１３０の割れ、結晶欠陥等の発生をより抑制することができ、窒化物半導体単結晶層１３０の厚膜化を図ることができる。

【実施例】

【００３７】

以下、本発明を実施例に基づいてさらに具体的に説明するが、本発明は、下記実施例により制限されるものではない。

［実施例１］

実施形態で説明した化合物半導体基板（図１）を下記の方法で作製した。

結晶面方位｛１１１｝、キャリア濃度10^{18}／cm^3、伝導型ｎ型で、ＣＺ法により製造された厚さ５００μｍのＳｉ単結晶基板１００を、水素雰囲気下、１０００℃で熱処理を行い、表面を清浄にした。

【００３８】

次に、Ｓｉ単結晶基板１００上に、基板温度を１１５０℃として、ビスシクロペンタジエニルバナジウム及びプロパンを供給し、第１の金属化合物層１１０ａとして、厚さ５ｎｍのＶＣ層を形成し、更に、第１の金属化合物層１１０ａ上に、基板温度を同温度で、四塩化チタニウム及びプロパンを供給し、第２の金属化合物層１１０ｂとして、ＴｉＣ層を形成した。これらの形成を繰り返して、各々５０層、計１００層積層した第１の中間層１１０を形成させた。なお、形成した際の最上層αはＴｉＣ層である。

【００３９】

次に、原料ガスとしてトリメチルアルミニウム及びアンモニアを用い、基板温度を１１００℃として、第１の中間層１１０上に、第２の中間層１２０として、厚さ５ｎｍの六方晶ＡｌＮ層を、形成した。

更に、原料ガスとしてトリメチルガリウム及びアンモニアを用い、基板温度を１０００℃として、第２の中間層１２０上に、化合物半導体単結晶層１３０として、厚さ５μｍの六方晶ＧａＮ単結晶層を、形成した。

【００４０】

第１の中間層１１０、第２の中間層１２０、化合物半導体層１３０の厚さは、原料ガスの流量及び熱処理時間により調整した。

以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。

その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^8／cm^2より低く抑制されていた。

【００４１】

［実施例２］

実施例１と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、第１の金属化合物層１１０ａをＴｉＣ層とし、第２の金属化合物層１１０ａをＶＣ層とした。なお、形成した際の最上層αはＶＣ層である。

以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。

その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^8／cm^2より低く抑制されていた。

【００４２】

［実施例３］

実施例１と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、第１の金属化合物層１１０ａをＴｉＮ層とし、第２の金属化合物層１１０ａをＶＮ層とした。なお、形成した際の最上層αはＶＮ層である。

以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線

により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^{8}／cm^{2}より低く抑制されていた。
【００４３】
［実施例４］
実施例１と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、第１の金属化合物層１１０ａをＶＮ層とし、第２の金属化合物層１１０ａをＴｉＮ層とした。なお、形成した際の最上層αはＴｉＮ層である。
以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^{8}／cm^{2}より低く抑制されていた。
【００４４】
［実施例５］
実施例３と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、最上層αのみをＴｉＣ層とした。
以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^{8}／cm^{2}より低く抑制されていた。
【００４５】
［実施例６］
実施例３と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、最上層αのみをＶＣ層とした。
以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^{8}／cm^{2}より低く抑制されていた。
【００４６】
［比較例１］
実施例１と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、第１の中間層１１０を、第１の金属化合物１１０ａと、第２の金属化合物１１０ｂのみの２層構造とした。
以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、クラックは全面で認められた。結晶欠陥は10^{11}／cm^{2}程度確認された。
［比較例２］
【００４７】
実施例１と同様な方法で化合物半導体基板を作製した。但し、第１の中間層１１０を、第２の金属化合物層１１０ｂ（ＴｉＣ層）のみで、計１００層形成した。
以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。
その結果、やや比較例１よりは抑制されているものの、クラックは全面で認められた。結晶欠陥は10^{11}／cm^{2}程度確認された。
【００４８】
［実施例７］
実施形態で説明した化合物半導体基板（図３）を下記の方法で作製した。
結晶面方位｛１１１｝、キャリア濃度10^{18}／cm^{3}、伝導型ｎ型で、ＣＺ法により製造された厚さ５００μｍのＳｉ単結晶基板１００を、水素雰囲気下、１０００℃で熱処理を行い、表面を清浄にした。
次に、プロパンを供給し、基板温度を１１５０℃として、Ｓｉ単結晶基板１００の表面

を炭化させたのち、プロパン及びシランを供給し、厚さ２０ｎｍの３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層１５０を形成した。

その後は、実施例１と同様な条件で、３Ｃ－ＳｉＣ単結晶１５０上に、第１の中間層１１０、第２の中間層１２０、窒化物半導体単結晶層１３０をそれぞれ形成した。

以上の方法で作製された化合物半導体基板の化合物半導体単結晶層１３０の表面をＸ線により分析して割れ（クラック）、結晶欠陥等の発生状況を確認した。

その結果、クラックは認められなかった。結晶欠陥は10^8／cm^2より低く抑制されていた。

【００４９】

［発光デバイスに関する実施例］

実施例１から７で作製した化合物半導体基板を用いて、表面に周知の構造の発光構造体を形成し、形成したサンプルについて、輝度（ｃｄ／mm^2）を評価した（表１）。なお、表１は、実施例３（ＴｉＮ－ＶＮの積層：最上層αがＶＮ層）を１．０としたときの対比率で示している。

【００５０】

【表１】

	輝度(対実施例３)
実施例１	1.60
実施例２	1.65
実施例３	1.00
実施例４	1.00
実施例５	1.55
実施例６	1.50
実施例７	1.67

【００５１】

表１に示すように、ＴｉＮ層、ＶＮ層のみが複数積層された構成（実施例３、４）より

も、最上層αのみにＴｉＣ層、ＶＣ層を有する（実施例５、６）の方が輝度の増加が認められた。また、ＴｉＣ層、ＶＣ層のみが複数積層された構成（実施例１、２）の方が、実施例５、６よりも輝度の増加が認められた。なお、３Ｃ－ＳｉＣ層を介した実施例７においては、実施例１、２よりも若干輝度が増加する。

【図面の簡単な説明】

【００５２】

【図１】本発明の第１の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

【図２】本発明の第１の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

【図３】本発明の第２の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

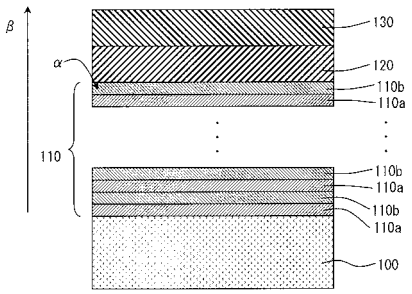
【図４】本発明の第２の実施形態に係る化合物半導体基板を示す断面図である。

【符号の説明】

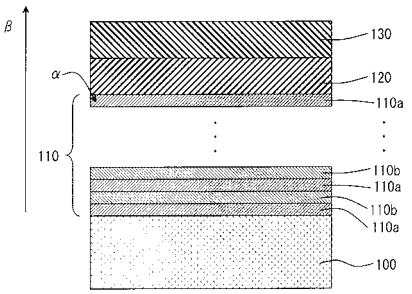
【００５３】

１００　Ｓｉ単結晶基板
１１０　第１の中間層
１１０ａ　第１の金属化合物層
１１０ｂ　第２の金属化合物層
１２０　第２中間層
１３０　化合物半導体単結晶層
１５０　３Ｃ－ＳｉＣ単結晶層

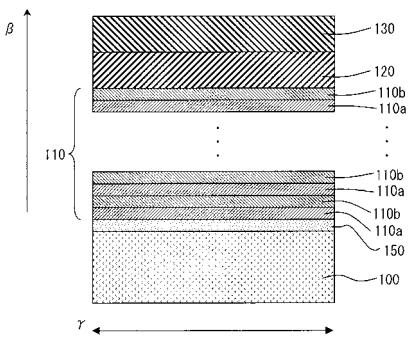
【図１】



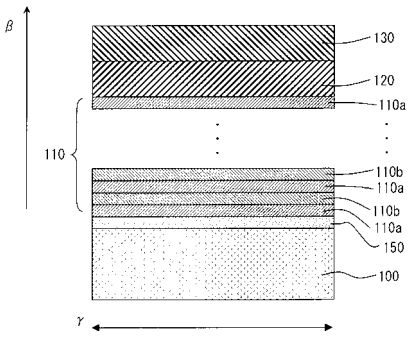
【図２】



【図３】



【図４】



フロントページの続き

(72)発明者　鈴木　俊一
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内
(72)発明者　大石　浩司
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内
(72)発明者　吉田　晃
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内
(72)発明者　中西　秀夫
神奈川県秦野市曽屋３０番地　コバレントマテリアル株式会社コアテクノロジーセンター内

Ｆターム(参考) 5F041 AA40 CA33 CA40 CA46
5F045 AA03 AB00 AB01 AB06 AC00 AC01 AC07 AD15 AF03 BB12
BB13 CA09 DA53