

(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2015-61025

(P2015-61025A)

(43) 公開日 平成27年3月30日(2015.3.30)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO 1 L	21/203	(2006.01)	HO 1 L	21/203	M	4 G O 7 7		
C 3 O B	29/40	(2006.01)	C 3 O B	29/40	5 O 2 K	4 K O 2 9		
C 3 O B	23/08	(2006.01)	C 3 O B	29/40	A	5 F O 4 9		
C 2 3 C	14/06	(2006.01)	C 3 O B	23/08	M	5 F 1 0 3		
HO 1 L	21/336	(2006.01)	C 2 3 C	14/06	G	5 F 1 4 0		

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2013-195290 (P2013-195290)
 (22) 出願日 平成25年9月20日 (2013.9.20)

(71) 出願人 301023238
 独立行政法人物質・材料研究機構
 茨城県つくば市千現一丁目2番地 1

(71) 出願人 301021533
 独立行政法人産業技術総合研究所
 東京都千代田区霞が関1-3-1

(74) 代理人 100093230
 弁理士 西澤 利夫

(72) 発明者 大竹 晃浩
 茨城県つくば市千現一丁目2番地 1 独立
 行政法人物質・材料研究機構内

(72) 発明者 間野 高明
 茨城県つくば市千現一丁目2番地 1 独立
 行政法人物質・材料研究機構内

最終頁に続く

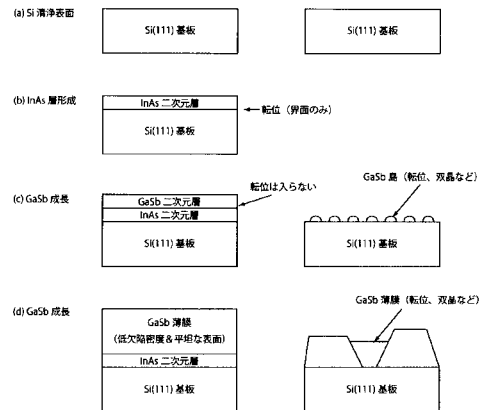
(54) 【発明の名称】 表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れたGaSb/InAs/Si(111)構造とその形成方法、並びにその構造を用いたMO Sデバイスおよび赤外線検出デバイス

(57) 【要約】

【課題】 表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れたGaSb/InAs/Si(111)構造を提供する。

【解決手段】 清浄化されたSi(111)基板表面上に、分子線エピタキシー法で厚さが少なくとも2nm以上のInAs二次元層をバッファ層として形成した後、さらにその上に、分子線エピタキシー法で表面の平坦性に優れ且つ低欠陥密度であるGaSbエピタキシャル薄膜を形成する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

清浄化された Si (1 1 1) 基板表面上に、分子線エピタキシー法で厚さが少なくとも 2 nm 以上の In As 二次元層をバッファ層として形成した後、さらにその上に、分子線エピタキシー法で表面の平坦性に優れ且つ低欠陥密度である Ga Sb エピタキシャル薄膜を形成することを特徴とする Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の形成方法。

【請求項 2】

得られた Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の成長した Ga Sb エピタキシャル薄膜の面方位が (1 1 1) A 面であることを特徴とする請求項 1 に記載の Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の形成方法。

10

【請求項 3】

得られた Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の Ga Sb エピタキシャル薄膜の表面の二乗平均粗さが 0 . 2 ~ 0 . 3 nm であり且つ In As 層の厚さが 2 ~ 9 nm であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の形成方法。

【請求項 4】

得られた Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の Ga Sb エピタキシャル薄膜の欠陥密度が $8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造の形成方法。

【請求項 5】

清浄化された Si (1 1 1) 基板表面上に、分子線エピタキシー法形成された厚さが少なくとも 2 nm 以上の In As 二次元層よりなるバッファ層を設け、さらにその上に分子線エピタキシー法で形成された表面の二乗平均粗さが 0 . 2 ~ 0 . 3 nm であり且つ欠陥密度が $8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下である Ga Sb エピタキシャル薄膜を設けてなることを特徴とする Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造。

20

【請求項 6】

請求項 5 の Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造を備えていることを特徴とする MOS デバイス。

【請求項 7】

請求項 5 の Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造を備えていることを特徴とする赤外線検出デバイス。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れた Ga Sb / In As / Si (1 1 1) 構造とその形成方法、並びにその構造を用いた MOS デバイスおよび赤外線検出デバイスに関するものである。

【背景技術】

【0002】

Ga Sb (アンチモン化ガリウム) は半導体装置である CMOS の p チャネル材料や赤外線検出デバイスなどの応用が期待できる。Ga Sb ウエハは高価なので Ga Sb 膜を Si 基板上に成長できれば都合がよい。また、Ga Sb は Si テクノロジーで組み合わせる上でも有利である。

40

【0003】

ところが、Si の格子定数は 5 . 40 であり、Ga Sb の格子定数は 6 . 095 であり、両者の格子定数は大きく異なるため、Si 基板上に Ga Sb の高品質の結晶膜を得ようとする、貫通転位などの欠陥が膜中に形成されるため、Si 基板上に高品質の Ga Sb 結晶からなる結晶膜を得ることは困難であった。

【0004】

この問題を解決するため、非特許文献 1 には、有機金属気相成長 (MOCVD) 法を用

50

い、Si(111)基板上に4核生成層(four nucleation layers)程度のInAs層をバッファ層として設け、さらにその上にGaSb膜を形成する技術が提案されている。そして、この技術により、転位密度がかなり少なく高品質なGaSb結晶膜が得られたと報告されている。

【0005】

しかしながら、非特許文献1の方法でGaSb/InAs/Si(111)構造を作成した場合、InAs膜成長時に膜中に高密度の欠陥が生成されるだけでなく、InAs膜の表面に高密度の穴が形成される。このため、その上に形成されたGaSb結晶層の表面も平坦性に劣る。これはCMOSのpチャネル材料等の半導体装置に応用した場合、界面準位密度の増加や移動度劣化という問題を生じさせ、さらに改善される余地があった。また、非特許文献1の方法ではInAs層の厚さを最低でも220nm以上にする必要があるが、非特許文献3に示されるように、InAs層の厚さが10nmを超えると、GaSb中のキャリアがInAs層中に流出し、GaSbがpチャネル層として機能しなくなる。そのため、InAs層の厚さを9nm以下にする必要がある。

10

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】Sepideh et al., Journal of Crystal Growth 332 (2011) 12-16

【非特許文献2】Ohtake and Mitsuishi, J. Vac. Sci. Technol. B29, 031804 (2011)

【非特許文献3】Chang et al., Appl. Phys. Lett. 35, 939 (1979)

20

【非特許文献4】A. Hood et al., Appl. Phys. Lett. 89, 093506 (2006)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、以上のような従来技術の実情に鑑みてなされたもので、表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れたGaSb/InAs/Si(111)構造とその形成方法を提供することを課題とする。

【0008】

また、本発明は上記構造を用いたMOSデバイスおよび赤外線検出デバイスを提供することをも課題とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明者らは、分子線エピタキシー(MBE)法を用いてSi(111)基板表面上にInAsの単結晶膜を形成する研究を行ってきており、非特許文献2において報告している。この研究では、分子線エピタキシーを用いて、Si(111)基板表面上にInAsを成長させた場合、成長前のSi(111)基板の表面状態に応じて、形成されるInAs膜の表面形態が大きく異なることがわかった。すなわち、成長前のSi(111)基板の表面の処理に応じて、InAsは二次元的に成長したり、三次元的(島状)に成長したりすることがわかった。そして、InAsが二次元的に成長した場合、InAs膜とSi(111)基板との界面にのみ転位が局在し、InAs膜中には欠陥が入らないことを確認した。

40

【0010】

本発明者らは、これらの知見に基づいて、Si(111)基板の表面にGaSb結晶層を高品質で且つ表面の平坦性に優れた状態で形成することについて鋭意検討を重ねた結果、本発明を完成するに至った。

【0011】

すなわち、本発明によれば、上記課題を解決するために、第1に、清浄化されたSi(111)基板表面上に、分子線エピタキシー法で厚さが少なくとも2nm以上のInAs二次元層をバッファ層として形成した後、さらにその上に、分子線エピタキシー法で表面の平坦性に優れ且つ低欠陥密度であるGaSbエピタキシャル薄膜を形成することを特

50

徴とする $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法が提供される。

【0012】

第2に、上記第1の発明において、得られた $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の成長した GaSb エピタキシャル薄膜の面方位が (111) A面であることを特徴とする $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法が提供される。

【0013】

第3に、上記第1または第2の発明において、得られた $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の GaSb エピタキシャル薄膜の表面の二乗平均粗さが $0.2 \sim 0.3 \text{ nm}$ であり且つ InAs 層の厚さが $2 \sim 9 \text{ nm}$ であることを特徴とする $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法が提供される。

10

【0014】

第4に、第1から第3のいずれかの発明において、得られた $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の GaSb エピタキシャル薄膜の欠陥密度が $8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下であることを特徴とする $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法が提供される。

【0015】

また、第5に、清浄化された $\text{Si}(111)$ 基板表面上に、分子線エピタキシー法で形成された厚さが少なくとも 2 nm 以上の InAs 二次元層よりなるバッファー層を設け、さらにその上に分子線エピタキシー法で形成された表面の二乗平均粗さが $0.2 \sim 0.3 \text{ nm}$ であり且つ欠陥密度が $8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下の GaSb エピタキシャル薄膜を設けてなることを特徴とする $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造が提供される。

20

【0016】

また、第6に、上記 $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造を備えていることを特徴とする MOS デバイスが提供される。

【0017】

さらに、第7に、上記 $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造を備えていることを特徴とする赤外線検出デバイスが提供される。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れた $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造を提供することができる。

30

【0019】

また、本発明によれば、上記 $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造を用いた性能に優れた MOS デバイスおよび赤外線検出デバイスを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明による $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法の工程を、 $\text{GaSb}/\text{Si}(111)$ 構造の形成方法の工程と対比して示す。

【図2】 $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の倍率が 200000 倍の高分解能断面 TEM (透過型電子顕微鏡) 像である。

【図3】 $\text{GaSb}/\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 構造の倍率が 500000 倍の高分解能断面 TEM (透過型電子顕微鏡) 像である。

40

【図4】 $\text{InAs}/\text{Si}(111)$ 界面の倍率が 2000000 倍の高分解能断面 TEM (透過型電子顕微鏡) 像である。

【図5】(a) は $\text{InAs}(4 \text{ nm})/\text{Si}(111)$ 表面の RHEED パターンを示す図であり、(b) は同表面上に 0.7 nm 厚成長させた GaSb 膜の RHEED パターンを示す図であり、(c) は同表面上に 2 nm 厚成長させた GaSb 膜の RHEED パターンを示す図であり、(d) は同表面上に 30 nm 厚成長させた GaSb 膜の RHEED パターンを示す図であり、(e) は同表面上に 100 nm 厚成長させた GaSb 膜の RHEED パターンを示す図であり、(f) は同表面上に 200 nm 厚成長させた GaSb 膜の RHEED パターンを示す図である。

50

【図6】本発明によるGaSb/InAs/Si(111)構造のGaSb膜表面の走査トンネル顕微鏡(STM)像である。

【図7】本発明によるGaSb/InAs/Si(111)構造のGaSb膜表面の原子間力顕微鏡(AFM)像である。

【図8】本発明によるGaSb/InAs/Si(111)構造のフォトルミネッセンスの測定データを示す図である。

【図9】(a)はSi(111)表面のRHEEDパターンを示す図であり、(b)は同表面上に0.15nm厚成長させたGaSb膜のRHEEDパターンを示す図であり、(c)は同表面上に0.3nm厚成長させたGaSb膜のRHEEDパターンを示す図であり、(d)は同表面上に2.1nm厚成長させたGaSb膜のRHEEDパターンを示す図である。

10

【図10】本発明の形成方法により形成されたGaSb/InAs/Si(111)構造を備えたMOS型キャパシタの構成を模式的に示す断面図である。

【図11】図10のMOS型キャパシタにより得られたC-V特性を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0022】

本発明のGaSb/InAs/Si(111)構造の形成方法は、清浄化されたSi(111)基板表面上に、分子線エピタキシー法で厚さが少なくとも2nm以上のInAs

20

二次元層をバッファ層として形成した後、さらにその上に、分子線エピタキシー法で表面の平坦性に優れ且つ低欠陥密度であるGaSbエピタキシャル薄膜を形成することを特徴とする。

【0023】

以下、本発明のGaSb/InAs/Si(111)構造の形成方法の手順について図1を参照して説明する。

【0024】

本実施形態では、図1(a)の左側に示すように、清浄化されたSi(111)基板を用いる。Si(111)基板を清浄化する方法としては、種々の方法を用いることができるが、例えば、モリブデン製のホルダーにSi(111)基板を取り付け、ホルダーの開

30

口部を通して裏面からヒーターで加熱する方法を用いることができる。

【0025】

本実施形態では、図1(b)の左側に示すように、清浄化されたSi(111)基板の上に、分子線エピタキシー法で厚さが少なくとも2nm以上のInAs二次元層をバッファ層として形成する。InAs二次元層が2nm未満であると、GaSb成長初期時に表面が荒れたり、欠陥が増えたりするおそれがある。InAs二次元層の膜厚の上限は、InAs層の厚さが10nmを超えると、GaSb中のキャリアがInAs層中に流出し、GaSbがpチャネル層として機能しなくなるため、9nm程度が好ましい。InAs二次元膜の形成は、一般に分子線エピタキシー法で薄膜を形成する超高真空チャンバーを備えた装置を用いて行うことができる。この装置は、反射高速電子線回折(RHEED)と走査型トンネル顕微鏡(STM)観察を行うことができるようになっている。本発明において、InAs層は二次元的に成長し、表面の平坦性および結晶構造の完全性に優れたGaSbを形成するためバッファ層として非常に重要な役割を行う。InAs層は、先ず、一層のInを蒸着し、次いでInとAsを同時に供給して所望の厚さのInAs層とする。膜形成条件としては、基板温度が250~500、V族/III族フラックス比10~100程度であることが好ましい。Si(111)基板上にInAs二次元層をバッファ層として形成した場合、転位は両者の界面にのみ局在するようになり、InAs二次元層中には欠陥がない状態となる。

40

【0026】

次に、図1(c)の左側に示すように、InAs二次元層の上に、分子線エピタキシー

50

法により、GaSb二次元層を形成する。このGaSb二次元層は、GaSbの格子定数が6.095であり、InAsの格子定数が6.058であることから、両者の格子定数が非常に近いため、欠陥がないあるいは非常に少ない膜となる。次いで、成膜を続け、図1(d)の左側に示すように、所望膜厚のGaSb薄膜を形成する。この膜形成も上記装置を用いて行う。GaSb膜の形成は、Gaを先に供給し、後でSbを供給してもよいし、Sbを先に供給し、後でGaを供給してもよいし、GaとSbを同時に供給してもよい。本方法で形成したGaSb膜の面方位は(111)A(Ga終端)となる。膜厚については特に制限はなく、目的に応じた膜厚まで成長させることができる。膜形成条件としては、基板温度が250~500、V族/III族フラックス比10~100程度であることが好ましい。形成されたGaSb膜は欠陥密度が $8 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ 以下で表面の二乗平均粗さが0.2~0.3nmの平坦性の優れた膜となる。

10

【0027】

図2、図3に、それぞれ作成例のGaSb/InAs/Si(111)構造の倍率が200000倍、500000倍の高分解能断面TEM(透過型電子顕微鏡)像をそれぞれ示す。また、図4に、同構造のInAs/Si(111)界面の倍率が2000000倍の高分解能断面TEM像を示す。

【0028】

一方、同様な方法でInAs膜を設けない場合には、図1(c)の右側に示すように、GaSbは三次元状(島状)となり、転位、双晶などが発生する。また、GaSb成長後の状態は図1(d)の右側に示すようになる。

20

【0029】

また、Si(111)基板上に直接GaSbを成長させた場合も、同様に三次元状(島状)となる。

【0030】

本発明のGaSb/InAs/Si(111)構造は、その優れた表面の平坦性および結晶構造の完全性により、MOSデバイスや赤外線検出デバイスに好ましく適用され、優れた性能を発揮することができる。

【0031】

例えば、非特許文献4においては、GaSb基板上にInAs/GaSb多重量子井戸構造の受光層を形成したフォトダイオードが提案されている。InAs/GaSb多重量子井戸構造は波長3 μm 以上の中赤外線検出器への応用が期待される。これまで、InAs/GaSb多重量子井戸構造の基板として用いるGaSbやInAsは赤外線の透過率が低いため、二次元センサレイなどの裏面入射のセンサを作製するためには基板の除去が必要であった。また、Siは赤外域での透過率が高いため、Si上にInAs/GaSb超格子を作製できれば基板の除去が不要になる。通常の方法でSi上にGaSbやInAsを成長させると、欠陥が大量に発生し、欠陥の少ない膜を得るためには厚くGaSbを成長させなければならない。その場合、欠陥による吸収ロスだけでなく、GaSb膜が厚いことによって透過率が低下する。

30

【0032】

これに対し、本発明の方法を用いて作製したGaSb/InAs/Si(111)構造(図1(d)の左側)上に多重量子井戸構造を作製した場合、最初に成長させるInAs層の膜厚を非常に薄くでき、膜中にも欠陥が存在しないので、吸収ロスの少ない赤外検出器の実現が期待できる。

40

【実施例】

【0033】

以下、本発明の実施例を説明する。

【0034】

実施例1

縦20mm横20mm厚さ0.3mmのSi(111)基板をモリブデン製のホルダーに固定し、裏面からヒーターで加熱して、表面を清浄化した。次いで、チャンバー内で分

50

子線エピタキシー法によりSi(111)基板上にInAsをバッファ層として3nmほど二次元成長させた。基板温度は380、In/Asのフラックス比50、真空度 5×10^{-5} Paであった。このときの反射高速電子線回折(RHEED)パターンを図5(a)に示す。この図からInAs層が二次元成長していることがわかる。

【0035】

次に、分子線エピタキシー法によりInAs二次元層上にGaSbを成長させた。基板温度は380、Ga/Sbのフラックス比20、真空度 5×10^{-8} Paであった。GaSb膜は層状成長し、三次元膜が形成された。膜厚が0.7nm、2nm、30nm、100nm、200nmの場合のRHEEDパターンをそれぞれ図5(b)、(c)、(d)、(e)、(f)に示す。これらの図から、形成されたGaSb膜の結晶構造は完全性に優れていることが確認された。また、最終的に成膜したGaSb膜の表面を走査トンネル顕微鏡により評価した像を図6、原子間力顕微鏡により評価(大気中に取り出してからの観察)を図7、フォトルミネッセンスの測定データを図8にそれぞれ示す。フォトルミネッセンスの測定は、測定温度8K、励起レーザー波長532nmの条件で行った。どちらの場合も二乗平均粗さは0.2~0.3nm程度で非常に平坦性に優れていることが確認された。またフォトルミネッセンスのデータでは、波長1060nm付近にSiの発光ピークが、1580nm付近にGaSbの発光ピークが見られる。

10

【0036】

比較例

実施例1において、InAsを形成しないこと以外は同様にしてGaSbを蒸着させた。Si(111)のRHEEDパターンを図9(a)に、GaSbの厚さが0.15nm、0.3nm、2.1nmの場合のRHEEDパターンをそれぞれ9(b)、(c)、(d)に示す。これらの図から、Si(111)上でのGaSbは三次元(島状)成長していることがわかる。また双晶も形成されていることがわかる。

20

【0037】

実施例2

実施例1で得たGaSb/InAs/Si(111)構造を用いてMOS型キャパシタを作製した。そのMOSキャパシタの断面構造を図10に模式的に示す。図中、11はSi(111)基板、12はInAsバッファ層、13はGaSbエピタキシャル層、14はハフニウム酸化膜、15は金属電極(Au)、16は裏面コンタクト(Al)である。

30

【0038】

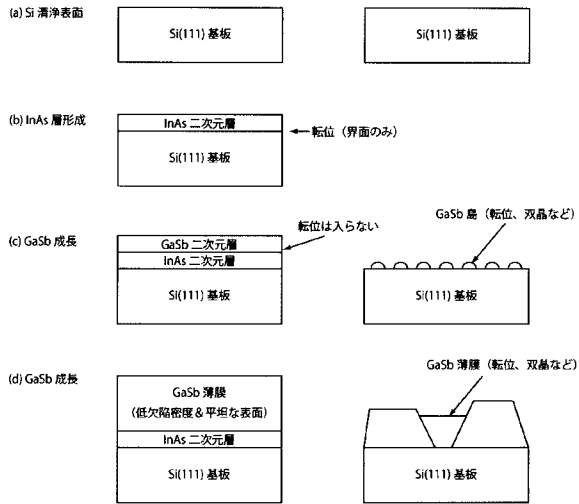
MOSキャパシタ作製工程は、実施例1で得たGaSb/InAs/Si(111)構造のGaSbエピタキシャル層13の上に、 2.7×10^{-4} PaのO₂雰囲気の下でHfを電子ビーム蒸着して6nm厚のハフニウム酸化膜(HfO₂)14を形成した。次に、ステンスルマスクを用い、Auを抵抗加熱蒸着してハフニウム酸化膜14上に金属電極(ゲート電極)15を設けた。次に、Alを抵抗加熱してSi(111)基板11の裏面に裏面コンタクト16を設け、本実施例のMOSキャパシタを作製した。

【0039】

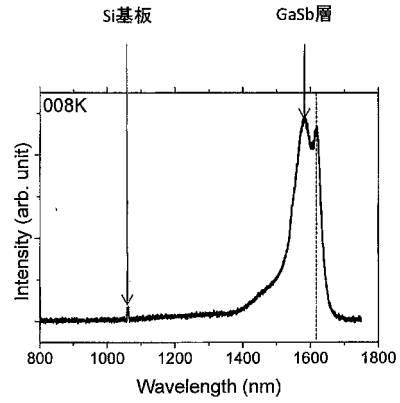
本実施例で作製したMOSキャパシタを用いて測定したC-V曲線のデータを図11に示す。この図から、p型のGaSb半導体層が形成できていることがわかる。

40

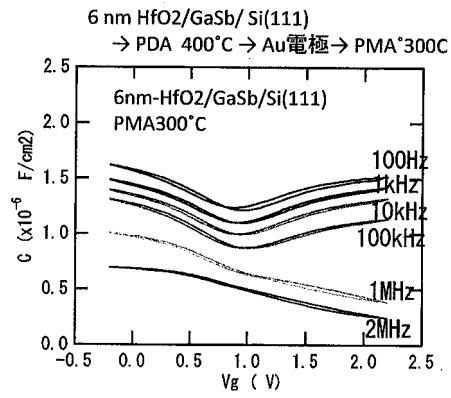
【 図 1 】



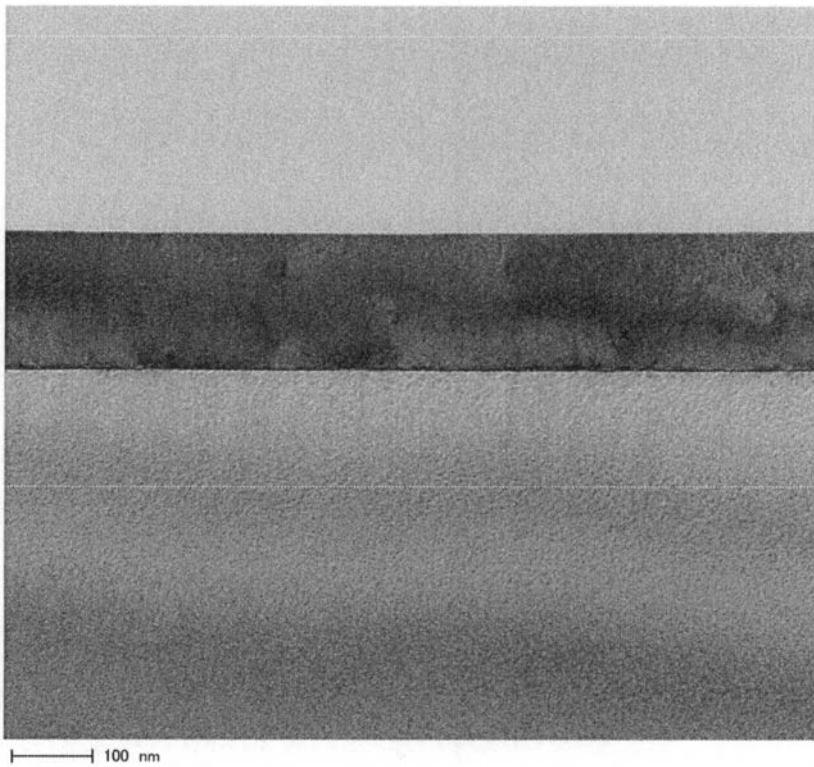
【 図 8 】



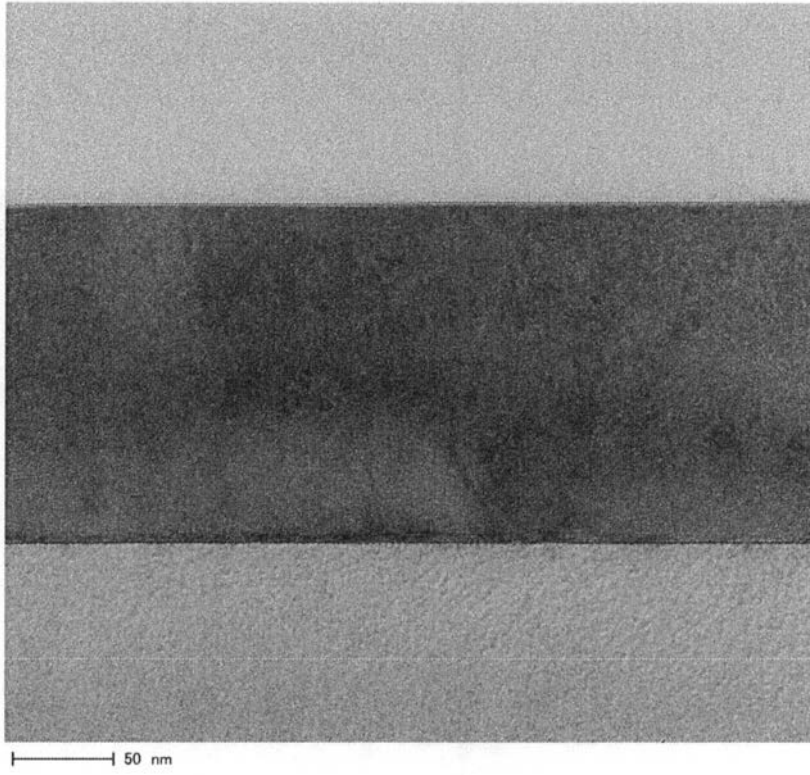
【 図 1 1 】



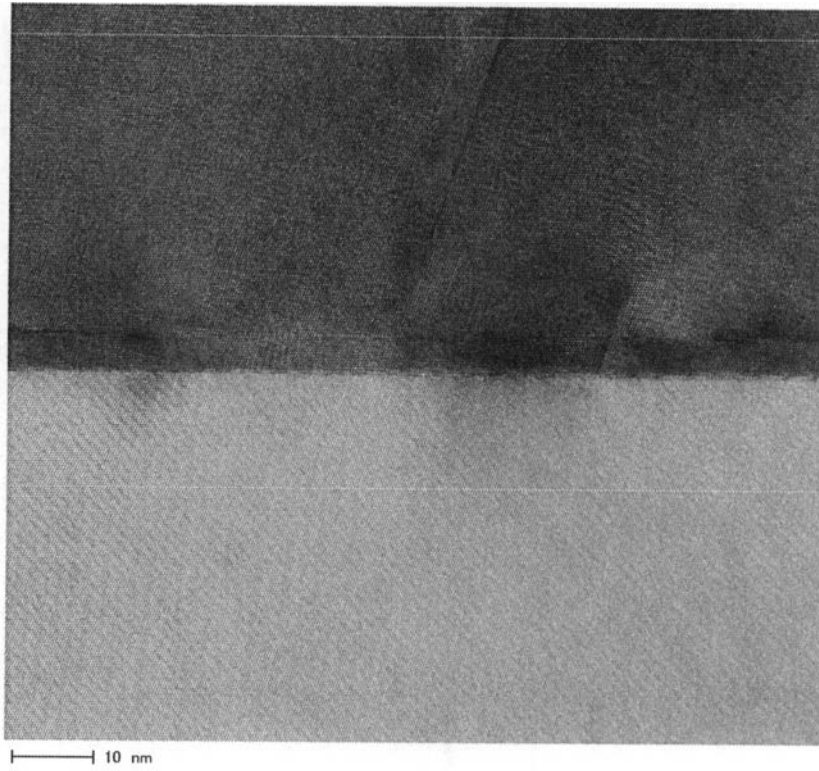
【 図 2 】



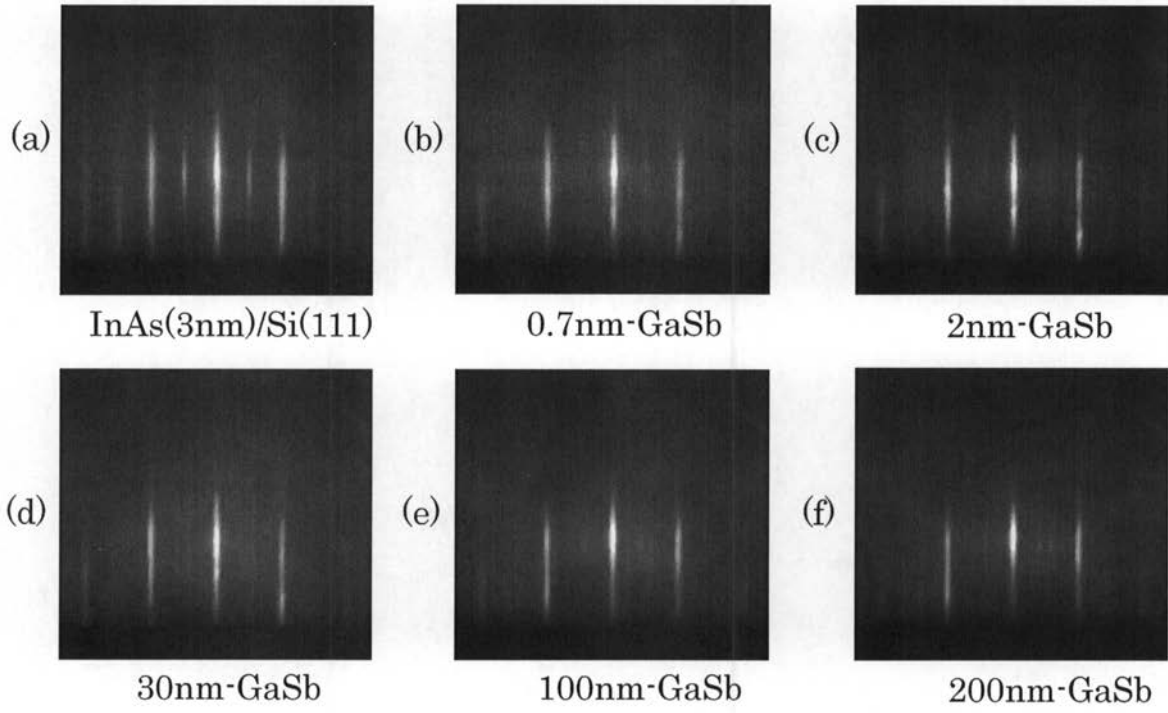
【 図 3 】



【 図 4 】

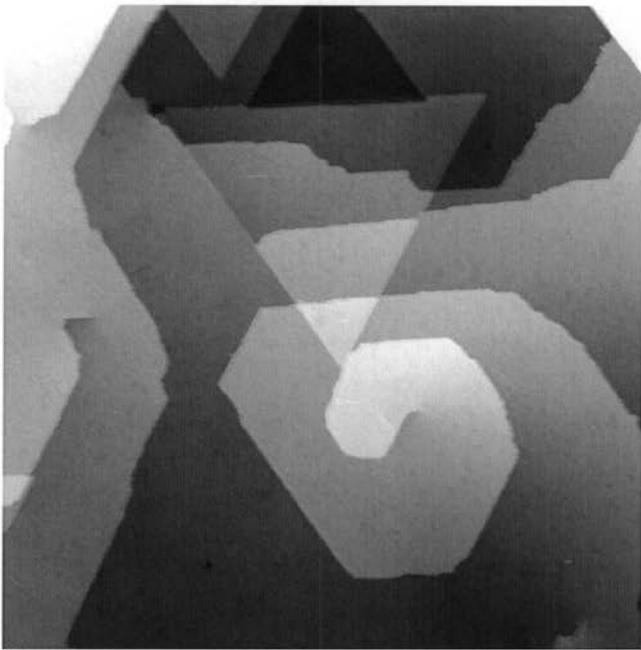


【 図 5 】



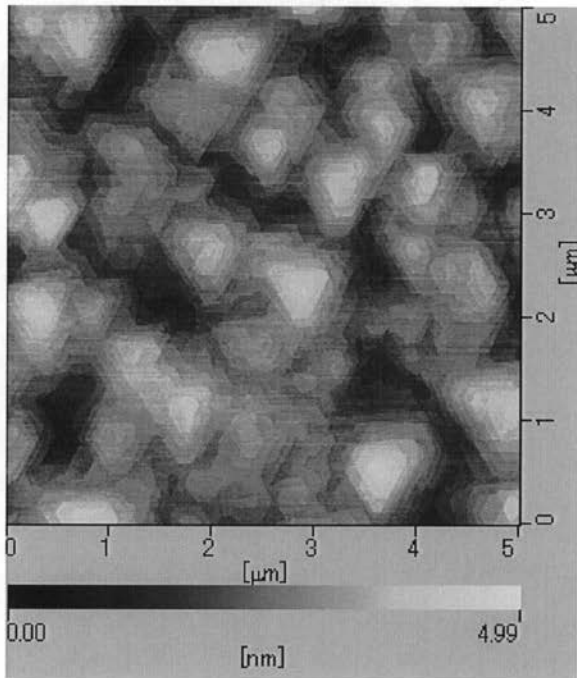
【 図 6 】

サイズ 500nm×500nm

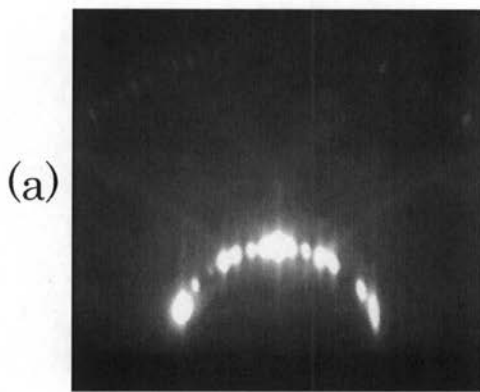


【 図 7 】

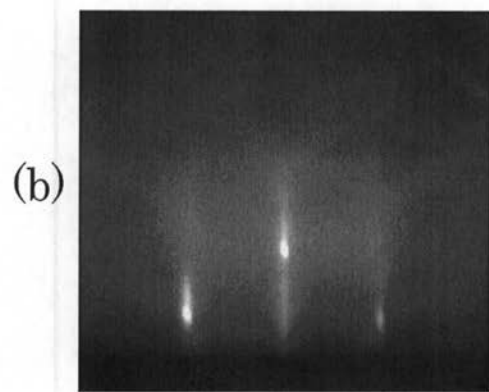
サイズ $2\mu\text{m} \times 2\mu\text{m}$



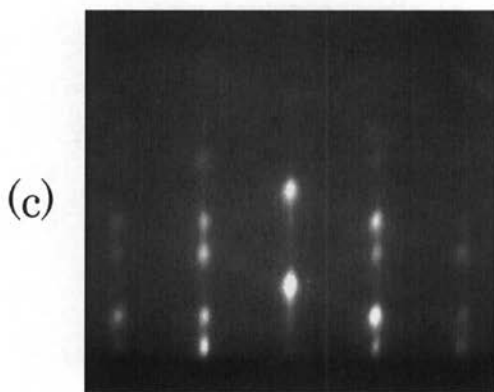
【 図 9 】



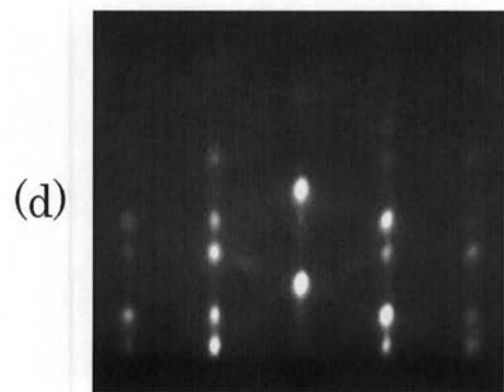
Si(111)-(7x7)



0.15nm-GaSb

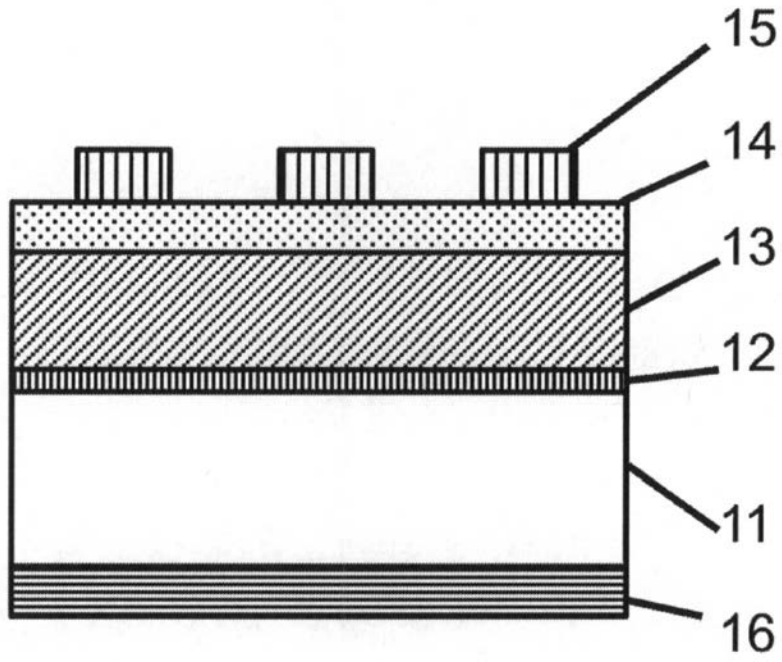


0.3nm-GaSb



2.1nm-GaSb

【図 10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード(参考)
H 0 1 L 29/78 (2006.01)	H 0 1 L	29/78	3 0 1 B	
H 0 1 L 31/10 (2006.01)	H 0 1 L	31/10	A	

(72)発明者 宮田 典幸

茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

(72)発明者 安田 哲二

茨城県つくば市東 1 - 1 - 1 独立行政法人産業技術総合研究所つくばセンター内

Fターム(参考) 4G077 AA03 AB01 AB02 BE41 DA05 ED05 ED06 EF02 HA01 SC01
 4K029 AA06 AA24 BA41 BB02 BB07 CA01 FA04 FA06
 5F049 MB07 NA13 PA01 PA18 QA18 SS03 SS09 WA01
 5F103 AA04 DD01 GG01 HH03 LL05 LL08 NN01 NN04 RR05 RR06
 5F140 BA01 BA06 BA20