

平成 21 年 6 月 1 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19569003

研究課題名 (和文) Si (001) 基板上での傾斜(111)面と単分子層を利用した薄膜形成

研究課題名 (英文) Film formation utilizing bi-layer and (111)-slope on Si (001) substrate

研究代表者

齊藤 光史 (SAITO MITSUFUMI)

富山大学・地域連携推進機構産学連携部門・研究員

研究者番号：70452092

研究成果の概要：本研究では、Si 基板上における良質な InSb, AlInSb 薄膜の形成を目指した。Si 基板上での低消費電力高速論理回路のための InSb-based デバイス集積化を将来的な目標とする。Si 基板と InSb, AlInSb 間の大きな格子不整合の問題を解決するために、1) InSb/Si, AlInSb/Si 間に InSb 単分子層の導入 2) Si(001)基板上に傾斜(111)面の形成、を行うことで、従来の直接成長と比べ、薄く品質の良い薄膜形成が可能である事を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,100,000	0	1,100,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,000,000	270,000	2,270,000

研究分野：化合物半導体、半導体表面・界面制御、ヘテロエピタキシャル成長

科研費の分科・細目：応用物理学・工学基礎 応用物性・結晶工学

キーワード：ヘテロエピタキシャル成長、インジウムアンチモン(InSb)、シリコン(Si)、MBE

1. 研究開始当初の背景

半導体産業の主流材料は Si であり、デバイスの高性能化は、その微細化によって支えられてきた。しかし、その微細加工技術が極限に近付いた近年、更なる高性能化を目指し、代替材料の開拓も含めた様々な試みが行われている。そうした中、2005 年に Intel から発表された論理集積回路向けの InSb-based 電界効果トランジスタ(FET)の、低消費電力高速動作性が実証された。これにより、InSb のデバイス利用への関心が高まった。

(1) InSb の利用状況

InSb は高い電子移動度、飽和電子速度や狭いバンドギャップを示し、前述の高速 FET 以外でも、位置センサーや磁気ドライブの読み

取り部等に利用される磁気抵抗素子等への応用も期待される。しかし、その大きな格子定数ゆえ、基板材料との整合性に大きな問題を抱える。本研究を立案した 2006 年までに報告された InSb 薄膜は前述の Intel による FET も含め、比較的格子定数の近い GaAs を基板として、厚い(数 μm)バッファ層を介することで品質の良い InSb 薄膜を得ていた。

(2) Si 基板上での InSb 利用における利点と問題点

Si 基板上での InSb デバイス形成は、発展著しい Si-based デバイスとの集積統合化や、その作製技術のノウハウを利用できる点、及び、低コスト化という観点から大きな成果が期待できる。

しかし、その実現における最大の障害は、19.3%という大きな格子不整合である。これを解決するために、厚いバッファ層を利用した InSb 成長の試みが行われていた。2007年には Si 上での InSb デバイスが $1.8\mu\text{m}$ のバッファ層を用いて実現されたが、やはり厚いバッファ層が必要となっている。

(3) 本研究の要点

我々は、特に Si 基板上における InSb の初期成長過程について研究を行ってきた。この中で $\text{Si}(111)$ 基板上で InSb 単分子層を形成し、その上へ InSb 薄膜成長を行うことで、 Si 基板に対して面内 30° 回転した InSb 薄膜が得られると事を確認し、この回転によって Si 基板との格子不整合が 3.3%にまで減少する事を明らかにした(図1)。

我々の InSb 単分子層形成手法では、 $\text{Si}(111)\text{-}2\times 2\text{-In}$ 再構成表面上へ Sb を約 1ML 蒸着することで In と Sb の置換が起こり、 In-Sb-Si の積層順を持つ $\text{InSb-}2\times 2$ 単分子層を形成する。この単分子層上へ InSb 薄膜を 2 段階成長法によって成長させることで、 Si 基板に対して 30° 回転した結晶構造を持った InSb 薄膜を形成することができる。 InSb 単分子層は 260°C 以上の基板温度において In 原子の脱離が起こり、この In 原子の脱離は InSb 薄膜層の劣化をもたらす。この脱離を回避するため、 InSb 薄膜の初期層は低温($\sim 240^\circ\text{C}$)で形成され、その後、 InSb 薄膜に適切な基板温度($350\text{-}400^\circ\text{C}$)で成長が行われる。

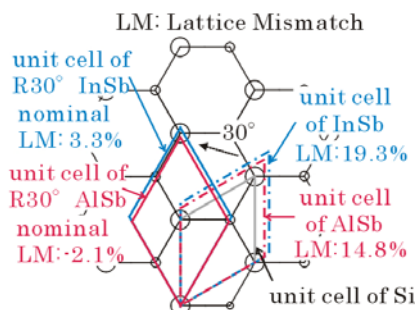


図1 30° 回転による格子不整合緩和

2. 研究の目的

本研究は前述の $\text{Si}(111)$ 上における InSb 単分子層を介して成長させた 30° 回転 InSb 薄膜の形成方法を、実際の Si 上 InSb -based デバイスへ応用することを念頭に、下記の3項目を達成目標として研究を行った。

(1) $\text{Si}(111)$ 基板上におけるより高品質な InSb 単分子層形成手法の検討

InSb 単分子層からの In 原子脱離が起こることにより、 Si 基板上において InSb 単分子層に覆われていない領域ができ、そこで成長した InSb 薄膜は前述の 30° 回転をしない。そのため、 InSb 脱離は 30° 回転結晶と非回転結晶の混晶の形成に結びつく。

この問題を解決するために、初期 In 再構成構造中の In 被覆率の増加や、 Sb 再構成構

造上への In 原子吸着による InSb 単分子層形成について、より詳細な検討を行い、 InSb 単分子層の改善を目指す。

(2) $\text{Si}(111)$ 基板上における 30° 回転した高品質 AlSb , AlInSb 薄膜の形成

Si 基板上での InSb チャンネルを用いたデバイスの作製を想定した場合、 Si 基板へのリーク電流を抑制するために、適当な絶縁性薄膜の形成が必要となる。そこで、 30° 回転 InSb 薄膜形成に用いた手法を、 AlSb 及び、 AlInSb 層形成に応用する。 AlSb は 1.52eV のバンドギャップを持ち、広く利用されている GaAs と同様に半絶縁性を示す。また、 Si 基板や InSb 層との整合性を考慮して AlInSb についての検討も行う。この目的達成のために下記の3つの段階的目標を掲げた。

① Γ AlSb 単分子層形成

Al は In と同じ III 族元素であり、その Si 基板上での振る舞いは In の振る舞いと類似点を持つ。そこで Al 再構成構造上への Sb 原子吸着を行い、 Si-Sb-Al の積層順を持った AlSb 単分子層が形成されるかを検討する。

② Γ AlSb 単分子層を利用した AlSb 層の形成

AlSb 単分子層上へ AlSb 薄膜を形成することで、 30° 回転した AlSb 薄膜層の形成を目指す。 InSb の場合と同様に 30° 回転した AlSb 層が形成された場合、 Si 基板と AlSb 層間の格子不整合は、本来の 13.0%から -2.2% に減少することが見込まれる(図1)。段階目標①の AlSb 単分子層形成ができなかった場合には、 InSb 単分子層上への AlSb 層形成についても検討を行う。

③ Γ AlSb 単分子層を利用した AlInSb 薄膜形成

Si 基板や InSb チャンネル層との整合性を考慮して、段階目標②における AlSb 層の代わりに $\text{Al}_x\text{In}_{(1-x)}\text{Sb}$ 層を用いることも検討する。我々の手法で 30° 回転した $\text{Al}_x\text{In}_{(1-x)}\text{Sb}$ が形成できた場合、 Si 基板との格子不整合は -2.2% (AlSb/Si)から $+3.3\%$ (InSb/Si)の間の小さな値となる。特に $x=0.64$ のとき AlInSb/Si の格子不整合は計算上 0 となる。 Si 基板上での様々な組成比 x を持った高品質な $\text{Al}_x\text{In}_{(1-x)}\text{Sb}$ 薄膜の形成について検討する。

(3) $\text{Si}(001)$ 基板上での(111)面形成と、単分子層を利用した高品質 InSb , AlSb 薄膜の形成

ここまで、述べてきた我々の単分子層を介した薄膜成長方法は $\text{Si}(111)$ 面上でのみ有効な手法である。しかし、従来の半導体産業、特に、 Si デバイスとの統合を考慮した際、 $\text{Si}(001)$ 基板を用いることが実用的である。そこで、 $\text{Si}(001)$ 基板をエッチングすることで傾斜 $\text{Si}(111)$ 面を形成し(図2)、その上での単分子層及び、各薄膜層の形成を試みる。ここで用いられる傾斜(111)面上でも、 30° 回転の効果が再現できるかの検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 蒸着方法

Si 基板上への各種蒸着は Al, In, Sb の 3 つの蒸発セルを備えた超高真空チャンバー内において MBE 法を用いて行う。蒸着中の表面構造は RHEED によってその場観察する。蒸着後の試料は XRD によって結晶性評価を行い、AFM, SEM を用いて表面性の評価を行う。必要に応じて、MBE チャンバーと接続された分析チャンバーにおいて、XPS, AES, STM の各種測定によって、表面組成、電子状態の観察を行った。

(2) Si(001)基板上での(111)面形成

Si(001)基板に対する KOH 異方性エッチングを利用することで傾斜(111)面の形成を行う。まず、SiO₂ 層で覆われた Si(001)基板をライン状にフォトリソでパターンニングする(図 2(a))。その基板に対して HF によるウェットエッチングを行うことで SiO₂ 層をライン状にパターンニングする(図 2(b))。その後、SiO₂ 層をレジストとして、KOH 溶液によるエッチングを行うことで Si(001)基板に V 字型のラインパターンを形成する(図 2(c))。KOH は Si に対するエッチングで異方性を示し、(111)面に対してエッチングが進まないため、V 字型の側面に(111)面を形成することができる。

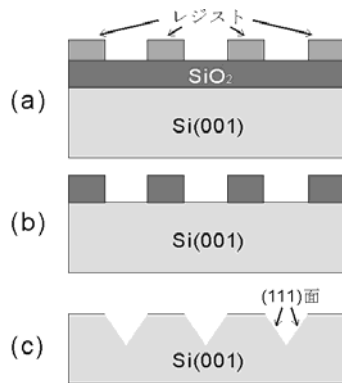


図 2. KOHによる傾斜Si(111)面形成

4. 研究成果

(1) Si(111)基板上におけるより高品質な InSb 単分子層形成手法の検討

① 様々な In, Sb 再構成表面上での InSb 薄膜形成と 30°回転構造

InSb 単分子層は表面層から In-Sb-Si という積層構造を持つ。また、この表面から In 原子が脱離した領域では、基板温度 $T_s < 260^\circ\text{C}$ においては Sb-2×1 構造、 $T_s > 260^\circ\text{C}$ では Sb-√3×√3 構造が現れる。

ここでは、30° 回転構造形成に対する In, Sb 各層の影響を検討した。InSb 薄膜層蒸着前の表面構造はそれぞれ(a)Si 清浄表面(7×7 構造)、(b)InSb 単分子層(InSb-2×2)、(c)In-2×2、(d)Sb-√3×√3、(e)Sb-2×1 とした。

InSb 薄膜層はいずれの場合も 2 段階成長法で、1 層目は $T_s=180^\circ\text{C}$ で 30nm、2 層目は $T_s=350^\circ\text{C}$ で 1 μm の蒸着を行った。図 4 は InSb 蒸着後、基板の法線方向から $\chi=70.53^\circ$ 傾いた方向の InSb(111)面に対して行った XRD ϕ -scan 結果を示す。図中の黒丸は Si(111)面の現れる ϕ 角度であり、これと同じ位置にピークが現れるとき、InSb 薄膜層は Si 基板に対して面内非回転であることが示される。Si 上直接成長の場合(図 3(a))、InSb 層は非回転となる。InSb 単分子層を介して成長させた InSb 薄膜(図 3(b))は直接成長の InSb(111)ピーク位置に対して 30° 回転していることは明らかであり、また、半地幅、ピーク強度からもその結晶性が直接成長時より良いことが見て取れる。In-2×2 を初期層とした場合(図 3(c))、30° 回転構造ができている。これは InSb 蒸着時に Sb が In 層と置換することで疑似的に InSb 単分子層ができること由来する。Sb-√3×√3 と Sb-2×1 を初期層とした場合(図 3(d,e))の違いはこれらの表面上での In 原子の吸着係数の違いから説明する事ができた。Sb-√3×√3 上では In 原子は脱離、もしくは凝集し易い傾向にあり、Sb-2×1 上では比較的 In 原子の吸着が容易である事を AES 測定から明らかにした。これらの結果から、In 原子が十分存在する状態で、且つ、In 層と Sb 層の両方が存在するとき、(すなわち、InSb 単分子層を初期層とするとき)最も結晶性の良い薄膜が得られることが分かった。Si 基板上での InSb 薄膜成長に関する研究は歴史が長い、成長初期層のわずかな違いが、薄膜成長にこれほど大き

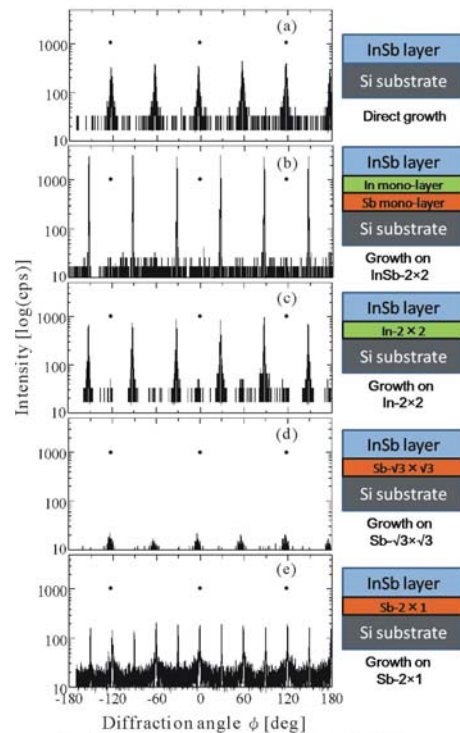


図3 様々な表面上へのInSb成長後のInSb(111)面に対するXRD ϕ -scan

な影響を与えることを明らかにした点において、本研究の成果は大きなものである。
 ② InSb 単分子層への In の追加蒸着による 30° 回転薄膜の改善

ここまでの研究を踏まえ、InSb 単分子層からの In 原子脱離の影響を抑えることをここでの課題とする。前述までの実験及び、追加的な AES 実験から、Sb-2×1 表面上では $T_s < 260^\circ\text{C}$ において、In 原子の吸着が可能であることが明らかとなった。そこで、InSb 薄膜層蒸着直前に脱離した In 原子を再度供給することで In 原子の不足を補う事ができる可能性が示唆される。

そこで、ここでは InSb 薄膜層蒸着直前の表面として、(a)Si 清浄表面、(b)0.33-In- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 上へ 1ML-Sb 蒸着することで得られる InSb-2×2 と Sb-2×1 混合表面、(c)0.75ML-In-2×2 上へ 1ML-Sb 蒸着することで得られる InSb-2×2 単分子層表面、(d)(b)の表面に InSb 薄膜層蒸着直前に 1ML-In を追加した表面をそれぞれ用意した。それらの上へ InSb を 2 段階成長法によって約 1 μm 蒸着した。InSb 単分子層(InSb-2×2)の In 飽和被覆率 0.75ML であるが、(b)の表面は初期の In 被覆率が 0.33ML であり、In 原子が不足した状態となるため、InSb-2×2 と Sb-2×1 層の混合相となっている。これは、完全な InSb 単分子層(InSb-2×2 : (c)の状態)から、多数の In 原子が脱離した状態と同様である。図 5 は 1 μm -InSb 蒸着後、 $\chi = 70.53^\circ$ の InSb(111) 面に対して行った XRD ϕ -scan 結果を示す。In 被覆率が不足した状態(図 4(b))では 30° 回転結晶と非回転結晶の混合状態となっており、In 被覆率が十分な状態(図 4(c))では 30° 回転結晶のみとなっていることが分かる。In 被覆率が不足している表面に、In 原子を追加

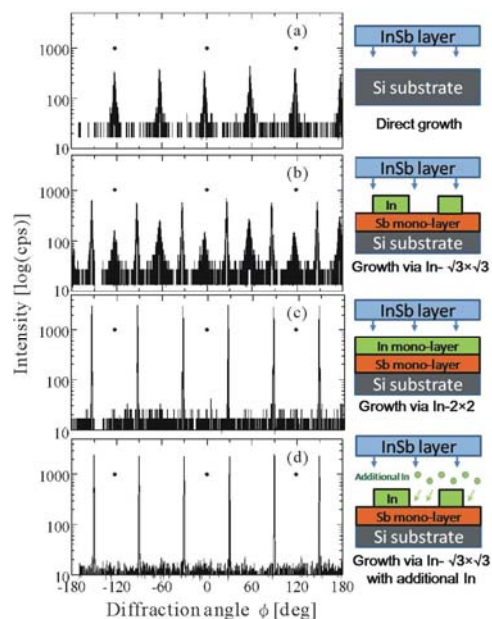


図4 InSb(111)面に対するXRD ϕ -scan : In原子被覆率に対する変化

した図 4(d)では、(c)と同様に良好な薄膜が得られている。この手法は、基板温度の調節等の間に起こる意図しない In 原子の脱離の影響を抑えることができ、30° 回転薄膜の改善に有効である事が示された。InSb 単分子層を用いる方法は我々独自のものであるが、ここで得られた成果によって改善されることで、InSb デバイス実用への足掛かりとなる。

(2) Si(111)基板上における 30° 回転した高品質 AlSb,AlInSb 薄膜の形成

① AlSb 単分子層形成

InSb 単分子層は In 再構成上への Sb 蒸着で得られる。これと同様に、Al 再構成上へ Sb を吸着することで AlSb 単分子層が得られるかの検討を行った。

結果として、Al-4.5×4.5 構造や、Al- γ 7×7 構造上への Sb 蒸着を行ったが、AlSb 単分子層は形成できなかった。これは Al-Si 間の結合が In-Si 間の結合よりも強い為であると考えられる。

AlSb 単分子層形成ができなかったため、これ以降、InSb 単分子層上での AlSb,AlInSb 層形成に目的を変更した。

② InSb 単分子層を利用した AlSb 層の形成

30° 回転 InSb 薄膜形成と同様に、Si(111) 基板上の InSb 単分子層を介して AlSb 薄膜層を形成することで良質な 30° 回転薄膜形成を試みた。

結果、 $T_s = 280\text{-}330^\circ\text{C}$ での AlSb 薄膜層蒸着時に一部 30° 回転した結晶と非回転結晶の混晶薄膜を形成することができた。しかし、30° 回転結晶のみの良質な薄膜は形成できなかった。これは AlSb の結晶化には 520°C 程度の基板温度が必要であるが、そのような温度では InSb 単分子層は Sb- $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 構造に変化してしまう事、また、 $T_s < 330^\circ\text{C}$ では基板温度が低すぎるため、AlSb の結晶化が不十分になってしまう事が原因であった。

③ InSb 単分子層を利用した AlInSb 薄膜層の形成

Si(111)基板上で InSb 単分子層を介し AlInSb 層を 2 段階蒸着することで 30° 回転した薄膜形成を試みた。AlInSb は Al 比率が大きくなるにつれ結晶化のために高い基板温度が必要となる。InSb 単分子層の変質を避けるため、AlInSb の 1 層目は $T_s = 240^\circ\text{C}$ で 60nm 蒸着した。2 層目は Al 組成に応じて $T_s = 425\text{-}490^\circ\text{C}$ 、膜厚は 690nm とした。

図 5 は 2 層目 $\text{Al}_y\text{In}_{(1-y)}\text{Sb}$ 蒸着後の XRD 測定結果を示す。図 5(a),(b)はそれぞれ $y = 0.24, 0.65$ の試料に対する 2θ ω -scan 結果である。どちらの試料も AlInSb(111)及び Si(111)に関するピークのみが観察され、単結晶成長していることが分かる。図 5(a)は $y = 0.24$ の試料における AlInSb(111)ピークに対する ϕ -scan 結果である。Si 基板に対して 30° 回転

した結晶のみからなることが分かる。

本研究において、Al 組成 $y=0-0.65$ の範囲において同様に良好な結果を得ることができた。AlInSb は AlSb の場合と比較し、結晶化するのに必要な基板温度が低い為、InSb 単分子層の効果を生かすことができたと考えられる。

この結果は Si(111)基板上での InSb-based デバイス形成に必要なバリア層を、非常に薄く(750nm 以下)、且つ、特別なバッファ層なしで、結晶性良く形成する事が出来たという点で、大きな成果である。2009 年現在においても、InSb-based デバイスへの関心が高い一方で、作製のためには厚いバッファ層の導入が不可欠となっているが、この成果によって InSb-based デバイスと Si 基板の統合が推し進められる可能性が示された。今後、この手法を利用し、Si 基板上での厚いバッファ層を用いない InSb HEMT 構造の作製に取り組む予定である。

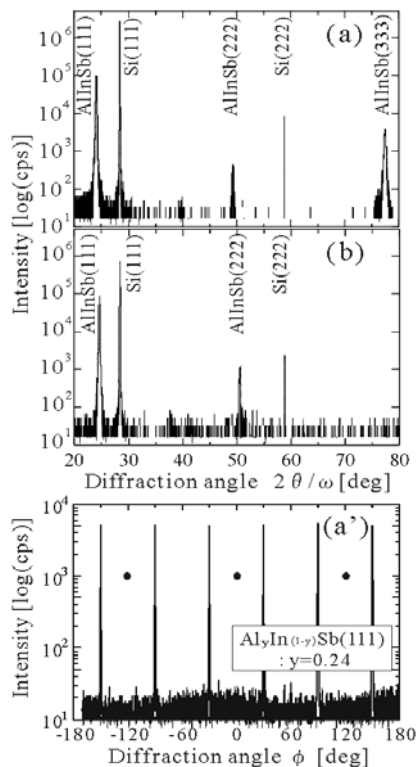


図5 XRD 2θ ω -scan と(111)面に対する ϕ -scan : InSb単分子層を介して成長したAlInSb薄膜

(3) Si(001)基板上での(111)面形成と、単分子層を利用した高品質 InSb 薄膜の形成

Si(001)基板上において、研究の方法の(2)で示した手順で作製した V 字(111)面上へ InSb 薄膜の蒸着を行うことで、Si(001)基板上での InSb 単結晶薄膜成長を試みた。

ここで、V 字加工は溝幅 $10\mu\text{m}$ のラインパターンを $1\mu\text{m}$ 毎に配置した基板を用いた。この V 字ラインパターン上へ InSb を 2 段階成長で蒸着し、蒸着後の試料を XRD の 2θ ω -scan によって評価した。図 6(a)は比較の

ため、Si(001)基板の清浄表面上に InSb 薄膜を 2 段階成長させたものである。InSb の優性配向面が(111)面であることに由来し、Si(111)面上で InSb は比較的単結晶成長し易いが、Si(001)基板上では通常多結晶成長してしまう。ここでも、多結晶成長している様子が見て取れる。図 6(b)は V 字ラインパターン上へ InSb 蒸着した試料である。InSb(001)と Si(001)に関連したピークのみが観察され、単結晶成長していることが分かる。図 6(b')は(001)基板の法線方向から $\chi=54.7^\circ$ 傾いた、V 字の傾斜(111)面に対して 2θ ω -scan を行った結果である。この結果から、傾斜(111)面上で InSb が単結晶成長していることが見て取れる。

通常、Si(001)基板上での InSb 単結晶成長は困難であるが、V 字加工により傾斜(111)面を形成することで、Si(001)基板上での InSb 単結晶成長を達成する事ができた。当初の目的ではこの V 字(111)面上で InSb 単分子層を形成し、その上での InSb、AlInSb 薄膜層の形成を行う予定であったが、その段階まで研究を進める事ができていない。しかし、Si(001)基板上での傾斜(111)面の効果については実証する事ができた。

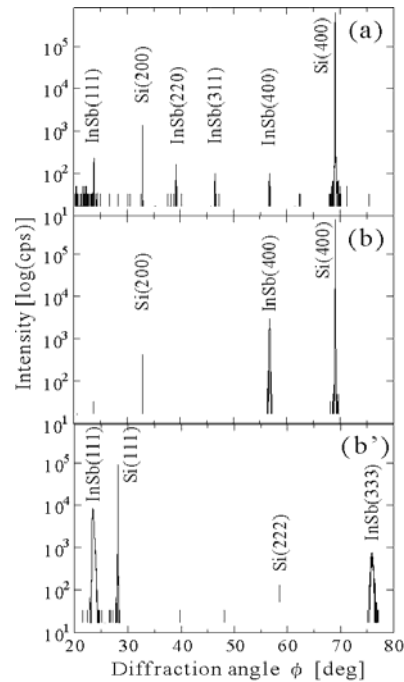


図6 XRD 2θ ω -scan : V字加工Si(001)基板へのInSb薄膜蒸着

5. 主な発表論文等 (研究代表者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

1. Heteroepitaxial growth of rotated AlInSb layer mediated by InSb bi-layer on Si(111) substrate.
M. Saito, M. Mori, K. Ueda,

- K. Maezawa, Phys. Stat. Sol. (c) (accepted) : Refereed
- Heteroepitaxial growth of InSb films on V-grooved Si(001) substrate.
M. Mori, M. Saito, H. Igarashi, T. Iwasugi, N. B. Ahmad, K. Murata, K. Maezawa, e-Journal of Surface Science and Nano Technology (accepted) : Refereed
 - High quality InSb films grown on Si(111) substrate via InSb bi-layer.
M. Mori, M. Saito, K. Nagashima, K. Ueda, T. Yoshida, C. Tatsuyama, K. Maezawa, e-Journal of Surface Science and Nano Technology, Vol.7 (2009) 145-148 : Refereed
 - Effect of In and Sb monolayers to form rotated InSb films on Si(111) substrate
M. Saito, M. Mori, K. Maezawa Appl. Surf. Sci., 254 (2008) pp.6052-6054. : Refereed
 - Heteroepitaxial InSb films grown via Si(111)- $\sqrt{7} \times \sqrt{3}$ -In surface reconstruction
M. Mori, M. Saito, K. Nagashima, K. Ueda, Y. Yamashita, C. Tatsuyama, T. Tambo, K. Maezawa, Phys. Stat. Sol. (c) 5, No.9 (2008) pp.2772-2774. : Refereed

[学会発表] (計 16 件)

- InSb単分子層を介したSi(111)基板上的AllInSb薄膜のヘテロエピタキシャル成長,
中谷公彦、斉藤光史、上田広司、森雅之、前澤宏一、秋季第69回応用物理学会学術講演会、2008年9月4日、愛知県春日井市・中部大学
- (111)面パターンを形成した Si(100)基板上への InSb 薄膜のヘテロエピタキシャル成長,
五十嵐弘樹、森雅之、斉藤光史、岩杉達矢、ノルステイピンティアハド、前澤宏一、秋季第 69 回応用物理学会学術講演会、2008 年 9 月 4 日、愛知県春日井市・中部大学
- Si(111)基板上での 30°回転 InSb 薄膜層形成に対する In 及び Sb 層の効果,
斉藤光史、森雅之、上田広司、前澤宏一、電気通信学会 電子デバイス研究会、2008 年 6 月 14 日、石川県金沢市・金沢大学
- Heteroepitaxial growth of InSb films on V-grooved Si(001) substrate
M. Mori, M. Saito, H. Igarashi, T. Iwasugi, N. B. Ahmad, K. Maezawa, 5th International Symposium on

- Surface Science and Nanotechnology (ISSS-5), Nov. 9-13 (2008), Waseda University, Tokyo, Japan
- Improvement of rotated InSb films by additional In adsorption onto initial InSb bi-layer
M. Saito, M. Mori, C. Tatsuyama, K. Maezawa: 8th Japan-Russia Seminar on Semiconductor Surfaces (JRSSS-8), Oct. 19-23 (2008), Tohoku University, Sendai, Japan
 - High quality InSb films grown on Si(111) substrate via InSb bi-layer
M. Mori, M. Saito, K. Nagashima, K. Ueda, T. Yoshida, C. Tatsuyama, K. Maezawa, 8th Japan-Russia Seminar on Semiconductor Surfaces (JRSSS-8), Oct. 19-23 (2008), Tohoku University, Sendai, Japan
 - Heteroepitaxial growth of rotated AlInSb layer mediated by InSb bi-layer on Si(111) substrate,
M. Saito, M. Mori, K. Ueda, K. Nakatani, K. Maezawa, 35th International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS2008), Sep. 21-24 (2008), Europa-Park, Rust, Germany
 - Heteroepitaxial growth of InSb films on a Si(111) substrate via InSb bi-layer,
M. Mori, M. Saito, K. Nagashima, K. Ueda, T. Yoshida, Y. Shinmura, K. Maezawa, 15th International Conference on Molecular Beam Epitaxy (MBE2008), Aug. 3-8 (2008), Univ. of British Columbia, Vancouver, Canada
 - InSb単分子層を介したSi(111)基板上的AllInSb薄膜の成長,
斉藤光史、森雅之、上田広司、吉田達雄、新村康成、前澤宏一、第55回応用物理学会関係連合講演会、2008年3月29日、千葉県船橋市・日本大学 理工学部
 - Effect of In and Sb monolayers to form rotated InSb films on Si(111) substrate
M. Saito, M. Mori, K. Maezawa, 5th International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-5), Nov. 12-15 (2007), Tokyo Metropolitan Univ., Tokyo, Japan

6. 研究組織

(1) 研究代表者

斉藤 光史 (SAITO MITSUFUMI)

富山大学・地域連携推進機構産学連携部門・研究員

研究者番号 : 70452092