19p-A27-1

MBE 法による Ge(111)基板上の BaSi2エピタキシャル膜の作製と評価

Fabrication and characterization of BaSi₂ epitaxial films on Ge(111) substrate by MBE

[°]髙部 涼太¹, 馬場 正和¹, W. Du¹, 都甲 薫¹, 原 康祐², 宇佐美 徳隆 ^{2,3}, 末益 崇^{1,3}

¹筑波大学院 電子・物理工学専攻 ²名古屋大学 ³JST-CREST

¹Univ. Tsukuba, ²Nagoya Univ. ³JST-CREST,

E-mail: bk200911087@s.bk.tsukuba.ac.jp

【背景・目的】

我々は、次世代薄膜太陽電池の新材料とし て、斜方晶 BaSi2 について研究を行っている。BaSi2 は禁制帯幅が1.3 eV で太陽電池の最適値に近い値 を示していることや、1.5 eV のフォトンに対して 結晶 Si の約 30 倍の光吸収係数(α=3×10⁴ cm⁻¹)を持 っていることが特徴として挙げられる[1]。また、 最近の研究により、少数キャリアの拡散長が約10 µm で、薄膜太陽電池にとって十分大きな値を示 . していることが分かった[2]。BaSiっは Si(111)基板 上にエピタキシャル成長が可能である[3]。しかし、 BaSi₂/Si 界面では、電子親和力の差に起因するバ ンド不連続(ΔEc=0.8 eV, ΔEv=0.6 eV)が存在するた め、光生成されたキャリアの輸送が阻害される[4]。 これまでは、Sb-doped n⁺-BaSi₂/p⁺-Si のトンネル接 合を作製することによりこの問題を解決してき た[5]。しかし、厚膜 BaSi2の作製に必要な成長温 度である 580 ℃ まで昇温すると、Sb ドープ層の Sb が後に作製する層まで拡散するという新たな 問題が生じた。そこで、トンネル接合を使わない でバンド不連続を解消するアイデアが必要であ った。本研究では、Si 基板の代わりに Ge 基板を 用いて BaSi2を成長することを提案する。BaSi2と Ge のバンドラインナップから、ΔEv~0.1 eV であ ることが予想されるため、光生成されたホールに 対する障壁が Si に比べて小さくなることが期待 できる。また、GeとSiの格子定数はほとんど同 じであるため、Ge(111)上でも BaSi2 は小さい格子 不整合で成長することが期待される。そこでまず、 Ge(111)基板上に BaSi2 をエピタキシャル成長し、 その結晶特性を調べることを目的とし、実験を行 った。

【実験】

本研究では、Si 基板上の成長と同様に、熱反 応堆積(RDE)法と分子線エピタキシー(MBE)法に よる 2 段階成長を行った。まず、RDE 法により、 500 °C に加熱した Ge 基板上に Ba を堆積して BaGe₂を作製した。BaGe₂は BaSi₂と同様の斜方晶 構造であり、格子定数がほぼ等しい。そこで、 BaGe₂を BaSi₂エピタキシャル膜のテンプレート 層として使用した。その後、Ba と Si を同時供給 し、成長温度 500 °C で BaSi₂のエピタキシャル成 長を行った。最後に、基板温度 150 °C 以下で a-Si を堆積した。結晶性の評価として反射高速電子線 回折(RHEED)とX線回折(XRD)を行った。

【結果】

RDE 成長後と MBE 成長後に RHEED 像を観察したところ、どちらも鋭いストリークパターン を観察することができた。この結果は、RDE 成長 後に BaGe₂、MBE 成長後に BaSi₂がエピタキシャ ル成長していることが示唆している。Figure 1 に 2 θ - ω XRD の結果を示す。この図から、BaSi₂が*a* 軸配向していることに由来するピークが観察で きる。以上より、Ge(111)基板上に BaSi₂がエピタ キシャル成長することが実証された。次に、この 試料に対して in-plane XRD を行い、BaSi₂ と Ge(111)のエピタキシャル関係を調べた。Figure 2 に BaSi₂(020)と Ge (242) の φ スキャンの結果を示 す。どちらからも 60°おきの等間隔のピークが 6 つ観測された。また、ピーク位置はどちらも一致 している。この結果から、Ge(111)上の BaSi₂は、3 回対称のドメインを形成しており、BaSi₂[010]と Ge[112]が平行であることが分かった。この結果は Si(111)上の BaSi₂にも見られる[6]。

【参考文献】

- [1] K. Toh et al., Jpn. J. Appl. Phys. 50 (2011) 068001.
- [2] M. Baba et al., J. Crystal Growth 348 (2012) 75.
- [3] Y. Inomata et al., Jpn. J. Appl. Phys. 43 (2004) L478.
- [4] T. Suemasu et al, Jpn. J. Appl. Phys. 45 (2006) L519.
- [5] T. Saito et al, Appl. Phys. Express 3 (2010) 021301.
- [6] R. Takabe et al. Jpn. J. Appl. Phys. 53, 04ER04 (2014).



 $[\]phi$ (deg) Fig. 2 ϕ -scan XRD patterns of BaSi₂(020) and Ge (242) planes.