

アンドープ n 型 BaSi₂ エピタキシャル膜少数キャリア寿命の結晶粒径依存 Dependence of minority-carrier lifetime in undoped n-BaSi₂ epitaxial films on their grain sizes

°高部 涼太¹, 原 康祐², 馬場 正和¹, W. Du¹, 都甲 薫¹, 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

°R. Takabe¹, K. O. Hara², M. Baba¹, W. Du¹, K. Toko¹, N. Usami^{2,3}, T. Suemasu^{1,3}

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

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

【背景・目的】

我々は、太陽電池の新材料として期待される斜方晶 BaSi₂ というシリサイド半導体について研究を行っている。BaSi₂ は 1.5 eV の光子に対して結晶 Si の 30 倍の光吸収係数 ($\alpha=3 \times 10^4 \text{ cm}^{-1}$) を持っていることや、禁制帯幅が太陽電池の最適値に近い 1.3 eV であることから、太陽電池の光吸収層の薄膜化が可能である[1]。また、バルク BaSi₂ の少数キャリア寿命が 14 μs と、薄膜太陽電池として十分大きな値であることが分かっている[2]。Si(111)基板上の BaSi₂ は 3 回対称のドメインを持っているため、比較的小さな粒径を有している[3]。一般に粒界は少数キャリアの再結合中心として働くため、太陽電池としての特性を向上させるためには、粒径を拡大させることが重要である。最近の研究により、テンプレート層の作製条件を変えることにより粒径が拡大することが分かった[4]。しかし、粒径を拡大したことにより BaSi₂ 膜の特性がどのように変わるかは調べられていない。そこで本研究では、粒径を変えた BaSi₂ のエピタキシャル膜を作製し、少数キャリア寿命がどのように変化するかを評価した。

【実験】

本研究では、熱反応堆積(RDE)法により Si(111)基板上にテンプレート層を作製し、その後、分子線エピタキシー(MBE)法により BaSi₂ 膜のエピタキシャル成長を 500 nm 程度成長した。Table 1 に試料の成長条件を示す。粒径の評価には電子線後方散乱回折法(EBSD)を、また少数キャリア寿命は、マイクロ波光導電減衰(μ -PCD)法を用いて測定した。

Table 1 Growth conditions of samples

Sample	R_{Ba} (nm/min)	T_{RDE} (°C)	t_{RDE} (min)	T_{MBE} (°C)	t_{MBE} (min)
A	1.0	500	5	580	360
B	1.0	580	5	580	360

【結果】

Figure 1 に各試料の EBSD 像と、結晶粒面積と面積率の関係を示す。EBSD 像を比較すると、明らかに結晶粒が大きくなっていることが分かる。またヒストグラムより、sample A は 10 μm^2 以下の結晶粒面積が支配的であるが、sample B は 10 μm^2 以上の結晶粒面積が支配的である。以上より、RDE 成長の際は成長温度を上げることによって結晶粒径が拡大できることが分かった。

Figure 2 に各試料の μ -PCD 測定の結果を示す。どちらの試料も 3 段階の減衰が観測できた。そのうち 2 段階目が、キャリアトラップ効果を含まない SRH 再結合の影響が強い領域である[5]。その領域から見かけのキャリア寿命を様々な余剰キャリア密度に対して求めたところ、sample A からはキャリア密度依存性は確認できなかった。そこでその平均を取ると、キャリア寿命は $\tau=0.37 \mu\text{s}$ となった。一方、sample B からは、余剰キャリア密度が減るに従いキャリア寿命が上昇する傾向が得られた。そこで、低注入条件となる領域からキャリア寿命を求めると、およそ $\tau=0.42 \mu\text{s}$ となった。すなわち、BaSi₂ の粒径が拡大しても、少数キャリア寿命はあまり変化しないことが分かった。これは、undoped BaSi₂ の粒界はキャリアトラップとして働きづらいという過去の研究結果と一致している[6]。

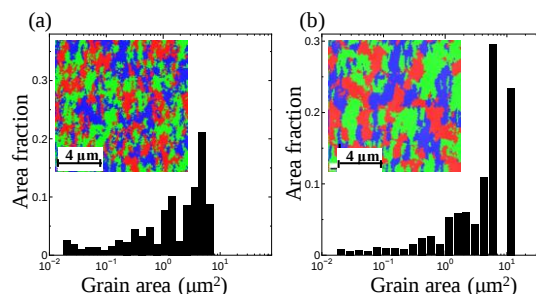


Fig. 1 Relationship between grain size and area fraction in (a) sample A and (b) sample B. The insets show EBSD images of samples.

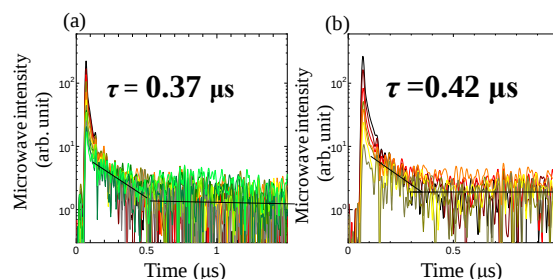


Fig. 2 μ -PCD decay curves of (a) sample A and (b) sample B.

【参考文献】

- [1] K. Toh *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **50** (2011) 068001.
- [2] K. O. Hara *et al.*, Appl. Phys. Express **8** (2013) 112302.
- [3] Y. Inomata *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **43** (2004) L478.
- [4] M. Baba *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 098003
- [5] K. O. Hara *et al.*, J. Appl. Phys. **112** (2012) 083108
- [6] M. Baba *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103** (2013) 142113.