

n 型 4H-SiC 溶液成長における 表面平坦性と多形安定性に対する添加剤の効果 Influence of additives for surface smoothness and polytype stability in solution growth of n-type 4H-SiC

産業技術総合研究所 [○]小松直佳, 三谷武志, 林雄一郎, 加藤智久, 奥村元

AIST [○]N. Komatsu, T. Mitani, Y. Hayashi, T. Kato, H. Okumura

E-mail: n-komatsu@aist.go.jp

溶液成長法は高品質な 4H-SiC 単結晶成長が期待される成長法である[1]。しかし、ステップバンチングによって数ミクロン高さの巨大マクロステップが形成されやすく、溶媒巻き込みを伴ったトレンチ状の表面マクロ欠陥がしばしば発生してしまう[2]。この問題に対し、我々はこれまでに SiCr 溶媒への Al の添加によってトレンチ状欠陥と多形不安定化が抑制されることを明らかにした[3]。Al 添加によって表面平坦性は向上するが、一方で n 型 4H-SiC への Al の取り込みは n 型ウェハの比抵抗を増大させてしまう[4]。このため、n 型 4H-SiC 溶液成長では表面平坦性を向上させつつも、電気伝導度を低下させることのない添加剤が望まれる。そこで、本研究では $\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 溶媒への種々添加剤、特に遷移金属の添加に対し、成長結晶表面の平均マクロステップ高さの変化と多形安定性、キャリア濃度について調査した。

成長実験の詳細は[5]に示す。溶媒組成は $\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 、 $\text{Si}_{0.55}\text{Cr}_{0.4}\text{X}_{0.05}$ とし、X には、第 4-6 周期の遷移金属(Sc, Ti, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Y, Nb, Mo, Ce, Ta, W)と 13-14 族元素(B, Al, Ga, Ge, Sn)を用いた。0.7° オフ C 面 4H-SiC (15mm×15mm)を種結晶とし、成長実験は 1950°C で、0.2MPa の He 雰囲気下で実施した。成長速度は 60-100 $\mu\text{m}/\text{h}$ であり、成長時間は成長厚みが約 100 μm になるように調整した。マクロステップ高さは光学表面プロファイラー(Zygo, NewView™ 7300)、結晶多形とキャリア濃度はラマン分光法により評価した[6]。

図 1 に $\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 溶媒を用いて成長した結晶表面の光学顕微鏡写真(a)、位置 A-A'の断面プロファイル(b)、断面プロファイルから得られるマクロステップ高さのヒストグラム(c)を示す。図 1(c)から、マクロステップ高さの平均値(H)と 200nm 以上の高さの大きなマクロステップの個数(N)を求めた。添加剤と H 、 N の関係を図 2 に示す。Al, Sc, Ge, Co, Sn, B, Mo 添加では、添加しない場合($\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 溶媒)と比較して H 、 N が低減した。Ga, Cu, W, Fe 添加では、 H 、 N が $\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 溶媒と同等か僅かな減少傾向が確認された。最後に V, Ni, Ti, Mn, Nb 添加では、 H 、 N が有意に増加し、多形の不安定化も観測された。ラマン分光測定では、Sc, Ge, Co, Sn, Mo 添加溶媒で成長した結晶は 4H 多形であり、n 型伝導を示すことを確認した。

上記より、n 型 4H-SiC バルク成長では溶媒への Sc, Ge, Co, Sn, Mo の添加が平坦な成長表面の維持と多形安定化に有効であることが分かった。

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの統合的研究開発」(管理法人: NEDO)によって実施された。

[1] Yamamoto *et al.*, Appl. Phys. Express 5 (2012) 115501. [2] Mitani *et al.*, J. Cryst. Growth 423 (2015) 45. [3] Mitani *et al.*, J. Cryst. Growth 401 (2014) 681. [4] Mitani *et al.*, Mater. Sci. Forum 821-823 (2015) 9. [5] Komatsu *et al.*, J. Cryst. Growth 458 (2017) 37. [6] Nakashima *et al.*, Phys. Rev. B 76 (2007) 245208.

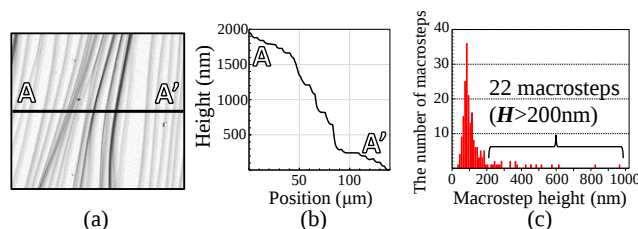


図 1. $\text{Si}_{0.6}\text{Cr}_{0.4}$ 溶媒で成長した結晶表面の光学顕微鏡写真(a)、位置 A-A'の断面プロファイル(b)、マクロステップ高さのヒストグラム(c)

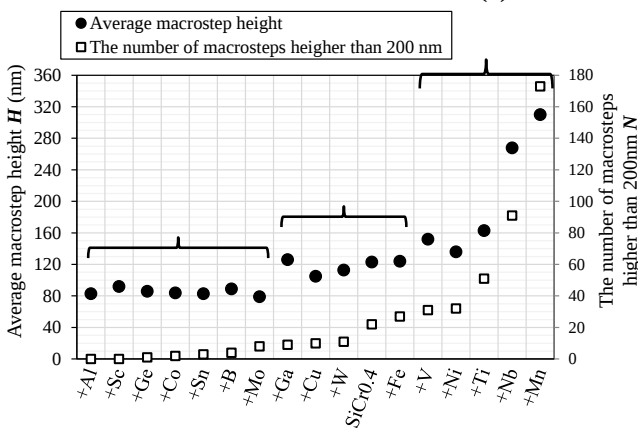


図 2. 種々添加剤と平均マクロステップ高さ H 、200nm 以上の高さのマクロステップ個数 N の関係