

p型SiC溶液成長における貫通らせん転位変換挙動



名古屋大学 原田 俊太、宇治原 徹

背景：SiCパワーデバイスは高品質化が「カギ」

次世代SiCパワーデバイス

パワーデバイスは、電力変換・制御に使用されるデバイス。
低損失パワーデバイスは高効率変換のキー技術！



SiC溶液成長への期待

シリコンに炭素を溶解した液体からSiC種結晶を起点にSiC単結晶が成長。



- カーボンをつぼ中でSi系溶媒を融解、その中にカーボン軸に張り付けた種結晶を挿入し成長を行う。

- 高温部分でつぼのカーボンが溶出、低温部分に配置した種結晶上にSiC単結晶が成長。

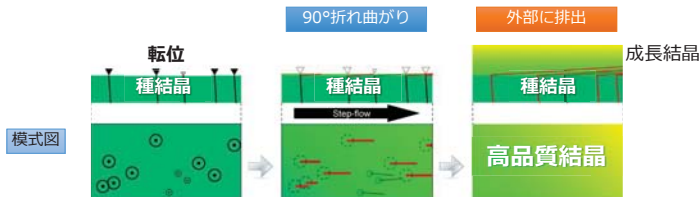
- 溶液を攪拌する目的で、つぼや結晶を回転

- 溶媒には原料となるSiをベースに、Ti、Cr、Feといった金属を添加

Si、GaAs、Al₂O₃など、他の半導体基板は、液相からの成長で高品質・低コスト化の両立。

欠陥低減メカニズム

結晶成長に伴い、転位が90°折れ曲がり外部に排出され、欠陥の無い高品質結晶となる。



貫通らせん転位を種結晶の1%に低減

本研究の目的：p型溶液成長と高品質成長

SiC基板には、幅広い伝導度制御 (n型、p型、半絶縁) が求められている。

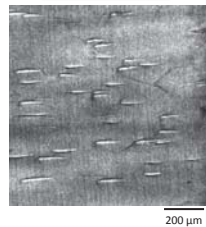
p型SiC基板は、他の基板成長法では低抵抗下が困難であるが、溶液成長では溶媒へのAl添加により高濃度のドーピングが可能。

Al-Si溶媒での成長における転位挙動を調査

結果：p型成長でも転位変換・表面構造と相関あり

欠陥変換挙動

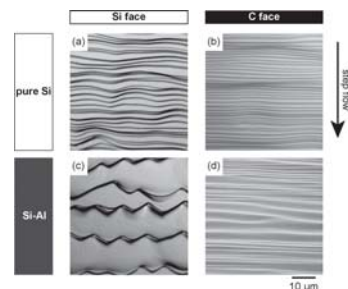
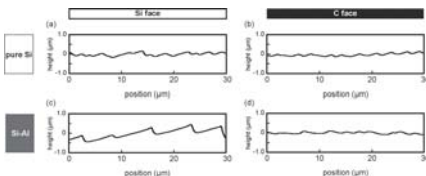
Si-Al5% 溶媒/Si 面



Al添加と欠陥変換

polarity	solvent	R _{ms} (nm)	dislocation conversion
Si face	pure Si	130	TSD conversion TED conversion
Si face	Si-Al5%	280	TSD conversion TED conversion
C face	pure Si	80	TED conversion
C face	Si-Al5%	40	

表面構造との関係



成長表面にマクロステップが形成する場合、欠陥変換が生じる。

S. Harada et al. Mater. Sci. Forum 778-780 (2014) 67.

高品質化で応用拡大

応用分野	用途	電力変換容量 (kVA)	結晶の高品質度	期待できる効果
スマートグリッド	水素電池、風力発電などの電力・電圧の調整 従来の電力網より多くの変圧器が必要	大 1,000~10,000	高	変圧器の損失低減 利用電力量の増加 省エネ効果大
ハイブリッド・電気自動車	ハイブリッド・電気自動車の心臓部	100	高	小型化 低コスト化 高出力化 高信頼化
家電	エアコン・冷蔵庫などの出力制御	10 小	低	小型化 低コスト化 きめ細かい制御 (省エネ家電のさらなる省エネ化)

今後の課題：技術の融合

成長速度：~2 mm/h
成長厚さ：10 mm以上

H. Daikoku et al. ICSCRM 2013 abstract.

トヨタ自動車
高速・長尺化

高品質化
名大・宇治原研

大口径化

新日鐵住金

口径：3インチ以上
K. Kusunoki et al. ECSCRM 2012 abstract.

高耐圧デバイス用
溶液法高品質 SiC 基板