



# X線トポグラフィによる SiC 溶液成長における 転位伝播挙動の観察

X-ray topography observation of dislocation behavior  
during solution growth of SiC

原田 俊太、肖 世玉、原 奈都美、武藤 拓也、古池 大輝、宇治原 徹  
Shunta Haraa, Shiyu Xiao, Natsumi Hara, Takuya Mutou, Daiki Koike,  
and Toru Ujihara

名古屋大学  
Nagoya University

## 1. 測定実施日

2013年8月20日 10時 – 18時30分 (2シフト), BL8S1  
2013年8月21日 10時 – 18時30分 (2シフト), BL8S1  
2013年8月22日 10時 – 18時30分 (2シフト), BL8S1  
2013年8月23日 10時 – 18時30分 (2シフト), BL8S1

## 2. 概要

放射光を用いた X 線トポグラフィは、結晶内の欠陥やひずみの分布を非破壊で広範囲にわたり測定することができる強力な手法であり、半導体をはじめとする結晶材料の欠陥評価法として広く用いられている。本研究では、次世代パワーデバイス用材料として注目されている SiC 結晶の溶液成長過程における転位の伝播挙動を X 線トポグラフィにより評価した。その結果から、溶液法が高品質結晶成長を実現できる手法であることを改めて確認した。

## 3. 背景と研究目的

SiC は、高い絶縁破壊電界強度および熱伝導率を有するワイドギャップ半導体であり、Si にかわる次世代のパワーデバイス材料として注目されている。しかし、市販されている SiC 基板には、Si 基板と比較すると高密度の転位が存在しており、デバイスの特性や信頼性を低下させる原因となることが知られている [1]。そこで、我々のグループでは、転位の少ない高品質 SiC 基板結晶を得るために溶液成長法に着目して研究を行っている。

溶液成長は、液相からの成長であり、他の成長法と比べると低温のプロセスであることから、高品質結晶成長が期待されている。これまでの研究から、溶

液成長過程において、成長方向と同一方向に伝播する転位（貫通転位）が、成長方向に垂直な欠陥（基底面欠陥）に変換する事が明らかとなりつつある[2-4]。基底面欠陥を、結晶外部に向かって伝播するようにコントロールすることができれば、貫通転位を低減させることが可能であると考えられる[5]。実際、この方法により、転位密度を劇的に低減することに成功している[6]。

SiC 基板結晶には n 型、p 型、半絶縁など幅広い伝導度制御が求められており、最近の研究で、溶液法によって低抵抗の p 型結晶成長が報告されている[7]。本研究では、p 型 SiC 溶液成長における転位の伝播挙動を調査し、高品質 p 型 SiC 結晶成長の可能性を検討した。

#### 4. 実験内容

p 型 SiC 結晶成長は、Top Seeded Solution Growth (TSSG) 法によって行った。カーボンるつぼの中で Si-Al5%溶媒を加熱し、温度勾配下で保持し、そこに種結晶を張り付けたディップ軸を挿入する。高温部分でるつぼのカーボンが溶媒中に溶出し、温度の低い種結晶付近で Al ドープ SiC 結晶が成長する。種結晶には(0001) Si 面から[1120] 方向に  $4^\circ$  のオフ角を設けた 4H-SiC を使用した。成長時間は 1 時間とし、厚さ約  $10 \mu\text{m}$  の単結晶を得た。成長結晶のホール濃度を Raman 散乱より求めた結果、 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  程度であった。

放射光 X 線トポグラフィ実験は、あいちシンクロトロン光センター BL8S1 において行った。BL8S1 は、X 線反射率や X 線 CTR 散乱測定を行うようにデザインされたビームラインであるが、モノクロメーターの調整により X 線ビームを広げ、既設のゴニオメーター（リガク社製 Smart Lab.改造機）を用いて、X 線トポグラフィ実験を行った（図 1）。入射 X 線のエネルギーは 8.94 keV と



図 1. あいちシンクロトロン BL8S1。

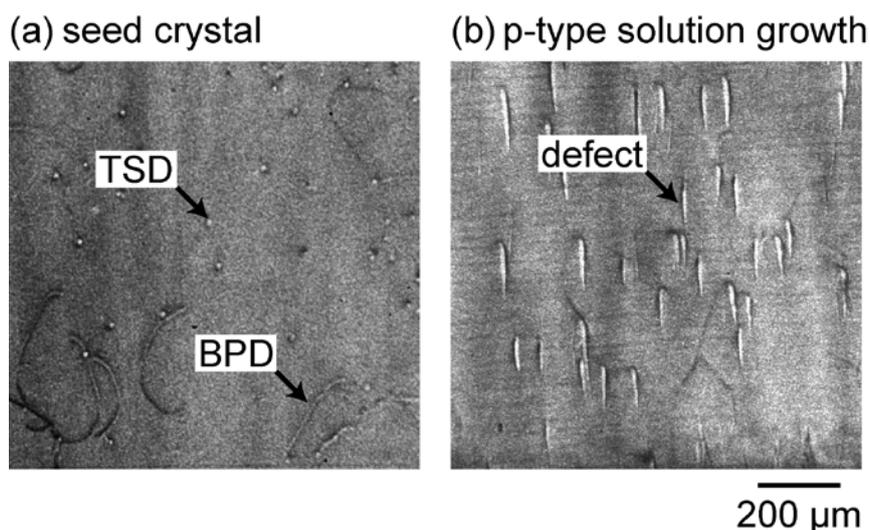


図 2. (a)種結晶および、(b)p 型溶液成長 SiC 結晶の X 線トポグラフィ像。

し、4H-SiC(11-28)の回折を用いて、原子核乾板 (Ilford L4) に X 線トポグラフィ像を得た。

## 5. 結果および考察

図 2 に種結晶および、溶液法により成長した Al ドープ SiC 結晶の X 線トポグラフィ像を示す。種結晶中には TSD, TED, BPD が存在するが[3]、Aichi-SR での実験では、TSD と BPD は観察されたが、TED を観察することはできなかった。これは、TED のひずみが最も小さく、X 線トポグラフィのコントラストが小さいためだと考えられる。BL8S1 におけるモノクロメーターを改良することによりビームの波長分散や平行性を向上させることができれば、分解能が向上し、TED も観察できると考えられる。p 型溶液成長した試料には、TSD はなく、図 2(b)の矢印で示した、線状に伸びる、白と黒の非対称のコントラストが観察された。これは、TSD が変換する事によりできる基底面の拡張転位であることがこれまでの研究から明らかになっており[3]、p 型溶液成長においても、TSD 変換が起こることが明らかとなった。このことから、溶液法により高品質 p 型 SiC を成長させることが可能であることが示唆された。今後は、厚膜成長により、欠陥変換メカニズムを利用して、高品質 p 型 SiC 結晶成長に取り組む。

## 6. 謝辞

X 線トポグラフィ測定に際して、名古屋大学の櫻井郁也特任准教授、Aichi-SR 野崎彰子氏、岡本渉氏、高尾直樹氏にご協力いただきましたことを深く感謝いたします。

## 7. 参考文献

- [1] P. G. Neudeck, IEEE Trans. Electron Devices **46**, 478 (1999).
- [2] T. Ujihara, S. Kozawa, K. Seki, Alexander, Y. Yamamoto, and S. Harada, Mater. Sci. Forum **717-720**, 351 (2012).
- [3] Y. Yamamoto, S. Harada, K. Seki, A. Horio, T. Mitsuhashi, and T. Ujihara, Appl. Phys. Express **5**, 115501 (2012).
- [4] S. Harada, Y. Yamamoto, K. Seki, A. Horio, T. Mitsuhashi, M. Tagawa, and T. Ujihara, APL Mater. **1**, 022109 (2013).
- [5] S. Harada, Y. Yamamoto, K. Seki, and T. Ujihara, Mater. Sci. Forum **740-742**, 189 (2013).
- [6] Y. Yamamoto, S. Harada, K. Seki, A. Horio, T. Mitsuhashi, D. Koike, M. Tagawa, and T. Ujihara, submitted to Appl. Phys. Express (2014).
- [7] T. Shirai, K. Danno, A. Seki, H. Sakamoto, and T. Bessho, Mater. Sci. Forum **778-780**, 75 (2014).