

放射光トポグラフィによる SiC 単結晶中の転位の詳細解析

(Detailed analysis of dislocation structures in SiC single crystals by synchrotron X-ray topography)

BL28B2

○山口聡、中村大輔、谷俊彦、鷹取一雅、広瀬美治 (株)豊田中央研究所

【目的】

SiC 半導体は、Si 半導体を超える超低損失パワーデバイスの作製が可能である。しかし、その実用化に向けて、基板となる SiC 単結晶の高品質化が大きな課題となっている。これまでの SiC 単結晶中には様々な結晶欠陥が存在してきたが、我々は結晶欠陥を飛躍的に低減できる RAF 成長法を開発した[1]。その RAF 基板中に存在する結晶欠陥の性質を明らかにすることにより、更なる高品質化に向けた指針を得る可能性がある。

今回、転位周辺の格子面の傾きの検出により転位のバーガースベクトルの符号の決定を試みた。これまでの解析で分かっている転位ネットワークのモデルに転位のバーガースベクトルの符号を加えることにより、転位の発生メカニズムを推測できる可能性がある。

前課題では、BL20B2 にて擬似白色X線を得、成長方向に平行な混合転位(c 軸方向に平行ならせん転位に近い、 $b \sim 10 \text{ \AA}$)を観察し、バーガースベクトルの符号を決定することに成功した[2]。今回は BL28B2 の白色X線を用いて basal-plane らせん転位($b \sim 3 \text{ \AA}$)の観察を試みた。

【実験】

白色X線を用いると、ブラッグ角(θ_B)から微小角($\Delta\theta$)ずれた転位周辺の格子面でも回折条件を満たす。そのため、 $\Delta\theta$ の微小角ずれた領域からは、 $2 \times \Delta\theta$ だけ回折角の異なる回折線が得られ、その角度分散から転位周辺の格子面の傾きと方向を見積もることができる[3]。微小角度の角度分散を観察するため、X線の平行度、試料—検出器間距離、検出器の空間分解能が重要である。以下の条件で実験を行った。

試料: 4H-SiC{0001} 8° -off 基板、サイズ $\phi 28\text{mm}$ 、厚さ $600\mu\text{m}$

実験方法:

○透過法 11-20 反射 ($2\theta_B=9.2^\circ, 7.7^\circ, 6.6^\circ, 5.5^\circ$ 、 $E \approx 50, 60, 70, 84\text{keV}$)

○透過法 22-40 反射 ($2\theta_B=14^\circ$ 、 $E \approx 66\text{keV}$)

検出器: 原子核乾板(IfordL4)

サンプル—原子核乾板間距離 280cm

透過法22-40トポグラフは入射X線をCu板で吸収させより低エネルギーX線(ここでは33keV)の割合を大幅に減少させることにより得た。通常のセクショントポグラフ撮影時には、入射X線は縦幅を $20\mu\text{m}$ スリットで絞った。また、横方向の空間分解能を高める試みとして、入射X線を $20\mu\text{m}$ 角のマイクロビーム化し、サンプルと原子核乾板を同期走査してセクショントポグラフを得た。

【結果】

図1に得られたトポグラフの一例を示す。

- ・ 各セクショントポグラフに転位起因である垂直方向の線状の像が確認された。垂直方向の線状像中および像周りに hyperbolic な傾向は明確には確認できなかった。⇒X線の平行度不足および検出器の空間分解能不足のためと考えられる。
- ・ 使用したX線エネルギーが高くなるほど、セクショントポグラフの幅が小さくなるため転位起因の小さな線状像が観察しやすくなる傾向があることが分かった(図 1-c)。ただし、原子核乾板の検出効率の低下から観察が難しくなるので 60~70keV が最適であることが分かった。
- ・ 22-40 トポグラフでは他トポグラフに比べると多くの垂直方向の線状像が観察された(図 1-d)。これは転位起因のみならず、さらに微細な欠陥を検出している可能性があり、今後より詳細に検討する。
- ・ 入射X線のマイクロビーム化による空間分解能向上の効果は確認できなかった。

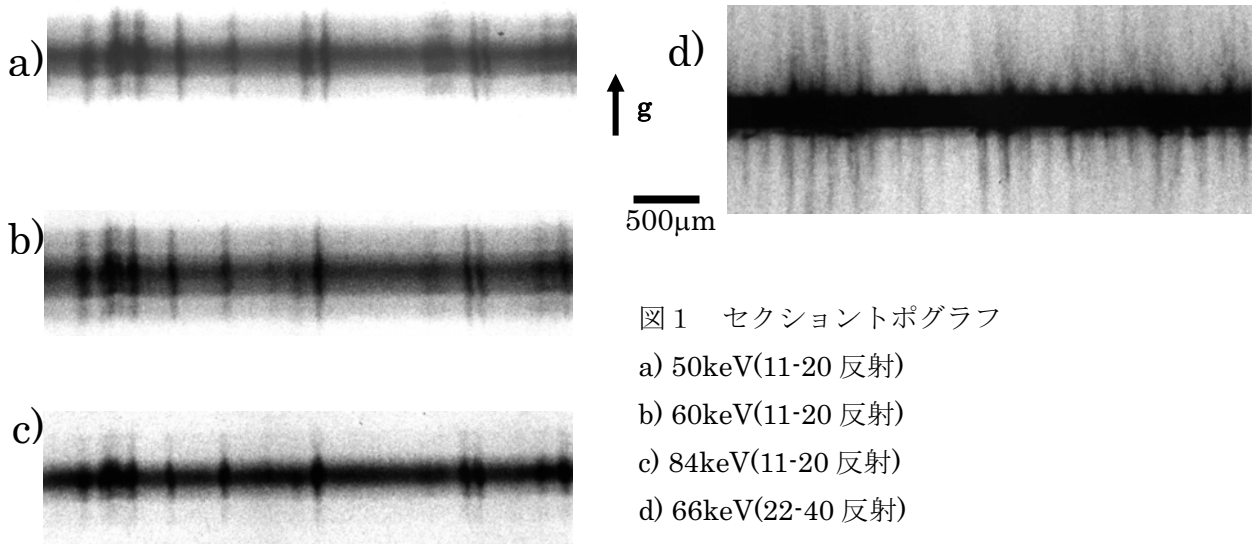


図1 セクショントポグラフ

a) 50keV(11-20 反射)

b) 60keV(11-20 反射)

c) 84keV(11-20 反射)

d) 66keV(22-40 反射)

【まとめ】

今回の実験により高分解能化の指針が得られた。今後は、フィルムの高分解能化、より本実験に向けたビームを用いる検討をしたい。

【謝辞】

実験を強力にサポートしてくださったJASRI産業利用推進室 産業利用支援 Gr 梶原堅太郎博士に感謝いたします。

【参考文献】

- [1] D.Nakamura *et al.*, Nature, 430, 2004, p.1009-p.1012
- [2] S.Yamaguchi *et al.*, 平成 17 年度先端大型研究施設戦略活用プログラム成果報告書 SPring-8 戦略活用プログラム(2005B), 2006, p.24
- [3] M.Dudley *et al.*, Il Nuovo Cimento, 19D, 1997, p.153-p.164