

## 回転引き上げ法育成ゲルマニウム単結晶ネック部の転位の三次元分布

飯田敏(富山大), 梶原堅太郎(JASRI), 川戸清爾(SAGA-LS), 太子敏則(信州大学), 米永一郎(東北大学)

回転引き上げ (CZ) 法で育成されたゲルマニウム (Ge) のバルク単結晶は多数の転位を含んでいる. 最近, 太子らは  $B_2O_3$  液状ガラスで被覆された Ge 融液から CZ 法で低転位密度 (一部は無転位) の Ge 単結晶の育成に成功した<sup>1)</sup>. この改良 CZ 法によるバルク Ge 単結晶育成過程において進行する無転位化の機構を解明することを目的に, 改良型および従来型 CZ 法で育成された 2 種類のバルク Ge 結晶中の転位分布・形態を非破壊で三次元的に観察した.

実験は SPring-8, BL28B2 で行った. 転位の観察には白色 X 線を利用した断面トポグラフィの積層による三次元化 X 線トポグラフィを用いた<sup>2)</sup>. まずラウエパタンをフラットパネル検出器を用いて観察し, ある一つのラウエ斑点に着目して, その反射の断面トポグラフィ像を記録した. 高空間分解能観察には可視光変換型 X 線 CCD カメラを用いた. 試料結晶を結晶成長方向  $\langle 111 \rangle$  に段階的に逐次走査し, その横断面について, 一連のトポグラフィ像を取得した. このようにして得られた多数の試料断面トポグラフィ像を積層することによって X 線回折トポグラフィの三次元像を得た.

111 反射 (およびその高次反射) を用いて撮影された X 線トポグラフィの三次元データセットから二次元投影トポグラフィを構成した. その結果を図 1, 2 に示す. それぞれの図の左側の  $[0\bar{1}1]$  と右側の  $[2\bar{1}\bar{1}]$  は投影方向を表す. 図 1, 2 はそれぞれ, 改良型および従来型 CZ 法で育成されたバルク Ge 結晶中の転位分布を表している.

図 1 では種結晶中の転位密度が極めて少なく成長結晶には引き継がれていない. 種結晶 - 成長結晶の境界付近で発生したと思われる転位も結晶の外周部に抜けて, 以降は (図には示されていないが) 無転位である.

図 2 では種結晶から成長結晶へと引き継がれた転位と成長結晶で新たに発生した転位とが両方観察される. それらの転位もネックングにより結晶の外周部に抜けて終端する. 図 1 と大きく異なる点は一度無転位になったにもかかわらず, 成長結晶の直径を太くしていく過程で新たな転位の発生と転位密度の増大が観察されることである.

CZ-Ge 結晶においては, 種結晶 - 成長結晶の境界付近で新たに発生した転位が極端に少ない. その発生原因も種結晶を融液に接触させたときに発生する熱ショックではないと思われる. この結果は CZ-Si 単結晶について得られている観察事例と大きく異なる. CZ-Si 単結晶のネック部における転位消滅の最終段階においては, 転位は成長方向に凸な半ループ状形態を示して, 結晶の外周部に達することなく結晶の内部に止まっている. CZ-Ge 単結晶においてはこのような半ループ状形態の転位は観察されていない.

[参考文献]

1) T. Taishi et al.: J. Crystal Growth 311 (2009) 4615-4818.

2) K. Kajiwara et al.: phys. stat. sol. (a) 204, (2007) 2682-2687.

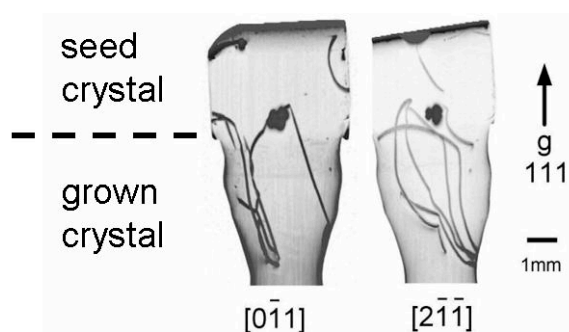


図 1. 改良型 CZ-Ge 単結晶中の転位分布.



図 2. 従来型 CZ-Ge 単結晶中の転位分布.