

# IR-FZ 法によるシリコンの結晶育成における回転楕円鏡の傾斜効果

## Tilting effects of ellipsoidal mirror on crystal growth of silicon by IR-FZ method

綿打 敏司, ホサイン エムディー ムクタール, 長尾 雅則, 田中 功 (山梨大院クリスタル研)

Satoshi Watauchi, Md. Mukter Hossain, Masanori Nagao, Isao Tanaka (Univ. of Yamanashi)

E-mail: watauchi@yamanashi.ac.jp

赤外線集中加熱浮遊帯溶融(IR-FZ)法では、大口径化が難しいため、結晶材料の量産にはほとんど用いられない。我々は、大口径化できれば、量産に用いられる可能性があると考え、これまでに大口径化に関する研究を行ってきた。実際、集光位置が育成結晶と原料棒の回転軸上にあると同時に加熱光源と同一水平面内にある従来の集中加熱の条件では、シリコン結晶の育成形状が円筒状となるのは  $\phi 20$  程度までで、 $\phi 30$  を超えるとスパイラル状になったり、溶融帯の形成が困難になったりし、大口径化は困難であった。しかし、集光位置を回転軸上から溶融帯表面近傍に向かって  $2\sim 4$  mm 程度水平移動させると  $\phi 40$  程度まで円筒状にできることも報告した[1]。本研究では、一層の大口径化を目指した回転楕円鏡の傾斜など育成条件の変更の効果調べた。

集光位置が回転軸上となる光源位置を 0 とし、回転軸からより遠いと正、近いと負と定義し、-2 mm から +10 mm の範囲で集光位置を変化させた。集光鏡の傾斜角は必要に応じて  $0^\circ$  と  $10^\circ$  とした。結晶の育成速度は 5 mm/h とし、原料の供給速度は育成開始直後に 5 mm/h とし、その後徐々に 10 mm/h まで増加させた。育成結晶径は原料棒の断面積を変化させることで制御した。また、不純物を微量添加した溶融帯を急冷固化し、その断面の不純物分布から溶融帯の界面形状を推定した。

図 1 に集光鏡の位置や傾斜角度、結晶径を変化させた際の育成結果をまとめた。 $\phi 40$  の結晶までは、上述した通りであるが[1]、 $\phi 45$  の結晶を育成する条件では、集光鏡を傾斜させないで集光鏡位置を  $4\sim 10$  mm の範囲で変化させても溶融帯を保持することが困難であった。一方、6 mm の集光鏡位置で  $10^\circ$  傾斜の条件では、溶融帯の安定保持が可能で、円筒状の  $\phi 45$  の結晶を育成できた。しかし、ランプ出力は最大出力(10 kW)に近い、9.3 kW に達し、一層の大口径化は困難であった。

図 2 は、 $\phi 20$  の結晶を育成する条件であるが、集光鏡の傾斜条件が異なる溶融帯の界面形状を調べた結果である。明確な傾斜効果は確認されなかった。集光鏡の傾斜に伴う詳細な界面形状変化については当日報告する。

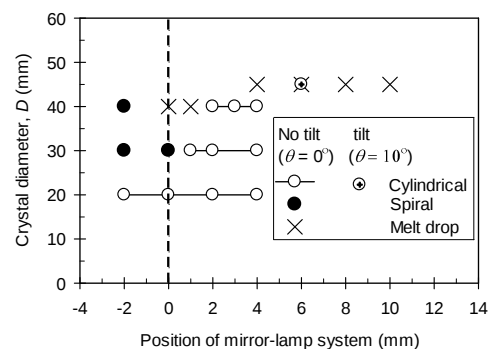


図 1. 集光鏡位置、傾斜角度、結晶径を変化させた条件での育成結果

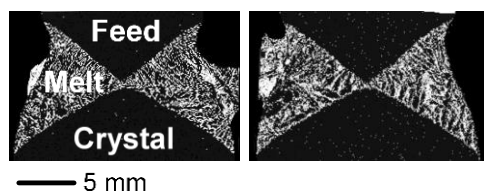


図 2. 直径 20 mm の結晶育成時の溶融帯形状( $\theta=0^\circ$ (左),  $10^\circ$ (右))

[1] M. M. Hossain *et al.*, Cryst. Growth Des. **14** (2014) 5117