

# 太陽電池用結晶 Si 成長中の転位密度分布解析の評価 Evaluation of Numerical analysis of dislocation density in silicon for solar cells

九大院工<sup>1</sup>, 九大応力研<sup>2</sup>, 物材機構<sup>3</sup>, 筑波大院数物<sup>4</sup>, 京工繊大院工芸<sup>5</sup>

井上 真翔<sup>1</sup>, ○中野 智<sup>2</sup>, Karolin Jiptner<sup>3,4</sup>, 高 冰<sup>2</sup>, 原田 博文<sup>3</sup>, 関口 隆史<sup>3</sup>, 福澤 理行<sup>5</sup>, 柿本 浩一<sup>1,2</sup>

Kyushu Univ.<sup>1</sup>, RIAM, Kyushu Univ.<sup>2</sup>, NIMS<sup>3</sup>, Tsukuba Univ.<sup>4</sup>, Kyoto Inst. Tech.<sup>5</sup>

Makoto Inoue<sup>1</sup>, Satoshi Nakano<sup>2</sup>, Karolin Jiptner<sup>3,4</sup>, Bing Gao<sup>2</sup>, Hirofumi Harada<sup>3</sup>,

Takashi Sekiguchi<sup>3</sup>, Masayuki Fukuzawa<sup>5</sup>, Koichi Kakimoto<sup>1,2</sup>

E-mail: snaka@riam.kyushu-u.ac.jp

## はじめに

太陽電池用結晶 Si 内部の転位は変換効率を低下させる要因の一つであり、太陽電池の品質向上のためには結晶内の転位密度を制御する必要がある。しかし、結晶成長中の観測は困難であるため、転位密度の増加の法則性は未だ明らかになっていない。そこで、以前の研究では凝固・冷却過程の転位密度の変化を解明する手段として、数値解析を用いた研究を行った[1]。本研究では転位密度と残留ひずみの実験結果と計算結果を比較することで、数値解析の妥当性を評価した。

## 計算方法

結晶育成炉全体をモデル化し、炉内各構造物の熱伝導、熱輻射と融液対流を考慮した 2 次元非定常総合熱解析を行った。そして、計算した結晶中の温度分布を入力値として応力分布を求め、さらに Haasen-Alexander-Sumino(HAS)モデル[2,3]により転位密度解析を行った。

## 結果・考察

Fig. 1(a)と(b)は、それぞれ計算と実験結果の Si インゴットの中心軸上の底面から上面までの残留ひずみと転位密度の変化を示している。実験結は多結晶であるが、[110]方向に成長したと仮定して残留ひずみを求めている。これより、実験と計算は、共に残留ひずみが  $10^{-5}$  とオーダーが同じであり、底面から上面にかけて W 型の変化を示している。これは、底面と上面では熱輻射と熱伝導により熱流束が大きく、また中心部では熱ひずみが拘束された結果、底面・中心・上面部で残留ひずみが高くなったためである。ゆえに、転位のすべりによる残留ひずみの数値解析は、定量的に評価出来る。一方、転位密度は、実験値の方が計算値より高く、変化の傾向も一致しない。これは、計算では単結晶の仮定のもと、可動転位による転位密度の増加現象のみを解析したためである。ゆえに、多結晶 Si の転位密度の定量的な解析のためは結晶粒界、不純物、異なるすべり面の転位同士の切り合いなどの相互作用による転位の増殖の影響を考慮する必要がある。

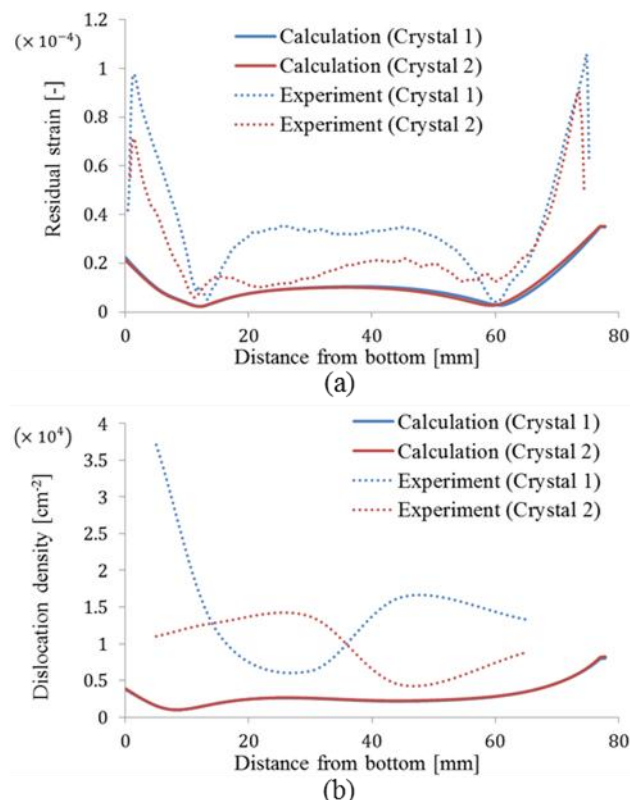


Fig. 1 Experimental and numerical results at the core  
(a) Residual strain (b) Dislocation density

[1] S. Nakano, X.J. Chen, B. Gao and K. Kakimoto, J. Cryst. Growth **18** (2011) 280.

[2] H. Alexander and P. Haasen, Solid State Phys. **22** (1968) 27.

[3] M. Suezawa, K. Sumino and I. Yonenaga, J. Appl. Phys. **51** (1979) 217.