

太陽電池用多結晶シリコン育成時における 転位密度および残留応力と結晶からの熱流出量の関係

Relationship between dislocation density, residual stress and outgoing heat from the crystal in multicrystalline silicon for solar cells

九大応力研¹, 物質・材料研究機構²

○中野 智¹, 高 冰¹, 原田 博文², 宮村 佳児², 関口 隆史², 柿本 浩一¹

RIAM, Kyushu Univ.¹, NIMS²

○Satoshi Nakano¹, Bing Gao¹, Hirofumi Harada²,

Yoshiji Miyamura², Takashi Sekiguchi², Koichi Kakimoto¹

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

はじめに

転位密度の増加は、セルの変換効率低下を引き起こすと考えられている。転位は、融液の結晶化直後の冷却過程初期である高温領域において、急激に増加することが報告されている[1]。また、結晶育成中や切断時の破碎の原因である残留応力は、転位密度の増加がほぼ 0 となり、応力が緩和されなくなる冷却過程中期より増加することが報告されている[2]。このため、冷却過程における転位密度、残留応力の制御は、高効率太陽電池の作製にとって重要である。本研究では、Top heater と Side heater の電力の割合、および冷却過程によって、結晶中の転位密度・残留応力がどのような影響を受けるかを明らかにするために、数値計算による解析を行った。

結果・考察

Fig. 1 は、(a)Side heating system (Side heater の電力が大きい場合)を用いた場合と (b)Top heating system (Top heater の電力が大きい場合)を用いた場合における、転位密度分布図である。冷却速度に関わらず、Top heating system を用いた場合の方が、転位密度が低減することがわかった。これは、冷却過程初期の高温領域における熱流出量の差が原因であると考えられる[3]。すなわち、結晶内温度分布によって決まる熱応力が、転位発生に大きく寄与するためである。Fig. 2 は、結晶凝固後の冷却過程における、結晶表面での熱流入量を示した図である(熱流入を負、熱流出を正として定義)。図より、高温領域においては、Top heating system を用いた場合の方が、熱の流入量が多いことがわかる。一方向性凝固法では、結晶底面を冷却することによって結晶育成を行うため、結晶底面からの熱の流出量が多い。この結晶からの熱の流出を Top heater を用いて補うことにより、結晶内のエネルギーの急激な変化を低減することが可能となり、転位密度が減少するということがわかった。

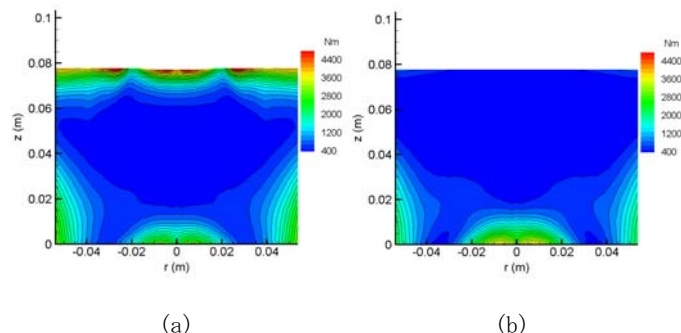


Fig. 1 (a) Side heating system を用いた場合 (b) Top heating system を用いた場合 における転位密度分布図

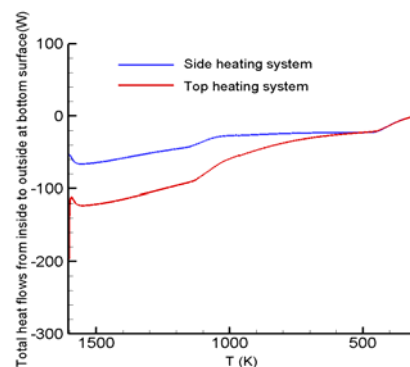


Fig. 2 結晶表面における熱の流入量

- [1] M. M'Hamdi, E. A. Meese, E. J. Øvrelid and H. Laux, Proceedings 20th EUPVSEC (2005) 1236.
- [2] S. Nakano, X.J. Chen, B. Gao, and K. Kakimoto, J. Cryst. Growth 318 (2011) 280.
- [3] B. Gao, et al., Private communications.