

高速成長では、結晶の温度勾配は緩やか？

Thermal gradient in high-speed growth is large or not

九大 応力研 °原田博文, 劉 立軍, 柿本浩一

Kyushu Univ., °Hirofumi Harada, Lijun Liu, Koichi Kakimoto

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

<はじめに> 高速成長では、結晶の温度勾配は緩やかであるという報告がある[1]。一方、結晶の凝固界面では、次の様な Stefan 条件が成立し、結晶側の温度勾配が大きい程、高速成長が可能であるということが熱力学の法則である。これらの齟齬の原因について、報告する。

$$K_L (dT_L/dZ) + h \rho V = K_S (dT_S/dZ)$$

K_L, K_S : Thermal conductivity in Liquid, Solid、 h : 凝固潜熱、 ρ : 密度、 V : 凝固速度。

<実験方法> 0.1T の横磁場中で、 $\Phi 64\text{mm}$ の石英ルツボから $\Phi 31.5\text{mm}$ の CZ 単結晶を育成する 3D Global 計算機シミュレーションを行った。4水準の凝固速度 (0.3mm/min 、 0.7mm/min 、 1.1mm/min 、 1.5mm/min) での凝固界面の形状と凝固界面での温度勾配を求めた。

<結果> 凝固界面形状は、下図 Fig.4 (a) に示す様に、凝固速度の増加に伴い融液側に向かって凸度が緩やかになり、結晶中心部の温度勾配が急峻になって行くことが判る。凝固界面での温度勾配の半径方向での値を Fig.4 (b) に示す。結晶中心部は凝固速度が大きいほど温度勾配は大であるが、結晶周辺部では凝固速度が大きいほど小さく、温度勾配が緩やかになることが判る。

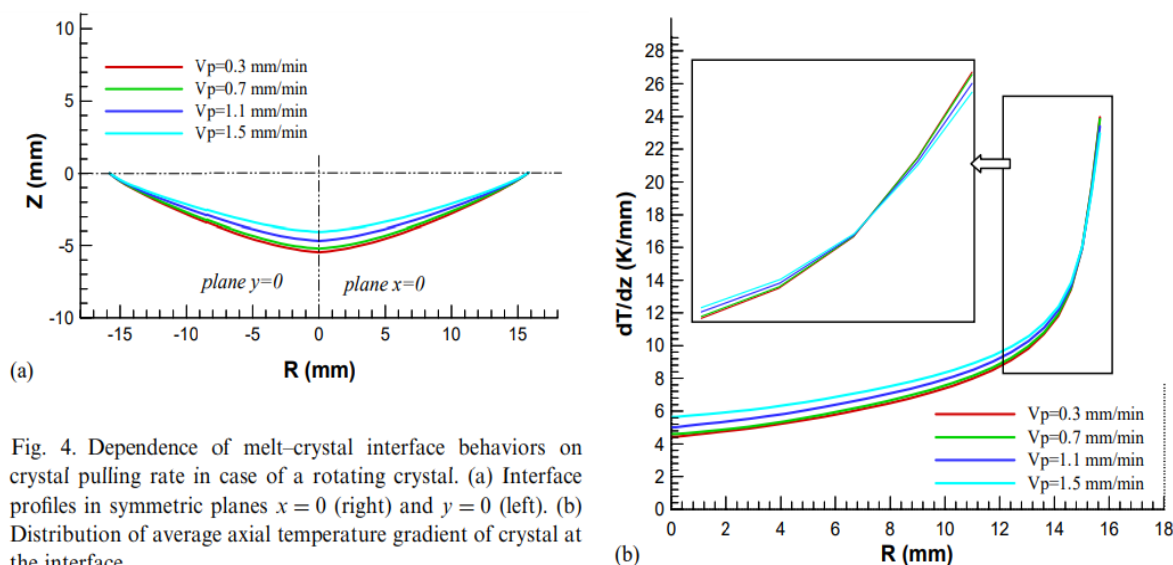


Fig. 4. Dependence of melt-crystal interface behaviors on crystal pulling rate in case of a rotating crystal. (a) Interface profiles in symmetric planes $x=0$ (right) and $y=0$ (left). (b) Distribution of average axial temperature gradient of crystal at the interface.

<謝辞> 本研究の一部は、経済産業省のもと NEDO から委託され実施したものであり、関係各位に深く感謝致します。

<参考文献>

[1] ICDS-12, Amsterdam 1982 : Physica 116B (1983) 139-147 : T. Abe, H. Harada, J. Chikawa

[2] Lijun Liu, Koichi Kakimoto, Journal of Crystal Growth 275 (2005) e1521–e1526