

# 強い界面電場下において成長する Cr:LiNbO<sub>3</sub> の Cr イオンの固液間分配

## Partitioning of Cr ion during growth of Cr:LiNbO<sub>3</sub> under a strong interface electric field

東北大金研<sup>1</sup> °宇田 聡<sup>1</sup>, (M2)佐藤慶弥<sup>1</sup>

IMR, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, °Satoshi Uda<sup>1</sup>, Keiya Sato<sup>1</sup>

E-mail: uda@imr.tohoku.ac.jp

金属、半導体、酸化物の単結晶の育成では不純物の含有量、結晶内分布を  $k_0$  をもとに設計することが重要である。近年 LHPG 法、 $\mu$ -PD 法、EFG 法などでファイバー状や板状など形状制御された単結晶を作製する機会が多くなっているが、固液界面近傍に 1000~10000 °C/cm 程度の大きな温度勾配が生じ、熱起電力起源 (Seebeck 効果) の界面電場が発生する。LiNbO<sub>3</sub> のような酸化物の成長では、その大きさは ~1.0 V/cm 程度であり融液中のイオン種に対して ~1mm/h 程度のドライブ速度,  $qE$  ( $q$  は不純物イオンの価数、拡散定数などからなる係数で  $E$  は電場強度) を与える。この時イオン種の実効速度は  $V_E = V - qE$ 、電場存在下の平衡分配係数は  $k_{E0} = k_0 V / V_E$  となる<sup>1,2</sup>。  $V$  は界面移動速度である。  $E$  が大きく  $V$  が小さいと  $V < qE$  ( $V_E < 0$ ) となり陽イオン種はバルク融液側に押しやられ界面には到達せず結晶には取り込まれないと予想される。本研究では  $\mu$ -PD 法で  $V < qE$  の条件下で Cr をドーピングした LiNbO<sub>3</sub> 結晶を成長させ、Cr が結晶に分配されるかどうか観察した。

$\mu$ -PD 法により界面移動速度,  $V = 0.2 \sim 5.0$  mm/h で定常状態で成長している Cr をドーピングした LiNbO<sub>3</sub> 結晶を急冷し、界面近傍の固相の Cr 濃度を測定した。原料融液の Cr 濃度は 0.4 wt% である。約 1000 °C/cm の固液界面近傍の温度勾配により 0.3 V/cm 程度の熱起電力起源の内部電場が発生し主要な界面電場となる。この時、速度は  $V^* = 0.9$  mm/h となる。  $V$  と結晶内 Cr 量の関係を図 1 に示す。予想に反し、臨界速度、  $V^*$  以下でも Cr は結晶中に存在する。また、  $V$  に対する Cr 分布の傾向は  $V^*$  の前後で異なる。つまり  $V^*$  以下での Cr の結晶の含有は  $k_{E0}$  による分配現象ではない。  $V_E < 0$  では界面電場により Cr イオンはバルク融液に移動し EPMA 測定の分解能では界面近傍に存在を認めないが、界面に数原子層のスケールで Cr イオンが吸着されており成長に伴い結晶へ取り込まれると考えられる。そのメカニズムとして界面における電束密度の保

存から界面電場による融液の電束密度に打ち勝つ大きな負の電束密度を与えるポテンシャルが界面融液に数原子層のオーダーで存在し (図 2)、これにより Cr イオンが吸着されたと考えられる。

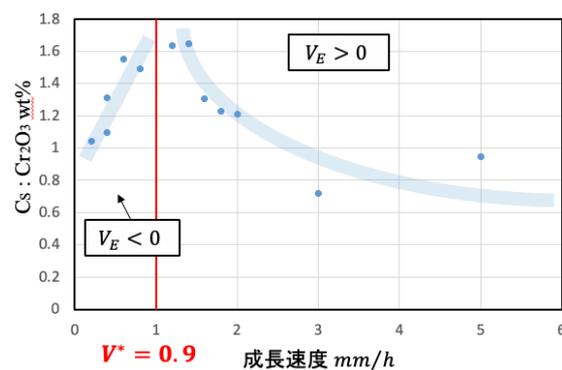


図 1 成長速度と結晶内 Cr 含有量の関係

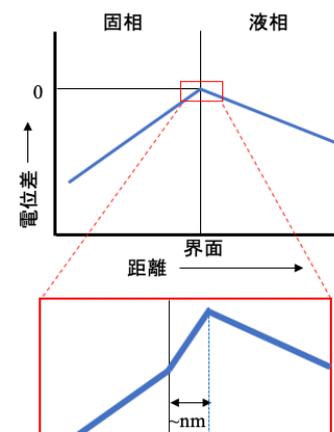


図 2 界面近傍の電位分布

1. W.G. Pfann and R.S. Wagner, *Trans. Metall. Soc. AIME*, **224** (1962) 1139.
2. S. Uda and W.A. Tiller, *J. Crystal Growth* **121** (1992) 93.