

27aA05

VGF 法による化合物半導体結晶成長時の融液内対流制御に関する数値解析
 Numerical study on the control of melt convection during crystal growth
 of the compound semiconductor by the VGF method

静大・工 近藤宏樹、酒井奨、岡野泰則

Department of Materials Science and Chemical Engineering, Shizuoka University
 Hiroki Kondo, Susumu Sakai, Yasunori Okano

Numerical simulation is conducted to study the control of convection in melt during the compound semiconductor crystal growth using the vertical gradient freeze (VGF) method. Numerical simulation showed that the crucible rotation was useful for the convection control.

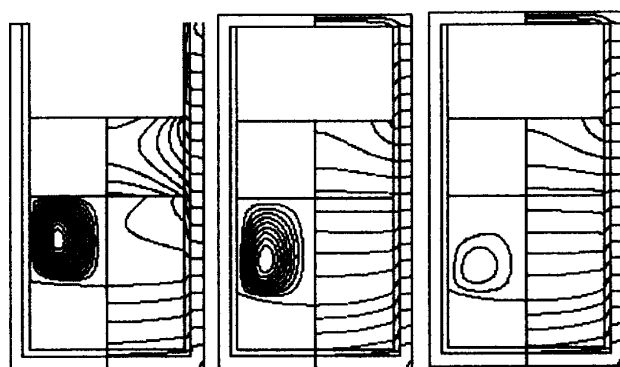
【はじめに】垂直温度勾配凝固(VGF)法を用いた化合物半導体結晶成長において、高品質な結晶を得るためには融液内の温度及び対流の制御が重要となる。本解析では蓋の有無による縦方向温度勾配の制御、並びにるつぼ回転による融液内対流及び固液界面形状の制御について検討した。

【数値解析】解析基礎式にはエネルギー方程式及び渦度・流関数表示の Navier-Stokes 式を用い、境界固定法による座標変換を施した。これらの式を有限差分法により離散化し、SOR 法を用いて解析を行った。解析には融液及び結晶部分には InP、封止剤には B_2O_3 、るつぼには PBN、るつぼホルダーにはカーボンの物性を用いた[1]。また、封止剤部分は完全透明体と考え、空間部分には Gebhart factor を用いて輻射熱の反射を考慮した。るつぼホルダー側面の縦方向温度勾配は $1.5K/mm$ とし、InP の融点を $1335K$ とした。

【結果】Fig.1 に蓋無し(a) (上部黒体: $1335K$)、蓋付き(b)、蓋付きでるつぼに $5rpm$ の定常回転を加えたとき(c)の解析結果を示す。まず、(a)と(b)を比較すると蓋を考慮したことにより、るつぼ内に熱がこもり融液内の温度が均一になるため、対流が弱くなることが分かる。また(b)と(c)を比較すると更に対流が弱まることが分かる。これは坩堝を回転させることにより、自然対流が抑制されたためと考えられる。また、この時の固液界面位置及び形状の変化を Fig.2 に示す。蓋を考慮することにより坩堝内部の温度が上昇し、固液界面位置が大きく下がっていることが分かる。形状は蓋無しの時(●)ほぼ平坦だったのに対し蓋を付けると(◆)下に凸な形状になることが示された。しかし、回転を加えることにより凸度が小さくなることが示された。また、Fig.3 に結晶成長速度に及ぼす蓋の影響を示した。蓋を考慮するとるつぼ内に熱がこもるため結晶の成長速度がかなり遅くなることを示された。

【引用文献】

[1] Y.Okano et al., Int. J. Numerical Methods for Heat & Fluid Flow, 8 (1998) 956-968.



(a) without cap (b) with cap (c) with cap
 0rpm 0rpm 5rpm
 $|\Psi_{MAX}|=0.1679$ $|\Psi_{MAX}|=0.055$ $|\Psi_{MAX}|=0.017$
 $Gr=10^6, Pr=0.0152$ $Ta=1886$
 $\Delta\theta=8K, \Delta\Psi=0.005$

Fig.1 Effects of carbon cap and crucible rotation on melt flow(left-half) and temperature field (right-half).

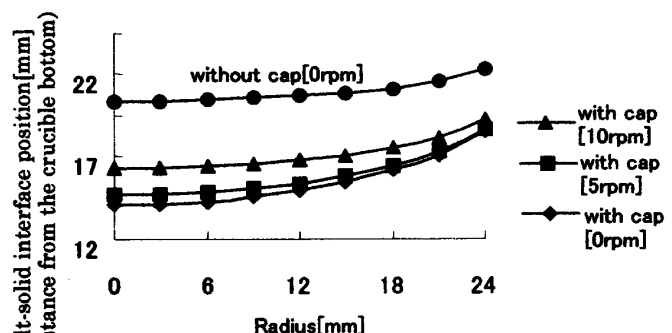


Fig.2 Effects of cap and crucible rotation on melt-solid interface.

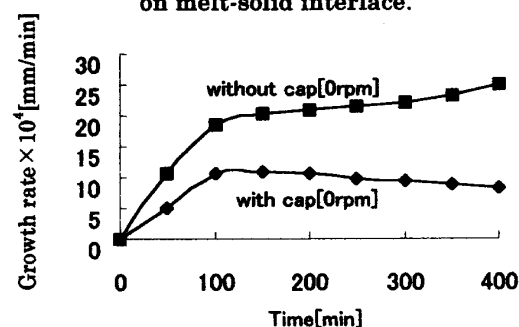


Fig.3 Effect of cap on growth rate along center axis.