

(211) 水モデルによる回転・熱流動現象の可視化

川崎製鉄 株式会社 技術研究所 新素材研究センタ ○渡辺敏夫・三宅 苞
LSI 研究センタ 金田 洋・西崎克己・拜田 治

1. はじめに

半導体用の単結晶引上げ工程において得られる結晶の品質を左右するのに、るつば内融液の流動性能が非常に大きな役割を果たしていることはよく知られている。実機において、高温で不透明な融液の内部流動状態を把握することは、現在のところ殆ど不可能であることから、計算機による解析シミュレーションが種々試みられている昨今である。一方、計算技術の進歩も非常に大きなものがあるが、やはり実験モデルで何とかシミュレートしたいという願望も捨て難い。本報は、そのための水モデル実験装置を開発したもので、その内容について報告する。これはSiを対象とした場合で説明するが、他の結晶体にも応用できることは言うまでもない。

2. 実機と水モデル実験の相似性について

融液は、非圧縮性粘性流体でナビエーストークスの方程式、エネルギー式、連続の式等で流動が律せられる。これらの式で相似性を保つには、レイノルズ数、グラスホフ数、プラントル数などを同一にしなければならないが、すべてを満足することは不可能である。しかし近似的な条件を作れば流動についてかなりの挙動傾向をシミュレートすることができる。

3. 水モデルシミュレーションシステムの構成

装置としては、るつばおよび結晶を模擬するアクリル製の水槽、温度条件として2重水槽による加熱、冷却、それに流動を見るための可視化法および3次元画像記録装置、さらに物質移動を計測するため電解液の濃度勾配を測定する装置で構成する。

Fig.1にその主要部を、Fig.2にその全景を示す。

4. マイクロカプセルを用いた可視化法

今回、模擬るつば内の流動状況を3次元的に追跡できるように蛍光顔料を含むゼラチン膜のマイクロカプセルを開発し、これに紫外線照明を当てることにより多色の粒子による流線を作った。

Fig.3.4にその一例を示す。

5. 水モデル実験と計算機シミュレーション

水モデルの状態をそっくり計算機により流動解析を行った。

Fig.5にその1例を示すが、3次元的に両者よく類似の流線を描いている。なお計算にはフェニックスプログラムを使った。

参考文献：巽，乱流；浅沼，流れの可視化ハンドブック。

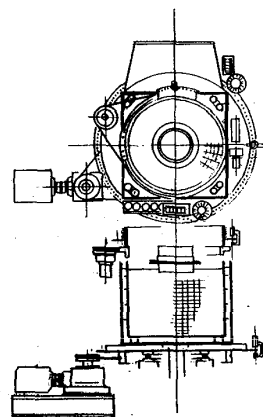


Fig.1 Arrangement of turn table with water baths

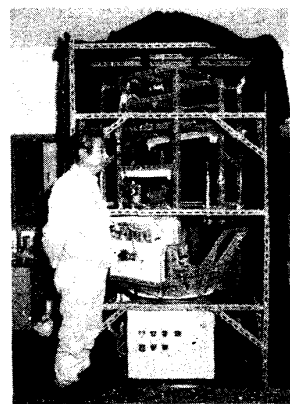


Fig.2 General view of water model apparatus

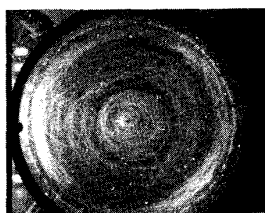


Fig.3 Particle streaks (top view)



Fig.4 Particle streaks (side view)

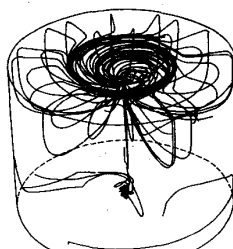


Fig.5 Flow pattern stream line (calculation)