

15aA4

シリコンドロップ内の熱・物質移動現象

Heat and Mass Transfer in Silicon Drop

静大工, 信大教* 酒井奨, 黄新明*, 岡野泰則, 干川圭吾*

Shizuoka Univ., Shinshu Univ.* S.Sakai, X.Huang*, Y.Okano and K.Hoshikawa*

In order to investigate heat and mass transfer in the silicon sessile drop, numerical simulation has been carried out. In this analysis, the effects of surrounding temperature profile, weight of silicon drop and dissolution profile at silica/melt interface on the convection, temperature profile and oxygen transportation in the drop were examined.

【緒言】 Cz-Si 単結晶育成において、石英るつばから混入する酸素は結晶の品質に大きな影響を及ぼすため、酸素濃度制御技術の確立が大きな課題となっている。そこで我々は Cz-Si 単結晶育成中の酸素移動プロセスの起源である石英からシリコン融液への酸素溶解プロセスに着目し、律速過程に近い条件の下で酸素溶解速度が測定できるドロップ法を提案した¹⁾。本研究では、さらにシリコンドロップ内で生じている各移動プロセス(熱・物質移動現象)の解明を目的とし、数値シミュレーションによる解析を行なった。

【解析方法】 Fig.1 に解析モデル図を示す。二次元軸対称、定常、非圧縮性流体および Boussinesq 近似の条件下、球座標系で表現された流関数・渦度表示の Navier-Stokes 式、エネルギー方程式および拡散方程式を無次元化し、これらの基礎式を有限差分法にて離散化を施し、陽解法にて解析を行なった。なおシリコンドロップの形状については、Laplace 方程式を用いて算出し、ほぼ球形であることを確認した。解析ではドロップ表面での輻射および雰囲気ガスによる熱損失、表面張力差によるマランゴニ効果および実験で得られた酸素蒸発速度を境界条件に導入した。解析では周囲の温度分布等をパラメータとして解析を行なった。

【結果および考察】 Fig.2 に 50mg のシリコンドロップサンプルを想定した解析結果の一例を、温度分布(左)および速度ベクトル図(右)として示す。ドロップ内の対流に注目すると、自然対流は半径方向の温度勾配により生じるため、中心軸に沿って下降し、表面に沿って上昇する流れ(反時計周り)となる。ドロップ表面に生じるマランゴニ対流は、表面に沿って上昇させる流れを促進させ、そのため最大速度が表面近傍に存在した。さらに実験で得られた石英とシリコン融液界面における酸素溶解速度やドロップ表面からの酸素蒸発速度を考慮に入れた解析について、また周囲に様々な温度分布を設定させ、実験結果と数値解析からドロップ内で生じる各移動現象の解明を試みた。

【引用文献】 1) X.Huang et al., J. Appl. Phys., Vol.37, pp.L193-195 (1998).

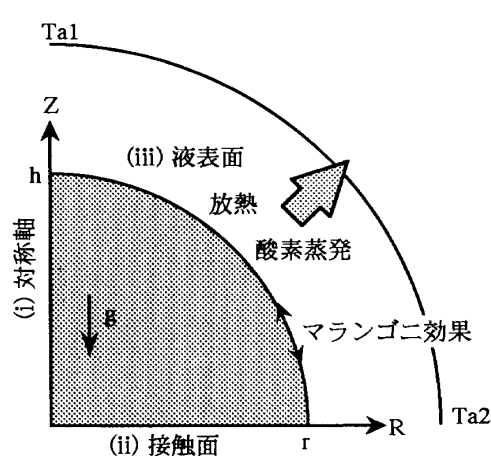


Fig.1 解析モデル図

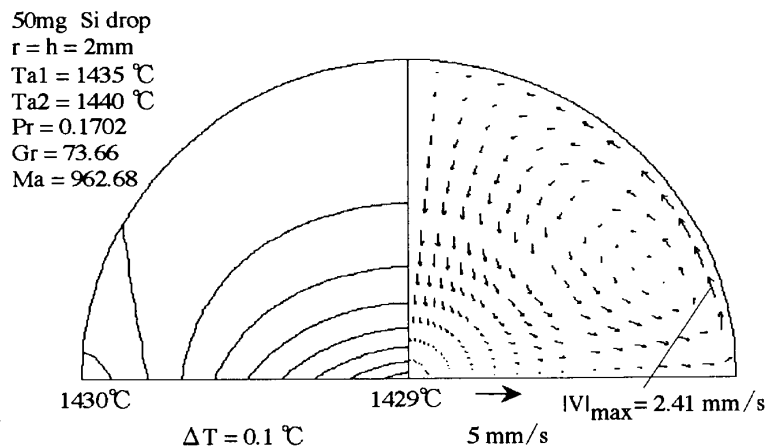


Fig.2 温度分布(左)および速度ベクトル図(右)