

Numerical study of thermal stress during different stages of silicon Czochralski crystal growth

A. Benmeddour and S. Meziani

Laboratory of Mechanics, Faculty of Engineering Sciences,
Mentouri University, Road of Ain-El-Bey, Constantine, Algeria

Abstract –

In this paper, the influence of various crystal heights to the crystal/melt interface shape and thermal stresses distribution in the large diameter (300 mm) of the silicon single crystal growth in a Czochralski process was studied numerically. A two dimensional fluid flow and heat transfer with solidification model was developed. The Navier-Stokes and energy equations in melt and the heat conduction equation in crystal are solved using the control volume-based finite difference method. The thermal elastic stress fields for different stages are calculated from the temperature field by adopting the plane strain model in an axi-symmetric geometry of a cylindrical crystal. It was found that the melt/crystal interface shape becomes more concave and the maximum value of thermal stress in the crystal reduces as the crystal grows. A good agreement between our numerical simulations and those found in the literature is obtained.

Résumé –

Dans cet article, l'effet de différentes longueurs du lingot de silicium sur la forme de l'interface solide / liquide et la répartition des contraintes thermiques dans des cristaux de silicium de large diamètre (300 mm) dans un système de croissance Czochralski a été étudiée numériquement. Un modèle bidimensionnel de l'écoulement du fluide et de transfert de chaleur avec solidification a été développé. Les équations de Navier-Stokes et d'énergie dans le liquide et l'équation de conduction de chaleur dans le cristal sont résolues par la méthode des volumes finis. La contrainte thermo élastique est calculée à partir du champ de température par l'adoption du modèle déformation plane dans une géométrie axisymétrique pour un cristal cylindrique. Les résultats obtenus montrent que la forme de l'interface solide / liquide devient très concave et la valeur maximum de la contrainte thermique dans le cristal diminue remarquablement pendant la croissance du lingot de silicium. Une bonne concordance entre nos résultats numériques et ceux trouvés dans la littérature est obtenue.

Keywords:

Czochralski - Silicon - Solidification - Crystal/melt interface shape - Crystal height - Thermal stress.