

МОДЕЛЬ СКЛАДНОГО ТЕПЛООБМІНУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЛУЖНО-ГАЛОЇДНИХ КРИСТАЛІВ З РОЗПЛАВУ

Ю.В.Лохманець, А.О.Гуленко

НТУУ «КПІ», ІЕЕ

Сучасна промисловість електронних, оптичних та акустичних пристроїв потребує високоякісних оптичних монокристалів, процес вирощування яких є дорогим та енергоємним. Математичне і чисельне моделювання складних процесів теплообміну при кристалізації з розплаву дозволяє удосконалювати і впроваджувати нові технології виробництва лужно-галоїдних монокристалів шляхом моделювання теплових умов в високотемпературних кристалізаційних установках. Це дає змогу отримати характеристики процесу, які недоступні для інших методів досліджень, доповнити експериментальні дані, проаналізувати вплив окремих факторів на перебіг процесу. В результаті стає можливою оптимізація процесу для підвищення якості продукції та зниження її собівартості.

Метою даної роботи є дослідження динаміки процесу вирощування лужно-галоїдних кристалів за методами Чохральського та Кіропулоса, зокрема, впливу швидкості кристалізації та властивостей матеріалів на теплові умови і динаміку зміни температури керуючого донного нагрівача. Потужність донного нагрівача регулюється для забезпечення незмінного положення фронту кристалізації в ході процесу росту.

Для проведення дослідження розроблено одновимірну нестационарну модель радіаційно-кондуктивного теплообміну в системі, що включає напівпрозорі кристал і розплав та прозору газову порожнину, що відділяє їх від донного нагрівача (рис. 1). Математична модель процесу включає рівняння кондуктивного теплообміну та радіаційного переносу в поглинаючому і випромінюючому середовищі з відповідними початковими та граничними умовами. Методика чисельного розв'язку задачі передбачає використання методу скінчених різниць для отримання дискретного аналога рівняння теплопровідності. Для визначення нелінійного члену цього рівняння, пов'язаного з радіаційним теплообміном, використовується метод дискретного об'єма. Для реалізації чисельної моделі розроблено програмне забезпечення на мові Fortran.

За допомогою розробленої чисельної моделі проведено порівняльний аналіз впливу теплофізичних властивостей матеріалів та швидкості витягування кристалу на динаміку температури управляючого нагрівача. Встановлено лінійність законів зміни температури нагрівача. Швидкість її зниження практично не залежить від швидкості витягування, однак абсолютне її значення знижується при збільшенні швидкості витягування (рис.2). Виділено три чинники, які обумовлюють цей вплив швидкості витягування.

На основі проведених досліджень розраховано функції зміни температури нагрівача, які надалі можуть використовуватись для його автоматичного регулювання в процесі росту. Отримані результати також використовуються при розробці методики визначення переохолодження та швидкості кристалізації за відомою динамікою температури нагрівача.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЕКОБЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ

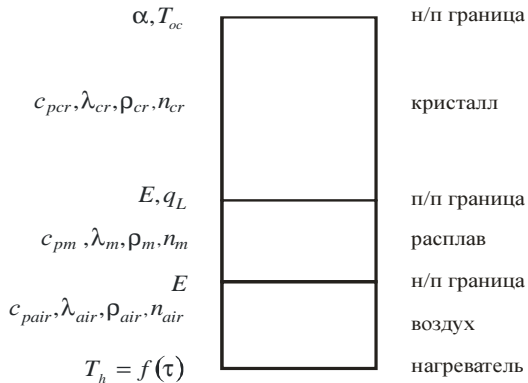


Рис. 1 – Схема чисельної моделі

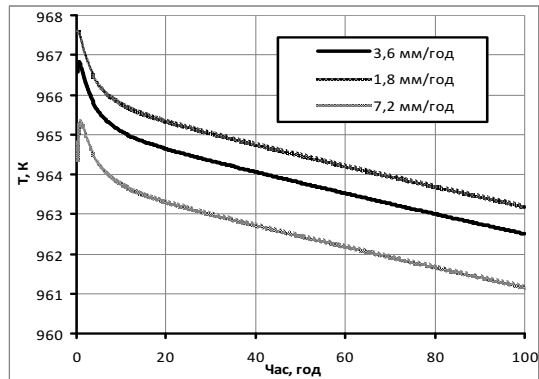


Рис. 2 – Вплив швидкості кристалізації