

УДК 621.3.078

Кондратюк А.В.¹, Сніжної Г.В.²

¹студ. гр. РТ-418 НУ «Запорізька політехніка»

²д-р техн. наук, зав. каф. МІНЕ НУ «Запорізька політехніка»

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ВИРОЩУВАННЯ МОНОКРИСТАЛІВ МЕТОДОМ ЧОХРАЛЬСЬКОГО

Монокристали, які вирощуються методом Чохральського, є базовим матеріалом для мікроелектроніки. Якість монокристалів в значній мірі визначається дотриманням заданих параметрів технологічного процесу.

Методу Чохральського показаний на рис. 1. Під час росту радіус (діаметр) кристала зазвичай вимірюється ПЗС-камерою, спрямованою на меніск (з'єднує кристал з розплавом), який можна ідентифікувати, як «кільце що світиться» через відображення від сяючого гарячого середовища.

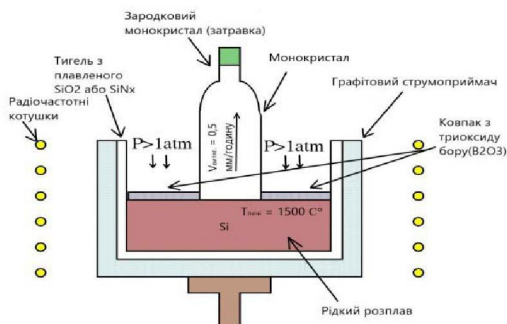


Рисунок 1 – Процес кристалізації методом Чохральського

Оскільки ПЗС-камера відкалібрована так, щоб вона була спрямована на меніск, рівень розплаву завжди повинен бути однаковим. Інші вимірювання, необхідні для цього моделювання, – це дві температури гарячої зони печі Чохральського.

Швидкість витягування та потужність нагрівача є двома основними входами приводу для процесу росту кристалів Чохральського, але вони по-різному впливають на процес затвердіння матеріалу на межі розділу. Потужність нагрівача впливає на енергетичний баланс в області розділу, в той час як швидкість витягування впливає на радіус кристала через маніпуляції з формою меніска та кутом росту.

Щоб процес росту працював рівномірно з точки зору постійного радіусу кристала та швидкості росту, швидкість витягування повинна відповідати швидкості росту для застосовуваної потужності нагрівача [1].

Процес вирощування пропонується контролювати за допомогою PID-контролерів із вкладеним циклом, як показано на рис. 2.

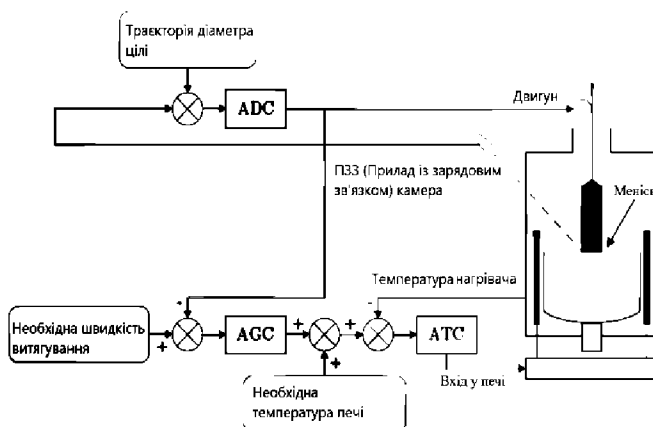


Рисунок 2 – Процес, який контролюється за допомогою одноконтурних PID-контролерів

Автоматичний регулятор діаметра (ADC) впливає на радіус кристала, маніпулюючи швидкістю витягування, і використовує зворотний зв'язок з вимірювання діаметра, щоб слідувати бажаній траєкторії діаметра цїлі. Метою автоматичного терморегулятора (ATC) є забезпечення задовільних температурних умов в розплаві. Як було описано раніше, зі зниженням рівня розплаву від нагрівача до розплаву передається менше тепла під час зростання, а терморегулятор слідує емпірично визначеній траєкторії заданого значення, щоб компенсувати цю динаміку партії. Автоматичний регулятор швидкості росту (AGC) розміщується в каскадному з'єднанні з регулятором температури і додає зміщення до заданої температури, коли вихід (швидкість витягування) від регулятора діаметра відрізняється від попередньо розрахованої швидкості витягування. Генератор траєкторії повинен враховувати фізичні властивості системи, таким чином уникаючи планування недосяжних або нефізичних опорних значень. Він повинен враховувати як допустимі значення для контрольованих змінних, так і фізично досяжні швидкості зміни змінних або станів, якими маніпулюють.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Basu, B. Three-dimensional simulation of flow and thermal field in a Czochralski melt using a block-structured finite volume method / B. Basu, S. Enger, M. Breuer, F. Durst // Journal of Crystal Growth. – 2000. – V. 219. – P. 123–143.