

АВТОМАТИЗАЦИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЛОИСТЫХ МОНОКРИСТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ

Шут В.Н.¹, Мозжаров С.Е.¹, Кашевич И.Ф.²

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск, Беларусь,

²ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Беларусь

lkm_ita@vitebsk.by

Перспективным направлением развития современной физики монокристаллических материалов является разработка методов для получения кристаллов с послойно-периодической примесной структурой и изучение эффектов взаимодействия в них с внешними электромагнитными и акустическими полями. Имеется ряд практических приложений для таких материалов, а также изучаются потенциальные возможности создания новых устройств на их основе, обладающих уникальными характеристиками. Большинство работ, раскрывающих методы получения и потенциальные возможности кристаллов с послойно-периодической структурой, относятся к исследованию высокотемпературных кристаллов, выращиваемых из расплавов. [1,2]. Специфика выращивания кристаллов из растворов с примесями такова, что управляемое введение примеси из раствора реализуется в данном случае более сложно из-за ряда особенностей роста кристаллов из растворов, содержащих примесь. В то же время, достаточно широкое применение находят кристаллы, выращиваемые из растворов. Например, монокристаллы триглицинсульфата, которые, благодаря своим уникальным свойствам, в частности, пьезоэлектрическим, могут конкурировать с монокристаллами, выращенными из расплавов.

Целью данной работы явилось разработка методики и создание устройства для выращивания из растворов монокристаллов, имеющих слоистую периодическую примесную структуру.

Формирование послойно-периодической структуры можно осуществить: периодическим изменением условий кристаллизации, влияющих на захват примеси из раствора растущим кристаллом или последовательным наращиванием слоев измененного состава путем поочередного погружения кристалла в жидкие среды с различной концентрацией примеси в растворе. Отличительным достоинством последнего способа является возможность получения периодических структур с достаточно резкими различиями состава в соседних слоях и возможность получения слоев, толщина которых может варьироваться в широких пределах, т.к. она определяется исключительно временем наращивания (при заданной скорости роста) [3,4]. Одним из недостатков такого устройства является невозможность выращивания одновременно нескольких кристаллов. Поэтому создание кристаллизационного оборудования с целью выращивания одновременно нескольких слоистых кристаллов при идентичности ростовых режимов позволит обеспечить высокую достоверность полученных результатов и повысить производительность экспериментальных работ.

Разработанное устройство, представляет собой кристаллизационный сосуд (рисунок 1), состоящий из четырех ростовых камер, идентичных друг другу. При работе сосуд закрывается крышкой с лопастными мешалками и помещается в термостат.

В качестве емкости термостата использовался стеклянный сосуд в форме параллелепипеда размером 200х200х400. Емкость закрывается крышкой с технологическими отверстиями. На крышке закрепляется кристаллизационная емкость и система термостатирования – включающая в себя систему нагревательных элементов и систему перемешивания рабочей жидкости термостата.

Четыре ростовые камеры позволяют одновременно выращивать два кристалла с послойно-периодическим распределением примеси.



Рисунок 1 – Четырехсекционный кристаллизатор

В разработанном кристаллизационном устройстве используется два устройства для перемещения кристаллов между камерами с раствором и два устройства для привода мешалок во вращения. Они сделаны съемными, для удобства при мойке кристаллизатора.

Система для перемещения кристаллов (рисунок 2) перемещает кристалл по двум координатам.

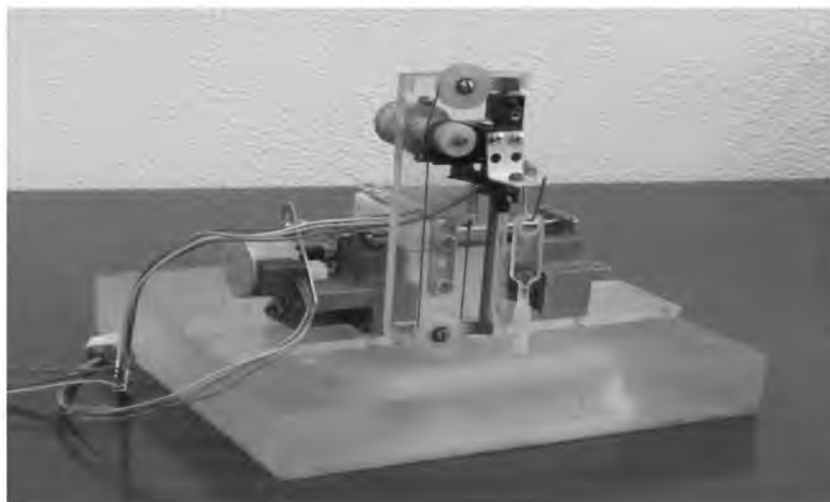


Рисунок 2 – Система для перемещения кристалла

Привод осуществляется шаговыми двигателями 28BYJ-48 программно управляемыми микроконтроллером семейства AVR — ATmega2560, расположенным на плате ARDUINO MEGA 2560 R3. Плата имеет 54 цифровых входа/выхода (14 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 16 аналоговых входов, 4 последовательных порта UART, кварцевый генератор 16 МГц, USB коннектор, разъем питания, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Микроконтроллер, установленный на Arduino, не может непосредственно управлять большой нагрузкой на своих цифровых выходах. Максимально возможный выходной ток с ножки микроконтроллера — 40 мА, поэтому двигатели подключены к плате через драйвера на микросхеме ULN2003.

Мешалки приводятся во вращение микродвигателями постоянного тока NDC130FC-10395ZA-38A, также управляемыми Arduino. Подключение к плате через плату расширения Motor Shield.

Управление термостатом также обеспечивает ARDUINO MEGA. Логика работы термостата следующая - задаем некое значение температуры, которое хотим поддерживать, регулярно измеряем температуру в рабочей ванне, сравниваем значение с заданным – если текущая температура ниже заданной включаем реле (и через него нагреватель), если выше – выключаем. Для того, чтобы при отключении питания заданное значение не потерялось оно хранится в EEPROM микроконтроллера. Задание температуры производится программно.

Для программирования работы системы используется программа Arduino IDE установленная на компьютере. Она же используется и для «заливки» программы на микроконтроллер через USB порт компьютера.

Таким образом разработана и изготовлена автоматизированная система для выращивания из раствора слоистых монокристаллов, позволяющая получать одновременно два кристалла, что обеспечивает высокую достоверность полученных результатов и повышает производительность экспериментальных работ. Микропроцессорная система управления разработанной системы позволяет автоматически изменять и поддерживать временные, термодинамические и гидродинамические параметры во время выращивания кристаллов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prashant R. Potnis, Nien-Ti Tsou and John E. Huber A. Review of Domain Modelling and Domain Imaging Techniques in Ferroelectric Crystals // *Materials* 2011, V. 4, pp. 417-447.
2. Aleksandrovski A. L. Periodic Ferroelectric Domain Structures for Nonlinear Optics // *Laser Physics*, 1996, V. 6, pp. 1003-1012.
3. Шут В.Н.; Мозжаров С.Е.; Кашевич И.Ф. Устройство для выращивания кристаллов // Патент РБ № 6573, 2010 г.
4. Шут В.Н.; Мозжаров С.Е.; Кашевич И.Ф. Устройство для выращивания кристаллов // Патент РБ № 9126 , опубликован 2013.04.30