

Управление процессом выращивания кристаллов методом низкого уровня расплава

А. А. Русанов¹, П. В. Смирнов²

ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия

¹эл. почта: artem.rusanov@gmail.com

²эл. почта: pvlsmir@mail.ru

Метод низкого уровня расплава (НУР) [1] является модификацией метода Чохральского, впервые описан в [2], имеет перспективы для выращивания крупногабаритных кристаллов ниобата лития и других материалов из расплава, в том числе полупроводников.

Особенностями нашей реализации метода НУР по отношению к методу Чохральского является наличие нескольких независимых нагревателей, датчика уровня расплава и подпитки уровня расплава.

Использование датчика уровня в методе НУР, необходимо, для стабилизации уровня расплава и защиты установки от опустошения или переполнения тигля. Датчик уровня так же может быть использован для получения информации о весе кристалла (с помощью закона сохранения массы), в классическом методе Чохральского для этой цели, как правило, используется датчик веса кристалла. В случае, если точность определения веса кристалла с помощью датчика уровня расплава окажется сопоставима с точностью определения с помощью датчика веса, датчик уровня может быть использован для управления процессом роста кристаллов, а датчик веса может быть исключён из установки, что существенно упростит её конструкцию.

Разработанный нами датчик уровня, представляет собой подвижный контакт, приводимый в движение актуатором. Момент касания контактом расплава определяется по падению электрического сопротивления между контактом и расплавом. Механические характеристики датчика позволяют определять уровень с точностью 5-10 микрометров.

Эксперимент показал, что сигнал датчика уровня содержит четыре компоненты [3]: компоненту, связанную с уровнем расплава, шум на уровне 5-10 микрометров; компоненту, связанную с тепловым расширением деталей ростового узла и расплава; компоненту, связанную с растворением контакта датчика, что выглядит как падение уровня расплава с постоянной скоростью. Для увеличения точности определения веса кристалла предложено провести математическую обработку показаний датчика уровня, состоящую из нескольких этапов.

- Компенсация компоненты, связанной с растворением контакта датчика, путём периодического добавления к показаниям датчика уровня заранее заданной постоянной величины.

- Учёт теплового расширения расплава и деталей ростового узла при определении изменения массы расплава в тигле, что можно сделать, поскольку график изменения температуры на нагревателях и дне тигля известен. Разработана программа, позволяющая определить уровень расплава в тигле по известным показаниям контрольных термопар.
- Цифровая фильтрация показаний датчика уровня для выделения низкочастотной компоненты сигнала, связанной с уровнем расплава в тигле.
- Аппроксимация полученных данных прямой или кривой второго порядка (метод наименьших квадратов).

Литература

1. Смирнов П. В. Заявка на патент «Способ выращивания кристаллов и устройство для его осуществления» РФ № 2006121411, решение о выдаче патента на изобретение от 11.09.2007.
2. Смирнов П. В. «Отсутствие свободной конвекции расплава в методе Чохральского в земных условиях». Тезисы докладов на XII национальной конференции по росту кристаллов, Москва 23-27 октября 2006, с. 482
3. Русанов А. А. «Структура сигнала от датчика уровня расплава (СДУР) для выращивания кристаллов методом низкого уровня расплава (НУР)». Тезисы докладов на девятой всероссийской молодёжной конференции по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и наноэлектронике, Санкт-Петербург 3-7 декабря 2007, с. 18