

Величина погрешности обработки по предлагаемому алгоритму на основе НП соответствует уровню погрешности восстановления сигнала кубическим сплайном. Снижение её величины вдвое возможно при применении комбинированного способа восстановления, когда линейные участки восстанавливаются линейной интерполяцией, а нелинейные – кубическим сплайном. Ступенчатый принцип работы апертурного алгоритма [2] дает информацию о распределении по времени таких участков сигнала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бронников А.В., Воскобойников Ю.Е. Комбинированные алгоритмы нелинейной фильтрации зашумленных сигналов и изображений // Автометрия. – 1990. – №1.
2. Сарычев В.В. Апертурный алгоритм подавления шума в первичном сигнале // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 6. URL: www.science-education.ru/number_2007_06.html.

Сарычев Виктор Владимирович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: cit@pbox.ttn.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 8(8-8634)371-638.

Кафедра автоматизированных систем научных исследований и экспериментов.

Доцент.

Sarychev Victor Vladimiroich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: cit@pbox.ttn.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 8(8-8634)371-638.

Department of Automated Research Systems

Associate professor.

УДК 681.324

М.Д. Скубилин

УСТАНОВКА УПОРЯДОЧЕННОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ РАСПЛАВА БИНАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Описывается установка для упорядоченной кристаллизации бинарных соединений.

Вакуумная камера; вакуумный насос; вакуумметр; пирометр; источники энергии; лодочка с шихтой; блок управления; электромеханический привод лодочки; аналого-цифровой преобразователь.

M.D. Skubilin

**PLANT FOR REGULATE CRISTALIZATION OF MELT
BICOMBINATIONS**

Describe plant for regulate cristalization of melt bicombinations.

Vacuum chamber; vacuum pump; vacuum meter; pyrometer; sources of energy; boat with charge; pulley of remote control; electric drive of boat; transformer analogy-figure.

Кристаллизация расплава бинарных соединений, к которым относится и лейкосапфир, равномерно по всему объему, ведет к произвольной ориентации его доменов, что снижает плотность и спайность доменов последнего, а следовательно и его диэлектрическую проницаемость и твердость [1]. Неупорядоченная кристаллизация лейкосапфира, наряду с примесями, существенно влияет на его диэлектрические и оптические свойства [2].

Современная микро- и наноэлектроника предъявляют повышенные требования к свойствам лейкосапфира. К ним, в первую очередь, относятся такие характеристики как диэлектрическая проницаемость, тугоплавкость и др. [3].

Традиционные методы кристаллизации расплава лейкосапфира, в силу выше оговоренного, нуждаются в совершенствовании, в частности в обеспечении направленной кристаллизации и автоматизации технологического процесса с целью обеспечения заданных свойств лейкосапфира для нужд электронной техники.

Известные установки обладают ограниченными точностью и достоверность результатов контроля технологических параметров, вакуума и температуры, что обусловлено погрешностями вакуумметра и пирометра, из-за изменений во времени пропускной способности, прозрачности, канала оптической связи, визуальным отсчетом результатов контроля технологических параметров человеком-оператором и их сравнением с заданными значениями технологических параметров, и повышенными временными и энергетическими затратами, что обусловлено ручным, человеком-оператором, управлением источником тепловой энергии и электромеханическим приводом лодочки.

Для технологических нужд микро- и наноэлектронной аппаратуры разработан установка направленной кристаллизации расплава бинарных соединений (лейкосапфира), функциональная схема которой представлена на рис.1. Установка содержит вакуумную камеру 1, теплоизолированную камеру 2, вакуумный насос 3, соединенный патрубком 4 с вакуумной камерой 1, вакуумметр 5, источник 6 тепловой энергии, лодочку 7 с шихтой 8 и/или заправкой 9 лейкосапфира, блок 10 электрического питания, блок 11 управления, канал 12 оптической связи, проходящий через стенки теплоизолированной камеры 2 и вакуумной камеры 1 на её внешнюю поверхность и ориентированный максимумом диаграммы направленности на содержимое лодочки 7, электронный пирометр 13 [4-11], датчик 14 температуры содержимого лодочки 7, первый элемент 15 сравнения, генератор 16 тактовых импульсов, распределитель 17 импульсов, электромеханический привод 18 лодочки 7, аналого-цифровой преобразователь 19, датчик 20 глубины вакуума в вакуумной камере 1, второй элемент 21 сравнения и элемент 22 ИЛИ, причем вакуумметр 5 – инверсно-магнитронный, пирометр

13 – электронный радиационный многоканальный, а электромеханический привод 18 выполнен на шаговом двигателе [12-14].

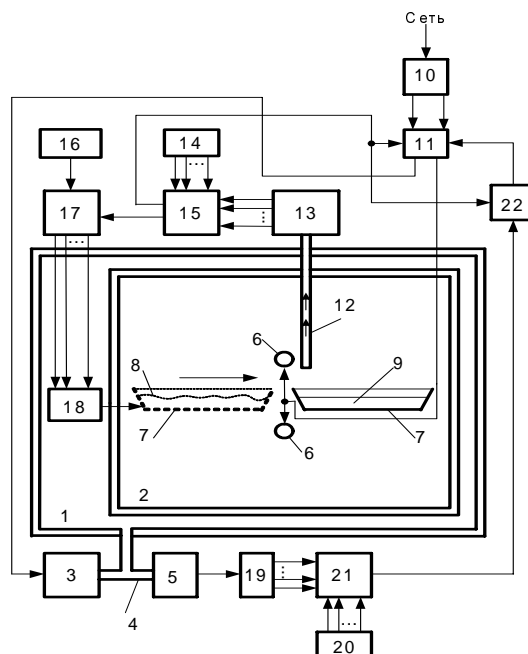


Рис. 1. Установка упорядоченной кристаллизации расплава бинарных соединений

Установка направленной кристаллизации расплава бинарных соединений (лейкосапфира) работает следующим образом. Задатчиками 20 и 14 устанавливаются заданные значения глубины вакуума $N_{20} \equiv P_3$ в камере 1 и температуры $N_{14} \equiv T_3$ содержимого лодочки 7, соответственно (здесь знак \equiv - знак пропорциональности). Шихта 8 лейкосапфира загружается в лодочку 7, а лодочка 7 размещается в исходной позиции в теплоизолированной камере 2. После закрытия шлюзов теплоизолированной 2 и вакуумной 1 камер, запуск установки деблокируется. Содержимое выходов задатчиков 14 $N_{14} \equiv T_3$ и 20 $N_{20} \equiv P_3$ сравнивается с содержимым выходов пирометра 13 $N_{13} \equiv T(t)$ и аналого-цифрового преобразователя 19 $N_{19} \equiv P(t)$, соответственно. При условии $N_{19} < N_{20}$, по сигналу запуска, на силовой вход вакуумного насоса 3, через блок 11 управления, с соответствующего его выхода поступает питание. Вакуумный насос 3 понижает давление в вакуумной камере 1. Давление в вакуумной камере 1 контролируется постоянно, в масштабе реального времени, вакуумметром 5, который способен оценивать давление $P(t)$ на интервале до 10^{-14} мм рт. ст. Аналоговое значение глубины вакуума $P(t)$ в камере 1 преобразуется аналого-цифровым преобразователем 19 в его цифровое значение $N_{19} \equiv P(t)$. Элемент 21 сравнения на своём выходе генерирует высокий потенциал при $P(t) \leq P_3$, т. е. при $N_{19} \leq N_{20}$, и низкий потенциал при $P > P_3$, т. е. при $N_{19} > N_{20}$, что обеспечивает работу насоса до выполнения условия $P(t) = P_3$ и исключает его работу при $P(t) \leq P_3$. Пирометром 13 непрерывно измеряется температура $T(t)$ содержимого лодочки 7. Пирометр 13 обеспечивает измерение температуры

содержимого лодочки 7 по $T(t)=q|(I_{\lambda_1 T(t)}-I_{\lambda_2 T(t)})/(\lambda_1-\lambda_2)|$, до $T=10^{15}$ °С с точностью не ниже ± 20 °С, где: q – коэффициент пропорциональности, λ_1 и λ_2 – длина волны излучений регистрируемых пирометром 13, а $I_{\lambda_1 T(t)}$ и $I_{\lambda_2 T(t)}$ – интенсивности излучений на длинах волн λ_1 и λ_2 соответственно при произвольной температуре $T(t)$ излучающей поверхности. Инерционность пирометра 13 не превышает 0,001 сек. Содержимое выходов пирометра 13 $N_{13} \equiv T_3$ и задатчика 14 $N_{14} \equiv T(t)$ непрерывно сравнивается элементом 15 сравнения. При $N_{13} < N_{14}$ (при $T(t) < T_3$), но при $N_{19} \leq N_{20}$ (при $P(t) \leq P_3$), на выходе элемента 22 ИЛИ устанавливается высокий потенциал, а блок 11 управления, по своему второму выходу, соединяет соответствующий выход блока 10 питания с источником 6 тепловой энергии, содержимое лодочки нагревается, его температура $T(t)$ повышается. По достижении равенства $N_{13} = N_{14}$ ($T(t) = T_3$), на втором выходе элемента 15 сравнения устанавливается высокий потенциал, по переднему фронту которого срабатывает распределитель 17 импульсов и привод 18 лодочки 7. Приводом 18, пошагово с частотой f_{16} , определяемой генератором 16, лодочка 7 перемещается до момента наступления неравенства $N_{13} < N_{14}$ ($T(t) < T_3$), а по достижении равенства $N_{13} = N_{14}$ ($T(t) = T_3$) привод 18 вновь перемещает лодочку. И так до достижения лодочкой точки её финиша, после чего вакуумный насос 4, источник 6 тепловой энергии и привод 18 лодочки 7, через распределитель 17, элемент 22 ИЛИ и блок 11 управления, соответственно, обесточиваются, а кристалл лейкосапфира 8, после остывания, может быть извлечен из установки.

Экспериментально получены следующие сравнительные результаты свойств лейкосапфира: спонтанной кристаллизации – $N=8,96$ и $\varepsilon=5,87$ (в произвольном направлении); направленной кристаллизации – $N=9,23$ и $\varepsilon=5,63$ (в поперечном) и – $N=9,23$ и $\varepsilon=5$ (в продольном направлении); другие свойства лейкосапфира не исследовались.

Т.о., установка направленной кристаллизации расплава бинарных соединений (лейкосапфира) обеспечивает расширение диапазонов технологических параметров, температуры и глубины вакуума, процесса, точности поддержания технологического процесса выращивания кристаллов лейкосапфира при однородности и улучшении их свойств, а также минимизацию временных и энергетических затрат на технологический процесс.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балицкая В.С., Лисицына Е.Е.* Синтетические аналоги и имитации природных драгоценных камней. – М.: Недра, 1981. – 174 с.
2. *Корнилов Н.И., Солодова Ю.П.* Ювелирные камни. – М.: Недра, 1987. – 282 с.
3. *Козлов Ю.Ф., Зотов В.В.* Структуры кремния на сапфире: технология, свойства, методы контроля, применение. – М.: МИЭТ, 2004. – 140 с.
4. Патент 2270984 (RU). Пирометр. // *Письменов А.В., Поляков В.В., Скубилин М.Д.* Оpubл. в Б.И. – 2006. – № 6.
5. Патент 2225600 (RU). Пирометр. // *Скубилин М.Д., Письменов А.В.* Оpubл. в Б.И. – 2004. – № 7.
6. Патент 650 (KG). Пирометр. // *Скубилин М.Д., Варзарёв Ю.А., Чередищенко Д.И.* Оpubл. в Б.И. – 2004. – № 3.
7. Патент 8403 (UA). Пирометр. // *Скубілін М.Д., Письменов А.В., Поляков В.В.* Оpubл. в Б.И. – 2005. – № 8.
8. Patent 20060021 (AZ). Pirometr. *Скубилин М.Д., Skubilin M.D., Kasimov F.C., Varzarev Y.N.*, Оpubл. в 2006.

9. Патент 9672 (BY). Пирометр. *Скубилин М.Д., Письменов А.В., Бублей С.Е.* Оpubл. в 2007.
10. Патент 18654 (KZ). Пирометр. *Скубилин М.Д., Письменов А.В.* Оpubл. в Б.И. – 2007. – № 7.
11. Патент 03285 (UZ). Пирометр. *Скубилин М.Д., Письменов А.В., Поляков В.В.* Оpubл. в Б.И. – 2007. – № 2.
12. Патент 2331722 (RU). Установка направленной кристаллизации расплава. // *Скубилин М.Д.* Оpubл. в Б.И. – 2008. – № 23.
13. Патент 2341593 (RU). Установка кристаллизации расплава лейкосапфира. // *Скубилин М.Д., Письменов А.В.* Оpubл. в Б.И. – 2008. – № 35.
14. Патент 427 (KZ). Установка кристаллизации расплава лейкосапфира. // *Лебедев А.С., Малюков С.П., Скубилин М.Д., Чердниченко Д.И.* Оpubл. в Б.И. – 2009. – № 4.

Скубилин Михаил Демьянович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: scubilin@hotmail.ru.

347902, г. Таганрог, 10 пер., д. 114.

Тел.: 8(86-34)371-689.

Кафедра систем автоматического управления.

Доцент.

Skubilin Michail Demijanovitch

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: scubilin@hotmail.ru.

10, street, h. 114, Taganrog, 51347902, Russia.

Phone: 8(86-34)371-689.

Department of Automatic Control Systems.

Associate professor.

УДК 621.315.592

С.П. Малюков, В.И. Зайцев, С.Н. Нелина

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕМПЕРАТУРЫ В МОНОКРИСТАЛЛАХ ЛЕЙКОСАПФИРА ПРИ
ВЫРАЩИВАНИИ МЕТОДОМ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОЙ
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

Структурное совершенство монокристаллов, выращиваемых искусственным путем, зависит от условий выращивания, создаваемых в кристаллизационной камере. С целью получения информации о тепловых условиях выращивания монокристаллов лейкосапфира было проведено детальное исследование температурного поля в камере и в системе расплав – кристалл лейкосапфира.

Температурное поле; рост; расплав; монокристалл; сапфир.