

ПРОЕКТ ПО ТЕМЕ:

**«РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ
ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ МОНОКРИСТАЛЛОВ САПФИРА»**

Исполнитель: Клуникова Ю.В. – ассистент кафедры Конструирования электронных средств Технологического Института Южного Федерального Университета в г.Таганроге

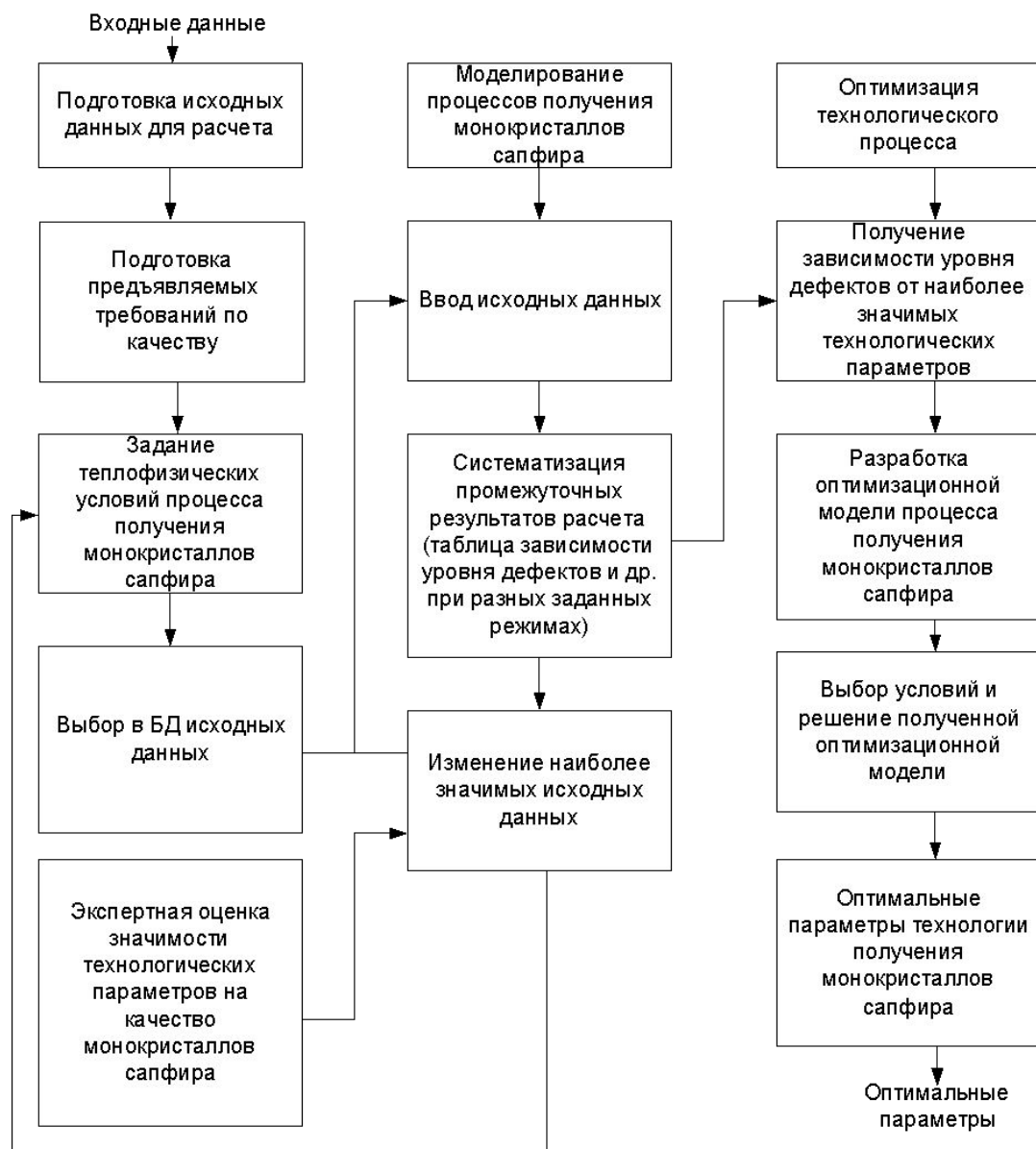
Научный руководитель: Малюков С.П. – д.т.н., профессор, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой Конструирования электронных средств Технологического Института Южного Федерального Университета в г. Таганроге

Таганрог-2012

Обобщенная структура управления технологическим процессом получения монокристаллов сапфира

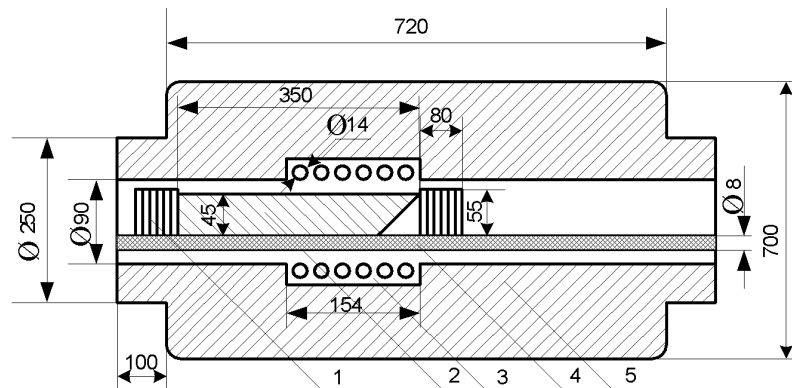


Алгоритм проектирования математического и информационного обеспечения получения монокристаллов сапфира

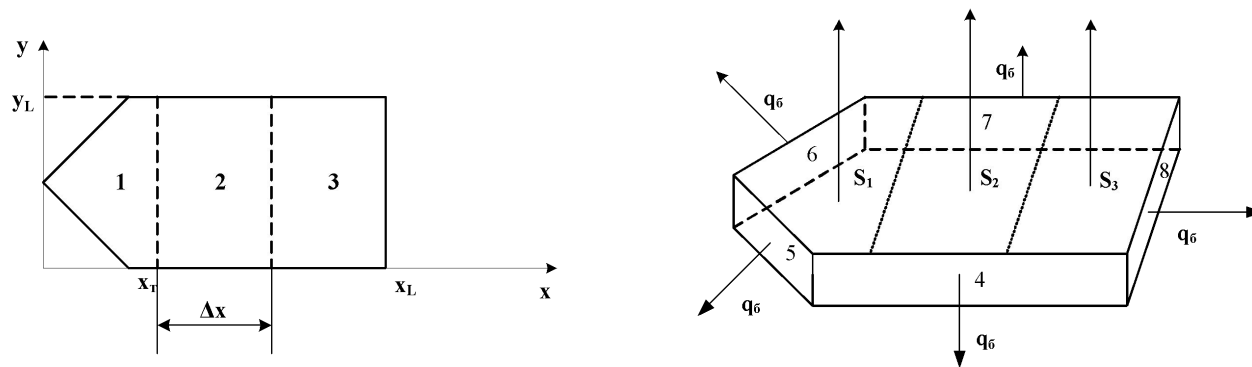


б)

Модель процессов теплопереноса в установках для получения монокристаллов сапфира по методу горизонтально-направленной кристаллизации

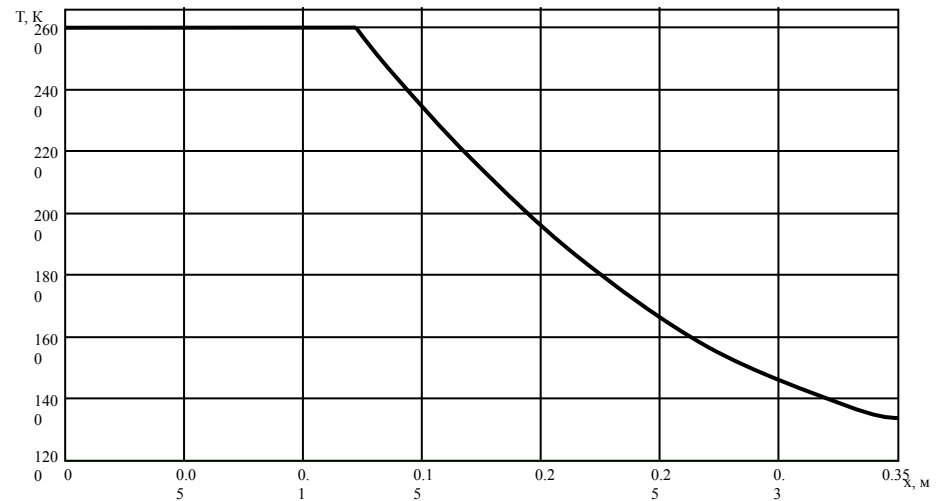
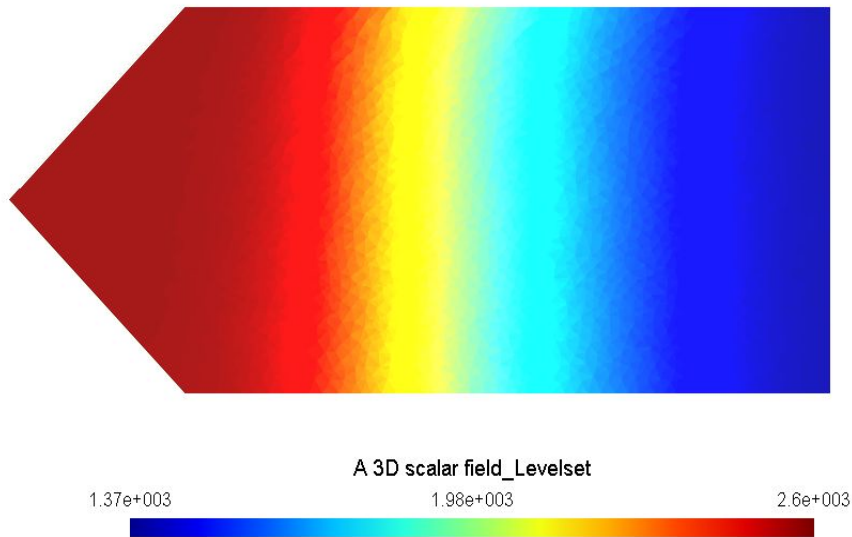
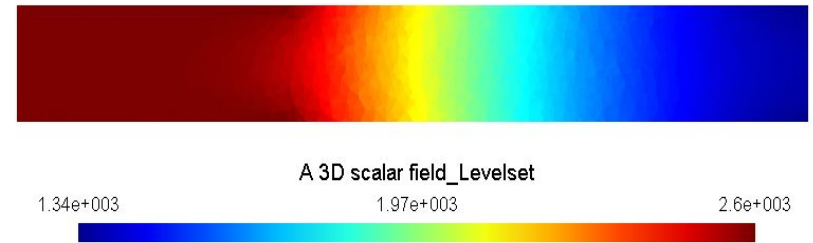
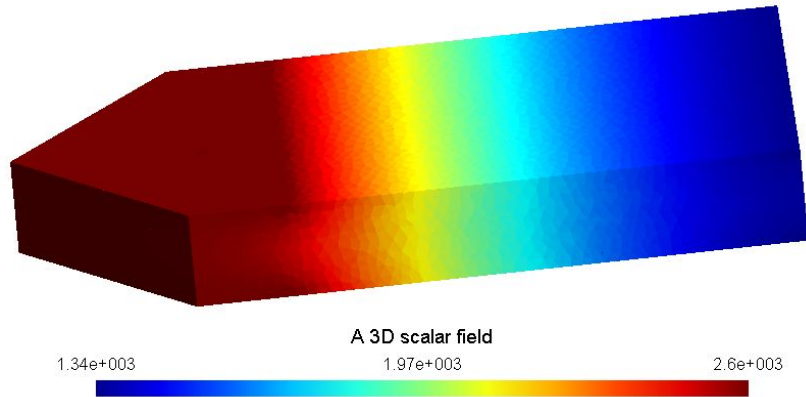


Эскиз конструкции печи СЗВН 155.320: 1 – теплоизоляционные экраны; 2 – контейнер с кристаллом сапфира; 3 – вольфрамовый нагреватель; 4 – устройство для механического перемещения лодочки (волокуша); 5 – тепловой узел



Схемы к расчету процесса горизонтальной направленной кристаллизации: 1 – кристалл; 2 – расплав; 3 – шихта; 4, 5, 6, 7, 8 – боковые поверхности кристалла; S₁, S₂, S₃ – верхние и нижние границы

Расчет распределения температуры в системе кристалл-расплав-шихта (в контейнере расплав и шихта) при производстве монокристаллов сапфира



Достоверность полученных теоретических результатов

Сравнительная характеристика экспериментальных и расчетных данных

№ опыта	x_1 , мм/час	x_2 , кВт	x_3 , Па	Экспериментальное значение y , см ⁻²	Расчётное значение y , см ⁻²
1	6	20,5	0,06	26	25,625
2	6	20,5	0,02	32	34,125
3	8	20,5	0,02	49	46,875
4	8	20,5	0,06	38	38,375
5	6	22,5	0,02	5	4,625
6	6	22,5	0,06	2	0,625
7	8	22,5	0,06	12	13,375
8	8	22,5	0,02	17	17,375

Линейная модель зависимости уровня дефектов в кристалле от параметров роста: $y=b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$, где x_1 – скорость движения лодочки (мм/час); x_2 – мощность нагревателя (кВт); y – количество пузырей на единицу площади (см⁻²); x_3 – степень вакуума (Па).

Гистограммы, отражающие разницу расчетных и экспериментальных значений



В ходе решения оптимизационной задачи симплекс-методом были определены режимы роста кристаллов. наименьшее значение скорости движения лодочки (6 мм/ч) и наибольшие значения мощности нагревателя (22,5 кВт) и степени вакуума (0,06 Па).

Интерфейс программных модулей информационной системы получения монокристаллов сапфира

БД "Кристалл"

Информация по параметрам выращивания в печи

Печь

ID: 56
 Мощность: 20,5
 Тип: СЗВН155
 Ст. вакуума: 0,02
 Скор. лод.: 6
 Вес лод.: 390
 Вес ...: 4900

Кристаллы

ID	Гр. качества	Вес	Блоков	% пузыр.	Длина	Ширина	Высота	При меси	№ печи	Включения	Трещ.	Ориент.
17	4	5110	6	2	320	175	25	0,5	56	4	2	m

Обслуживающий персонал

ID	Имя	Фамилия	Отчество	Должность
1	Александрова	Надежда	Викторовна	Наладчик

Запросы

Информация по резке кристалла

Резка на изделия

ID: 14
 Кристалл: 16
 Скорость резки: 20
 Форма: круг
 Изготовил: 3
 Цена: 30
 Модель станка: к8611м
 Заказал: 1
 Кл. шлифовки: 3
 Шероховатость: 0,02
 Толщина: 5
 Частота: 6
 Глуб. наруш. слоя: 0,003

Кристалл

ID	Гр. качества	Вес	Блоков	% пузыр.	Длина	Ширина	Высота	При меси	№ печи	Включения
16	2	4310	0,05	0,5	320	155	35	0,4	60	1

Изготовил

ID	Имя	Фамилия	Отчество	Должность
3	Воронина	Тамара	Дмитриевна	Аналитик

Заказчик

ID	Название	Регион
1		

Информация по качеству кристалла

Кристалл

ID: 16
 Гр. качества: 2
 Вес, г: 4310
 Блоков: 0,05
 Пузырьков, %: 0,5
 Длина: 320
 Ширина: 155
 Высота: 35
 Примеси: 0,4
 Печь №: 60
 Включения: 1

Изделие

ID	Кристалл	Скорс.	Форм.	Обработ. вал	Цена	Моде.	Клиен.	Кл. шлифовки	Шероховатость	Толщ.	Частс. вращ.	Глуб. наруш. слоя
14	16	20	кру...	3	30	к86...	1	3	0,02	5	6	0,003

Информация по потребности кристаллов

Заказчик

ID: 1

Изделие

ID	Кристалл	Скорс.	Форм.	Обработ. вал	Цена	Моде.	Клиен.	Кл. шлифовки	Шероховатость	Толщ.	Частс. вращ.	Глуб. наруш. слоя
14	16	20	кру...	3	30	к86...	1	3	0,02	5	6	0,003

Информация по обслуживающему персоналу

Работник

ID: 1
 Фамилия: Александрова
 Имя: Надежда
 Отчество: Викторовна
 Должность: Наладчик

Печь

ID	Мощ.	Тип	Ст. вакуу.	Скор.	Вес лод.	Вес ...
56	20,5	СЗВ...	0,02	6	390	4900
67	21,5	СЗВ...	0,05	6	378	4905

Изделие

ID	Кристалл	Скорс.	Форм.	Обработ. вал	Цена	Моде.	Клиен.	Кл. шлифовки	Шероховатость	Толщ.	Частс. вращ.	Глуб. наруш. слоя
14	16	20	кру...	3	30	к86...	1	3	0,02	5	6	0,003

Интерфейс программных модулей экспертной системы получения монокристаллов сапфира

The image displays four overlapping windows from an expert system interface:

- Edit Criterias:** A table with columns 'Name' and 'Weight'.

Name	Weight
Мощность	0,2
Степень вакуума	0,1
Качество шихты	0,1
Скорость роста	0,2
Материал конте...	0,1
Тепловой узел	0,05
Градиент темпе...	0,1
Пространствен...	0,15
- Edit Diagnoses:** A list of patterns with values.

Patterns	Value
0,1250	: 8
0,2500	: 7
0,3750	: 6
0,5000	: 5
0,6250	: 4
0,7500	: 3
0,8750	: 2
1,0000	: 1
- Expert System:** A window with a menu (File, Edit, Help) and a list of signs.

Признаки

 - Мощность -> Переменная
 - Степень вакуума -> 2E-2...6E-3
 - Качество шихты -> 99,999
 - Скорость роста -> 6
 - Материал контейнера -> Re
 - Тепловой узел -> Mo
 - Градиент температур -> Малый
 - Пространственная ориентация -> 2 и 3

Диагноз

1
- Add Symptom:** A window for adding symptoms to a selection.

Symptoms	Value	Selection
Мощность	5E-2...6E-2	Мощность -> Переменная
Степень вакуума	2E-2...6E-3	Степень вакуума -> 2E-2...6E-3
Качество шихты		Качество шихты -> 99,999
Скорость роста		Скорость роста -> 6
Материал контейнера		Материал контейнера -> Re
Тепловой узел		Тепловой узел -> Mo
Градиент температур		Градиент температур -> Малый
Пространственная ориентация		Пространственная ориентация -> 2 и 3

Интерфейс программных модулей экспертной системы обработки монокристаллов сапфира

The image displays a complex software interface with several overlapping windows. The background window, titled "Edit Diagnoses", lists surface roughness classes: 0,1430: 8 класс шероховатости поверхности, 0,2860: 9 класс шероховатости поверхности, 0,4290: 10 класс шероховатости поверхности, 0,5720: 11 класс шероховатости поверхности, 0,7150: 12 класс шероховатости поверхности, 0,8580: 13 класс шероховатости поверхности, 1,0000: 14 класс шероховатости поверхности.

The "Edit Diagnoses" window is partially obscured by a "Шлифование сапфира" (Sapphire Grinding) dialog box. This dialog has three tabs: "Параметры шлиф. круга" (Grinding Wheel Parameters), "Параметры обработки" (Processing Parameters), and "Результаты" (Results). The "Параметры шлиф. круга" tab is active, showing input fields for: Диаметр шлифовального круга, мм (250); Частота вращения шлифовального круга, об/мин (2500); Число активных вершин абразивных зерен на кв.мм. круга; Сред. радиус округления вершин абразивных зерен, мкм; Средний размер абразивных зерен круга, мм; Коэффициент износа круга; Сред. диаметр рабочей поверхности круга, мм; Изменение радиуса круга и расхода на одну правку, мм; Количество заготовок, собранных между двумя правками; and Высота круга, мм. A "<< Назад" button is at the bottom.

Another "Шлифование сапфира" dialog box is overlaid on top, showing the "Параметры обработки" (Processing Parameters) tab. It contains input fields for: Удельный минутный съем металла, куб.мм / (мм * мин) (100); Требуемая величина шероховатости, мкм (0,125); Скорость детали, м/мин (4); Глубина шлифования, мм (0,01); Поперечная подача стола, мм/мин (250); Продольная подача стола, мм/мин (700); Весь припуск, мм (4); Ширина заготовки, мм (100); Длина рабочего хода, мм (250); and Проходы без подачи на глубину (3). It has "<< Назад" and "Вперед >>" buttons at the bottom.

The "Edit Criteries" window in the background shows a table of criteria:

Name	Weight
Категория каче...	0,2
Вид абразива	0,2
Скорость резан...	0,2
Глубина подачи	0,2
Продольная под...	0,2

To the right, the "Features" window shows a table of features:

Name	Value
Свободный абр...	0,6
Свободный и за...	0,25
Закрепленный ...	0,15

Other windows include "Add Symptom" (showing a list of symptoms like "Категория", "Вид абразива", "Скорость р...", "Глубина по...", "Продольна...") and a partially visible "Cancel" button.

Публикации

По теме проекта у исполнителя имеется 27 публикаций, из них 4 статьи в центральной печати, 1 монография, 3 свидетельства о регистрации программ, 1 депонированная научная работа, 18 работ в сборниках трудов конференций.

Некоторые из них:

1. Малюков С.П., Клуникова Ю.В. Оптимизация производства изделий из сапфира для электронной техники Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 151 с. – ISBN 978-3-8473-2911-4.
2. Малюков С.П., Клуникова Ю.В. Моделирование распределения температуры в процессе роста монокристаллов сапфира методом горизонтальной направленной кристаллизации в трехмерных координатах // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Нанотехнологии». – 2011. – № 4. – С. 86–94.
3. Клуникова Ю.В. Модель влияния параметров технологического процесса получения сапфира на качество кристаллов // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2010. – № 7. – С. 198–203.
4. Малюков С.П., Нелина С.Н., Клуникова Ю.В. Методы оптимизации технологического процесса получения монокристаллов лейкосапфира // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2010. – № 7. – С. 210–216.

