

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ

КАФЕДРА ВАКУУМНАЯ И КОМПРЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

 В. М. Комаровская

« 05 » 01 20 21 г.

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА**

Проектирование камеры установки получения монокристаллов методом
Чохральского/Киропулоса

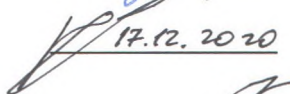
Специальность 1-36 20 04

Вакуумная и компрессорная техника

Обучающийся
группы 30904116

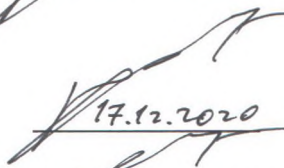
 В. В. Руднев

Руководитель

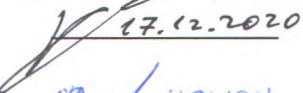
 17.12.2020 В. М. Комаровская

Консультанты:

по разделу технологическому

 17.12.2020 В. М. Комаровская


по разделу конструкторскому

 17.12.2020 В. М. Комаровская

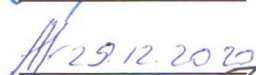
по разделу экономическому

 4.01.2021 Н. В. Зеленковская

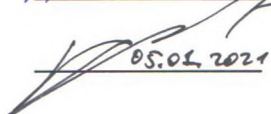
по разделу автоматизации

 05.01.2021 А. Л. Савченко

по разделу охраны труда

 29.12.2020 Г. Л. Автушко

Ответственный за нормоконтроль

 05.01.2021 В. М. Комаровская

Объем проекта:

расчетно-пояснительная записка - 111 страниц
графическая часть - 9 листов
магнитные (цифровые) носители - 0 единиц.

РЕФЕРАТ

Дипломный проект: 111 с., 37 рис., 9 табл., 38 источников, 3 прил.

Объектом разработки является ростовая установка для вытягивания монокристаллов из расплава комбинированным методом Чохральского/Киропулоса.

Целью проекта является разработка камеры и сопутствующих узлов для ростовой установки, служащей для выращивания монокристаллов из расплава.

В ходе проектирования были выполнены следующие основные и сопутствующие задачи:

- проведен литературный обзор существующих методов выращивания монокристаллов. Дана характеристика методов, показаны их достоинства,

- различия, конкретные сферы применения.

- на основании литературного обзора и сравнения собранной информации о различных методах выращивания монокристаллов были сделаны выводы об актуальности и перспективности разработки камеры для ростовой установки, с целью улучшения и повышения эффективности технологического процесса и объединения двух методов в один универсальный: Чохральского и Киропулоса;

- проведены необходимые расчеты для проектирования теплового узла ростовой установки: рассчитана мощность, частота источника питания, глубина проникновения токов в тигель. Спроектирован сам тепловой узел.

- выбран и рассчитан модуль перемещения кристаллодержателя;

- разработана камера ростовой установки, позволяющая в автоматическом режиме управлять перемещениями и вращением затравкодержателя. Включает в себя возможность легкой замены тигля или его профилактики.

- применен бесконтактный способ измерения температуры внутри камеры.

Элементами научной новизны полученных в результате дипломного проектирования является ростовая установка для вытягивания монокристаллов комбинированным методом Чохральского/Киропулоса.

Камера обладает новаторским тепловым узлом, включающим в себя тепловые экраны особой конструкции и крепления. Также камера оснащена манипулятором, позволяющим с высокой степенью точности и виброзащиты управлять процессом вытягивания кристалла с места оператора установки.

Областью возможного применения установки является любое предприятие или лаборатория, занимающаяся промышленным выращиванием монокристаллов.

Результатом внедрения разработок является увеличение скорости выращивания монокристаллов и уменьшение его себестоимости.

Студент-дипломник подтверждает, что приведенный в дипломном проекте расчётно-аналитический материал объективно отражает состояние разрабатываемого объекта, все заимствованные из литературных и других

источников теоретические и методологические приложения и концепции сопровождаются ссылками на их авторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Megabook. Методы выращивания кристаллов [Электронный ресурс]. –Электронные данные. – Режим доступа: <https://megabook.ru/>.
2. Производство монокристаллов кремния большого диаметра за рубежом / И. Н. Воронов [и др.]; под общ. ред. И. Н. Воронова. – Москва: ЦНИИИ и ТЭИ Цветной металлургии, 1972. – 101 с.
3. Червоный, И. Ф. Научная обоснование и разработка технологии монокристаллов кремния методом специальной электрометаллургии (бестигельной зонной плавкой): дис. д-ра тех. наук: 05.16.03 / И. Ф. Червоный. –Запорожье, 1999. – 292 с.
4. Жвирблянский, В.Ю. Современное оборудование для выращивания монокристаллов кремния / В. Ю. Жвирблянский. – Москва: ЦНИИИ и ТЭИ Цветной металлургии, 1981 – 56 с.
5. Шашков, Ю.М. Выращивание монокристаллов методом вытягивания / Ю. М. Шашков. – М: Металлургия, 1982 с. – 318 с.
6. Мурашкевич, А.Н. Теория и методы выращивания монокристаллов: учеб. пособие / А. Н. Мурашкевич, И. М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2010. – 214 с.
7. Шалин, И. Л. Монокристаллы никелевых жаропрочных сплавов / И. Л. Воронов [и др.]; под общ. ред. И. Л. Шалин. – Москва: Машиностроение, 1997. – 336 с.
8. Тир, Л. Л. Индукционные плавильные печи для процессов повышенной точности и чистоты / Л. Л. Тир, А. П. Губченко. – М.: Энергоатомиздат, 1988. –120 с.
9. Бындин, В. М. Индукционный нагрев при производстве особо чистых материалов / В. М. Бындин, В. И. Добровольская, Д. Г. Ратников. – Л.: Машиностроение, 1980. – 64 с.
10. Матюхин, В. И.. Конструкция и расчет индукционной тигельной печи: учеб. пособие / В. И. Матюхин. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ- УПИ, 2003. – 61 с.
11. Метод Чохральского: история и развитие / Е. П. Маянов, А. А. Гасанов, А. В. Наумов // Известие высших учебных заведений. Материалы электронной техники. – 2016. – Т.19, № 1. – С. 59–70.
12. Н. Н. Балан. Микро- и наноинженерия в электронном машиностроении: в 2 т. / редкол. : Н. Н. Балан (гл. ред.) [и др.]. – Москва: Издательство НИИ предельных технологий, 2013. – Т. 1.: Микроинженерия монокристаллического кремния / Н. Н. Балан [и др.]. – 2013. – 197 с.
13. Балан, Н.Н . Микро-и наноинженерия в электронном машиностроении: в 2 т. / редкол. : Н. Н. Балан (гл. ред.) [и др.]. – Москва: Издательство НИИ предельных технологий, 2013. – Т. 2.: Микроинженерия монокристаллического кремния / Н. Н. Балан [и др.]. – 2013. – 224 с.

14. Кожитов, Л. В. Оборудование полупроводникового производства: учеб. пособие / Л. В. Кожитов, И. Г. Блинов. – М.: Машиностроение, 1986. – 264 с.
15. Нашельский, А. Я. Расчеты процессов выращивания легированных монокристаллов / А. Я. Нашельский, С. В. Гнилов. – М.: Metallurgy, 1981. – 92 с.
16. Лодиз, Р. Рост монокристаллов / Р. Лодиз, Р. Паркер. – М.: МИР, 1974. – 540 с.
17. Градуировка термопары. Методические указания к лабораторной работе для студентов специализации 110400 «Литейное производство черных и цветных металлов» / под общ. ред. А. В. Щекина. – Хабаровск: ХТУ. 2002. – 21 с.
18. Мюллер, Г. Выращивание кристаллов из расплава. Конвекция и неоднородности / Г. Мюллер. – М.: Мир. 1999. – 143 с.
19. Уточнение инерционных свойств термопар, применяемых при исследованиях металлургических и сварочных процессов / В. В. Долиненко [и др.] // Современная электрометаллургия. – 2012. №4. – С. 33–36.
20. Siemens. Оборудование для автоматизации [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.siemens.com/ru/ru/devices/ATTINY2313.aspx>.
21. Philips. Дистрибьютор электронных компонентов [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://blog.philips.ru>.
22. INTECH. Вакуумное оборудование [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.intech-group.ru/directions/vacuum/vakuumnye_klapanu/.
23. ЕЕС. Европейская электротехническая компания [Электронный ресурс] Режим доступа: https://euroec.by/catalog/product/siemens/s7_1200.
24. CNC Technology. Электронные компоненты для точного производства [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://cnc-tehnologi.ru/shagovye-dvigateli/86hs156-5004151201172004>.
25. Адаменкова, С.И. Практическое налогообложение: исчисляем и уплачиваем налоги правильно / С.И. Адаменкова, О.С. Евменчик, Л.И.Тарарышкина. – Минск: Регистр, 2018. – 456 с.
26. Бабук, И.М. Экономика предприятия / И.М. Бабук. – Минск: НВЦ Минфина, 2006. – 327 с.
27. Бабук И.М., Расчет экономической эффективности внедрения новых технологических процессов: учебно- методическое пособие для студентов машиностроительных специальностей (курсовое и дипломное проектирование) / И. М. Бабук [и др.] – Минск: БНТУ, 2015. – 51 с.
28. Сенько, А. Н. Экономика предприятия. Практикум: учебное пособие / А. Н. Сенько, Э. В. Крум. – Минск: Вышэйшая школа, 2002. – 230 с. 103
29. Экономика и финансы предприятия: практикум для учащихся колледжей / О. В. Володько [и др.] – Минск: Беларусь, 2007. – 232 с.

30. Шум на рабочих местах и транспортных средствах, в помещениях жилых,

общественных зданий и на территории жилой застройки: СанПиН. №115 от 16.11.2011. Минск: Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 2011. – 12 с.

31. Требования к производственной вибрации, вибрации в жилых помещениях, помещениях административных и общественных зданий: СанПиН №132 от 26.12.2013. Минск: Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 2013. – 25 с.

32. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования:

ТКП 45- 2.04- 153- 2009. Минск: Минскстройархитектура, 2010. – 104 с.

33. Электроустановки на напряжение до 750 кВт. Линии электропередачи воздушные и токопроводы, устройства распределительные и трансформаторные подстанции, установки электросиловые и аккумуляторные, электроустановки жилых и общественных зданий. Правила устройства и защитные меры электробезопасности. Учет электроэнергии. Нормы приемо-сдаточных испытаний: ТКП 339- 2011. Минск: Минэнерго, 2011 – 600 с.

34. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок: ТКП 427-2012. Минск: Минэнерго, 2013 – 156 с. 35. Безопасность производственных процессов. Справочник / С. В. Белов [и др.]; под ред. С. В. Белова. – Москва: Машиностроение, 1985 – 488 с.

36. Институт промышленной безопасности, охраны труда и социального партнерства [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.safework.ru/prof_list/.

37. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: ТКП 474- 2013. Минск: Промбытсервис, 2013. – 57 с.

38. Пожарная техника. Огнетушители. Требования к выбору и эксплуатации: ТКП 295- 2011. Минск: Промбытсервис, 2017 – 19 с.ов.