

Министерство образования Республики Беларусь
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 537.533; 621.384, 621.785

№ госрегистрации 20111413

Инв. № _____

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

к.т.н., доцент

_____ Д.О. Глухов

"__" _____ 2013 г.

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТРУКТУР
С ЦЕЛЬЮ УПРОЧНЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛЕЙ МАШИН»**

(заключительный)

задание 4.3.03 / ГБ 06.11

ГПНИ «Функциональные и композиционные материалы, наноматериалы»

подпрограмма «Материалы в технике»

Начальник НИСа

_____ «20» декабря 2013г.

Т.В. Гончарова

Руководитель НИР,
д.т.н., профессор

_____ «20» декабря 2013г.

Н.Н. Попок

Ответственный исполнитель
к.ф.-м.н., доцент

_____ «20» декабря 2013г.

В.Г. Залесский

Новополоцк 2013

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель работы, главный научный сотрудник, д.т.н., профессор	_____	Попок Н.Н. (общее руковод- ство, раздел 5, заключение)
	«___»_____2013г.	
главный научный сотрудник, д.т.н., профессор	_____	Груздев В.А. (общее руковод- ство, введение, раздел 2)
	«___»_____2013г	
Исполнители:		
Ответственный исполнитель, ведущий научный сотрудник, к.ф.-м.н., доцент	_____	Залесский В.Г. (разделы 1,2)
	«___»_____2013г	
Старший научный сотрудник к.т.н., доцент	_____	Антонович Д.А. (раздел 1,2)
	«___»_____2013г	
Младший научный сотрудник	_____	Петрович О.Н. (раздел 3)
	«___»_____2013г	
Младший научный сотрудник	_____	Русецкий И.С. (раздел 4)
	«___»_____2013г	
Младший научный сотрудник	_____	Ракель Е.И. (раздел 5)
	«___»_____2013г	
Нормоконтролер	_____	Кулеш В.Ф.
	«___»_____2013г	

РЕФЕРАТ

Отчет 76 с., 53 рис., 11 табл., 25 источников, — прил.

ПЛАЗМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОНОВ, ПЛАЗМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ, ПЛАЗМЕННЫЕ ЭМИТТЕРЫ, ЭЛЕКТРОННО- И ИОННОЛУЧЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Объектом исследований являются газоразрядные структуры, формирующие плазму с эмиссионными свойствами, достаточными для создания высокоэффективных технологических плазменных источников электронов и ионов, а также технологические плазменные источники электронов и ионов, способные функционировать в тяжелых вакуумных условиях и пригодные для модификации поверхностей и других родственных технологий.

Цель работы – разработка методики воздействия и требований к параметрам электронных и ионных потоков для реализации комбинированного электронно-ионного воздействия и получения модифицированных поверхностных слоев. Разработка, изготовление и исследование параметров экспериментального макета электронно-ионного источника

В результате выполнения работы проведен анализ параметров электронных и ионных потоков, необходимых для реализации технологий модификации поверхностей, совмещенных с термическим воздействием. Предложен ряд перспективных конструкций газоразрядных структур плазменных источников заряженных частиц, позволяющих реализовать требуемые параметры воздействия указанными способами, обоснованы технологические требования к электронно-ионному воздействию с учетом свойств обрабатываемых материалов и условий их эксплуатации. Обоснованы технологические требования к электронно-ионному воздействию с учетом свойств обрабатываемых материалов и условий технической эксплуатации. Разработаны эскизные проекты конструкций и изготовлены экспериментальные макеты. Предварительные эксперименты показали перспективность использования разработанных газоразрядных структур для разработки технологий модификации поверхностей в условиях одновременного термического воздействия.

Область применения: полученные результаты развивают теорию генераторов плазмы и могут быть использованы при создании отечественных электронно-лучевых энергокомплексов на базе пушек с плазменным эмиттером различного технологического назначения.

Основные показатели: высокая эффективность разрабатываемых источников электронов обеспечит возможность реализовать энерго- и ресурсосберегающие технологии модификации поверхностей различных материалов и сплавов.

Степень внедрения: результаты исследований планируется использовать для создания отечественных электронно-лучевых энергокомплексов различного технологического назначения и разработки новой технологии модификации поверхностей различных материалов и сплавов с использованием пушек с плазменным эмиттером. Полученные новые научные результаты используются при подготовке научных кадров в рамках магистратуры и аспирантуры.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ГАЗО- РАЗРЯДНЫХ СТРУКТУР ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ.....	8
1.1. Обоснование выбора материалов и технологических требований для электронно-ионного воздействия.....	8
1.2. Требования к электрофизическим характеристикам газоразрядных структур.....	23
1.3 Отражательный разряд с полым катодом.....	24
1.4 Разряды магнетронного типа.....	25
1.5 Разряды квадрупольного типа.....	26
1.6 Разряды с расширителем плазмы.....	27
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ СТРУКТУР.....	29
2.1 Способы реализации воздействия на поверхность обрабатываемого изделия.....	29
2.2 Конструкции газоразрядных структур для реализации пучкового метода воздействия.....	30
2.3 Экспериментальные конструкции газоразрядных структур для реализации слоевого метода воздействия.....	35
2.4 Экспериментальная конструкция газоразрядной структуры на основе разряда квадру- польного типа.....	40
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТАННЫХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ СТРУКТУР.....	42
3.1 Экспериментальная установка.....	42
3.2 Формирование стационарных электронных и ионных пучков в структурах с расширителем (пучковый метод модификации).....	43
3.2.1 Источник на основе газоразрядной структуры со скрещенными $E \times H$ полями.....	43
3.2.2 Источник на основе газоразрядной структуры со скрещенными $E \times H$ полями и дополнительным электродом.....	49
3.2.3 Источник на основе газоразрядной структуры с полым катодом.....	51

3.3 Экспериментальное исследование параметров воздействия при слоевом методе.....	54
4. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОННО-ИОННОГО РЕЖИМА ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	57
4.1 Экспериментальное исследование импульсных ионных потоков.....	57
4.2 Теплофизический анализ параметров электронного пучка.....	60
4.3 Система управления электропитанием разрядной структуры.....	63
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАКАЛКИ С АССИСТИРОВАННЫМ НАГРЕВОМ ОБРАЗЦОВ ИНСТРУМЕНТОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАКАЛКИ.....	66
5.1 Исследование физико-механических характеристик и структурного состава модифицированных слоёв при различных температурах нагрева.....	66
5.2. Триботехнические свойства ионно-модифицированных слоёв при различных температурах нагрева.....	70
Заключение.....	74
Список использованных источников.....	75

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Плазменные процессы в технологических электронных пушках / М.А. Завьялов [и др.] под общ. ред. Ю.Е. Крейнделя. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 212 с.
2. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, ионными и электронными пучками / Дж. М. Поут [и др.] под общ. ред. Дж. М. Поута; пер. с англ. Н.К. Мышкин [и др.] под общ. ред. А.А. Углова. – М.: Машиностроение, 1987. – 424 с.
3. Возможности и перспективы использования плазменных источников электронов для реализации электронно-лучевых технологий в машиностроении / В.А. Груздев [и др.] // Тяжелое машиностроение. – 2004. – №9 – С. 25 – 32.
4. Белюк, С.И. Промышленное применение электронных источников с плазменным эмиттером / С.И. Белюк, И.В. Осипов, Н.Г. Ремпе // Изв. ВУЗов. Физика. – 2001. – Т. 44, № 9. – С. 77 – 84.
5. Плазменные эмиссионные системы с ненакаливаемыми катодами для ионно-плазменных технологий / В.Т. Барченко [и др.], под общ. ред. В.Т. Барченко. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. – 220 с.
6. Стали и сплавы. Марочник: Справ. изд. / Сорокин В.Г., Гервасьев В.С., Палеев И.В., Гервасьева И.В., Палеева С.Я. – М.: «Интермет Инжиниринг». 2001. – 608 с.
7. [http:// www.atlant.by](http://www.atlant.by) Пуансоны. Матрицы. Унифицированные детали штампов.
8. Каталог «TaeguTec», 2010 г.
9. Каталог «Mitsubishi» 2008 г.
10. ГОСТ 17756. Пробки резьбовые со вставками с полным профилем резьбы диаметром от 1 до 100 мм. Конструкция и основные размеры.
11. Физические и технологические основы ионно-лучевой обработки материалов: пособие для студентов машиностроительных специальностей / Белый А.В.[и др.]. – Новополоцк: ПГУ, 2010. – 84 с.
12. Справочник термиста ремонтной службы / Тылкин М.А. – М.: «Металлургия». 1981.–648 с.
13. Окс, Е.М. Источники электронов с плазменным катодом / Е.М. Окс. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005. – 216 с.
14. Бугаев, С.П. Электронные пучки большого сечения / С.П. Бугаев, Ю.Е. Крейндель, П.М. Щанин. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 112 с.
15. Плазменный источник электронов с пучком большого сечения / В.А. Груздев [и др.] // Инженерно-физический журнал. – 2002. – Т. 75, № 3. – С. 166 – 170.
16. Груздев В. А., Залесский В. Г. О роли плазменных электронов в формировании газоразрядной плазмы // Прикладная физика. – 2012. – № 1. – С. 64–72.

17. Алексеев Б.В., Котельников В.А. Зондовый метод диагностики плазмы. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 240 с.
18. Петрович, О.Н. Программный комплекс ELIS для моделирования ЭОС ПИЭЛ / О.Н. Петрович, В.А. Груздев // Прикладная физика.– 2012. – № 2. – С. 79 – 85.
19. Райзер, Ю.П. Основы современной физики газоразрядных процессов / Ю.П. Райзер. – М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. лит., 1980. – 416 с.
20. Плазменный эмиттер электронов с сеточной стабилизацией. I / А.В. Жаринов [и др] // ЖТФ. – 1986. – Т. 56, вып. 1. – С. 66 – 70.
21. Плазменный эмиттер электронов с сеточной стабилизацией. II / А.В. Жаринов [и др] // ЖТФ. – 1986. – Т. 56, вып. 4. – С. 687 – 693.
22. Моделирование температурного поля в поверхностном слое при импульсном электронно-лучевом воздействии / В.А.Груздев, В.Г. Залесский, Д.Г. Руголь // Инженерно физический журнал. – 2007 № 2, с 134 - 142
23. Евтянов, С.И. Импульсные модуляторы с искусственной линией / С.И. Евтянов, Г.Е. Редькин. – М.: Советское радио, 1973. – 280 с.
24. Антонович, Д.А. Генератор эмитирующей плазмы как сложная нагрузка систем электропитания плазменных источников электронов / Д.А. Антонович, В.Г. Залесский, И.С. Русецкий // Вестн. Полоц. гос.ун-та. Сер. С: Фундаментальные науки. – 2004. – № 11 – С. 86 – 90.
25. Блок питания разряда плазменного источника электронов. / Антонович Д.А., Груздев В.А., Залесский В.Г., Русецкий И.С. / ПТЭ – 2006. – №5 – С 130 – 132