Резюме проекта ПНИР, выполняемого в рамках ФЦП

«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 - 2020 годы»

по этапу №4

Номер Соглашения о предоставлении субсидии 14.613.21.0021

<u>Тема:</u> «Разработка технологии синтеза крупногабаритных алмазных пластин из поликристаллического алмаза газофазного синтеза для создания оптических окон и диэлектрических опор в мощных лампах бегущей волны»

Приоритетное направление: Индустрия наносистем и материалов (ИН)

<u>Критическая технология:</u> Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

Период выполнения: с «22» октября 2014 г. по «31» декабря 2016 г.

Плановое финансирование проекта: 9.9 млн. руб.

Бюджетные средства - 9,900 млн. руб.,

Внебюджетные средства - 9,999 млн. руб.

<u>Получатель субсидии:</u> Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, г. Москва.

<u>Иностранный партнер:</u> Центральный Институт стекла и керамики Совета по научным и промышленным исследованиям (CSIR-CGCRI), г. Калькутта, Индия.

<u>Ключевые слова:</u> лампа бегущей волны, поликристаллический алмаз, диэлектрические опоры, СВЧ-плазма, полировка, лазерная резка, теплопроводность, оптическая спектроскопия, тангенс угла потерь

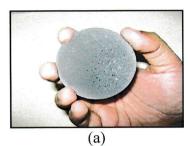
1. Цель прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

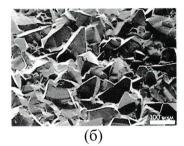
1.1. Разработка методов выращивания в СВЧ плазме, обработки и анализа оптических и теплофизических свойств поликристаллических алмазных пластин большого размера (50-100 мм) с высокой прозрачностью и теплопроводностью для использования в мощных источниках излучения миллиметрового диапазона длин волн, в том числе в ЛБВ.

2. Основные результаты проекта

- 2.1. Разработан технологический процесс получения поликристаллических алмазных пластин высокого качества в СВЧ плазме (частота 2,45 ГГц) на подложках из кремния в смесях метан-водород. Получены образцы пластин оптического качества диаметром 75 мм (Рис. 1). С помощью разработанных лабораторных методик измерены температурные зависимости теплопроводности алмазных пластин лазерным флэш-методом (при комнатной температуре достигнута высокая теплопроводность, до 2050 Вт/мК) и тангенс угла потерь в резонаторе отражательного типа (получено минимальное значение tg $\delta = 1,8\cdot10^{-4}$ на частоте 27 ГГц).
- 2.2. С использованием комплекса современных материаловедческих методик получены экспериментальные данные о структуре алмазных пластин (Рис. 16), текстуре, примесях азота и водорода.
- 2.3. Разработаны методы механической шлифовки алмазных дисков диаметром до 75 мм до шероховатости поверхности менее 150 нм (Рис. 1в). Продемонстрирована возможность механической полировки пластин до шероховатости около 7 нм.
- 2.4. Исследовано поведение оптического поглощения поликристаллического алмаза оптического качества при отжиге в вакууме в диапазоне температур 850-1690°С с целью определения безопасных режимов термообработки. Установлено, что высокая прозрачность материала сохраняется при нагреве до температуры 1300°С.
 - 2.5. Лазерной резкой получены образцы алмазных опор (стержней) длиной до 75 мм
- 2.6. Силами зарубежного Партнера выполнены следующие работы: разработан и оптимизирован технологический процесс получения прозрачных поликристаллических алмазных пластин в СВЧ плазме на частоте 915 МГц диаметром до 100 мм и теплопроводностью до 1900 Вт/мК. Исследован и оптимизирован процесс механохимической полировки пластин диаметром до 75 мм, проведены их структурные

исследования методами электронной микроскопии и спектроскопии КР. Изготовлены образцы алмазных опор длиной 75 мм и алмазных окон.





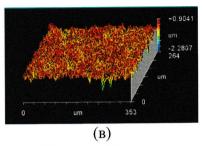


Рис. 1. Поликристаллические алмазная пластина диаметром 75 мм (а); типичная микроструктура пластин (б); шлифованная поверхность, оптический профилометр (в).

- 2.7. Технологические решения в методе полировки поликристаллического алмаза механохимическим способом обладают элементами новизны по отношению к традиционной чисто механической полировке и имеют преимущество в скорости обработки. Экспериментально обнаружено, что ультразвуковая обработка поверхности алмазных пластин может быть высокопроизводительным способом шлифовки.
- 2.8. Полученные алмазные пластины по своим размерами (диаметр 100 мм), а также измеренные значения теплопроводности поликристаллического алмаза соответствуют мирового уровню технологии синтеза алмаза в СВЧ плазме.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках исследования, разработки

3.1. Подана заявка на патент РФ « Способ ультразвуковой шлифовки поверхности поликристаллических алмазов», заявка № 2015148614 от 12.11.2015 г.

4. Назначение и область применения результатов проекта

- 4.1. Разработанные алмазные технологии могут быть использованы для создания мощных генераторов и усилителей волн миллиметрового диапазона, компактных ламп бегущей волны для космических и наземных систем связи, радаров высокого разрешения.
- 4.2. Благодаря сочетанию высоких оптических и теплофизических свойств обработанные крупногабаритные алмазные пластины найдут свое применение в качестве материала для окон мощных лазеров ИК диапазона, теплоотводов для приборов СВЧ электроники.
- 4.3. Прогнозируется, что в перспективе значительная часть ЛБВ будет производиться с алмазными компонентами взамен традиционных диэлектриков, таких как BeO.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Разрабатываемый метод получения поликристаллического алмаза высокотехнологичен, технология не материалоемка, обладает высоким уровнем автоматизации производства. Источники СВЧ излучения с алмазными компонентами будут иметь повышенные мощность и надежность. Имеются хорошие возможности импортозамещения при развитии производства СVD алмаза в России.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

6.1. Коммерциализация проектом не предусмотрена.

7. Наличие соисполнителей од ственнов

7.1. Соисполнители работ по проекту не привлекались.

| ФГБУН Институт общей физики им А.М. Прокорова | |
|--|--------------|
| Российской академии наук | |
| Зам. директора Михалевич В | ι .Γ. |
| To by the state of | |
| Руководитель проекта | |
| Зав. Лабораторией алмазных материалов Ральченко В.Г. | |