

## **Создание новых систем охлаждения светодиодов высокой мощности для повышения надежности и долговечности**

Соглашение № 14.613.21.0067 в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса на 2014-2020 годы»

**Приоритетное направление:** Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

**Период выполнения:** 03.10.2017- 31.12.2019

**Отчетный период:** 01.01.2018 – 31.12.2018

**Исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук.

**Иностранные партнеры:** Indian Institute of Technology Kanpur (ИТК), Канпур, Индия; State Key Laboratory of Multiphase Flow in Power Engineering (SKLMFPE), Xi'an Jiaotong University, Сиань, Китай

### **Цели выполнения прикладных научных исследований**

Создание научно-технического задела по созданию эффективных систем охлаждения для высокопроизводительных электронных устройств и мощных светодиодов, также создание систем ускоренного тестирования жизненного цикла светодиодных устройств.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 03.10.2017г. № 14.613.21.0067 с Минобрнауки России в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 2 в период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. выполнялись следующие работы:

Разработан и создан экспериментальный образец системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы.

Разработаны Программа и методики экспериментальных исследований экспериментального образца системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы.

Проведены экспериментальные исследования экспериментального образца системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы по разработанной Программе и методикам экспериментальных исследований.

Проведен анализ результатов экспериментальных исследований экспериментального образца системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы.

Проведены локальные измерения температурного поля на поверхности подложки с использованием экспериментального стенда для исследования процессов испарения на линии контакта парогазового пузыря на поверхности с контролируемым равномерным нагревом.

Создан экспериментальный стенд для исследования взаимодействия жидких пробок и газовых пузырей в микроканале.

Проведены экспериментальные исследования взаимодействия жидких пробок и газовых пузырей в микроканале с использованием экспериментального стенда для исследования взаимодействия жидких пробок и газовых пузырей в микроканале.

Проведены дополнительные патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96. Государственной ключевой лабораторией многофазных течений в энергетике Сианьского университета (SKLMFPE): Спроектирован и изготовлен экспериментальный стенд для ускоренных испытаний жизни одиночных/множественных светодиодов. Индийским технологическим институтом Канпура (ИТК): Выявлены механизмы, лежащие в основе отвода тепла двухфазной спрейной охлаждающей системой.

При этом были получены следующие результаты:

Разработан и создан экспериментальный образец системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы. Разработаны программа и методики экспериментальных исследований экспериментального образца системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы. Соответствующие документы представлены отдельно в составе отчетной документации. Проведены эксперименты по изучению гидродинамики и теплообмена в пульсирующей тепловой трубе. В ходе эксперимента измерялась тепловая мощность, температура конденсатора, испарителя и комнатная температура. Когда тепловой мощности было достаточно для испарения жидкости при данном давлении, наблюдались пульсации жидкости в тепловой трубе.

Проведен анализ результатов экспериментальных исследований экспериментального образца системы охлаждения на основе пульсационной тепловой трубы. Один из основных режимов, который наблюдался в эксперименте является – снарядный (длина пузырька в несколько раз больше чем диаметр). Это согласуется с полученными результатами полученными ранее в других работах.

Проведены локальные измерения температурного поля на поверхности подложки с использованием экспериментального стенда для исследования процессов испарения на линии контакта парогазового пузыря на поверхности с контролируемым равномерным нагревом. Формировался парогазовый пузырь на сапфировой подложке с микро-терморезисторами, использовалась жидкость FC-72. С помощью платиновых терморезисторов сопротивления измерены локальные температуры в различных точках. Получено, что температура подложки существенно непостоянна и может меняться на 1 °С. Проведены экспериментальные исследования взаимодействия жидких пробок и газовых пузырей в микроканале с использованием экспериментального стенда для исследования взаимодействия жидких пробок и газовых пузырей в микроканале. Исследована динамика температурного поля при образовании жидкой пробки с помощью инфракрасного сканера. Наблюдается существенное уменьшение температуры поперечной температуры в области полностью занятой жидкостью, а также продольной температуры в середине канала, в то время как на нагревательных элементах температура снижается на 1,5 – 2 °С после ввода этанола комнатной температуры в нагретый до 75 °С канал.

Все три партнера (Россия, Индия, Китай) встретились в Китае, в городах Ухань и Сиань (октябрь 2018). Состоялся визит производственных площадей светодиодных модулей исполнителями проекта всех трех государств. Подробно обсуждены и предприняты меры по усилению сотрудничества (обмен студентами, аспирантами) между партнерами, а также обсужден один из самых важных вопросов по интеграции систем охлаждения в мощные светодиодные модули. Основным производителем и лидером в упаковке этих модулей является партнер из Китая. Тремя партнерами изучена камера ускоренных испытаний жизненного цикла светодиодов (Accelerated Life Cycle Models, ALT), который находится на площадях партнера из Китая. Опубликованы две статьи в высокорейтинговых изданиях

совместно с партнером из Китая по результатам проекта, а также готовятся еще две статьи совместно с партнером из Индии по результатам совместных исследований.

В ходе выполнения этапа работ принято участие в 5 мероприятиях, направленных на освещение и популяризацию результатов, опубликовано 5 научных статей, в изданиях индексируемых в Scopus, защищена 1 диссертация.

Получателем субсидии за отчетный период по этапу 2 выполнены все работы в соответствии с Требованиями к работам и их результатам, Плана-графика исполнения обязательств, требованиям по достижению значений показателей результативности, отчетная документация оформлена в надлежащем порядке. Обязательства, указанные в пункте 1.3 и 3 соглашения по 2 этапу исполнены надлежащем образом и в полном объеме.