

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ

Караханова П. Р. (ИТМО)

Научный руководитель - кандидат технических наук, старший преподаватель  
Шеин В. М. (ИТМО)

**Введение.** Развитие современной микроэлектроники и силовых компонентов неизменно сталкивается с одной и той же фундаментальной проблемой: чем мощнее и компактнее становится устройство, тем сложнее устранить его перегрев. На сегодняшний день проблема перегрева является основной причиной деградации. Даже в относительно умеренном температурном диапазоне (50–70 °С) температурные градиенты создают серьезные локальные термические нагрузки, которые могут вывести из строя важные структуры. Мировой опыт показывает, что обычного принудительного воздушного охлаждения недостаточно для компоновок высокой плотности. Лидирующие компании все чаще внедряют микроканальные жидкостные системы. Однако, при анализе литературы появляется два вопроса: из какого материала делать корпус и какой метод обработки использовать? Традиционные методы механической обработки (фрезерование, сверление) и химического травления не обеспечивает необходимой точности при создании микроканальных жидкостных систем охлаждения. Данная работа посвящена разработке технологии формирования охлаждающих каналов с применением методов лазерной микрообработке и выбору оптимального материала корпуса для системы.

**Основная часть.** В качестве материала чиллера выбран нитрид алюминия (AlN). Данный выбор был обусловлен оптимальными характеристиками материала, а именно: отличной теплопроводностью (170–320 Вт/(м·К)), идеальным соответствием коэффициента термического расширения с кремнием и отсутствием деформации при нагреве. Это позволяет исключить возникновение механических трещин в самом кремнии. Технологический процесс основан на прецизионном испарении материала под воздействием импульсного лазера. В качестве лазерного источника выбран твердотельный лазер, в качестве активной среды которого используется алюмо-иттриевый гранат, легированный ионами неодима (Nd:YAG - лазер). Теоретический расчет параметров лазера ( $\tau \approx 30$  нс,  $P_i = 36,85$  Вт) основан на одномерной модели испарения, как наиболее простой, которая справедлива для очень коротких импульсов и малой глубины. Он определяет необходимый режим работы лазера для создания каналов с минимальным термическим повреждением и высоким качеством. Данный метод обработки позволяет формировать геометрию стенок с точностью до микрон, что критически важно для течения фреона в микросистемах. Также, лазерная обработка экономически выгоднее по сравнению с фотолитографией и химическим травлением, так как не требует изготовления масок и использования агрессивных реагентов, обеспечивая при этом гибкость и высокоэффективность процессов, что крайне актуально на сегодняшний день.

**Выводы.** В ходе выполнения теоретической части работы была разработана технологическая концепция изготовления высокоэффективного устройства охлаждения полупроводниковой кремниевой структуры. Было дано комплексное обоснование выбора материала и методов его обработки, полностью соответствующих условиям высокой надежности. В качестве материала для подложки выбран нитрид алюминия (AlN), благодаря своим свойствам: высокой теплопроводностью (170–320 Вт/(м·К)), идеальным согласованием коэффициента термического расширения с кремнием и отсутствием деформации при нагреве. Разработана технология создания микроканала геометрией ( $l = 1,053 \cdot 10^{-5}$  м,  $h' = 10^{-5}$  м,  $h = 4,8 \cdot 10^{-6}$  м) методом лазерной микрообработки в

импульсном режиме. Проведен теоритический расчет параметров лазерного излучения ( $\tau \approx 30$  нс,  $P_{\text{и}} = 36,85$  Вт) на основе одномерной модели абляции. Главное конкурентное преимущество данной модели – исключение внутренних механических повреждений при нагреве, которые со временем выводят из строя всю систему. Проведенные расчеты подтверждают, что импульсная лазерная абляция эффективна для создания микроканалов и не допускает появления трещин, чего практически невозможно добиться традиционными методами обработки. Внедрение данной технологии позволит существенно снизить габариты систем охлаждения при одновременном повышении их теплоотводящей способности. Данная работа является теоретической моделью и нуждается в экспериментальном подтверждении.

#### **Список использованных источников.**

1. Кушнер В. С. Материаловедение. - Омск: ОмГТУ, 2008. - 232 с.
2. Вейко В.П. Опорный конспект лекций по курсу «Физико-технические основы лазерных технологий».
3. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И., Третьяков Р. С. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении. Учебное пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 278 с.