

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОИНТЕРФЕЙСОВ В СИСТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ

Рыбаков Д. Г., студент, e-mail: dmitry_ryb10@mail.ru

Беликов А. Н., студент, e-mail: andrech1406@gmail.com

2023

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: термоинтерфейс, термопаста, ребристый радиатор, моделирование тепловых процессов, трехмерная модель.

Аннотация. Разработана трехмерная модель сборки микропроцессора с радиатором, между которыми были размещены различные варианты термопаст, выполнено моделирование тепловых процессов в программе *SolidWorks Flow Simulation*. Осуществлен сравнительный анализ полученных результатов.

Современная микроэлектроника постоянно стремится к увеличению производительности и миниатюризации. Однако, параллельно с ростом мощности микрочипов, существует проблема, требующая серьезного внимания – это проблема управления тепловой нагрузкой, которую генерируют эти устройства. Если тепло не эффективно удаляется, это может привести к перегреву и, в конечном итоге, к отказу устройства. Чтобы избежать этого, микроэлектронные системы охлаждаются с использованием различных технологий, включая радиаторы, вентиляторы, тепловые трубы и жидкостное охлаждение. В этом контексте, исследование влияния термоинтерфейсов на общую производительность систем охлаждения микроэлектроники представляет собой важную задачу.

Данная статья посвящена анализу роли и важности термоинтерфейсов в эффективном охлаждении микроэлектроники. С помощью компьютерного моделирования в программной среде *SolidWorks Flow Simulation* было рассмотрено влияние термоинтерфейсов на теплопередачу.

Термоинтерфейсы – это материалы или покрытия, используемые для улучшения теплопередачи между микрочипами и системой охлаждения. Они играют решающую роль в процессе отвода тепла от горячих компонентов к охлаждающей системе.

Необходимость использования термоинтерфейсов выходит из-за невозможности сделать контактирующие поверхности теплообмена абсолютно ровными и с отсутствием шероховатости. Термоинтерфейс заполняет любые пустоты между поверхностями и обеспечивает полноту теплового контакта (рисунок 1) [1-2].

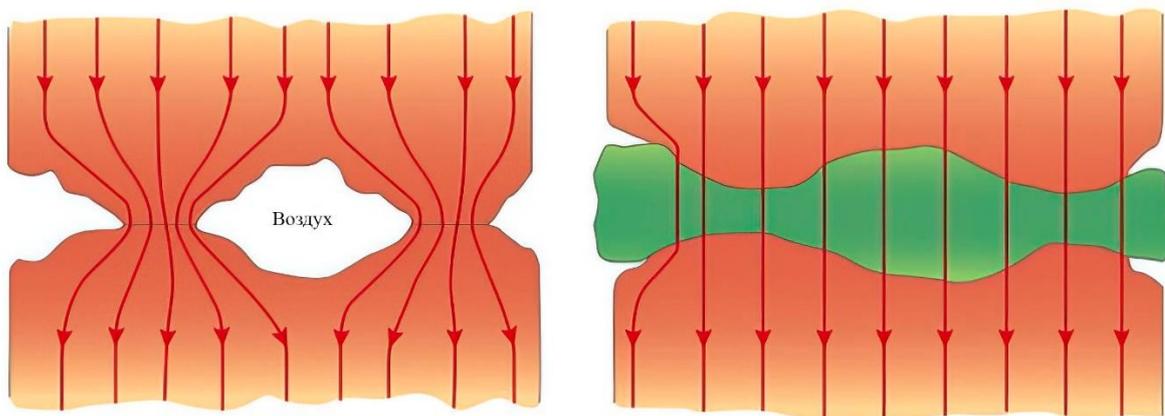


Рисунок 1 – Схема работы термоинтерфейса

Термоинтерфейсы в зависимости от целей использования производятся в виде паст, прокладок, клея и др. Наиболее производительными и чаще используемыми являются термопасты [3].

Рассмотрены некоторые из представителей высокопроизводительных термопаст, для каждой из них указано значение теплового сопротивления (таблица 1). Также был проведен опыт с моделью идеального теплового контакта.

Таблица 1 – Свойства термоинтерфейсов [4-9]

| Термопаста | Тепловое сопротивление, см ² ·град/ Вт |
|--------------------------------|--|
| DOWSIL TS-5622 | 0,060 |
| Honeywell PTM7950 | 0,045 |
| Shin etsu X-23-7921-5 | 0,050 |
| Pitel Paste Formula AZ-01 | 0,065 |
| Innovation Cooling DIAMOND | 0,250 |
| DAVOR Lubricants Kenn Therm X1 | 0,058 |

Изучаемая модель состоит из платы, на которой расположен полупроводниковый кристалл, и медного ребристого радиатора. Внешний вид модели представлен на рисунке 2.

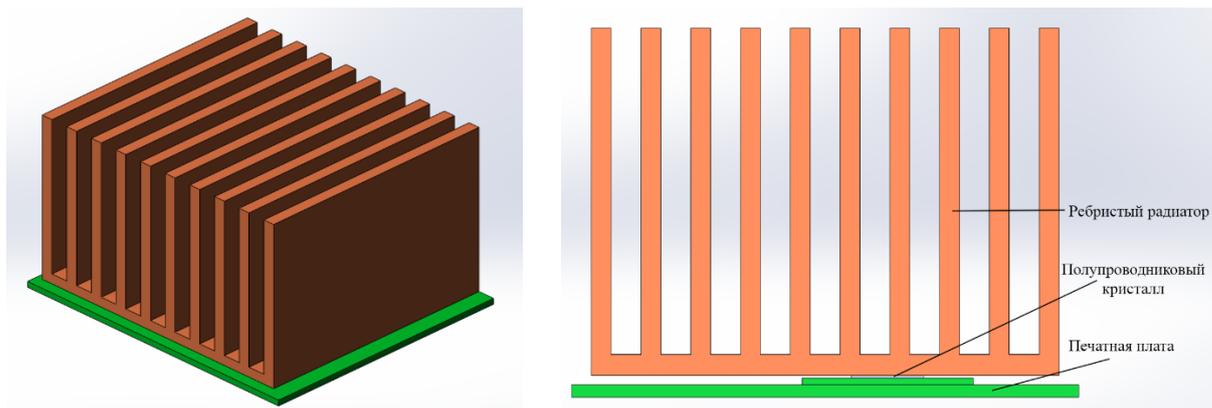


Рисунок 2 – Внешний вид изучаемой модели

При решении задачи использовались следующие исходные данные:

- контактная площадь кристалла $A = 132 \text{ мм}^2$;
- мощность тепловыделения кристалла $Q = 30 \text{ Вт}$;
- геометрические размеры радиатора $L \times W \times H = 71 \times 63 \times 53 \text{ мм}$;
- количество ребер радиатора $N = 10$;
- геометрические размеры ребра $L \times W \times H = 63 \times 3 \times 50 \text{ мм}$;

Моделирование выполнялось без внешнего обдува до наступления устоявшегося теплового режима. Результаты моделирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты моделирования

| Термопаста | Температура кристалла, °С |
|--------------------------------|---------------------------|
| Идеальный контакт | 98,60 |
| DOWSIL TS-5622 | 101,29 |
| Honeywell PTM7950 | 100,62 |
| Shin etsu X-23-7921-5 | 100,85 |
| Pitel Paste Formula AZ-01 | 101,50 |
| Innovation Cooling DIAMOND | 109,62 |
| DAVOR Lubricants Kenn Therm X1 | 101,17 |

В результате моделирования большинство термопаст показали наивысшую эффективность, температура полупроводникового кристалла мало отличалась от идеального теплового контакта. Разница температуры кристалла при использовании термопасты с наибольшим тепловым сопротивлением и с наименьшим составила 9 °С . Разница температур между лучшей термопастой и идеальным тепловым контактом составила $2,02 \text{ °С}$. Эти результаты показывают важность выбора термопасты с наименьшим тепловым сопротивлением в случаях использования при высоких температурах и мощностях.

Список использованных источников

1. Thermal Interface Materials – Overview and application [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.linseis.com/en/wiki-en/thermal-interface-materials-overview-and-application>.
2. THow TIM Works [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.overclock.net/threads/bit-tech-how-tim-works-how-to-apply-it-correctly.461979>.
3. Термоинтерфейс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Термоинтерфейс>.
4. DOWSIL™ TC-5622 Thermally Conductive Compound [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dow.com/en-us/document-viewer.html?docPath=/content/dam/dcc/documents/en-us/productdatasheet/11/11-30/11-3087-01-dowsil-tc-5622-thermally-conductive-compound.pdf>.
5. PTM7900 High Thermal Conductivity Phase Change Material [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://thermalmanagement.honeywell.com/content/dam/thermalmanagement/en/documents/document-lists/technical/PTM7900-ThermalManagement-Datasheet.pdf>.
6. Shin-Etsu MicroSi X23-7921-5 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://microsi.b-cdn.net/wp-content/uploads/2019/07/X23-7921-5-TDS-July-2019-.pdf>.
7. Pitel Paste Formula AZ-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pitelpaste.com>.
8. IC Diamond ® Thermal Compound [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.innovationcooling.com/products/ic-diamond>.
9. Thermal Paste - Kenn Therm X1 | DAVOR Lubricants [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.davor.com.my/showproducts/productid/2702043/thermal-paste-kenn-therm-x1-davor-lubricants/>.