

Герметизация микроболометров вакуумной пайкой на установке SST 3150

А.Э. Видрицкий¹, В.Л. Ланин²

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ», Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, Беларусь

Статья посвящена технологии вакуумной пайки при герметизации микроболометров на установке SST 3150. Микроболометры, как ключевые элементы инфракрасных датчиков, требуют высокой точности управления тепловыми режимами в процессе герметизации для обеспечения стабильной работы. Описаны особенности работы установки SST 3150 и предложен подход к моделированию тепловых процессов в среде SolidWorks. На основе анализа распределения температуры и тепловых потоков предложены рекомендации по оптимизации процесса герметизации. Результаты моделирования позволяют выявить потенциальные проблемы и улучшить конструктивные и технологические параметры, что способствует повышению надежности и эффективности микроболометров.

Ключевые слова: микроболометр, моделирование, пайка, герметизация, вакуум.

Введение

Современные технологии микроэлектроники и инфракрасной техники предъявляют высокие требования к точности и надежности устройств, таких как микроболометры. Эти устройства, являющиеся основой инфракрасных датчиков, широко применяются в системах тепловидения, безопасности, медицинской диагностики и космических исследованиях. Одним из ключевых этапов производства микроболометров является их герметизация, которая обеспечивает защиту чувствительных элементов от внешних воздействий и стабилизирует их работу. Однако процесс герметизации сопряжен с рядом сложностей, связанных с управлением тепловыми процессами, которые могут существенно повлиять на производительность и долговечность устройств.

Установка SST 3150, используемая для герметизации микроболометров, требует тщательного контроля тепловых параметров, так как неравномерное распределение температуры или чрезмерные тепловые нагрузки могут привести к дефектам конструкции и снижению функциональности.

Целью данной работы является разработка и анализ модели теплопередачи в среде SolidWorks для процесса герметизации микроболометров на установке SST 3150. Описаны особенности работы установки и предложен подход к созданию и анализу тепловой модели. Результаты моделирования позволяют выявить потенциальные проблемы и предложить пути оптимизации процесса, что в конечном итоге повысит качество и надежность микроболометров.

1 Механизмы теплопередачи и герметизация микроболометров

Работа микроболометров, используемых в инфракрасных датчиках для регистрации теплового излучения, основана на изменении электрического сопротивления при нагреве под воздействием ИК-излучения. В процессе эксплуатации и герметизации микроболометров ключевую роль играют три основных механизма теплопередачи: теплопроводность, излучение и конвекция. В микроболометрах теплопроводность играет важную роль, так как тепло, поглощенное чувствительным элементом, должно эффективно передаваться на подложку и рассеиваться.

Микроболометры сами по себе являются приемниками ИК-излучения, но они также могут излучать тепло в окружающую среду. Особенности теплопередачи излучением в микроболометрах:

- чувствительный элемент микроболометра поглощает ИК-излучение от объектов, что приводит к его нагреву и изменению сопротивления;
- одновременно микроболометр излучает тепло в окружающую среду, что может привести к потерям энергии и снижению точности измерений;

- в процессе герметизации важно минимизировать тепловое излучение за счет использования материалов с низкой излучательной способностью (например, золочение внутренних поверхностей капсулы или ее полировка) [1].

В процессе работы микроболометра все три механизма теплопередачи действуют одновременно. Например, тепло, поглощенное чувствительным элементом, передается через теплопроводность на подложку, частично рассеивается через конвекцию (если есть газовая среда) и излучается в окружающее пространство. Установка SST 3150 — это специализированное оборудование, предназначенное для герметизации микроболометров и других чувствительных электронных компонентов. При герметизации на установке SST 3150 важно учитывать баланс между этими процессами, чтобы обеспечить стабильность работы устройства. Например, чрезмерная теплопроводность может привести к быстрому охлаждению элемента, а недостаточная — к перегреву.

Для моделирования теплопередачи в микроболометрах необходимо создать геометрическую модель устройства в SolidWorks. Этот процесс включает несколько этапов, начиная с построения основных компонентов микроболометра, сбора данных о материалах и заканчивая созданием среды, в которой он находится. Кристалл микроболометра, смонтированного в керамический корпус на припой In₈₀Pb₁₅Ag₅, приведен на рис. 1.

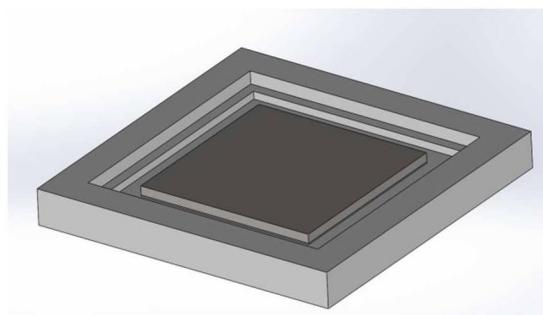


Рис. 1 Кристалл микроболометра, смонтированный в основание корпуса

Оснастка для герметизации–кассета из графита для укладки оснований корпусов приведена на рис. 2. Кассета-направляющая для грузиков используется для прижатия оснований корпусов к германиевым окнам в процессе герметизации непосредственно в момент расплавления припоя).

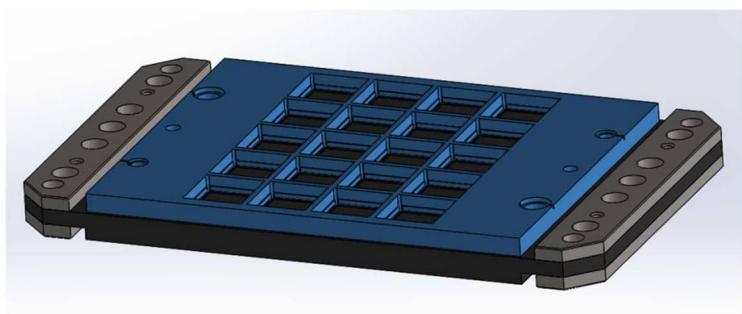


Рис. 2. Кассета для укладки оснований корпусов

2 Тепловое моделирование герметизации микроболометров в SolidWorks

Для моделирования использована встроенная библиотека материалов SolidWorks с заданными свойствами. После экспорта модели в модуль SolidWorks Simulation для проведения теплового анализа заданы граничные условия (табл. 1) [2]. Визуализация распределения температуры в модели приведена на рис. 3. Для визуализации распределения температуры в интересующей нас области, после расчета были скрыты все компоненты модели за исключением основания корпуса микроболометра. Максимальная и минимальная температуры в основании корпуса микроболометра показаны на рис. 4.

Табл. 1. Границные условия процесса герметизации

Объект	Коэффициент излучения	Коэффициент конвекции
Кассета для укладки германиевых окон	0,8	0
Кассета для укладки оснований корпусов	0,8	0
Кассета-направляющая для грузиков	0,8	0
Монтажные пластины	0,5	0
Грузики	0,5	0

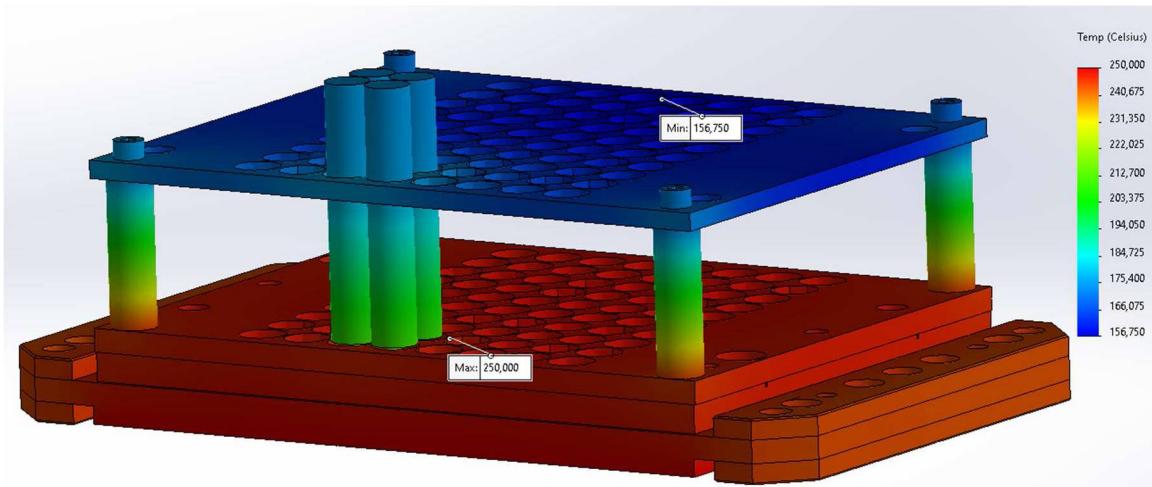


Рис. 3. Визуализация распределения температуры в модели

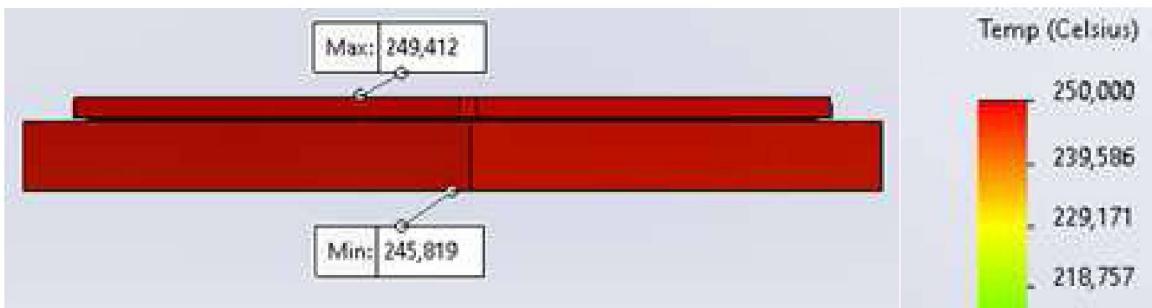


Рис. 4. Распределение температуры в основании корпуса микроболометра

Экспериментально установлено, что припой $In_{80}Pb_{15}Ag_5$ обладает наилучшей растекаемостью и хорошо смачивает металлизированные поверхности основания корпуса и германиевого окна при температуре 250°C [3]. Также известно, что характеристики пленок оксида ванадия, используемые для регистрации ИК-излучения, деградируют при температурах выше 320°C . Таким образом, в результате моделирования необходимо подобрать такую температуру, при которой основание корпуса и германиевое окно в процессе герметизации прогреются до температуры в диапазоне от 250 до 320°C . Установлено, что для обеспечения заданного диапазона температур необходимо задавать температуру кассеты для укладки германиевых окон в диапазоне от 255 до 330°C .

Заключение

Исследование подтвердило эффективность моделирования в SolidWorks для оптимизации герметизации микроболометров. Установлено, что поддержание температуры основания корпуса и германиевого окна в диапазоне 250 – 320°C (при нагреве кассеты до 255 – 330°C) обеспечивает надежное смачивание припоеем $In_{80}Pb_{15}Ag_5$ без деградации чувствительных элементов. Минимизация тепловых потерь через излучение достигнута использованием материалов с низкой излучательной способностью. Визуализация в SolidWorks Simulation показала равномерный прогрев компонентов, подтвердив корректность граничных условий. Разработанная методика позволяет снизить риски перегревов, повышая

надежность микроболометров. Дальнейшие работы могут быть направлены на оптимизацию конструкции оснастки и учет дополнительных факторов среды.

Литература

1. Рогальски, А. Инфракрасные детекторы: принципы и технологии / А. Рогальски; пер. с англ. — М.: CRC Press, 2011. — 888 с.
2. Харпер, Ч. А. Справочник по упаковке и соединениям в электронике / Ч. А. Харпер; пер. с англ. — М.: McGraw-Hill Education, 2005. — 1200 с.
3. Видрицкий, А.Э. Технология вакуумноплотной герметизации корпусов микроболометров / А.Э. Видрицкий, В.Л. Ланин // Вестник ПГУ. Серия С. Фундаментальные науки. 2024. —№ 1(42). —С. 47–52.