

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОТВОДА ТЕПЛА ПРИ КОРПУСИРОВАНИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ И МИКРОСХЕМ

Герман Е.В., Гармилин Е.В

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Научные руководители: Ефименко С.А. – канд. техн. наук, Бондарик В.М. – канд. техн. наук

Аннотация. В работе рассмотрена классификация корпусов для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем с точки зрения отвода тепла. Представлены основные значения теплового сопротивления на уровне «кристалл-корпус» «кристалл-среда». Представлены соответствующие зависимости.

Ключевые слова: Полупроводниковые приборы, интегральные микросхемы, теплоотвод, радиатор, тепловое сопротивление, корпус.

Введение. Все корпуса для ИМС и полупроводниковых приборов силовой электроники с точки зрения решений проблемы и методов отвода тепла можно разделить на три группы (рис.1):

1. Корпуса, которые не предусматривают посадку прибора на радиатор (теплоотвод). Такое решение обычно применяется для маломощных приборов, которые не требуют особых мер охлаждения. В данную категорию входят пластмассовые корпуса типа SO, DIP, TO-92, а также металлокерамические корпуса с планарным расположением выводов и др.

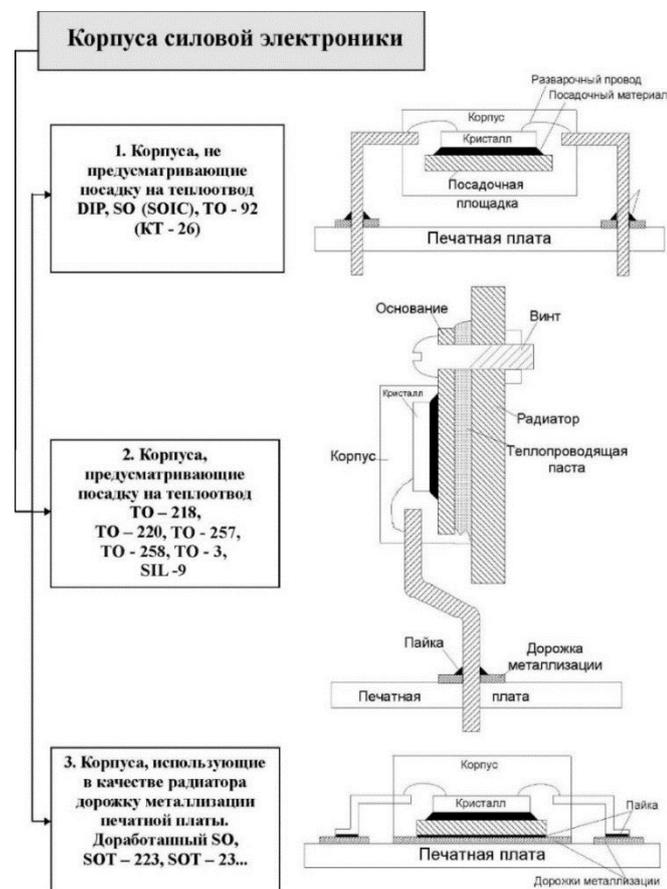


Рисунок 1. – Основные типы корпусов для полупроводниковых приборов и ИМС силовой электроники

2. Корпуса, предусматривающие посадку приборов на теплоотвод (радиатор), но для которых требуются специальные меры охлаждения. Данный тип корпусов применяется для мощных силовых приборов (ТО-220, ТО-218, ТО-258, ТО-3, SIL-9 и др).

3. Корпуса, использующие металлизированные дорожки печатной платы в качестве теплоотвода (SOT-23, SOT-223 и др).

Основная часть. В настоящее время наблюдается тенденция постоянной миниатюризации корпусов, в том числе и для интегральных микросхем силовой электроники. Все чаще используются металлизированные дорожки печатной платы в качестве радиатора.

Перечень наиболее часто используемых корпусов для полупроводниковых приборов и интегральных микросхем со значениями тепловых сопротивлений $R_{T \text{ кр-ср}}$ (кристалл-среда) и $R_{T \text{ кр-кор}}$ (кристалл-корпус) представлен в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Перечень обозначений основных типов корпусов для полупроводниковых приборов и ИМС силовой электроники

Тип корпуса	Число выводов	$R_{T \text{ кр-кор}}, ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$R_{T \text{ кр-ср}}, ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
DIP	8	50	150
	16	39	117
SO	8	56	157
	14	52	143
	16	29	130
SOT - 23	3	140	370
SOT - 223	4	17	164
ТО - 92	3	125	208
ТО – 220 (без теплоотвода)	3, 5, 7	3-5	50-65
SIL – 9 (без теплоотвода)	9	3-5	40
ТО – 218 (без теплоотвода)	3	1-3	35-50
ТО – 3 (без теплоотвода)	3	0,5-2,5	35
ТО – 257, 258 (без теплоотвода)	3	0,5	175

Основные пути решения проблемы отвода тепла в интегральных микросхемах и полупроводниковых приборах показаны на рис.2.

Три наиболее эффективных пути решения отвода тепла:

- «кристалл – посадочная площадка – радиатор – окружающая среда»;
- «посадочная площадка – корпус – выводы – печатная плата – окружающая среда»;
- «корпус – воздушная прослойка вокруг корпуса – окружающая среда».

Зависимость допустимой мощности рассеивания интегральных микросхем и полупроводниковых приборов силовой электроники для разных условий теплоотвода от температуры окружающей среды на примере корпуса ТО-223 представлена на рис.3. Зная тепловое сопротивление кристалл-среда для конкретных условий и предельно допустимую температуру кристалла (150°C) можно найти допустимую мощность. Любая интегральная микросхема или полупроводниковый прибор характеризуется двумя крайними значениями тепловых сопротивлений: кристалл - среда $R_{T \text{ кр-ср}}$ и кристалл - корпус $R_{T \text{ кр-кор}}$.

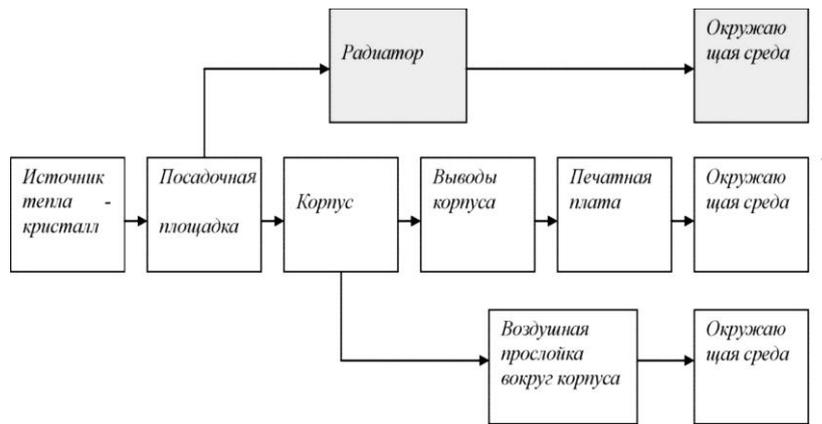


Рисунок 2. – Пути отвода тепла в ИМС или полупроводниковом приборе

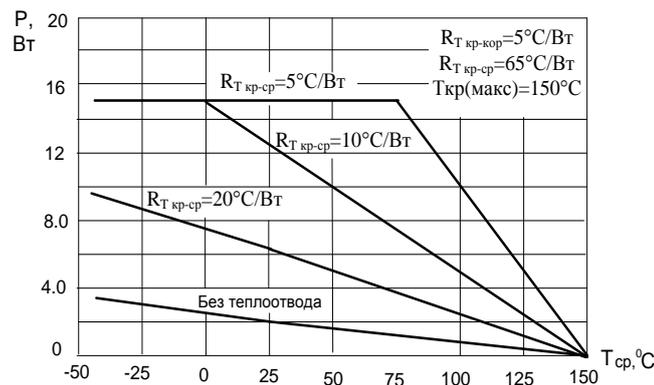


Рисунок 3. – Зависимость допустимой мощности рассеивания полупроводниковых приборов и ИМС силовой электроники от температуры среды для разных условий теплоотвода (корпус ТО – 220)

Нижняя зависимость построена для случая, когда прибор не посажен на радиатор, и теплоотвод определяется только тепловым сопротивлением «кристалл-среда» без радиатора $R_{T\text{ кр-ср}}=65\text{ °C/Вт}$. Средние линии относятся к случаю применения дополнительного теплоотвода – радиатора ($R_{T\text{ кр-ср}}=20$ и 10 °C/Вт). Верхняя линия соответствует идеальному отводу тепла от корпуса. Например, это можно осуществляться с помощью термостатирования корпуса интегральной микросхемы или полупроводникового прибора. Тепловое сопротивление «кристалл – среда» в данном случае приближается к значению «кристалл – корпус».

Максимально допустимая мощность является также характеристикой любого корпуса. Для корпуса ТО-220 эта мощность составляет 15 Вт.

На рис.4-5 приведены справочные зависимости, которые могут полезны конструкторам полупроводниковых приборов и интегральных микросхем.

Графики, представленные на рис. 4 демонстрируют зависимость нормированного теплового сопротивления от величины скорости воздушного потока. В данном случае была использована принудительная вентиляция для корпуса DIP 16.

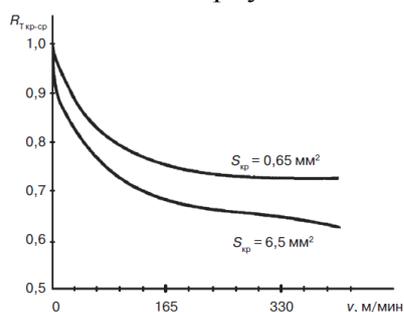


Рисунок 4. – Зависимость нормированного теплового сопротивления от скорости воздушного потока для корпуса DIP 16

Типовые зависимости величины теплового сопротивления от площади кристалла в случае использования различных материалов кристаллодержателя (а), а также от способа монтажа (б) для корпуса DIP 16. Из данных зависимостей можно отметить тот факт, что медный кристаллодержатель и способ монтажа в виде пайки на печатную плату обеспечивает наименьшее значение R_T .

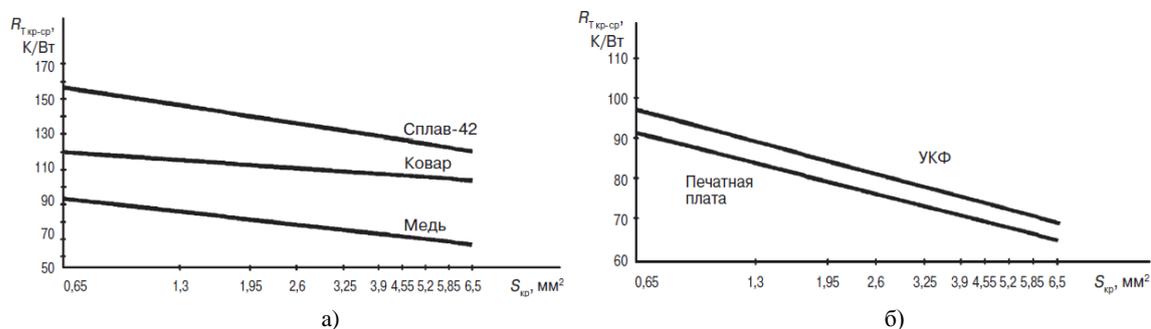


Рисунок 5. – Зависимость теплового сопротивления от площади кристалла для корпуса DIP 16: а) от материала кристаллодержателя; б) для двух способов монтажа (пайка на печатную плату или устройство контактирования УКФ)

Заключение. В заключение можно сказать, что при выборе корпуса для интегральной микросхемы необходимо учесть множество конструктивных особенностей, обеспечивающих их эксплуатационную надежность. Минимально возможное тепловое сопротивление между микросхемой и окружающей средой – это всего лишь один из параметров. Корпуса должны выдерживать нагрузки, возникающие непосредственно при сборке, в процессе эксплуатации, а также соединении с другими корпусами. Конструктора пытаются минимизировать размеры корпуса и придать ему наиболее удобную для сборки форму. Конструкция корпуса обязана обеспечивать электрические соединения между микросхемой и внешней средой, а также свести к минимуму паразитные емкости и индуктивности не смотря на плотность проводников.

Список литературы

1. Белоус А.И., Ефименко С.А., Турцевич А.С., Полупроводниковая силовая электроника, Москва: Техносфера, 2013. – 216 с
2. Белоус, А.И. «Основы силовой электроники» / Белоус А. И, Ефименко С. А., Солодуха В. А., Пилипенко В. А. – Москва: «Техносфера», 2019. – 424 с.

UDC 621.3.049.77

SOLUTION OF THE PROBLEM OF HEAT REMOVAL IN THE ENCLOSURE SEMICONDUCTOR DEVICES AND MICROCIRCUITS

Herman Y.V, Harmilin Y.V

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Minsk, Republic of Belarus*

Efimenko S.A. - PhD, associate professor, Bondarik V.M. - PhD, associate professor

Annotation. The paper considers the features of measuring the thermal resistances of power semiconductor devices: formulas, practical features, thermograms of the temperature distribution on MOS transistors connected with and without a radiator are presented, the numerical values of the resistances are calculated.

Key words: Semiconductor devices, integrated microcircuits, heat sink, radiator, thermal resistance, thermogram.