

УДК 621.382-213

DOI:10.36815/2973-8250-2020-257-2-22-27

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОРПУСОВ ТИПА ТО-247 И ТО-220

В.А. Сидоров, А.Г. Чупрунов, С.В. Катаев, К.В. Сидоров
АО «НПП «Пульсар», 105187, г. Москва, Окружной проезд, д. 27

Представлена конструкция герметичных металлокерамических корпусов типа ТО-247 и ТО-220, являющихся аналогами металлопластмассовых и металлоглазанных корпусов. Корпуса могут быть использованы для многокристальных сборок на основе эпитаксиальных структур кремния и карбида кремния, для интеллектуальных силовых ключей на нитриде галлия и т.п. с максимальным рабочим напряжением до 2500 В и импульсным током до 350 А.

Ключевые слова: *металлопластмассовый корпус, металлокерамический корпус, металлоглазанный корпус, медный ввод, керамический изолятор*

Сведения об авторах: *Сидоров Владимир Алексеевич, к.т.н., vlsidorov@pulsarnpp.ru; Чупрунов Алексей Геннадиевич, chuprunov_ag@pulsarnpp.ru; Катаев Сергей Владимирович, s_kataev@pulsarnpp.ru; Сидоров Кирилл Владимирович, sidorov_kv@pulsarnpp.ru*

DESIGN AND TECHNOLOGICAL FEATURES OF CERAMIC-METAL TO-247 AND TO-220 SEMICONDUCTOR PACKAGES

V.A. Sidorov, A.G. Chuprunov, S.V. Kataev, K.V. Sidorov
S&PE Pulsar JSC, 105187, Moscow, Okruzhnoy pr., 27

In this paper we introduce the design of sealed ceramic-metal TO-247 and TO-220 packages, which are intended for the same applications as plastic-metal and glass-metal alternatives. Packages could be used for epitaxial Si and SiC multi-die assemblies, for GaN smart power switches, etc., with operating voltage up to 2500 V and pulsed current up to 350 A.

Keywords: *plastic-metal package, ceramic-metal package, glass-metal package, copper pin, ceramic insulator*

Data on authors: *Sidorov Vladimir Alekseevich, Ph.D., vlsidorov@pulsarnpp.ru; Chuprunov Aleksey Gennadievich, chuprunov_ag@pulsarnpp.ru; Kataev Sergey Vladimirovich, s_kataev@pulsarnpp.ru; Sidorov Kirill Vladimirovich, sidorov_kv@pulsarnpp.ru*

Корпуса типа ТО-247, ТО-220 и им подобные, выполненные в металлокерамическом варианте, имеют хорошую электрическую изоляцию между вводами, низкое значение электрического сопротивления вводов, высокое значение рабочего тока за счёт выполнения выводов из меди и обеспечивают возможность надёжной герметизации приборов шовно-роликовой сваркой. Корпуса различаются габаритными размерами и количеством вводов, а также электрическими характеристиками.

На рис. 1 представлен корпус ТО-247 в металлокерамическом исполнении. Особенностью данной конструкции в отличие от металlostеклянного исполнения является наличие керамического изолятора (1), в проходных отверстиях которого размещены медные вводы (2), герметично при-

паянные к металлизированным выступам изолятора припоем ПСр-72 с помощью шайбы. Керамический изолятор с вводами припаян к фланцу (3). Материалами теплоотводящего фланца могут быть псевдосплавы молибден-медь или вольфрам-медь, имеющие близкие значения коэффициента теплового линейного расширения (КТЛР) с КТЛР керамики. На верхней поверхности изолятора припаян ободок из сплава 29НК для герметизации корпуса шовно-роликовой сваркой.

На рис. 2 представлен корпус ТО-220 с двумя медными вводами. Конструктивные и технологические особенности корпуса такие же, как и у металлокерамического корпуса ТО-247. Материалы фланца, шайбы и герметизирующей рамки использованы максимально согласо-

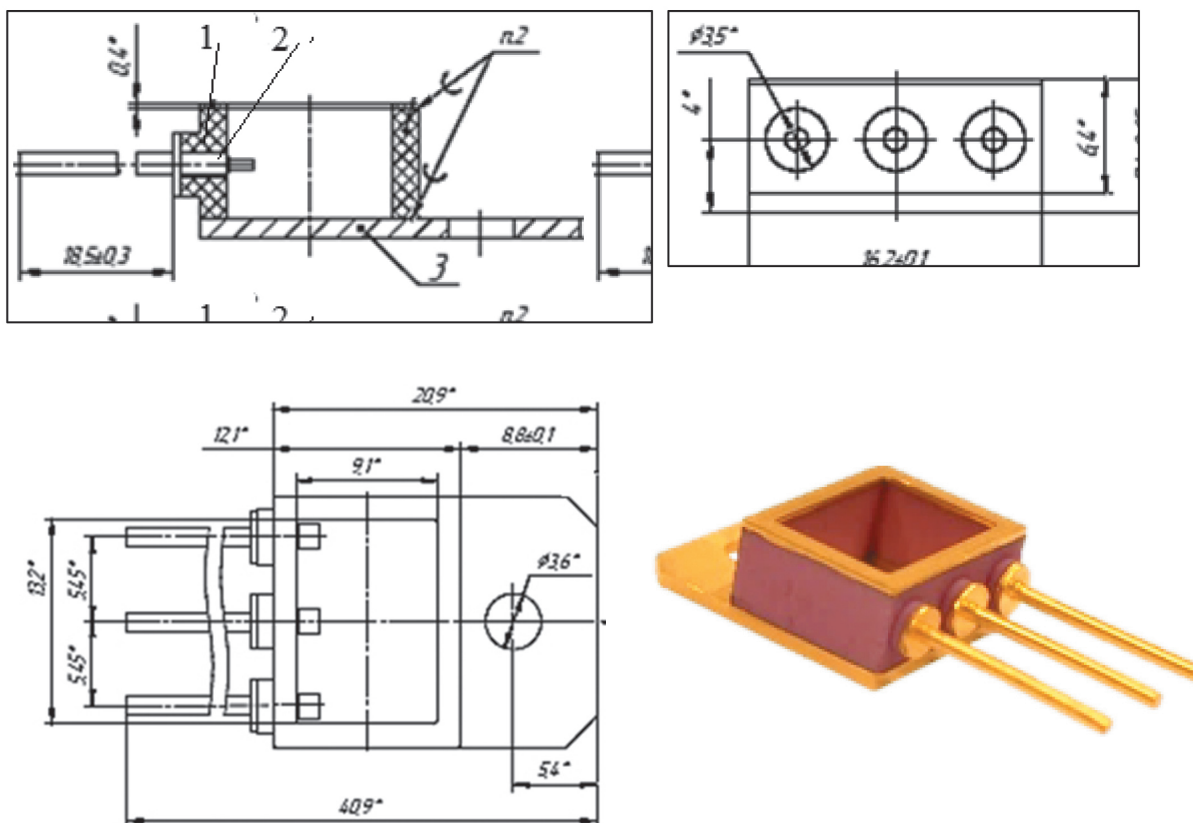


Рис. 1
Металлокерамический корпус ТО-247

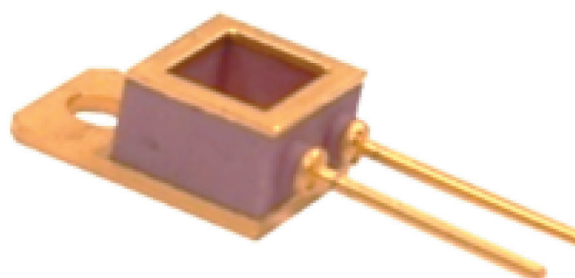
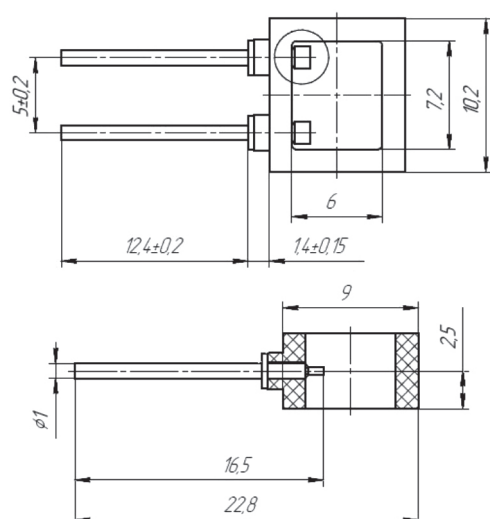


Рис. 2

Металлокерамический корпус ТО-220

ванные по тепловому расширению с керамикой, как и в металлокерамическом корпусе ТО-247 [1].

Основными параметрами корпусов, подтверждающими их работоспособность, являются напряжение между вводами и электрическое сопротивление вводов.

Электрическое сопротивление R силовых вводов корпусов определяется по фор-

муле $R = \rho \cdot l / S$, где ρ – удельное электрическое сопротивление материала (Ом·см); l – длина проводника (см); S – поперечное сечение проводника (см²).

При проведении расчётов использованы справочные данные [2,3].

Результаты расчёта допустимых значений пробивного напряжения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Расчётные значения пробивного напряжения

| Корпус | Расстояние, мм | | Расчётное напряжение между вводами, В | Напряжение, В Вывод-фланец Вывод-рамка |
|--------|----------------|-----------------------------|---------------------------------------|--|
| | Вводы | Вывод-фланец Вывод-рамка | | |
| ТО-247 | 2,9 | 1,5 | 8990 | 4650 |
| ТО-220 | 2,5 | 1,6 | 7750 | 4960 |

Измеренные значения пробивного напряжения несколько выше расчётных. Разницу в значении пробивного напряжения расчётного и измеренного можно объяснить тем, что справочное напряжение пробоя воздуха при давлении 760 мм рт.ст., равное 32 кВ/см, измерялось между двумя шарами диаметром 1 см, а детали корпуса имеют другие размеры и форму.

На рис. 3 представлена электрическая модель корпуса типа ТО-247.

В табл. 2 представлены расчётные значения L , C , R для корпуса типа ТО-247.

L_1 – индуктивность внешнего участка вывода, L_2 – индуктивность участка в изоляторе, L_3 – индуктивность участка внутри корпуса.

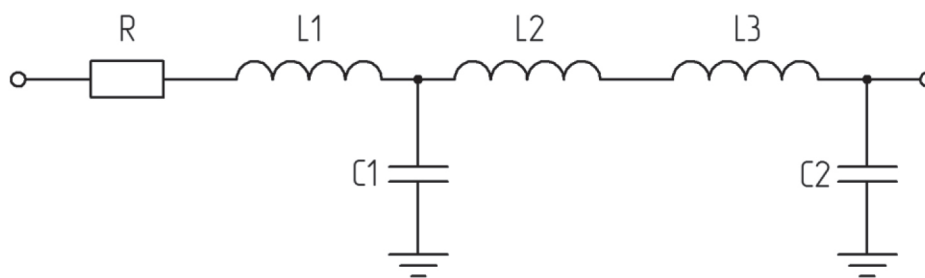


Рис. 3

Электрическая модель корпуса типа ТО-247

Индуктивность вывода рассчитана по формуле [6]:

$$L = \frac{\mu_0 \cdot l}{2\pi} \cdot \left(\ln \frac{2l}{r} - \frac{3}{4} \right),$$

где l – длина участка ввода, r – радиус вывода; $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Металлокерамический корпус в отличие от металлостеклянного имеет не только существенно меньшее электрическое сопротивление выводов, но и потенциально более стоек к циклическому изменению температур.

В табл. 3 приведены сравнительные характеристики металлокерамических и металлостеклянных корпусов ТО-247 и ТО-220.

При производстве металлокерамических корпусов типа ТО используются традиционные технологические процессы изготовления керамических изоляторов посредством литья заготовок из шликера с последующим удалением связующего вещества высокотемпературным обжигом и металлизацией пастами на основе тугоплавких металлов.

При изготовлении металлических деталей корпуса также применимы традиционные процессы штамповки и химических покрытий. Сборка корпуса проводится пайкой высокотемпературным припоем на основе серебра в среде водорода.

Одним из основных узлов герметичных металлокерамических корпусов типа

Таблица 2

Расчётные значения L , C , R для металлокерамического корпуса типа ТО-247

| L_1 , нГн | L_2 , нГн | L_3 , нГн | C_1 , пФ | C_2 , пФ | R , Ом |
|-------------|-------------|-------------|------------|------------|---------------------|
| 13,4 | 0,69 | 0,1 | 0,19 | 0,017 | $2,4 \cdot 10^{-4}$ |

Таблица 3

Сравнительные характеристики металлокерамических и металлостеклянных корпусов по функциональным параметрам

| Конструкция корпуса ТО-247 | Сопротивление вводов на длине 5 мм, мОм | $I_{\text{макс}}$ непрерывный, А |
|----------------------------|---|----------------------------------|
| ТО-247 металлокерамический | 0,053 | 90 |
| ТО-247 металлостеклянный | 0,3 | 15 |
| ТО-220 металлокерамический | 0,1 | 40 |
| ТО-220 металлостеклянный | 0,6 | 8 |

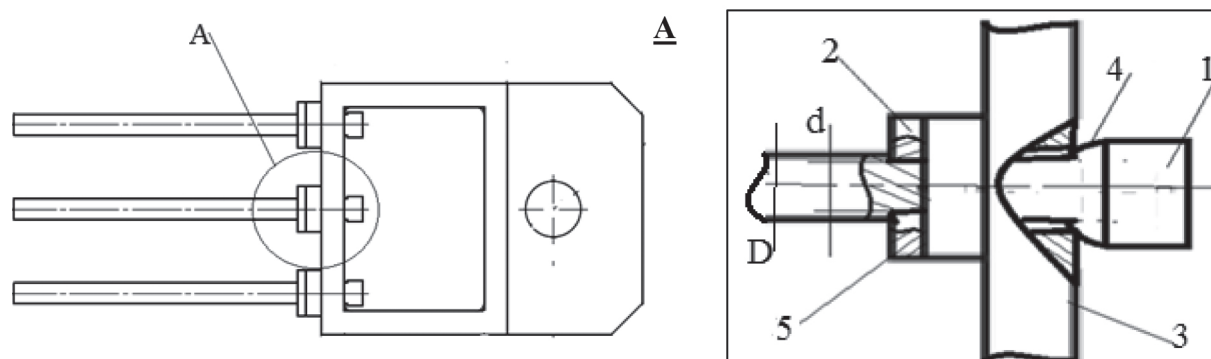


Рис. 4

Сборка ввода в корпусе TO-247

ТО-247 и ТО-220 является герметичный ввод. Герметичность медного ввода можно обеспечить посредством пайки припоем ПСр-72 при условии запрессовки ввода в отверстие шайбы из сплава 29НК (ковар). Сборку ввода (рис. 4) в корпусе предпочтительно проводить в следующей последовательности: металлические шайбы (2) после размещения в них вводов (1) осаживают до образования плотного неразъёмного соединения шайб с вводами, плоские площадки на вводах для сборки полупроводникового прибора термокомпрессионной или ультразвуковой сваркой внутри корпуса формируют посредством расплющивания до получения плотного и неподвижного контакта шайб с металлизацией на изоляторе. При осаживании шайбы диаметр d отверстия в шайбе (2) уменьшается, становится несколько меньше диаметра D ввода (1). Шайба (2) как бы пережимает ввод, внедряясь в него. Соединение ввода с шайбой становится неразъёмным. Ввод предварительно перед расплющиванием отжигают, повышая его пластичность. При расплющивании концов вводов (1) внутри изолятора не только получают плоскими монтажные площадки, но медный наплыв (4) течёт также в сторону внутренней

стенки изолятора (3) и, достигая её, плотно прижимает шайбы к металлизации (5). Вводы при этом неподвижно фиксируются в изоляторе и далее может проводиться одностадийная пайка вводов и изолятора с фланцем с использованием кассеты, ориентирующей только изолятор относительно фланца и рамку для герметизации на изоляторе, вместо двухстадийной пайки, включающей пайку изолятора с вводами серебром и затем пайку корпуса с фланцем и рамкой припоем ПСр-72.

Такая сборка, помимо сокращения трудоёмкого технологического процесса, также повышает процент выхода годных корпусов за счёт гарантированного плотного соединения поверхности шайбы (2) с вводом (1) к металлизации (5) на изоляторе.

Заключение

Металлокерамические корпуса типа ТО-247 и ТО-220 способны работать при значениях тока, в 3-5 раз превышающих значения тока в металлостеклянных корпусах, при обеспечении существенно меньшего падения напряжения на вводах.

Расчётная и экспериментальная оценка предложенных конструктивных и технологических решений подтверждает воз-

возможность использования металлокерамических корпусов типа ТО-247 и ТО-220, аналогичных по основным габаритным размерам металлостеклянным и металлопластмассовым корпусам, в изделиях силовой электроники.

Литература

1. Пат. 183394 Российская Федерация, МПК⁵¹ Н 05 К 7/02. Мощная гибридная интегральная СВЧ интегральная схема / Груздов В.В., Крымко М.М., Савченко Е.М., Сидоров В.А., Пронин А.А., Першин А.Д., Попов М.С., Чупрунов А.Г.; заявитель АО «НПП «Пульсар». – № 2017131322; заявл. 06.09.17; опубл. 21.09.18 4 от 14.06.2017.
2. Таблицы физических величин / Справочник под ред. акад. И.К. Киконина. – М.: Атомиздат, 1976. – 328 с.
3. Рот, А. Вакуумные уплотнения / А. Рот; пер. с англ. – М.: Энергия, 1971. – 456 с.

4. Калантаров П.Л., Цейтлин Л.А. Расчёт индуктивностей: Справочная книга. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 92 с.

References

1. Gruzдов V. V., Krymko M. M., Savchenko E. M., Sidorov V. A., Pronin A. A., Pershin A. D., Popov M. S. Korpus moshchnoy gibridnoy SVCH integral'noy skhemy [Power hybrid microwave integrated circuit package]. Russian Federation patent no. RUS 2659304 (2017).
2. Reference book of tables of physical quantities. Ed. by Kikonin I.K., Moscow, Atomizdat, 1976, 328 p.
3. Roth A. Vakuumnyye uplotneniya [Vacuum Sealing Techniques], Moscow, Energiya, 1971, p. 112.
4. Kalantarov P. L., Tseytlin L. A., Reference book of inductance calculation, 3rd ed. Saint Petersburg, Energoatomizdat, 1986, 92 p.