

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041759**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.11.30

(51) Int. Cl. **H01L 25/04** (2014.01)

(21) Номер заявки
202191642

(22) Дата подачи заявки
2021.06.15

(54) **ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОМОДУЛЬ**

(43) **2022.11.28**

(56) RU-C1-2335821
RU-C1-2488913
RU-A-2011152035

(96) **2021000063 (RU) 2021.06.15**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ,
ОТ ИМЕНИ КОТОРОЙ
ВЫСТУПАЕТ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
КОРПОРАЦИЯ ПО
КОСМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
"РОСКОСМОС" (RU)**

(72) Изобретатель:
**Титов Андрей Юрьевич, Погалов
Анатолий Иванович, Долговых
Юрий Геннадьевич, Тихонов Кирилл
Семенович (RU)**

(74) Представитель:
Горбановский Н.Г. (RU)

(57) Изобретение относится к области создания малогабаритных электронных устройств с пространственным размещением гибкой коммутационной платы с бескорпусными элементами на теплоотводящем основании. Сущность изобретения: электронный микромодуль представляет собой гибкую коммутационную плату со смонтированными на ней бескорпусными элементами с микровыводами с лицевой стороны и упорами с обратной стороны, собранную затем на теплоотводящем основании с применением эластичного низкомодульного компаунда. Техническим результатом изобретения является расширение функциональных возможностей микромодуля при работе в условиях интенсивных термомеханических и динамических нагрузок, коррозионных сред, обеспечение пространственной компоновки, улучшение теплоотвода и повышение надежности сборочных соединений микромодуля.

041759 B1

041759 B1

Изобретение относится к области создания малогабаритных электронных устройств с пространственным размещением гибкой коммутационной платы с бескорпусными элементами на теплоотводящем основании.

Известно техническое решение, представляющее собой трехмерный гибкий электронный модуль (патент РФ № 2119276, МПК H05K 3/36, дата публикации 20.09.1998), состоящий из бескорпусных электронных компонентов, корпусных электронных компонентов и микроплат с бескорпусными активными и пассивными электронными компонентами. В состав модуля могут входить различные датчики и системы приемопередатчика. Бескорпусные электронные компоненты, корпусные электронные компоненты и микроплаты, помимо внутренних связей, соединены электрически между собой гибкими гофрированными коммутационными платами, имеющими переменное сечение. Каждый тепловыделяющий компонент снабжен теплоотводом, имеющим тепловой контакт с внешней гибкой оболочкой модуля.

Данное техническое решение плохо приспособлено для работы в условиях динамических и ударных нагрузок вследствие недостаточной электрической целостности конструкции и возможности образования коротких замыканий, что может сказаться на надежности изделия. Неравномерное размещение компонентов снижает плотность компоновки всего устройства. В конструкции трехмерного гибкого электронного модуля тепловыделяющий компонент снабжен теплоотводом, имеющим тепловой контакт с внешней гибкой оболочкой, длина отвода тепла получается достаточно большая, что уменьшает эффективность теплоотвода. Применение в конструкции множества электронных компонентов, микроплат и гибких печатных плат с чередующимися расширениями и сужениями увеличивает габариты конструкции, а также повышает трудоемкость изготовления таких изделий.

Известно техническое решение - трехмерный электронный модуль (патент РФ № 2335821, МПК H01L 25/00, дата публикации 10.10.2008), содержащий стандартные корпусированные компоненты и/или микроплаты с бескорпусными активными и пассивными компонентами, внешнюю систему теплоотвода и внешние выводы. В конструкции модуля имеется печатная коммутационная плата и соединительная плата, на которых сформирован трехмерный электрический соединитель, при этом трехмерные электрические соединители коммутационных плат и соединительных плат соединены между собой с образованием кубической и/или трубчатой трехмерной ячейки, образующей из множества трехмерных ячеек трехмерную разъемную электрическую связь. Внешняя система теплоотвода активных элементов обеспечивается трубчатой трехмерной ячейкой, снабженной коаксиально расположенными теплоотводящими трубами.

Недостатками этого технического решения являются повышенные габариты конструкции и низкая плотность размещения компонентов за счет образования пустот внутри каждой кубической ячейки, входящей в состав трехмерного электронного модуля. Такое техническое решение не может обеспечить эффективный съем тепла и не приспособлено к работе в условиях интенсивных термомеханических нагрузок.

Известно техническое решение - трехмерное электронное устройство с конфигурацией произвольной пространственной формы (патент РФ № 2488913, МПК H01L 25/00, дата публикации 27.07.2013), содержащее микроплаты, гибкую печатную плату с контактными полями, а также бескорпусные электронные компоненты. Данное техническое решение является наиболее близким к предложенному решению создания электронного микромодуля и принято за прототип. В состав трехмерного электронного устройства входят трехмерные электронные модули, соединенные между собой электрически совмещенными контактными полями. Трехмерные электронные модули выполняют с применением материалов, обладающих высокой теплопроводностью и теплоемкостью. Монтаж внутри трехмерных модулей выполняют путем соединения капиллярной пайкой между собой бескорпусных компонентов, микроплат и промежуточных коммутационных плат в единую сборку.

К недостаткам данного технического решения можно отнести использование большого количества отдельных микроплат, что увеличивает массогабаритные показатели изделия. Отсутствие дополнительных теплопроводящих материалов ставит под сомнение эффективный теплоотвод при наличии такой плотности сборки. В случае неоднократного демонтажа вышедших из строя компонентов устройства снижается надежность и долговечность соединений, что ограничивает применение таких изделий в условиях постоянных нагрузок и внешних воздействующих факторов.

Техническим результатом изобретения является расширение функциональных возможностей микромодуля при работе в условиях интенсивных термомеханических и динамических нагрузок, коррозионных сред, обеспечение пространственной компоновки элементов микромодуля, улучшение теплоотвода, повышение надежности сборочных соединений микромодуля, что достигается за счет сочетания всех новых свойств элементов и материалов, которые не обладают этими свойствами в отдельности.

В электронном микромодуле, содержащем коммутационную плату со смонтированными на ней бескорпусными элементами, соединенными между собой электрическими связями, собранную на теплоотводящем основании, технический результат достигается тем, что коммутационная плата выполнена в виде гибкой ленты с перфорацией для герметизации и фиксации бескорпусных элементов, бескорпусный элемент на лицевой стороне снабжен микровыводами, а с обратной стороны упорами, на ленте расположены расширенные контактные зоны для соединения с контактными площадками других внешних уст-

ройств, основание снабжено пазами для размещения и герметизации бескорпусных элементов, основание и пазы имеют защитное коррозионностойкое покрытие, для герметизации и фиксации бескорпусных элементов с лентой и основанием используют эластичный низкомолекулярный компаунд.

Перфорация на ленте представляет собой матрицу в виде одинаковых по форме квадратных окон. Окно в перфорации выполняется размером не меньше 0,5 мм. Перфорация с окнами в ленте выполняется над каждым бескорпусным элементом. Таким образом, перфорация на ленте в виде окон служит для облегчения распределения слоя компаунда между лентой и бескорпусным элементом, предупреждает деформации, минимизирует поверхностные напряжения и повышает функциональные возможности микро модуля.

Теплоотводящее основание выполняют в форме куба, на боковых гранях которого сформированы пазы, повторяющие конфигурацию и размер бескорпусных элементов. Форма куба с пазами обеспечивает пространственное и компактное размещение бескорпусных элементов внутри теплоотводящего основания, что повышает функциональные возможности микро модуля при применении в устройствах малых космических аппаратов.

Теплоотводящее основание покрывается по всей площади защитным коррозионностойким покрытием толщиной 15-20 мкм с шероховатостью его поверхности 1-5 мкм. Защитное коррозионностойкое покрытие теплоотводящего основания обеспечивает устойчивую защиту от коррозии и внешних воздействий, вместе с тем обеспечивает улучшенный сток тепла и увеличение адгезионной прочности герметизирующего соединения при размещении бескорпусных элементов в пазах основания. Такое значение шероховатости обеспечивает полную и равномерную заполняемость компаундом в пазу основания при проведении герметизации. При увеличении значения шероховатости коррозионностойкого покрытия падает адгезия герметизирующего соединения к основанию в 2,5 раза.

На каждом бескорпусном элементе с лицевой стороны формируют микровыводы размером 40-100 мкм, выполняющие не только функцию электрического контакта, но и дополнительного упора между лентой и бескорпусным элементом. С обратной стороны бескорпусного элемента по углам приклеивают упоры размером 40-100 мкм для размещения в пазу теплоотводящего основания при герметизации. В качестве материала упоров могут применяться калиброванные стеклянные шарики. Оптимальным размером микровыводов и упоров выбирают 70 мкм. При таком размере достигается наибольшая прочность соединения. При увеличении размера соединения до 200 мкм и более прочность уменьшается в 3 раза.

Герметизация каждого бескорпусного элемента осуществляется через перфорацию с окнами на ленте при помощи эластичного низкомолекулярного компаунда с модулем упругости менее 40 МПа. В случае увеличения значения модуля упругости падает выносливость соединений, наблюдается ухудшение динамических и демпфирующих характеристик в несколько раз. Компаунд равномерно распределяется и заполняет пространство между лицевой стороной бескорпусного элемента с микровыводами и лентой, образуя герметизирующее соединение. Компаунд заполняет боковые зазоры в пазу основания и далее проникает на дно паза, заполняя пространство между упорами бескорпусного элемента. Размер герметизирующего соединения бескорпусного элемента определяется размером микровыводов и упоров и составляет 40-100 мкм. Коэффициент прочности соединения при увеличении его толщины падает в 3,5 раза.

Расширенные контактные зоны выполняются с размером 1/5 ширины ленты, что обеспечивает возможность свободного изгиба относительно основания куба и расширяет функциональные возможности изделия в процессе сборки и монтажа с контактными площадками внешних устройств.

На фиг. 1 показана конструкция электронного микро модуля в процессе сборки, где 1 - теплоотводящее основание; 2 - гибкая коммутационная плата; 3 - бескорпусной элемент; 4 - расширенные контактные зоны; 5 - паз; 6 - перфорация.

На фиг. 2 представлена конструкция микро модуля в собранном виде.

Электронный микро модуль включает теплоотводящее основание 1, гибкую коммутационную плату 2, бескорпусные элементы 3, расширенные контактные зоны 4, пазы 5, перфорацию 6 для герметизации бескорпусных элементов с микровыводами.

На фиг. 3 представлена схема размещения бескорпусного элемента 3 с микровыводами 7 и упорами 9 на гибкой коммутационной плате 2 внутри паза 5 теплоотводящего основания 1 с применением компаунда 8 в процессе сборки.

На фиг. 4 показан увеличенный фрагмент монтажной зоны гибкой коммутационной платы с бескорпусным элементом, где через перфорацию 6 на гибком диэлектрическом материале 2 с двусторонним коммутационным покрытием 10 осуществляется герметизация бескорпусного элемента 3 с микровыводом 7 и упором 9 с применением компаунда 8.

На фиг. 5 показан фрагмент смонтированного на гибкую коммутационную плату 2 и герметизированного компаундом 8 бескорпусного элемента 3 с микровыводом 7 и упором 9 в пазу 5 теплоотводящего основания 1.

Коммутационная плата выполняется в виде ленты из гибкого диэлектрического материала толщиной 50 мкм. На ленте имеются расширенные контактные зоны, а также выполнена перфорация в виде окон в месте расположения бескорпусных элементов с применением процесса травления. На ленте с двух

сторон сформирована система проводников и контактные площадки напылением металлизации в вакууме слоями хром-медь с последующим гальваническим наращиванием металлизации до толщины 20 мкм. После формирования структуры коммутационной платы на нее производится монтаж бескорпусных элементов с микровыводами, где каждый бескорпусной элемент располагается непосредственной над зоной перфорации. С обратной стороны бескорпусного элемента по углам приклеивают упоры размером 70 мкм. После этого переходят к сборке коммутационной платы с бескорпусными элементами и упорами на теплоотводящее основание. Сборку проводят, последовательно оборачивая коммутационную плату с бескорпусными элементами вокруг теплоотводящего основания до установки всех бескорпусных элементов в соответствующие пазы основания. Установку бескорпусных элементов в пазах теплоотводящего основания микро модуля выполняют до касания упоров с дном паза. После установки бескорпусных элементов с микровыводами и упорами в пазы теплоотводящего основания проводятся герметизация и фиксация каждого бескорпусного элемента через перфорацию с окнами при помощи эластичного низко модульного компаунда с заполнением пространства в пазу основания. После герметизации проводится термообработка образцов электронных микро модулей в термошкафу при температуре 80-100°C в течение 1 ч.

Конструкция теплоотводящего основания в форме куба с защитным коррозионностойким покрытием и коммутационной платы микро модуля с системой проводников, расширенными контактными зонами и перфорацией в месте размещения бескорпусных элементов, а также пространственное размещение на теплоотводящем основании бескорпусных элементов с микровыводами и упорами способствует увеличению плотности компоновки элементов конструкции микро модуля, а также решает проблему эффективного теплоотвода. Герметизация бескорпусных элементов при помощи эластичного низко модульного компаунда обеспечивает прочность в условиях динамических нагрузок и вибраций, защиту от климатических воздействий и способствует снижению термомеханических напряжений в материалах изделия в процессе сборки на теплоотводящее основание микро модуля.

Исследование микро модуля с использованием метода конечного элемента показало, что применение в конструкции микро модуля защитного коррозионностойкого покрытия, упоров и эластичного низко модульного компаунда в соединении бескорпусного элемента с теплоотводящим основанием и коммутационной платой снизило напряжение в материалах соединения в 10-14 раз (материалом бескорпусного элемента выбирают кремний, гибкой коммутационной платы - полиимид марки Kартон, теплоотводящего основания - алюминий марки Д16Т, компаунд выбирают марки СИЭЛ).

Исследование и моделирование показали, что рациональным размером герметизирующего соединения и толщины компаунда следует выбирать 40-100 мкм.

Хорошие упругие, динамические и демпфирующие свойства материалов и элементов микро модуля, научно обоснованные размеры соединительных слоев позволили исключить резонансы, повысить выносливость, увеличить адгезионную и когезионную прочность герметизирующих соединений, улучшить сток тепла, существенно снизить напряжения и деформации в материалах, а также повысить надежность и долговечность микро модуля.

Достоинства такой конструкции - расширенные функциональные возможности микро модуля при работе в условиях интенсивных термомеханических и динамических нагрузок, коррозионных сред, пространственная компоновка бескорпусных элементов микро модуля, улучшенный теплоотвод, прочностная надежность сборочных соединений микро модуля.

Предложенная конструкция и технология сборки электронного микро модуля является простой в исполнении, недорогой и обеспечивает высокую точность сборки.

Изобретение может быть востребовано при разработке и создании малогабаритных приборов и устройств в составе малых космических аппаратов и изделиях авионики.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Электронный микро модуль, содержащий коммутационную плату со смонтированными на ней бескорпусными элементами, соединенными между собой электрическими связями, собранную на теплоотводящем основании, отличающийся тем, что коммутационная плата выполнена в виде гибкой ленты с перфорацией для герметизации и фиксации бескорпусных элементов, бескорпусной элемент на лицевой стороне снабжен микровыводами, а с обратной стороны упорами, на ленте расположены расширенные контактные зоны для соединения с контактными площадками других внешних устройств, основание снабжено пазами для размещения и герметизации бескорпусных элементов, основание и пазы имеют защитное коррозионностойкое покрытие, для герметизации и фиксации бескорпусных элементов с лентой и основанием применен эластичный низко модульный компаунд.

2. Электронный микро модуль по п.1, отличающийся тем, что теплоотводящее основание выполнено в форме куба.

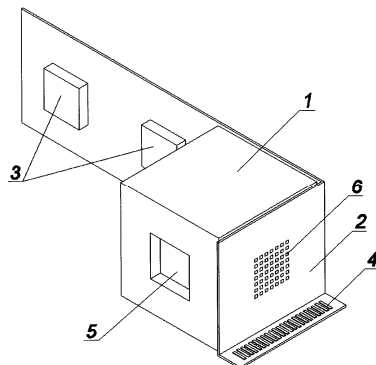
3. Электронный микро модуль по п.1, отличающийся тем, что защитное коррозионностойкое покрытие выбирают 15-20 мкм, а его шероховатость 1-5 мкм.

4. Электронный микро модуль по п.1, отличающийся тем, что герметизация бескорпусных элемен-

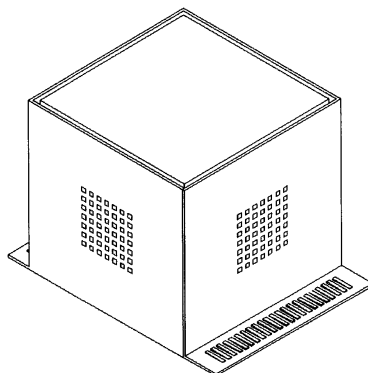
тов выполнена эластичным низкомодульным компаундом с модулем упругости менее 40 МПа.

5. Электронный микромодуль по п.1, отличающийся тем, что размер микровыводов и упоров выбирают 40-100 мкм.

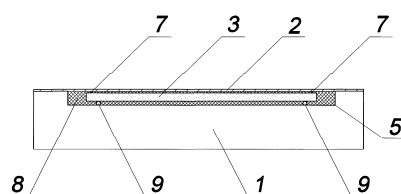
6. Электронный микромодуль по п.1, отличающийся тем, что расширенные контактные зоны выполнены с размером 1/5 ширины ленты с возможностью свободного изгиба относительно основания куба.



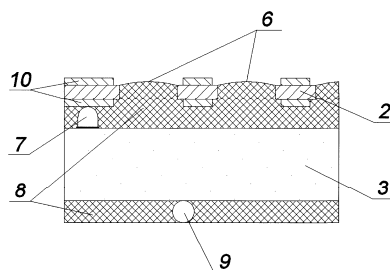
Фиг. 1



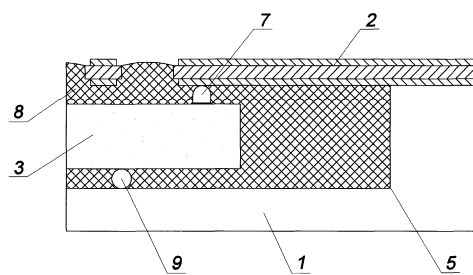
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

