

## Радиационно-защитные корпуса для изделий микроэлектроники компании «ТЕСТПРИБОР»

Николай ВАСИЛЕНКОВ  
Алексей МАКСИМОВ

Одной из актуальных задач, стоящих перед разработчиками радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), создателями авиационной и ракетно-космической техники, является повышение уровня эксплуатационной надежности техники в условиях повышенного уровня радиации.

Особенно это важно учитывать при создании новых поколений космических аппаратов (КА), так как повышение уровня их эксплуатационной надежности при длительном пребывании во внеземных условиях является едва ли не самым существенным фактором.

Еще на заре космической эры было установлено, что различные электронные устройства выходят из строя в космосе значительно раньше и чаще, чем их аналоги на Земле. Это обусловлено тем, что на орбите такие устройства находятся под интенсивным воздействием различных видов ионизирующего излучения, основными источниками которого становятся галактические космические лучи, солнечный ветер и пояса Ван Аллена.

В настоящее время проблема уменьшения влияния радиационно-индуцированных эффектов на функциональные характеристики бортовой электроники решается несколькими путями или их сочетанием:

- технологический — применение специализированных технологических процессов и материалов при изготовлении интегральных микросхем (ИМС);
- схемотехнический — методы мажоритирования и др.;
- конструктивный — в его русле находятся предложения компании «ТЕСТПРИБОР», подразумевающие применение специализированных корпусов и методов локальной защиты. Данный подход не является альтернативой первым двум, он более общий, поскольку позволяет снизить радиационные нагрузки как на электронные устройства, так и на биологические и другие объекты на борту КА.

Как известно, основными поражающими факторами радиационного пояса Земли являются солнечные вспышки (поток протонов) и мощные магнитные бури (поток электронов). Основной диапазон энергетического спектра протонов находится в интервале от 1 до 10 МэВ, электро-



нов — от 0,1 до 1,4 МэВ. Соотношение между проникающими способностями протонов с энергиями  $E_p = 10\text{--}50$  МэВ и электронов с энергиями  $E_e = 1\text{--}5$  МэВ для  $Z = 3\text{--}80$  можно описать выражением:

$$E_p = 15 \times E_e^{0,75}.$$

Для прохождения необратимых изменений в полупроводниковых приборах поглощенные дозы радиации должны составлять  $10^5\text{--}10^6$  рад и более.

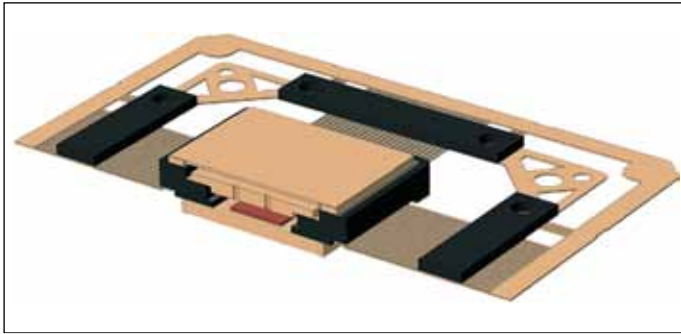
Одним из перспективных решений при создании радиационно-стойкой элементной базы является создание специальных корпусов с интегрированными в них радиационно-защитными экранами (РЗЭ).

Интегрированная радиационная защита (ИРЗ) позволяет значительно повысить предельную дозу ионизирующего излучения кристаллов путем экранирования. Эффективность такой защиты кристалла от воздействия радиации зависит от параме-

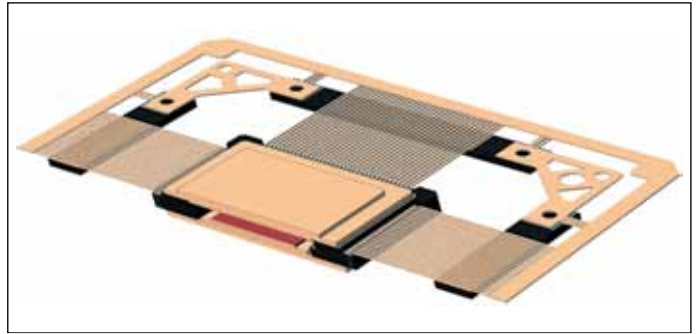
тров орбиты, на которой он будет использоваться, и может отличаться в сотни раз. Зона электронных ловушек GEO — высота 36 000 км, зона протонных ловушек МЕО — высота 2000–10 000 км, зона протонных ловушек LEO — высота 500–800 км. Так, на спутниковой орбите GEO корпуса с ИРЗ позволяют в 600 раз повысить накопленную дозу, обеспечивая компонентам возможность выдерживать излучение более 100 крад. При использовании электронного устройства на орбите МЕО, где преобладающими частицами являются протоны, корпуса с ИРЗ способны усилить защиту кристалла от жесткого космического излучения до четырех раз.

Кроме того, корпуса с РЗЭ позволяют обеспечить защиту от рентгеновского излучения в пределах 1,3–1,5 раза.

Применение комбинаций технических решений и радиационно-защитных корпусов помогает разработчикам интегральных микросхем с большей долей вероятности достичь необходимых результатов. Для по-



**Рис. 1.** Специализированный 100-выводный планарный металлокерамический корпус с интегрированными P3E (корпус герметизируется шовно-роликовой сваркой крышкой на основе сплава 29 НК)



**Рис. 2.** Специализированный 144-выводный планарный металлокерамический корпус с интегрированными P3E (корпус герметизируется методом пайки верхним защитным экраном припоем на основе сплава золота при температуре +280...320 °С)

вышения защитных свойств экранов используются материалы, выполненные в виде пространственных структур, состоящих из отдельных слоев двух (или более) однородных металлов с различным атомным номером Z.

Объединение в одной гетерогенной структуре веществ с малым и большим Z создает условия для многократного отражения частиц и  $\gamma$ -квантов от поверхностей контакта слоев этих веществ и возвращение фотонов в слои, заполненные высокопоглощающим веществом, не выходя за внешние пределы структуры. Благодаря своему специфичному строению такая структура является своеобразной ловушкой для фотонов.

В 2014 году «ТЕСТПРИБОР» планирует выпуск двух типов корпусов, снабженных радиационно-защитными экранами, — 100-выводного CQFP и 144-выводного CQFP. Конструкция корпусов изображена на рис. 1 и 2, основные технические характеристики приведены в таблице.

Принципиальной разницей в конструкции корпусов является способ герметизации. Конструкция корпуса 100-выводного предусматривает герметизацию методом шовно-роликовой сварки. Конструкция корпуса 144-выводного предполагает герметизацию методом пайки верхним защитным экраном с применением припоя на основе сплава золота при температуре +280...320 °С. В обоих вариантах исполнения корпусов нижний защитный экран играет роль монтажной площадки для установки кристалла, что позволяет в значительной степени понизить тепловое сопротивление корпуса.

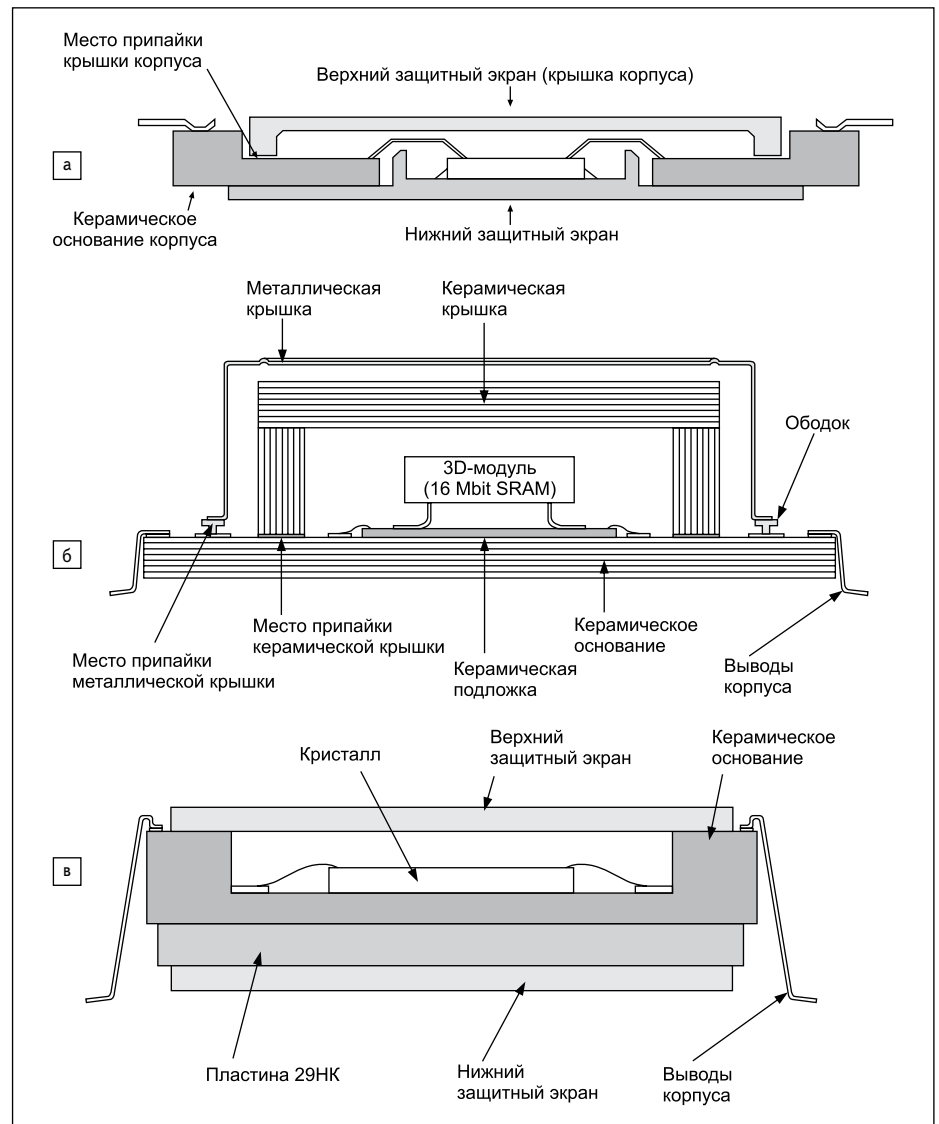
Кстати, при производстве радиационно-стойкой элементной базы ряд зарубежных компаний активно использует корпуса с интегрированными в них защитными экранами собственной оригинальной конструкции: Actel (США) (рис. 3а), 3D Plus (Франция) (рис. 3б), Maxwell (США) (рис. 3в).

При этом, например, перечень производимой фирмой Maxwell продукции составляют радиационно-стойкие микропроцессоры, микросхемы памяти, логические устройства, ЦАП, АЦП, одноплатные компьютеры для космического применения. Вся про-

дукция производится по принципу COTS (Commercial-Off-The-Shelf), основанному на применении коммерческих технологий в сфере систем специального назначения. Такой подход позволяет использовать доступные на рынке коммерческие компоненты, значительно снижая затраты на стадии

разработки военных и космических систем. Радиационная стойкость коммерчески доступных кристаллов обеспечивается путем применения специальных экранов.

Следует отметить тот факт, что корпуса с интегрированными в них защитными экранами производства Actel, 3D Plus и Maxwell



**Рис. 3.** Конструкция корпуса с P3E: а) Actel; б) 3D Plus; в) Maxwell

Таблица. Основные технические характеристики специализированных корпусов

Наименование параметра	100-выводный планарный МК-корпус	144-выводный планарный МК-корпус
Количество выводов	100	144
Шаг выводов, мм	0,5	
Габаритные размеры тела корпуса, мм	≤18,65×18,65×5,06	≤24,20×24,20×4,35
Размер монтажной площадки, мм	≥7,5×7,5	≥12,5×12,5
Глубина монтажного колодца, мм	0,5±0,05	
Способ герметизации	Шовно-роликовая сварка	Пайка
Расположение выводов	Равномерно по четырем сторонам корпуса	
Конструктивные особенности	Ободок электрически соединен с выводом № 100. Нижний защитный экран (МП) и верхний защитный экран электрически соединены с выводом № 1	Нижний защитный экран (МП) электрически соединен с выводом № 1. Верхний защитный экран (крышка) электрически соединен с выводом № 144
Покрытие металлизированных поверхностей и металлических частей основания	H23л. 1,8	
Покрытие крышки	ХимНЗ	—
Сопротивление изоляции, Ом	≥10 <sup>9</sup>	
Электрическая прочность изоляции (макс. испытательное напряжение), В	≥200	
Сопротивление токопроводящих элементов, Ом	≤1	
Емкость проводников, пФ	≤2	
Емкость связи корпуса, пФ	≤2	
Обеспечиваемый уровень защиты по отношению к эффектам поглощенной дозы в условиях КП, крад	≥100	

предназначены для герметизации внутреннего объема методом пайки.

В статье рассмотрены два варианта конструкции корпуса, позволяющих осуществ-

лять герметизацию методом пайки и герметизацию методом шовно-роликовой сварки.

Таким образом, существенно расширяется область применения данных корпусов. ■