

УДК 621.383.4:668.395.7

НОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФР И ФПУ НА ОСНОВЕ КРТ

Л. М. Хитрова, Ю. С. Трошкин, В. П. Беляев, Г. Э. Поповян, Л. В. Киселева
Государственное унитарное предприятие «Научно-производственное объединение «Орион»»,
Москва, Россия

В развитие РТМ 3-1950-91 с целью повышения качества ФП и ФПУ разработаны новые крио- и химстойкие клеи ФХ-5Р и «Орион-2» для крепления КРТ к подложке. Вакуумно-плотный клей ХСК-Н обеспечивает надежное соединение входных окон и элементов держателя. Использована виброгасящая композиция «Орион-65» для монтажа многослойных печатных плат.

Опыт разработки и использования полимерных материалов для полупроводниковых изделий на основе КРТ насчитывает уже 20 лет. С самого начала и до настоящего времени внимание разработчиков было сосредоточено на наиболее сложной задаче — поиску полимерных материалов для приклейки пластины КРТ к подложке из германия, кремния или сапфира, т. е. основе будущего прибора. К этому клею предъявлялись очень жесткие требования:

адгезионная прочность не менее $80 \text{ кг}\cdot\text{см}^{-2}$;

криостойкость не более 77 К;

термоударостойкость — до 1500 термоциклов в диапазоне температур 77—330 К;

жизнеспособность ≥ 1 ч;

низкая вязкость, позволяющая достичь микронных толщин клеевого шва;

повышенная длительная химстойкость тонкого клеевого шва к неорганическим (бромистый травитель) и органическим (ацетон, толуол, диоксан и др.) реагентам, использующимся для химического утоньшения КРТ и фотолитографического выделения фоточувствительного элемента;

низкое газоотделение клея (менее $3 \cdot 10^{-9}$ л·торр·см⁻³·с⁻¹) для вакуумных конструкций.

Работа проводилась в тесном взаимодействии с разработчиками операций, предшествующих приклейке и последующих, т. к. качество склеиваемых поверхностей (чистота, плоскостность и плоскопараллельность) и их специальная обработка имеют решающее значение.

За эти годы были созданы эпоксикремнийорганические клеи ФХ-5 и ХСК-Д — трех- и четырехкомпонентные смеси. Технологический процесс с использованием высоковакуумных установок и ИК-ламп для обезгаживания компонентов клеев разработан для приклейки в металлических приспособлениях с фиксированным грузом и дозированной каплей позволяет достичь толщины клеевого шва 5 мкм. Эти клеи применены при изготовлении изделий ФР-155 и др.

Кроме того, разработан уникальный двухкомпонентный оптически прозрачный эпоксидный клей с адамантансодержащим отвердителем (алмазоподобной структуры) «Орион-4М», внедренный в изделия Ю-26, где толщина клеевого шва составляет 3 мкм.

Разработка изделий SPRITE еще более ужесточила требования к вязкости клея (толщина клеевого шва задана в доли микрон). Разработан новый двухкомпонентный эпоксикремнийорганический клей ФХ-5Р, технологический процесс приклейки с использованием которого в специально разработанном гидравлическом приспособлении позволяет получить толщину клеевого шва 0,5 мкм.

Разработана базовая технология приклейки КРТ к сапфировой подложке эпоксидными клеями ХСКД, ФХ-5, «Орион-4М» и ФХ-5Р.

Учитывая, что в состав этих клеев входят компоненты, поставляемые заводами Украины, проводятся поисковые работы по замене импортных составляющих на российские аналоги.

Представленные выше клеи по природе компонентов являются полимерными, вернее представляют собой олигомерные смолы, взаимодействующие по активным группам и сшивающиеся в трехмерные сетки. С целью совмещения процессов полимеризации и склеивания разработан одноупаковочный клей "Орион-2", на основе мономеров диакрилатных эфиров алкиленгликолей — анаэробный адгезив с гетерогенным механизмом полимеризации по двойным связям $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{A})-\text{CO}-\text{O}-\text{X}-\text{O}-\text{CO}-\text{C}(\text{A}) = \text{CH}_2$, в который введена добавка 2-гидрокси-2-метил-1-фенил-пропан-1-ОН — инициатор радикальной полимеризации при ультрафиолетовом облучении. Разработана технология приклейки КРТ к сапфировой подложке, прозрачной для ультрафиолетового излучения.

В процессе изготовления ФР потери дорогостоящего материала КРТ связаны с тем, что изначально пластина не является плоскопараллельной (имеет "чечевицеобразную" форму). При приклейке такой пластины на несущую подложку стационарным полимерным клеем между подложкой и пластиной оказывается слой клея разной толщины. Впоследствии это приводит к неодинаковому тепловому сопротивлению между подложкой и материалом КРТ. В результате ФЧЭ, сформированные на периферийных блоках, зачастую подлежат отбраковке из-за невозможности обеспечить на них заданные параметры. С целью экономии дорогостоящего полупроводника КРТ при изготовлении ФР пластину КРТ приклеивают на промежуточную подложку клеем КМ-200 с последующим химико-механическим утоньшением и выделением в том числе и периферийных блоков. Затем эти блоки приклеивают индивидуально на несущую подложку стационарным полимерным клеем. После удаления подложки и клея КМ-200 травят поверхность КРТ до рабочей толщины и формируют на ней ФЧЭ. Перенос несколько утоньшенных блоков КРТ, чувствительных в различных заданных областях спектра, и формирование на них топологии и контактов в едином процессе фотолитографии позволяет реализовать топологию многодиапазонного многоэлементного ФР с высокой точностью (не хуже 5 мкм).

Для снижения теплового сопротивления при изготовлении стеклянного держателя ФПУ в его торец произведена вклейка сапфирового диска (обладающего аномально высокой теплопроводностью при криогенных температурах) криостойким и вакуумно-плотным модифицированным клеем ХСК-Н, что позволило выйти на заданный уровень тепловых и электрофизических параметров.

Использование этого же клея для монтажа просветленных окон из германия или кремния в корпус ФР и ФПУ позволило упростить сборку и отказаться от более трудоемких и менее производительных операций пайки и сварки. Разработана технология склейки и отжига.

Высокие уровни виброшумов ФПУ, вызванные воздействием вибраций, имеют широкую полосу частот. При разработке виброгасящего материала была использована способность полимеров за счет своих упругих свойств при растяжении, изгибе или сдвиге рассеивать большое количество энергии колебаний в сочетании с разработкой оптимальной конструкции корпуса (двойные стенки) и амортизаторов-демпферов.

Известно*, что вибропоглощающие материалы представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из смол, пластификаторов, наполнителей и др.

* Виброзащита радиоэлектронной аппаратуры полимерными компаундами / Под ред. Ю. В. Зеленева. — М.: Радиосвязь, 1984. — 120 с.

Каждый компонент системы придает материалу определенные свойства. Изменение компонента в системе может происходить в форме изменения содержания пластификатора и наполнителя. Регулируя количество пластификатора в системе, можно перемещать область релаксационных явлений в нужный температурный диапазон. Однако с течением времени возрастает жесткость материала и ухудшаются его демпфирующие характеристики. Низкомолекулярный пластификатор не влияет на кинетические свойства самой макромолекулы, определяющей область релаксации, т. е. требуется совмещать смолу с высокомолекулярным пластификатором, сополимеризующимся со смолой. Жесткость однородных полимерных материалов можно повысить введением наполнителя. Исследования показали, что наполнитель значительно повышает модуль упругости материала. Повышение вибропоглощающих свойств можно получить, вводя в полимер анизотрометрические наполнители, т. е. наполнители слоистой или чешуйчатой (несферической) формы. Кроме того, два наполнителя (особенно микросферы порофорные), введенные в связующее в определенной пропорции, вместе дают больший демпфирующий эффект, чем каждый в отдельности.

Анализ источников литературы привел к разработке виброгасящей тиксотропной полимерной композиции "Орион-65", состоящей из сополимера эпоксидной и полиуретановой смол (их релаксационные максимумы расположены на разных участках шкалы температур) и смеси наполнителей — чешуйчатого нитрида бора и стеклянных микросфер, подобрана ее оптимальная толщина. Эта композиция использована для приклейки электрических элементов на многослойные печатные платы и их герметизации в ФПУ, что позволило обеспечить виброзащиту в требуемом (5—2000 Гц) диапазоне частот.

NEW POLYMERIC MATERIALS FOR DESIGNING PHOTORESISTORS AND PHOTODETECTIVE ASSEMBLIES BASED ON CdHgTe

L. M. Khitrova, Y. S. Troshkin, V. P. Belyaev, G. E. Popovyan, L. V. Kiseleva

The State Unitary Enterprise «RD&P Centre "Orion"», Moscow, Russia

In order to improve quality of photodetectors and photodetective two new cryo- and chemically resistant adhesives were developed after PTM 3-1950-91 standard: epoxy-silico-organic adhesive ФХ-5Р and acrylic "Орион-2" adhesive for glueing of CdHgTe wafers to a substrate. ХСК-Н vacuum-tight modified adhesive is used for attaching of inlet windows and glass holder elements. "Орион-65" vibration damping thixotropic composition was developed for mounting of multi-layer printed circuits.