

УДК 621.383:621.115

Технологические аспекты сборки матричных фотоэлектронных модулей на основе халькогенидов свинца с применением полимерных материалов

М. А. Антипова, В. Д. Бочков, С. Е. Давыдов, Ю. А. Казарова
ФГУП «НПО "Орион"» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Дано описание основных технологических операций по сборке матричных охлаждаемых фотоэлектронных модулей (ФЭМ) с применением полимерных клеев. Приведены обоснование выбора соответствующих полимерных клеев и необходимость разработки специальных составов для выполнения отдельных технологических операций. Описаны составы, химические основы, эксплуатационные характеристики выбранных клеев, а также технология их применения в операциях сборки ФЭМ.

В данной статье приведены основные технологические аспекты клеевой сборки матричных охлаждаемых ФЭМ на основе поликристаллических пленок из сульфида и селенида свинца (PbS и PbSe), работающих в спектральном диапазоне 0,5—3 и 3—5 мкм, соответственно, и предназначенных для использования в оптико-электронной аппаратуре: портативных телевизионных приборах, тепловизионной аппаратуре космического применения, а также для контроля технологических процессов в промышленности, медицинском приборостроении и др.

Основными операциями сборки фоторезистивных модулей с применением полимерных материалов являлись операции по сборке фотоприемника, состоящего из 256 фоточувствительных площадок (ФЧП) и электронного устройства усиления и коммутации (ЭУУК), в состав которого входили два кремниевых 128-канальных мультиплексора, термоэлектрический охладитель (ТЭО), состоящий из термобатареи, смонтированной на цоколе, и датчика температуры охлаждения (ДТ). Конструкция фотоэлектронного модуля представлена на рис. 1.

При сборке фотоприемника применялись полимерные материалы в следующих операциях:

- герметизация фоточувствительного элемента;
- приклейка фоточувствительного элемента на теплопроводящую поверхность ТЭО;
- приклейка токопроводящего кабеля к фоточувствительному элементу и посадочным местам ТЭО;
- приклейка термодатчика к ТЭО;
- приклейка двух мультиплексоров на посадочные места холодного экрана ТЭО;
- приклейка коммутационной платы.

Рассмотрим последовательно эти операции.

- Герметизация фоточувствительных элементов ФЭМ заключалась в нанесении фоторези-

стивной защитной пленки на основе эпоксидных смол на элементы из PbSe и в приклейке на поверхность слоя из PbS кварцевой пластины Д (рис. 2) с применением клея на основе полиорганосилоксануретанов марки УК-1М [1]. Выбор этого клея определялся требованиями инертности его химической основы к поликристаллическому слою сульфида свинца, способностью выдерживать рабочие температуры ФЭМ, достаточной адгезией к стеклу и материалам конструкции ФЧЭ и отсутствием пузырей в склейке в процессе отверждения.

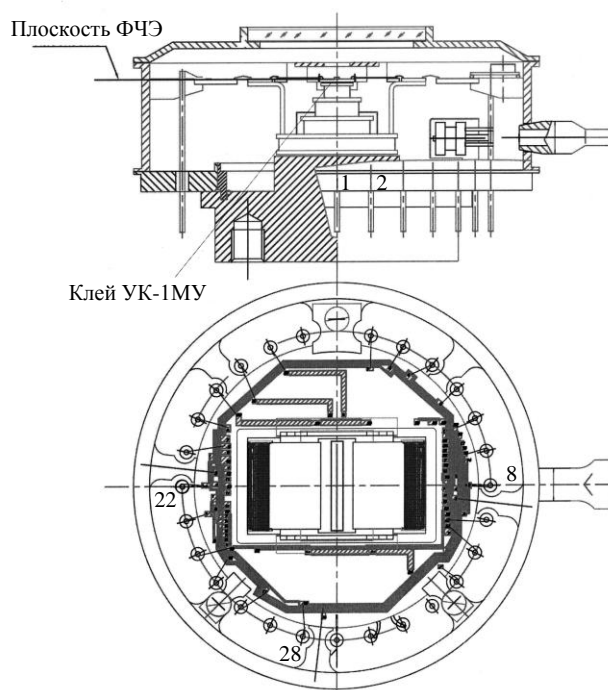


Рис. 1. Конструкция фотоэлектронного модуля

Герметизация фоточувствительного элемента на основе PbS таким способом позволяет отказаться от применяемой ранее капсуляции помещением его в капсулу с ИК-прозрачным окном (кварц,

сапфир, кремний, германий и т. д.), заполненную сухим воздухом. Технология полимерной герметизации в данном случае заключалась в следующем. Клей марки УК-1М наносили на всю поверхность фоточувствительной линейки тонким слоем в 8—10 мкм и шириной 50—70 мкм, затем на клей накладывали непросветленной стороной вниз кварцевую пластину размером 1100×100 мкм и легким нажатием на нее достигалось равномерное растекание клея по всей поверхности склейки. Вытекание клея по длине пластины допускалось в пределах 30—50 мкм. Режим отверждения клея при комнатной температуре составлял 16—18 ч.

• Следующей после герметизации фоточувствительного элемента являлась операция приклейки его на ситалловую поверхность ТЭО. Процесс приклейки состоял из нескольких стадий: вычисление центра посадочной детали, промывка ее изопропиловым спиртом, нанесение клея, наклейка ФЧЭ в соответствии с чертежом. Поскольку в данной конструкции возможность применения приспособления, обеспечивающего точность склейки в процессе отверждения клея, исключалась, необходим был клей с ускоренным, по сравнению с клеем УК-М, режимом отверждения (не более 0,5—1,0 ч), но при этом позволяющим производить приклепку без пузырей в клеевом шве и сохраняющим эластичность при низких температурах. Для этих целей был применен модифицированный клей УК-1МУ, отверждающийся в указанное выше время за счет введения в состав одного из компонентов повышенного содержания катализатора отверждения (0,3 вместо 0,1 %). Применение именно этого клея на этой операции обуславливалось еще и необходимостью регенерации склеиваемого узла при замене фоточувствительного элемента, что совершенно исключалось в случае использования клеев на эпоксидной основе, поскольку растворение клея требовало применения высоколетучих растворителей (в частности, диметилформамида) и приводило к порче ситалловой охлаждающей поверхности ТЭО и полной негодности ФЧЭ.

• Наиболее сложной в клеевой сборке ФЭМ оказалась приклепка токопроводящего кабеля к ФЧЭ и посадочным местам ТЭО. В данной конструкции ФЭМ стандартный способ осуществления контактов ФЧЭ с наружными выводами ФЭМ (соединение с помощью платиновой проволоки) исключался, поскольку при числе площадок 256 и шаге выходного растра ФЧЭ в 80 мкм соседние проводники "замыкаются" в процессах сборки и охлаждения, а при обрыве одного из проводников выходят из строя несколько площадок ФЧЭ. Поэтому был применен соединительный кабель с напыленными проводниками следующей конструкции (рис. 3). На полиимидную пленку толщиной 40 мкм напыляется сочетание металлов (поз. 2) из Cr — 0,3 мкм, Cu — 1,2 мкм, Cr — 0,3 мкм, затем методом фотолитографического травления выделяются проводники шириной 40 мкм при шаге 80 мкм. Кабель имеет 130 проводников. Методом травления полиимида выделяются также балки 3 (см. рис. 3) шириной 1 мм, с помощью которых производится приварка к ФЧЭ и коммутационной плате.

В предлагаемой конструкции кабель приклеивается в одной плоскости одновременно одним концом к ФЧЭ, а другим — к посадочным местам ТЭО, поскольку особенности полиимидной пленки исключали возможность ее перегиба, а следовательно, и возможность поэтапного приклеивания кабеля к этим узлам. Кроме того, в данном случае невозможно было применить какое-либо приспособление, позволяющее фиксировать склеиваемые детали и обеспечивать необходимый прижим кабеля к ФЧЭ и ТЭО в процессе отверждения клея из-за отсутствия необходимого места. Поэтому следовало подобрать клей так называемого "мгновенного" схватывания, с помощью которого можно было бы осуществить одновременную приклепку кабеля к ФЧЭ и посадочным местам ТЭО. Для этой операции был применен модифицированный клей марки УК-1 — клей УК-1У, отверждаемый в течение 10—15 мин за счет введения специального катализатора отверждения.

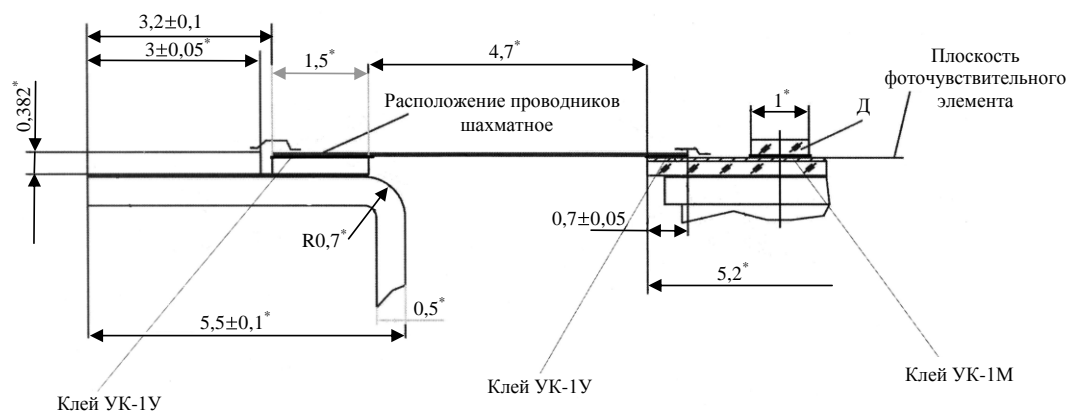


Рис. 2. Приклеивание соединительного кабеля одним концом к ФЧЭ, другим — к посадочным местам ТЭО

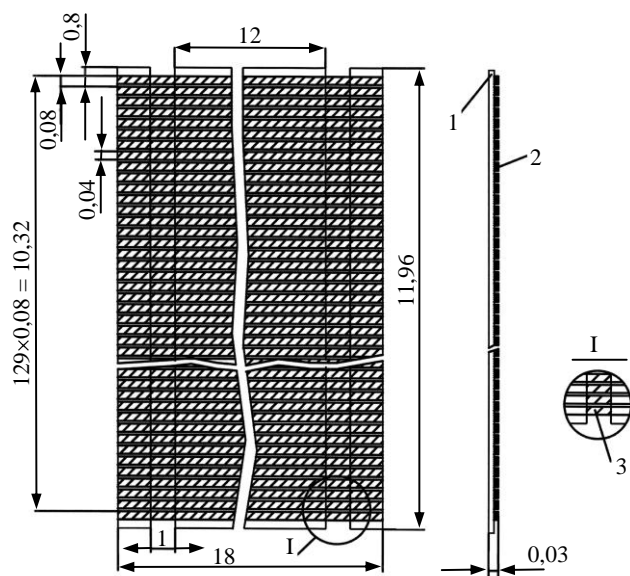


Рис. 3. Конструкция соединительного кабеля

- Приклейка термодатчика к ТЭО осуществлялась с применением этого же клея, поскольку возможность использования приспособления в данном случае исключалась.

- Приклейка мультиплексоров на посадочные места экрана ТЭО не представляла особой сложности и осуществлялась без приспособления клеем УК-1М обычного состава в соответствии с чертежом.

- Крепление коммутационной платы требовало применения клея, обладающего повышенной адгезией к металлу и материалу коммутационной платы, низкой вязкостью и высокой когезионной прочностью. Для этих целей был использован клей УК-1 обычного состава [2] с отверждением при комнатной температуре в течение 16—18 ч.

Все процессы клеевой сборки ФЭМ проводились с применением клеев на общей для всех химической основе — полиорганосилоксануретанах. Клеи на основе этого класса полимеров обладают необходимым сочетанием требуемых адгезионных, оптических, механических и температурных характеристик, инертностью по отношению к фоточувствительным слоям на основе халькогенидов свинца, а главное — вакуум-плотностью, т. е. способностью не выделять летучие продукты в вакууме, что особенно важно для данной конструкции ФЭМ.

Клеевые композиции на основе полиорганосилоксануретанов можно также варьировать по составу, по скорости отверждения, по адгезионной и когезионной прочности, по степени эластичности и другим физико-механическим свойствам. Свойства и состав применяемых клеев приведены в таблице.

Характеристики	Марки компаундов			
	УК-1	УК-1У	УК-1М	УК-1МУ
Состав, компоненты	ТСФ-1 102-Т	ТСФ-1 102-Т Катализатор ДДЛО	ТСФ-1 Аддукт АДО-1 Катализатор ДДЛО	ТСФ-1 АДО -1 ДДЛО
Внешний вид	Твердая прозрачная масса	Твердая прозрачная масса	Твердо-эластичная масса	Твердо- эластичная масса
Жизнеспособность, ч	1,5—2	0,1—0,15	1,5—2	0,15—0,5
Режим отверждения, °С/ч	20/24 50/16 100/1	20/0,15	20/24 50/18 100/2	20/1
Усадка, %	2,5	2,5	3,5	3,5
Диапазон рабочей температуры, °С	-196÷+100	-196÷+100	-196÷+100	-196÷+100
Коэффициент преломления	1,51—1,52	1,51—1,52	1,51—1,52	1,51—1,52
Прочность при равном отрыве, МПа	7	7	6	6
$R_v, R_s, \text{ Ом}$	$2,3 \cdot 10^{15}$ $8,1 \cdot 10^{12}$	$2,3 \cdot 10^{15}$ $8,1 \cdot 10^{12}$	$7 \cdot 10^{14}$ $3 \cdot 10^{12}$	$7 \cdot 10^{14}$ $3 \cdot 10^{12}$
Коэф. пропускания при 0,4—5 мкм, %	80—90	80—90	80—90	80—90
Токсичность (выделение летучих), %	15—20	15—20	0	0

С применением вышеописанных полимерных клеев марок УК-1, УК-1У, УК-1М и УК-1МУ, разработанных в ГНЦ ФГУП «НПО "Орион"», и отработанной технологии склейки и герметизации основных узлов фотоприемника ФЭМ на основе халькогенидов свинца были изготовлены, испытаны и сданы заказчику опытные образцы изделий.

Л и т е р а т у р а

1. Антипова М. А., Макарова Л. И. и др. Клеевая композиция: Пат. 2048485, 1995
2. Антипова М. А., Макарова Л. И. и др. Способ получения полисилоксануретанов: А. с. 294472, 1970.

Статья поступила в редакцию 13 сентября 2006 г.

Technological aspects of assembling the photoelectronic array modules on basis of lead chalcogenide with application of polymeric materials

M. A. Antipova, V. D. Bochkov, S. E. Davydov, Yu., A. Kazarova
Orion Research-and-Production Association, Moscow, Russia

Consideration is made to technological aspects of assembling the cooled photoelectronic array modules on basis of chalcogenide lead with application of polymeric glues. Account is taken of structures, chemical bases, operational characteristics of the chosen glues, and also technology of their application.

УДК 621.383.4/5

КМОП-мультиплексор с аналоговым ВЗН-режимом для гибридных ФПУ

Г. Х. Аветисян, Д. В. Бородин, Ю. В. Осипов
Государственное унитарное предприятие «НПП "Пульсар"», Москва, Россия

Предложены КМОП-ВЗН-схемы, позволяющие значительно уменьшить вклад паразитных емкостей в емкость интегрирования. Разработанные схемы предназначены для низкофоновых фотоприемных устройств (ФПУ), а также приборов с прецизионным скиммингом темновой и фоновой составляющих фототока детекторов, использующих емкости интегрирования порядка 0,1 пФ и менее. В ВЗН-схемах с емкостями интегрирования более единиц пикофарад возможен значительный выигрыш в площади микросхемы.

В системах регистрации линейно перемещающихся или сканируемых объектов часто используют фокальные процессоры, работающие в режиме временной задержки и накопления (ВЗН) сигналов от отдельных детекторов фотоприемной (суб-)матрицы, расположенных вдоль линии перемещения изображения объекта. Режим ВЗН позволяет увеличить соотношение сигнал/шум, уменьшить вклад шума типа $1/f$, увеличить однородность выходного сигнала [1].

Имеются отечественные МОП- и КМОП-мультиплексоры форматов 288×4 [2] и 576×16 [3], позволяющие реализовать ВЗН-режим во внешних устройствах, в которых проводятся необходимые арифметические вычисления с выведенной из ФПУ и оцифрованной информацией. Внешнее ВЗН возможно и с матричными мультиплексорами, нап-

пример [4, 5] форматов 256×256 и 640×512 , имеющими режим функционирования “snapshot”, когда начало и окончание интегрирования всех элементов матрицы едины. Однако при этом объем передаваемой от ФПУ информации избыточен в n раз, где n — число шагов (глубина) ВЗН.

Естественными являются схемы с ВЗН на основе ПЗС-структур, в которых скорость перемещения зарядового пакета задана равной скорости перемещения изображения объекта по фотоприемной матрице [6]. Однако ПЗС-схемы по сравнению с КМОП более требовательны к технологическому процессу, необходимы большее напряжение питания и управляющие импульсы определенной формы, что может привести к значительным помехам. Кроме того, в гибридных ФПУ с фотоприемными матрицами на основе узкозонных материалов,