

заготовка сваривалась со сплавом Амгб. Перед сваркой поверхности элементов изделий из Амгб, АД1 и 12Х18Н10Т специально подготавливали. Для этого проводили: 1) отжиг при температуре 320 °С в течение двух часов для снятия микронапряжений; 2) правку поверхности; 3) механическую проточку поверхностей под сварку взрывом; 4) травление наружных поверхностей. Параметры сварки отрабатывались опытным путем для каждой пары.

Металлографические и рентгеноструктурные исследования позволили установить, что граница соединения 12Х18Н10Т-АД1 представляет собой твердые растворы на основе железа и алюминия и фазы FeAl₃ и Fe₂ Al₅. Напряжение на отрыв составило 120 МПа.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что при сварке взрывом на оптимальных режимах в зоне контакта соединения 12Х18Н10Т-АД1 образуется промежуточный слой

без типичных признаков интерметаллических соединений. Граница раздела имеет ровный характер почти по всей протяженности. Микроструктурные исследования границы сварки Амгб-АД1 показали, что в отличие от предыдущей пары, она имеет волнообразный характер с симметричными волнами без завихрений. Это объясняется тем, что сплавы АД1 и Амгб имеют близкие физико-химические свойства. Проведенные исследования позволили выбрать оптимальные параметры сварки и получить неразъемное соединение требуемого качества.

THE INTERACTION OF STAINLESS STEEL AND ALUMINIUM ALLOYS IN WELDING FUSE

S. I. Matchur, O. M. Shapovalova, E. A. Dzhur

We discuss the interaction between elements in welding fuse. We studied properties of the zone of the combination of metallic alloys.

УДК 621.382:621.383

МОДУЛЬ ФОТОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

© И. Т. Тымчук

Державне підприємство Науково-дослідний технологічний інститут приладобудування.

Розглянута конструкція і основні параметри та характеристики модуля фотоперетворювачів для сонячних батарей космічних апаратів.

В последнее время в конструкции солнечных батарей (СБ) широкое распространение получил модульный подход [5]. При модульной конструкции солнечной батареи повышается надежность батареи, создаются обходные параллельные цепи для прохождения тока при отказе типа «обрыв», происходящего у одного или нескольких фотопреобразователей (ФП) вследствие механического повреждения, отслоения контактов или неисправности в межэлементных соединениях. Модуль представляет собой законченный унифицированный конструктивный узел, что обеспечивает простоту сборки СБ [3] и позволяет автоматизировать процесс сварки проводников и контактных площадок фотопреобразователей. Целью работ, проводимых в Государственном предприятии Научно-исследовательский технологический институт приборостроения (ГП НИТИП, г. Харьков), является разработка конструкции и технологии изготовления модулей ФП на основе алюминий-полиимидного носителя для солнечных батарей нового поколения космических аппаратов (КА) разработки Государственного конструкторского бюро «Южное» (г. Днепропетровск).

Материал алюминий-полиимидного носителя представляет собой фольгированный диэлектрик ФДИ-А50, состоящий из слоя диэлектрика (полиимид) толщиной 20 мкм и слоя проводника (алюминий) толщиной 30 мкм. Фольгированный диэлектрик ФДИ-А50 был выбран в качестве материала носителя благодаря следующим его свойствам: высокая радиационная стойкость, размерная стабильность, широкий диапазон рабочих температур, стабильность электрических характеристик, технологичность, стойкость к металлизации и травлению [2, 3, 6]. Кроме этого алюминий имеет малую плотность и успешно используется для присоединения навесных компонентов и внешних контактов ультразвуковой (УЗ) сваркой [5].

При разработке конструкции модуля на основе алюминий-полиимидного носителя было предложе-

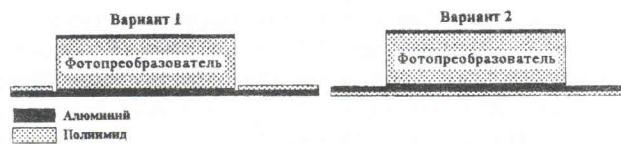


Рис. 1. Схематическое изображение вариантов расположения ФП на алюминий-полиимидном носителе

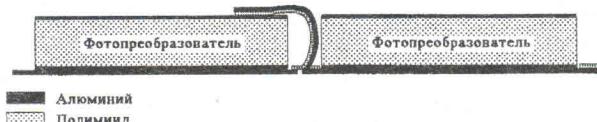


Рис. 2. Схематическое изображение соединения гибкого контакта и контактной площадки ФП

но два варианта расположения фотопреобразователей на алюминий-полиимидном носителе (рис. 1): со стороны диэлектрика (вариант 1) и со стороны алюминия (вариант 2). После исследований была выбрана конструкция модуля, в которой ФП располагаются в окнах в полиииде тыльной стороной к алюминию (вариант 1), что позволяет обеспечить точность и простоту позиционирования ФП на алюминий-полиимидном носителе и их электрическую изоляцию.

Гибкие контакты для межэлементного соединения были выполнены в виде петли (рис. 2) так, чтобы максимально уменьшить напряжения межэлементной коммутации при термоциклировании и обеспечить длительный срок существования соединения (запас длины гибкого контакта) [6]. В разработанных конструкциях предусмотрены контакты для последовательного и параллельного соединения модулей между собой. Для измерения фотоэлектрических характеристик в конструкции модуля предусмотрены контактные площадки, которые перед монтажом модуля на панель солнечной батареи удаляются.

Для модуля использованы фотопреобразователи, разработанные в ГП НИТИП для комплектации СБ космического аппарата КС5МФ2 «Микрон». Конструкция разработанного модуля позволяет применять любой из трех видов разработанных ФП. На рис. 3 представлены типы применяемых для модуля фотопреобразователей: а — ФП с габаритными размерами 15.20×15.35 мм; б — ФП с габаритными размерами 15.20×46.05 мм (металлизация фронтальных токосъемных электродов отдельных ФП не замкнута между собой и данный ФП может разрезаться на три ФП типа а); в — ФП с габаритными размерами 15.20×46.05 мм (вся

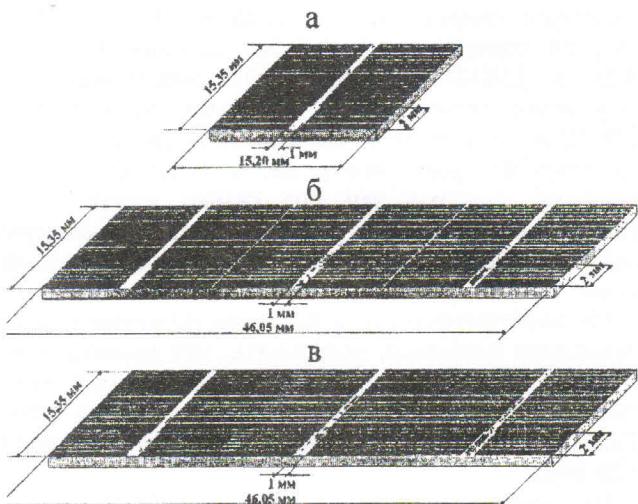


Рис. 3. Фотопреобразователи, применяемые в модуле

металлизация фронтального токосъемного электрода замкнута). Габаритные размеры разработанного модуля ФП 46.5×80.2 мм. Коэффициент заполнения модуля фотопреобразователями составляет 93—95 % (в зависимости от типа фотопреобразователей, которыми комплектуется модуль).

Вольт-амперные характеристики (ВАХ) фотопреобразователей типа а и б приведены на рис. 4, усредненные значения их параметров приведены в табл. 1. Исследования ФП проводились при условиях АМ0: мощность падающего излучения $P_0 = 1360$ Вт/м², температура $T = 25$ °C.

Соединение контактов фотопреобразователей с контактами алюминий-полиимидного носителя осуществлялось УЗ-сваркой. Пример установки ФП на алюминий-полиимидный носитель приведен на рис. 5. При УЗ-сварке использовались электроды диаметром 100 мкм (для тыльного контакта предусмотрено 20 мест сварки, а для фронтального контакта — 5-6, для соединения модулей между собой — 6-7). Прочность сварных соединений на отрыв определялась с помощью граммометра Г-25-150. Как для тыльных, так и для фронтальных контактов ФП прочность составляла 15—30 г (более 200 кг/см²), что обеспечивает необходимую прочность и надежность соединений (прочность). Для повышения механической прочности и надежности сборки ФП тыльные стороны ФП приклеивались к алюминий-полиимидному носителю kleem ЭК-62, разработанном в ГП НИТИП.

При разработке конструкции модуля ФП на алюминий-полиимидном носителе предусмотрена возможность применения полииидной пленки с одно- или двухсторонним адгезионным покрытием для

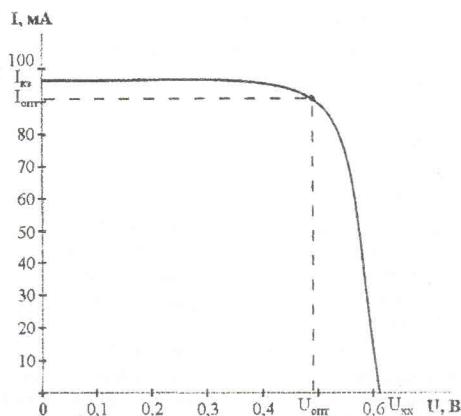


Рис. 4. Вольт-амперные характеристики фотопреобразователей, применяемых в модуле

Таблица 1. ВАХ фотопреобразователей

I_{K3} , мА	U_{xx} , В	I_{opt} , мА	U_{opt} , В	FF	КПД, %
95.9	0.601	90.1	0.487	0.76	13.5

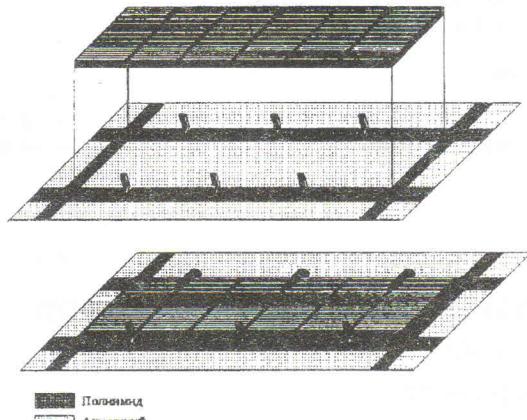


Рис. 5. Пример установки ФП на алюминий-полиимидный носитель

придания жесткости конструкции модуля ФП и электрической изоляции между модулем и основанием солнечной батареи.

Технологический маршрут изготовления разработанного модуля ФП включает в себя следующие операции сборки: а) приклейка тыльных контактов ФП к алюминию алюминий-полиимидного носителя; б) сварка проводников алюминий-полиимидного носителя к тыльным контактам ФП; в) сварка гибких контактов алюминий-полиимидного носителя с фронтальными контактами ФП.

Фотография модуля ФП собранного с фотопреобразователями представлена на рис. 6.

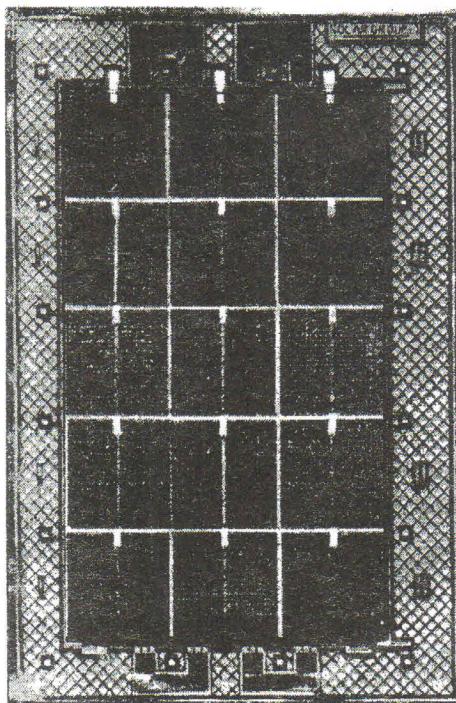


Рис. 6. Модуль фотопреобразователей

В ходе разработки модуля ФП исследованы его фотоэлектрические характеристики в условиях АМ0 с помощью лабораторного имитатора солнца, в котором в качестве источника излучения использовались галогенные лампы. На рис. 7 приведена ВАХ разработанного модуля ФП, а в табл. 2 — его усредненные основные характеристики.

Как уже упоминалось выше, одной из основных задач при разработке СБ является снижение веса на единицу мощности [2]. Поэтому в процессе разработки модулей ФП на основе алюминий-полиимидного носителя были также проведены исследования массогабаритных параметров модулей ФП, для чего использованы фотопреобразователи различной толщины: 250 ± 50 мкм и 400 ± 50 мкм. Результаты проведенных исследований показывают, что вес модуля без защиты от воздействия вредных факторов космического излучения и в зависимости от толщины фотопреобразователей составляет $0.5 - 0.8$ кг/м² [1].

В настоящее время в ГП НИТИП продолжаются работы по разработке модулей ФП на основе алюминий-полиимидных носителей для солнечных батарей космических аппаратов разработки Государственного конструкторского бюро «Южное». С целью дальнейшего повышения выходной мощности при использовании модулей в составе СБ КА

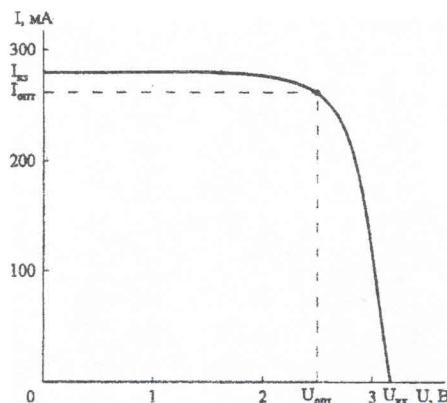


Рис. 7. ВАХ разработанного модуля фотопреобразователей

Таблица 2. ВАХ модуля ФП

U_{XX} , В	I_{K3} , А	U_{OPT} , В	I_{OPT} , А	P_{max} , Вт/м ²
3.15	0.275	2.45	0.260	182

«Січ-2» продолжаются работы по оптимизации конструкции и межмодульной коммутации (для модуля будут использоваться фотопреобразователи разработанные в ГП НИТИП).

Итак, разработанная конструкция опытного образца модуля фотопреобразователей обеспечивает достаточно высокие параметры:

- коэффициент заполнения модуля 0.93—0.95;
- вес модуля без защиты от воздействия вредных факторов космического излучения 0.5—0.8 кг/см²;
- выходная мощность модуля ФП 175—185 Вт/м².

1. Антонова В. А., Борщев В. Н., Копач В. Р. и др. Перспективные конструкторско-технологические решения монокристаллических кремниевых фотопреобразователей космического назначения // Радиотехника.—2002.—Вып. 125.—С. 111—117.
2. Белан Н. В., Безручко К. В., Елисеев В. Б. и др. Бортовые энергосистемы космических аппаратов на основе солнечных и химических батарей. — Харьков: Харьк. авиац. ин-т., 1992.—Ч. 1.—191 с.
3. Бюллэр К.-У. Тепло- и термостойкие полимеры / Под ред. Я. С. Выгодского. — М.: Химия, 1984.—1056 с.
4. Васильев А. М., Ландсман А. П. Полупроводниковые фотопреобразователи. — М.: Сов. радио, 1971.—248 с.
5. Раушенбах Г. Справочник по проектированию солнечных батарей: Пер. с англ. — М.: Энергоиздат, 1983.—360 с.
6. Стоффи Г., Ли Д., Невилл К. Новые линейные полимеры. — М: Химия, 1972.—280 с.

MODULE OF PHOTOTRANSFORMERS FOR SOLAR BATTERIES

I. T. Tymchuk

The design as well as main specifications and performances of the module of phototransducers for solar batteries of space vehicles are discussed.

УДК 629.76

ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ВЕСОВЫХ ЭТАЛОНОВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ СТЕНДОВ КОНТРОЛЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

© М. В. Килимник

ДП «Виробниче об'єднання Південний машинобудівний завод ім. А. М. Макарова»

Стійкість і керованість в польоті, точність траекторії, витрати палива, виведення на орбіту великих мас з меншими затратами та інші важливі експлуатаційні показники ракетно-космічної техніки багато в чому залежать від ступеня відповідності фактичних і розрахункових значень, що характеризують розподіл їхніх мас. Маси і координати центра мас визначаються на спеціальних стендах. Для атестації стендів контролю використовуються крупногабаритні вагові еталони. При їхньому створенні виникають конструкторсько-технологічні проблеми забезпечення положення координат центра ваги еталону, збереження жорсткості конструкції, а також в технологічності та економічності виготовлення.

На ГП «Производственное объединение Южный машиностроительный завод им. А. М. Макарова» для метрологической аттестации стендов, на которых контролируются координаты центра масс изде-

лий, используются габаритно-весовые эталоны контролируемых изделий и их составных частей.

При этом погрешность технологии и стендла устанавливается методом сравнения значений коорди-