

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ МОНТАЖА ВЫВОДОВ НА АРСЕНИД-ГАЛЛИЕВЫЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Невлюдов И. Ш., Жупинский В. А.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. ТАПР, тел.: (+380-57) 7021486

The continuous receipt of information and quality of assembling connections in microelectronic execution is the necessary condition of process control of the arsenium-hallium phototransformer editing. There is offered forming of durability description models of assembling connection on the basis of which it is possible to offer informing signs and methods of their control for estimation of quality of assembling connections. There are considered questions of the using of the developed models for the decision of tasks of the assured prognosis of descriptions, that is the necessary condition of providing of continuity of evaluation in the conditions of discrete process of receipt of information on results the test of connection.

Введение. В солнечных батареях (СБ) основным компонентом конструкции применяются кремниевые или арсенид-галлиевые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП). Арсенид-галлиевые ФЭП имеют сложную структуру, причем наносится она на подложку из германия для улучшения свойств. На контактные площадки фронтальные и тыльные наносится серебро или золото толщиной от 800 Å до 5 мкм.

При сборке СБ выполняется несколько видов соединений, которые требуют отработки технологии:

- соединение коммутационных выводов с фронтальными контактными площадками ФЭП,
- соединение коммутационных выводов с тыльными контактными площадками ФЭП,
- соединение коммутационных выводов с коммутационными шинами,
- соединение выводов диодов с ФЭП и коммутационными шинами.

Вышеуказанные соединения можно выполнять разными методами в зависимости от принятой технологической последовательности сборки и оборудования, а именно- методами контактной сварки или пайкой с оплавлением. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. В конструкции батареи, как материал выводов, использовалась серебряная фольга толщиной 25 ± 3 мкм, что в случае сварки позволяет получить однородные соединения с серебряными контактными площадками ФЭП. Для исследований дополнительно использовались соединения из посеребренной меди (толщина меди - 40 мкм и серебряное покрытие с двух сторон толщиной до 5 мкм). В рамках данной работы проведен выбор метода и исследована технология монтажа выводов на контактные площадки ФЭП.

Одностороннее контактное сваривание сдвоенным электродом является одним из наиболее распространенным методом сваривания коммутирующих выводов с контактными площадками ФЭП.

Данный метод применяется ведущими компаниями в области создания солнечных батарей космического применения, как SPECTROLAB, EMCORE (США), Surrey.

Известно (1), что при использовании метода контактного сваривания в местах соединений вывода с контактной площадкой ФЭП образуются сварные соединения в виде сварного ядра либо в твердой фазе без формирования сварного ядра.

При сваривании в твердой фазе, которая используется в технологии изготовления ФЭП (1), соединение может создаваться за счет рекристаллизации, когда образуется взаимное произрастание зерен через поверхность раздела, либо в результате пластической деформации при температуре ниже температуры рекристаллизации, когда происходит молекулярное соединение по поверхности раздела двух материалов (1).

Учитывая хрупкость арсенид-галлиевых ФЭП при достаточно больших размерах в плане 40x20 мм они имеют весьма малую толщину ~ 160 мкм и относятся к элементам с малой глубиной р-п перехода, что в свою очередь требует оптимизации режимов сварки при выполнении технологических операций, т.к. в процессе сварки происходит нагружение электродом на

контактную площадку с одновременным воздействием температуры, что может проявиться в виде разрушения германия либо ухудшения электрических параметров ФЭП.

Изменение электрических характеристик отмечается в большей мере в зоне оптимального нагружения и связано с введением металла в легированный слой под зоной контакта, который вызывает шунтирование р-п перехода. Дegrадация электрических характеристик увеличивается пропорционально числу сварных соединений, произведенных на одном и том же ФЭП, а также из-за температурного режима во время сваривания и может достигать 15%, что существенно влияет на общую характеристику солнечной батареи при ее компоновке.

Поэтому на этапе отработки технологии критериями качества сварного соединения вывода и контактной площадки являются следующие параметры:

- внешний вид сварного соединения,
- прочность сварного соединения на отрыв под углом 0° к площадке ФЭП – не менее 300г,
- минимальная величина деградации электрических характеристик ФЭП – не более 3%

В связи с малой толщиной подложки (160 мкм), низкой механической прочностью германия и высокой прочностью сварного соединения, широко распространенная в микроэлектронике методика оценки качества сварного соединения путем отрыва вывода под углом 90° к площадке ФЭП не эффективна. Более информативная и более удобная в работе методика отрыва под углом 0° . Подобная методика используется такими ведущими компаниями, как EMCORE (США) и Sutey.

Метод одностороннего контактного сваривания может быть реализован на таком оборудовании как УЗС.М-7 (НИИТОП г. Нижний Новгород, Россия) и ЭМ-4092 (НПК «Планар», Белоруссия), «Контакт – 3А».

При проведении исследований по отработке режимов сваривания выводов была использована сварочная установка «Контакт – 3А» (4), в которой применен электрод для одностороннего контактного сваривания типа ЭК1-40-160 (5).

По внешнему виду сварное соединение должно иметь вид двух отпечатков электродов без существенного изменения цвета вывода в зоне сварки и без оплавления мест. Для этого с целью снижения температурного воздействия на ФЭП теплового потока, что распространяется от точки сварки, и снижение интенсивности протекания процессов окисления выводов во время выполнения сварки, узел крепления электрода сварочной установки был модернизирован в области подведения инертного газа в зону сваривания. Для исключения поломки ФЭП и его фиксации во время сваривания был разработан специальный столик, на котором ФЭП крепился к стальному основанию с помощью вакуума, а выводы укладывались на ФЭП между ограничителями.

При выборе режимов сваривания рассматривалось два варианта:

- а) выбор режима сваривания для получения максимальной прочности – 300г
- б) уточнение режимов сваривания с обеспечением максимальной прочности и минимальной деградацией электрических характеристик ФЭП $\pm 3\%$.

Уточнение режимов сваривания проводилось по степени деградации электрических характеристик до и после соединения выводов. При выборе режима макс. прочности варьировались следующие параметры: первичное напряжение в диапазоне от 100 до 200В с интервалом 10В; время сваривания от 0,4 до 1,6с с интервалом 0,2с. Усилие прижатия электрода выбрано в интервале 250–300г, что обеспечивает удельное давление около 8 кгс/мм^2 , рекомендованные для данного метода сваривания.

Проведенные исследования показали разницу в режимах, которые необходимы для получения качественных сварных соединений из серебряных и посеребренных медных выводов.

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы о том, что при меньшей толщине серебряных выводов в сравнении с посеребренными медными, обеспечение прочности сварного соединения, которое требуется, достигается при менее жестких режимах сварки, что снижает общее количество тепла, которое выделяется в зоне сваривания и, соответственно, уменьшается возможность деградации электрических характеристик ФЭП.

Для серебряных выводов при малых значениях параметров сваривания наблюдается расслоение выводов по границе между выводом и контактной площадкой, зато при повышении режимов начинает наблюдаться надрыв (при прочности 250г) и, в дальнейшем, разрыв вывода вокруг зоны сваривания (при прочности более 270г), при этом точка сваривания с небольшой площадкой вывода остается на контактной площадке ФЭП.

Для медных посеребренных выводов тоже наблюдается отслоение выводов, но это отслоение наблюдается до значений прочности около 350-370г. При увеличении режимов сваривания наблюдается вырыв материала подложки вместе с точкой сваривания. Подобный характер разрушения может свидетельствовать об очень жестких режимах, которые привели к образованию микротрещин в объеме германия

Максимальные значения прочности сварных соединений, полученные на уровне 370-380г, ограничиваются или прочностью самого вывода (для серебра) или адгезией арсенид-галлия к германиевой подложке (для медного посеребренного вывода).

Использование охлаждения места сваривания аргоном разрешает снизить тепловые воздействия на ФЭП.

Прочность сварных соединений, которая необходима, т.е. ≥ 300 г для медных посеребренных выводов достигается при напряжении более 170В с охлаждением и более 160В без охлаждения и времени сварки более 0,6 – 0,7с. Характер разрушения сварного соединения - расслоение по границе между выводом и контактной площадкой. Увеличение напряжения более 200В и времени сварки более 1,5с приводит к появлению микротрещин в объеме германия в зоне сварного соединения и как следствие – уменьшение его прочности. При этом характер разрушения сварного соединения изменится – происходит вырыв области подложки в зоне сварного соединения. Для серебряных выводов прочность 300г достигается при напряжении 120В и времени сварки 0,6с.

Выводы. Во время исследований были построены графики зависимости прочности сварных соединений от напряжения и времени сваривания, которые позволили сделать следующие выводы:

- достижение прочности сварных соединений величиной 300г для медных посеребренных выводов необходимо напряжение >170 В с охлаждением и более 160В без охлаждения и времени сварки 0,6-0,7с, с характером разрушения – отслоение по границе между выводом и контактной площадкой, с деградацией электрических характеристик до 3%,

- достижение прочности сварных соединений величиной 300г для серебряных выводов достигается при напряжении от 120В до 140В и времени сварки 0,6с с деградацией электрических характеристик до 3%,

- для увеличения надежности конструкции за счет увеличения прочности при сборке ячеек ФЭП следует выполнять по несколько сварок на контактных площадках с расстоянием между ними $1,5 \pm 2,0$ мм

- не допускается воздействие повторных сварок, которое приводит к деградации электрических характеристик ФЭП $> 3\%$, применение охлаждения снижает воздействие температурного режима на ФЭП и уменьшает вероятность деградации электрических характеристик, и повышает стабильность (режима) сварных соединений.

Литература.

1. Г.Раушенбах, Справочник по проектированию солнечных батарей, Перевод под редакцией М.М.Колтуна, М., Энергоатомиздат, 1983 г.
2. Лист компании «Emscore» от 08.08.02 № PM02-87
3. Г.В.Назаров, Н.В.Гревцев, Сварка и пайка в микроэлектронике, М., «Сов. Радио» 1969 г.
4. Установка сварки «Контакт-3А» Э.020.006 ТУ.
5. ОСТ 1131.5001.7-85. Электроды для односторонней контактной сварки. Конструкция и основные размеры.