



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«Сатурн»

САТУРН

Солнечная ул., д. 6, Краснодар, 350072, РОССИЯ
Тел.:(861) 252-39-90, Факс:(861) 252-39-73, 252-39-90
E-mail: info@saturn-kuban.ru
http: //www.saturn-kuban.ru
ОКПО 04676556, ОГРН 1022301812246
ИНН 2311006961, КПП 231101001
р/с 40702810000000001299
кор.сч. 30101810400000000700, БИК 040349700
Филиал «Южный»
ПАО «БАНК УРАЛСИБ»

01.06 20 18 г. № 2256/22

На № _____ от _____

ОТЗЫВ

на результаты испытаний электрополевого метода визуализации изделий, изготовленных ПАО «Сатурн»

В «Лаборатории технологий визуализации изображений» физико-технического факультета ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» были проведены испытания лабораторного макета устройства для неразрушающего контроля – «Электрополевого сканера», разработанного авторами **О.Н. Шишкановым и А.П. Бойченко.**

Цель испытаний: поиск альтернативных методов неразрушающего контроля качества изготовления материалов и изделий, применяемых на ПАО «Сатурн» при диагностике фотоэлектрических батарей и их элементов (сборочных единиц).

Предмет и объекты исследований:

1. Защитное (покровное) стекло фотоэлектрических преобразователей, содержащее объемные и поверхностные дефекты в виде микротрещин и микровключений с отличным от стекла показателем преломления, формирующихся в процессе изготовления.

2. Кремниевые подложки для изготовления фотопреобразователей и сами фотопреобразователи с объемными дефектами в виде локально распределенных областей различной электропроводности, не визуализируемые оптическими методами.

3. Стеклотекстолитовые платы, предназначенные для монтажа фотопреобразователей, и содержащие дефекты в виде участков с разной степенью полимеризации клея и сквозных микропор.

По завершении испытаний авторами были предоставлены ПАО «Сатурн» электрополевые изображения перечисленных объектов на бумажном носителе с деталями описания выявленных дефектов.

Описание результатов испытаний.

1. Защитное (покровное) стекло фотоэлектрических преобразователей.

Изображения защитного стекла сформированы совокупностью мозаично распределенных точек диаметром порядка 10 мкм с экспоненциальной убывающей контрастностью от центра к периферии, соответствующих по оптико-микроскопическим изображениям структуре распределения микровключений, а геометрия их распределения – геометрии распределения дефектов. При этом размеры точек, соответствующих микровключениям, в ~ 3,3 раз превышают их истинные размеры, из-за чего точки сливаются, но не перекрывают друг друга, что является причиной мозаичности электрополевого изображения стекла.

2. Кремниевые подложки и фотопреобразователи на их основе.

Электрополевые изображения кремниевых подложек геометрически точно совпадают с оригиналом и содержат характерные овально-концентрические кольца, скачкообразно чередующиеся по контрастности. Наименьшую контрастность имеет центральная область изображений подложек, а наибольшую – их периферия. Оптико-микроскопической визуализацией электрополевых изображений подложек установлено наличие на овально-концентрических кольцах мелких точек высокой оптической плотности, которые оказались геометрически совпадающими с микрокавернами кремния, обнаруживаемых при том же увеличении оптического микроскопа в отраженном свете.

Изготовленные из кремниевых подложек фотопреобразователи имеют аналогичную с подложками топологию распределения деталей. Основные элементы их структуры, такие как токоведущие металлизированные дорожки и контакты под пайку, представлены на изображении в виде светлых полос (участков), соответствующих реальному расположению в фотопреобразователе. Неоднородность поверхности фотопреобразователя, обусловленная разной степенью диффузии химических растворов при травлении, представлена на изображении темными точками разного размера. Кроме того, на нем воспроизводимо визуализируется структура в виде двух параллельных линий с повышенной контрастностью, ограничивающие более широкую полосу пониженной контрастности, которые не просматриваются при визуальном и оптико-микроскопическом контроле. Полученный результат свидетельствует о наличии в фотопреобразователе объемного дефекта в виде микровключения с локально различающейся электропроводностью.

3. Стеклотекстолитовые платы.

На электролевых изображениях стеклотекстолитовых плат высококонтрастно отражены токопроводящие цепи с контактами под пайку на менее контрастно проявившемся фоне стеклотекстолита. Кроме того, на фрагменте изображения последнего хорошо просматривается его волокнистая структура, на фоне которой встречаются темные точки, соответствующие мелким сквозным порам, совпадающим при оптико-микроскопической визуализации этих изделий, а также бесформенные пятна в местах неравномерной полимеризации клея при изготовлении платы, не визуализируемые оптическими методами.

Заключение. На основании совокупности представленных результатов считаем, что предлагаемая авторами технология электролевой визуализации изделий и лабораторный макет для ее осуществления – «Электролевой сканер» имеют принципиальные отличия от оптических методов визуализации и близки по своей сущности к электролюминесцентным. Существенным преимуществом технологии является независимость визуализируемого объекта от его оптических свойств, хотя с последними наблюдается определенная корреляция, выявленная на примере микровключений оптического стекла.

Учитывая, что на ПАО «Сатурн» исследованные материалы и изделия из них преимущественно эксплуатируются во внешнем электрическом поле (или генерируют его), то предлагаемый авторами метод визуализации оказывается очень перспективным в диагностике различного рода дефектов перечисленных изделий, находящихся в естественных для них условиях работы.

Таким образом, лабораторный макет «Электрополевого сканера» рекомендуется авторам доработать до промышленно-производственных условий эксплуатации с заменой галогенсеребряных фотоматериалов на электролюминофоры или подобные им среды, исключающие использование неактиничного освещения и какую-либо химико-фотографическую обработку. Существующий образец макета «Электрополевого сканера» после незначительной модернизации и доработки пригоден к эксплуатации в лабораторных условиях при статистически-выборочном анализе визуализируемых материалов и изделий на их основе.

Ведущий специалист отдела № 11
по разработке конструкций
солнечных батарей

Сергей Георгиевич
Ханов

Заместитель Главного
конструктора

Александр Иннокентьевич
Финтисов

Заместитель генерального директора
по научной работе



Александр Федорович
Скачков