

которые впитываются в материал при нагреве от 100 до 130 °С, в результате чего материал твердеет и теряет пластичность. Пигменты или другие прозрачные компоненты добавляют к прозрачной основе для достижения цвета или прозрачности. Добавление слюды позволяет создать перламутровый или металлический эффект. Полимерная глина эффективно имитирует различные материалы и текстуры.

Существуют также полимерные глины со специальными эффектами: металлик, полупрозрачный, блестящий, цвет камня, светящийся в темноте. Широкое применение среди молодежи находят **украшения из эпоксидной смолы**, которую можно наносить на любую поверхность: стекло, металл (за исключением алюминия и оцинкованного железа), фаянс, силикон, крашеное дерево, пластик, кожу. Прозрачная эпоксидная смола позволяет получить различные украшения, похожие на стекло (рис. 1). Она обладает прочностью, не желтеет, не имеет запаха. Для придания блеска готовым изделиям покрывают специальным лаком.

Эпоксидная смола может применяться также для изготовления светящейся бижутерии и витражных изделий. Разработаны клеи, которые обладают свойством накопления ультрафиолетового света с последующим фосфоресцированием в темноте и сумерках в течение восьми и более часов ярким голубым цветом.

Клей с перламутровым пигментом из мельчайших частичек натуральной слюды размером от 5 до 200 мкм дает особый цветовой эффект создается исключительно за счет явлений отра-

жения, преломления и интерференции света без применения красителей.

Украшения из бисера крайне популярны благодаря своему необыкновенному многообразию и сочетанию с любым стилем одежды, а также возможности изготовить их собственноручно. Более сложные работы, выполненные из бисера порой не уступают в красоте украшениям из дорогих материалов (рис. 1).

Интересным материалом для изготовления разнообразных произведений ювелирного искусства является кость — клыки моржа, бивни слона и мамонта, зуб кашалота и нарвала, кость домашних животных, кости крупных морских и домашних животных, рога оленей, антилоп, рог носорога, а также близкий по свойствам панцирь черепах. Существуют три основные техники работы с костью — фигурная, плоская и ажурная резка (рис. 1). Украшения из кости в первую очередь являются символическим защитным талисманом. неприятности. В настоящее время они больше всего полюбили любителям экстремальных видов спорта.

Перламутр — внутренний слой раковин пресноводных и морских моллюсков, является органико-неорганическим композитом натурального происхождения. Главной отличительной особенностью перламутра является плоскостная структура, состоящая из нескольких слоёв шестиугольного пластинчатого арагонита, который размещён в несколько слоёв и способен преломлять свет самым оригинальным образом. Перламутр применяют для изготовления разнообразных изделий, в том числе в сочетании с металлами (рис. 1).

УДК 621.382.019.3

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Манего С.А.¹, Бумай Ю.А.¹, Бобученко Д.С.¹, Трофимов Ю.В.²

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий» НАН Беларуси
Минск, Республика Беларусь

Оценка надежности оптоэлектронных устройств (ОУ) базируется на исследовании закономерностей развития механизмов деградации, приводящих к отказам того или иного типа. Выяснение причин деградации направлено, чтобы затем, целенаправленно воздействуя на них, уменьшить скорость и величину деградации. При исследовании деградации существует ряд аспектов, из которых следует выделить, выявление ранних признаков основной и ускоренной деградации.

Здесь мы рассмотрим основные подходы к обнаружению и выявлению ранних признаков деградации одноаттных светоизлучающих диодов (СИД) фирмы HELIO Optoelectronics Corp

(НМНР-Е1LR, НМНР-Е1LG, НМНР-Е1LU). Деградация СИД, как правило, оценивают по уменьшению величины интенсивности излучения света. Следует отметить, что при оптимальных температурных и токовых нагрузках уменьшение внешней эффективности излучения света во времени является для ОУ процессом достаточно длительным. Поэтому, при условии сохранения автономности механизмов деградации используется методика ускоренных испытаний (ГОСТ Р 51901-6-2005), позволяющая существенно уменьшить длительность испытаний. Известно, что температурная зависимость скорости деградации описывается определенной энергией активации ($E_{акт.}$). Для полупроводниковых

приборов соединений $A^{III}B^V$ энергия активации составляет от 0,5 до 0,8 эВ. Следует отметить, что скорость деградации существенно увеличивается с увеличением токовой нагрузки и превосходит ее при увеличении температуры окружающей среды. Ранее отмечалось [1], что изменение оптических и электрических параметров СИД во времени, обусловлено необратимыми физико-химическими процессами в полупроводниковом материале СИД и являются наиболее общей причиной деградации светоизлучающих устройств. Возможны также отказы катастрофического типа после длительного периода наработки.

В качестве показателя надежности СИД выбирают медианный ресурс – время наработки до наступления 20% уменьшения начальной интенсивности излучения светодиода. В ряде работ было установлено, что при температурах до 135 °С выполняется условие автоточности механизмов отказа, что позволяло проводить ускоренные испытания не превышающую ее. Поэтому при форсированных испытаниях выбирались такие условия при которых суммарное воздействие токовой и температурной нагрузки при которых температура активного слоя светодиодов не превышала максимальную температуру активной области (120 °С) [2]. Энергия активации деградационного процесса составляла 0,6 эВ. Зависимость медианного ресурса определялась выражением [3].

$$T_{20} = AJ^n \cdot \exp(E_{акт}/kT_a),$$

где A - постоянный коэффициент;

J - плотность тока;

n - показатель степени, равный примерно единице;

$E_{акт}$ - энергия активации;

k - постоянная Больцмана;

T_a - температура активного слоя.

Исследуемая партия светодиодов фирмы HELIO Optoelectronics Corp. Содержала по 2 светодиода красного, голубого, зеленого и ультрафиолетового цвета свечения. На все светодиоды подавался стабилизированный ток $I_F = 330$ mA. В форсированном режиме температура окружающего воздуха выбиралась, чтобы температура активной области не превышала 130 °С. Температура активной области измерялась относительно комнатной по сдвигу максимума спектра излучения с учетом температурного коэффициента ширины запрещенной зоны InGaN, равного 0,4 мэВ/К. Периодичность измерения оптических и электрических параметров светодиодов (не реже одного раза в сутки). Затем строились графики зависимости логарифма интенсивности люминесценции от времени наработки для всех СИД. На рисунке 1 приведены зависимости ин-

тенсивности люминесценции (в относительных единицах) светодиодов от времени. Графики показывают, что после начального периода приработки (около 120 ч.) зависимость интенсивности люминесценции от времени имеет вид

$$I = I_1 \cdot \exp[-(t-t_1)/\tau_\phi]$$

где I_1 – интенсивности люминесценции СИД после приработки в течение времени t_1 ,

τ_ϕ – постоянная времени форсированной деградации.

Постоянная времени τ_ϕ является интегральной характеристикой деградационных процессов, которая определяется на линейном участке графика:

$$\tau_\phi = (t_2 - t_1) / \ln(I_1/I_2)$$

где I_1 – интенсивности люминесценции в момент времени t_1 ,

I_2 – интенсивности люминесценции в момент времени t_2 .

Для номинального режима постоянная времени получается умножением постоянной времени деградации на коэффициент ускорения K_y :

$$\tau = \tau_\phi K_y,$$

Коэффициент ускорения при известной энергии активации E_a рассчитывают по формуле

$$K_y = \exp(E_a/kT_n) / \exp(E_a/kT_\phi),$$

где T_n и T_ϕ – температуры при нормальном и форсированном режимах, соответственно.

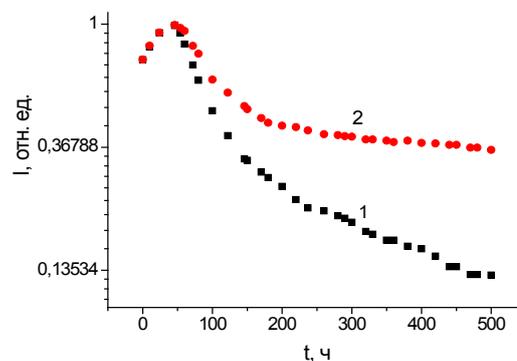


Рисунок 1 – Зависимость логарифма относительной интенсивности люминесценции светодиодов от длительности ускоренных испытаний (t): 1 - НМНР-Е1LR(красный), 2- НМНР-Е1LG(зеленый).

Следует отметить, что ультрафиолетовые светодиоды НМНР-Е1LU деградировали, проработав всего 110 ч., что не позволило оценить средний срок службы ультрафиолетовых светодиодов. Фотографии светодиодов красного и

зеленого свечения после 400 ч испытаний приведены на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2 – Светодиод HMHP-E1LR, время испытаний 400 ч.



Рисунок 3 – Светодиод HMHP-E1LG, время испытаний 400 ч

Как видно из фотографии на поверхности чашки, фокусирующей излучение, образуются пузырьки

УДК 621.382

ИМПУЛЬСНАЯ ФОТОННАЯ ОБРАБОТКА ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СИЛИЦИДОВ ПЛАТИНЫ ДЛЯ СБИС

Маркевич М.И.¹, Чапланов А.М.², Щербакова Е.Н.¹

¹Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

²Физико-технический институт НАН Беларуси

Минск, Республика Беларусь

Создание высококачественных быстродействующих полупроводниковых приборов и сверхбольших интегральных схем (СБИС) требует внедрения в технологию их изготовления новых материалов. Одним из наиболее перспективных материалов современной микроэлектроники являются силициды металлов. Силициды различных металлов нашли широкое применение в изделиях твердотельной электроники в качестве материалов выпрямляющих и омических контактов, а также токопроводящих элементов интегральных схем [1, 2].

Одним из распространенных материалов

силикона, которые уменьшают отражательную способность поверхности чашки. Поэтому при оценке интенсивности излучения светодиодов было учтено уменьшение отражательной способности чашки (интенсивность уменьшалась на 10%).

Таким образом, исследованы деградационные процессы в светодиодах фирмы HELIO Optoelectronics Corp (HMHP-E1LR, HMHP-E1LG, HMHP-E1LU) при токовых и температурных нагрузках. Определен коэффициент ускорения для красных (HMHP-E1LR) и зеленых (HMHP-E1LG) светодиодов $K_u=330$. Средний срок службы светодиодов (HMHP-E1LR, HMHP-E1LG) $\tau = 48675$ ч. Обнаружено, что после 400 ч наработки при форсированных испытаниях на поверхности металлизированного диффузора образуются пузырьки силикона.

1. Манего С.А. Анализ переходных тепловых процессов в светодиодах / С.А. Манего, С.И. Лишик // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 8 Междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 15 апреля 2010 г. / под ред. Б.М. Хрусталева, Ф.А. Романюка, А.С. Калиниченко – Минск: БНТУ, 2010. – Т.3 – С.349.
2. Helixeon - Color Series Documents. No.: DS-04-09-01. Mode of access: <http://www.heliopto.com/en/product.htm> - Data of access: 09.03.2014.
3. Егоров Л.П., Никофоров С.С., Воротинский В.А. Форсированные испытания для оценки надежности светоизлучающих приборов. Электронная техника. Сер. Полупроводниковые приборы.-1989.-№7.-С.113-116

данного класса является силицид платины, отличающийся большей высотой потенциального барьера с кремнием p-типа проводимости (0,82 В) и легкостью получения путем твердофазной реакции с кремнием. Использование силицида платины в таких изделиях силовой электроники, как диоды Шоттки позволяет получать структуры с малыми обратными токами, высокими пробивными напряжениями и максимальной температурой эксплуатации до 200°C [3].

Отличительной особенностью изделий силовой электроники является большая площадь структуры, которая может достигать десятков