

Рисунок 3 – Термопрофили ИК пайки: обычный нагрев (1), с кольцевым отражателем (2)

В результате анализа качества паяных соединений были выявлены незначительные дефекты, такие как образование на поверхности платы шариков припоя, что не является критичным, и только нарушает требования к эстетическому виду. На плате отсутствуют следы перегрева и коробления. При ручном управлении ИК нагревом возрастает возможность образования таких дефектов как: непропаи выводов, «надгробный

УДК 535.361

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ ОПАЛОВЫХ МАТРИЦ НА ОСНОВЕ КРЕМНЕЗЕМА, ЗАПОЛНЕННЫХ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЕВРОПИЯ И ТЕРБИЯ

Литвинова А. О.

ФИАН им. П. Н. Лебедева, МГТУ им. Н. Э. Баумана
Москва, Российская Федерация

Оптические среды, которые характеризуются изменяющейся с периодом, сопоставимым с длиной волны электромагнитного излучения видимого диапазона, диэлектрической проницаемостью, классифицируются как фотонные кристаллы (ФК). ФК активно исследуются и находят применение в различных областях. ФК бывают одномерными, двумерными и трехмерными. Трехмерным фотонным кристаллом является глобулярный фотонный кристалл (ГФК), например искусственные опаловые матрицы, сформированные из глобул кремнезема ($\alpha\text{-SiO}_2$) с диаметрами 200 - 800 нм. Такие ФК имеют строение в виде кубической гранецентрированной кристаллической решетки. Пространство между глобулами называют пора́ми ФК и имеет размер порядка 50 – 150 нм. Присутствие пор позволяет вводить в образец ГФК различные молекулярные соединения. Таким образом, можно воздействовать на оптические свойства ГФК. Характерной особенностью ФК является формирование соответствующих разрешенных и запрещенных зон (стоп - зон) для фотонов. Таким образом, ФК представляют собой материалы с управляемыми оптическими свойствами. При заполнении пор ГФК редкоземельными элементами (РЗЭ) образуются материалы с люминесцентными свой-

ствами. Одним из примеров является получение мезопористого стекла и квантитов при легировании РЗЭ европия (III) при разных режимах обжига. На сегодняшний день РЗЭ активно применяются для создания новых устройств, например, солнечных элементов или лазерных усилителей [1 – 2].

В данном исследовании ставится задача наблюдать низкочастотную конверсию электромагнитного излучения в области стоп – зон ГФК, заполненного РЗЭ (европий Eu^{3+} и тербий Tb^{3+}), при узкополосном ультрафиолетовом излучении.

1. Джюд, М. Пайка при сборке электронных модулей / М. Джюд, К. Бридли. – М.: Издат. дом «Технологии», 2006. – 416 с.
2. Ланин, В. Л. Инфракрасный нагрев в технологии пайки поверхностного монтажа / В.Л. Ланин // Технологии в электронной промышленности.– 2007. – № 3.– С. 38–42.
3. Ланин, В.Л. Электромонтажные соединения в электронике: технология, оборудование, контроль качества / В.Л. Ланин, В.А. Емельянов.– Минск: Интегралполиграф, 2013. – 406 с.

На рис. 1 приведена схема экспериментальной установки. В работе были использованы следующие источники излучения: галогенная лампа, лазер с длиной волны генерации 266 нм, диоды 366, 382 и 410 нм. От источников излучения (1) по оптоволоконному световоду (2) излучение подводится к закрытой кювете (3), в которой расположен образец (4) ГФК. По световоду (5), расположенному рядом с (2) отраженное излучение поступает в миниспектрометр типа монохроматора (6). Разрешение миниспектрометра составляло 2-3 нм при временных экспозициях 100 – 500 мс. Через USB кабель (7) цифровой сигнал поступает в компьютер (8) и проводится его обработка.

Образцы представляют собой пластинки 10x20x2 мм, состоящие из плотноупакованных сфер кремнезема. Заполнение пор ФК проводилось путем смачивания поверхности комплексами РЗЭ (европий Eu^{3+} и тербий Tb^{3+}) в течение часа при температуре 293 К. Широкополосным излучением галогенной лампы были зарегистрированы спектры отражения от поверхности роста ГФК (111), что позволяет установить спектральное положение стоп-зоны. От узкополосных источников (лазера и диодов) были получены спектры фотолюминесценции комплексов опалов и РЗЭ. На рис. 2 и рис. 3. приведены результаты экспериментальных измерений спектральных характеристик ГФК и РЗЭ европий Eu^{3+} и тербий Tb^{3+} , соответственно. На рис. 2 приведены спектры отражения и фотолюминесценции незаполненного и легированного ионами трехвалентного европия ГФК. Диаметр глобул ГФК 275 нм. На представленном рисунке пунктиром приведен нормированный спектр отражения широкополосного излучения галогеновой лампы, задающие спектральное положение стоп-зоны исследуемого фотонного кристалла: 598 нм. Спектральная ширина стоп-зоны составляла около 40 нм. Спектральная линия (2) соответствует спектру фотолюминесценции, полученному при возбуждении твердотельным лазером $\text{YAG}:\text{Nd}^{3+}$ (длина волны излучения $\lambda=266$ нм). Линии в диапазоне 508 - 799 нм соответствуют электронным переходам Eu^{3+} . В частности, полоса 699 нм соответствует линии перехода европия с уровня D_0^5 на уровень F_4^7 , 618 нм : $D_0^5 - F_2^7$; 591 нм: $D_0^5 - F_1^7$; 580 нм: $D_0^5 - F_0^7$; 547 нм: D_1^5 на уровень F_2^7 ; 536 нм: $D_0^5 - F_1^7$; 525 нм: $D_0^5 - F_0^7$. соответственно. Аналогично получаем для образца ГФК, заполненного трехвалентным тербием [3]. Диаметр глобул образцов опала 265 нм. Кривая 1 соответствует спектру фотолюминесценции Tb^{3+} в ГФК при возбуждении лазером с длиной волны генерации 266 нм. Линия 2 соответствует положению стоп – зоны образца, полученная при помощи широкополосного излучения. Аналогичные эксперименты были проведены с диодами с фиксированными длинами волн 366, 382 и 410 нм. Были рассмотрены образцы с разными диаметрами глобул ГФК.

Исследованы спектры отражения от поверхности роста (111) глобулярных фотонных кристаллов с различными диаметрами глобул при освещении узкополосным ультрафиолетовым и фиолетовым излучением лазера и светодиодов, а также широкополосным излучением галогенной лампы. Были обнаружены интенсивные узкие полосы, отличающиеся по спектральному положению от излучения коротковолновых источников возбуждающего света [5]. Спектральное положение полос соответствует спектральному положению стоп-зон и не зависит от длины

волны возбуждения. Установлено, что при изменении диаметра глобул форма полосы отражения и ее связь с положением стоп-зоны опала сохраняются. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при воздействии на фотонный кристалл коротковолнового излучения происходит конверсия этого излучения в спектральную область стоп-зоны. При использовании ультрафиолетовых источников излучения происходит его переизлучение в красную и инфракрасную спектральную область на поверхности лигированного ГФК.

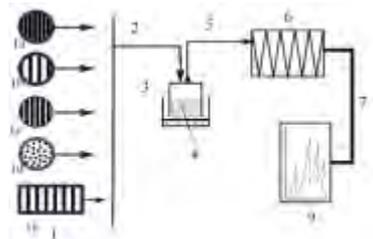


Рисунок 1. – Схема экспериментальной установки

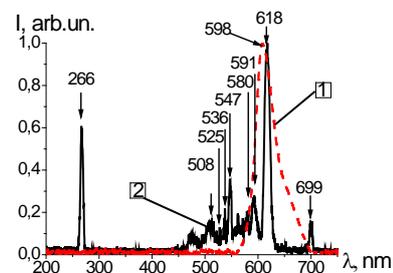


Рисунок 2. – Спектры отражения от поверхности ГФК (1) и спектр люминесценции ГФК, поры которого заполнены Eu_2O_3 , возбужденный лазером с длиной волны 266 нм (2)

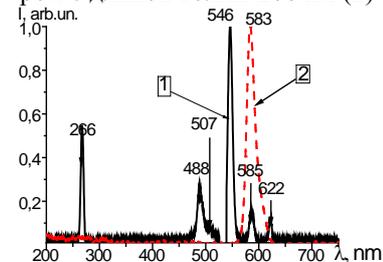


Рисунок 3 – Спектры отражения от поверхности ГФК (1) и спектр люминесценции ГФК, поры которого заполнены Tb_2O_3 , возбужденный лазером с длиной волны 266 нм (2)

Микроскопический механизм процессов конверсии может состоять в реализации трёхфотонных параметрических процессов, а также в усилении широкополосной фотолюминесценции, обусловленной присутствием дефектов в кварцевой матрице в виде примесей РЗЭ. Форма полосы конверсии близка к спектру соответствующего отражения широкополосного излучения галогенной лампы. Наблюдается лишь небольшое сужение спектра конверсии по сравнению со спектром отражения широкополосного излуче-

ния. Однако вид спектра конверсии не зависит от длины волны возбуждающего света, но существенно изменяется при изменении диаметра глобул. Отметим, что в спектрах фотолюминесценции проявляются линии, соответствующие линиям перехода редкоземельных элементов. В области стоп – зоны ГФК они усилены. Таким образом, можно говорить об усилении эффекта конверсии из коротковолновой области в длинноволновую. Этот эффект связан с плотностью поверхностных состояний, возникающих на поверхности ГФК и 4f – структурой ионов европия (III) и тербия (III) [7-8].

Наблюдаемый эффект конверсии электромагнитного излучения в глобулярных фотонных кристаллах открывает возможность создания новых типов зеркал с селективным отражением света в заданной области спектра. Такие зеркала могут найти применения в лазерных резонаторах и других оптических устройствах. Кроме того, введение люминофоров в поры глобулярных фотонных кристаллов позволит создать нелинейно-

УДК 621.794.61:661.862'022

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПОДБОРУ МАТЕРИАЛА И УСЛОВИЙ АНОДИРОВАНИЯ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АЛЮМИНИЕВЫХ ОСНОВАНИЙ С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СЛОЕМ АНОДНОГО Al_2O_3 ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ МИКРО- И НАНОЭЛЕКТРОНИКИ

Литвинович Г.В.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

Разработки эффективных методов формирования покрытий поверхности металлов с заданным набором функциональных свойств, к числу которых относится и получение диэлектрических слоев Al_2O_3 на алюминии путем анодирования, требуют глубокого понимания механизма самого процесса и всех факторов, влияющих на состав и свойства получаемого продукта. Поэтому подбору марки алюминия для анодирования, подбору концентрации и составу электролита, его температуре, режимам и условиям проведения процесса, необходимо придавать первостепенное значение. Это объяснимо, т.к. чистота используемого материала, его состав, влияет на кинетику процесса анодирования, скорость роста и травления оксида, размерные параметры сформированной пленки, ее электрофизические свойства. Сразу отметим, что состав анодируемого алюминия определяет предельную толщину оксида алюминия d (Al_2O_3). Увеличение толщины Al_2O_3 затрудняет транспорт реагентов в зону его формирования и приводит к росту напряжения анодирования U_a , выделяемого тепла и скорости травления оксида. Для алюминия высокой чистоты рост U_a протекает плавно с увеличением d (Al_2O_3) до момента локальных прогаров.

В данной работе по изготовлению алюминиевых оснований с диэлектрическим слоем Al_2O_3

оптические зеркала и новые активны среды, перспективные для лазерной генерации.

1. Gorelik V. S. Optics of globular photonic crystals // Laser Physics. – 2008. – Vol. 18, no. 12. – P. 386.
2. Joannopoulos J. D., Meade R. D., Winn J. N. Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. / Princeton, NJ: Princeton Univ. Press, 1995.
3. Ельяшевич М. А. Спектры редких земель. / изд-во технико – теоретической литературы, Москва, 1953 г., 456 стр., стр. 411, 420, 425.
4. Виноградов А.П., А. В. Дорофеенко, А. М. Мерзликин, А.А. Лисянский. Поверхностные состояния в фотонных кристаллах. // УФН, Март, 2010, Том 180, № 3, 249-262.
4. Горелик В. С., Л. С. Лепнев, А. О. Литвинова. Конверсия электромагнитного излучения в глобулярных фотонных кристаллах SiO_2 при коротковолновом излучении. // Неорганические материалы, 2014, том 50, № 10, с. 1–5.

получены и сопоставлены результаты анодирования Al высокой, технической чистоты и его сплава в различных электролитах при нескольких значениях плотностей тока и длительностях процесса. На сформированных образцах измерены толщина слоя Al_2O_3 , его пробивные напряжения. Осуществлен анализ и систематизированы полученные данные с целью дальнейшего информационного использования.

В работе использовался первичный алюминий высокой A99 и технической A5, A0 чистоты; его сплав АМг-2 (табл. 1). Образцы имеют три зоны анодирования размером 20x30 мм (рис.1). Анодирование осуществлялось в растворах 10%-ной щавелевой, 20%-ной серной и 1,2 М фосфорной кислот при плотностях тока $j=10, 20$ и 40 мА/см². Анодирование происходило с одной стороны образца. Для этого на образце первоначально формировалась тонкая пленка ~5 мкм анодного Al_2O_3 в соответствующем электролите, с целью увеличения адгезии, и после мойки, сушки, на его обратную сторону и разделительные полоски наносился маскирующий лак. Всего – 36 образцов.

Электрохимический процесс окисления алюминия проводился в двухэлектродной ванне с круговым Ni-катодом и охлаждаемым электролитом. Температура электролита поддержива-