

УДК 535.372, 628.9.037, 538.958

PACS: 33.50.Dq, 78.55.-m, 78.70.-g

Фотолюминесценция полиметилметакрилата при возбуждении KrCl эксилампой и KrCl лазером

А. Г. Бураченко, В. Ф. Тарасенко, Д. Е. Генин, А. В. Пучикин

Исследованы спектры фотолюминесценции различных образцов полиметилметакрилата (ПММА) при возбуждении излучением KrCl эксилампы на длине волны $\lambda \approx 222$ нм с шириной полосы ~ 2 нм и узкополосным излучением KrCl лазера ($\lambda = 222$ нм), а также спектры пропускания этих образцов. Установлено, что исследуемые образцы ПММА согласно их спектрам пропускания могут быть сгруппированы в три характерные группы с различной коротковолновой границей пропускания, изменение которой влияет на спектры фотолюминесценции. Показано, что плотность мощности излучения, возбуждающего фотолюминесценцию ПММА, существенно влияет на спектр излучения ПММА в ультрафиолетовой и видимой областях спектра.

Ключевые слова: фотолюминесценция, ПММА, KrCl лазер, KrCl эксилампа, излучение Вавилова-Черенкова.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-5-13

Введение

Полиметилметакрилат (ПММА, акрил, оргстекло) широко используется в сцинтилляционных и черенковских детекторах в медицинской дозиметрии для определения поглощенной дозы при облучении различными видами ионизирующего излучения [1–5]. При этом ПММА в сцинтилляционных детекторах чаще применяется при изготовлении световодов, а в черенковских детекторах может применяться как в качестве световодов, так и в качестве материала радиатора, в котором возникает излучение Вавилова-Черенкова (ИВЧ).

Черенковские детекторы на основе ПММА также широко применяются для определения энергии высокоэнергетичных частиц [6–8]. В этом случае обычно измеряется угол между направлением ИВЧ и потоком заряженных частиц, где ИВЧ регистрируется, как правило, с помощью ФЭУ. Возникновение ИВЧ в различных средах теоретически и экспериментально исследовалось во многих работах, см., например, [8–10]. Однако, в материале радиатора черенковского детектора помимо ИВЧ может также возникать и люминесценция, которая будет вносить искажения в сигнал ИВЧ, регистрируемый ФЭУ.

Например, при определении доз облучения в медицинской дозиметрии точность измерений понижается из-за влияния так называемого стэм-эффекта (в англоязычной литературе «stem effect»), возникающего в оптических волокнах при суммировании сигналов ИВЧ и люминесценции [1, 3, 4]. Удаление влияния стэм-эффекта из интересующего сигнала – одна из основных проблем в сцинтилляционной волоконно-оптической дозиметрии. Исследования в [1] показали, что стэм-эффект, возникающий в оптическом волокне из ПММА, можно смоделировать как линей-

Бураченко Александр Геннадьевич, н.с., к.ф.-м.н.

E-mail: bag@loi.hcei.tsc.ru

Тарасенко Виктор Федотович, г.н.с., д.ф.-м.н.

E-mail: vft@loi.hcei.tsc.ru

Генин Дмитрий Евгеньевич, инженер.

E-mail: genin@vtomske.ru

Пучикин Алексей Владимирович, н.с.

E-mail: apuchikin@mail.ru

ИСЭ СО РАН.

Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3.

Статья поступила в редакцию 27 декабря 2021 г.

© Бураченко А. Г., Тарасенко В. Ф., Генин Д. Е., Пучикин А. В., 2022

ную суперпозицию черенковского и флуоресцентного излучения. Данные о соотношении черенковского и флуоресцентного излучения являются весьма важными для корректной работы детекторов в медицинской дозиметрии. В обзоре [11] приведены спектрально-кинетические исследования ИВЧ и импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) различных материалов при возбуждении пучками электронов с энергией в диапазоне от десятков кэВ до единиц МэВ, а также проанализированы соотношения ИВЧ и ИКЛ для ряда материалов.

Кроме того, следует иметь в виду, что ИВЧ, возникающее в области поглощения материала радиатора, может переизлучаться в область его прозрачности, то есть приводить к возбуждению фотолюминесценции (ФЛ) данного материала. В [12, 13] было показано, что при облучении эксилампой с длиной волны 222 нм природного и искусственного алмазов Па типа, ПММА и других материалов, прозрачных в видимой области спектра, наблюдаются полосы ФЛ, совпадающие с полосами ИКЛ. На основании этих результатов, было высказано предположение, что поглощенное черенковское излучение также может вызывать фотолюминесценцию в области прозрачности исследуемого материала. Соответственно, ФЛ материала радиатора черенковского детектора, возникающая при поглощении ИВЧ, также будет искажать регистрируемый сигнал ИВЧ. Таким образом, появление флуоресценции в черенковских детекторах, как и появление ИВЧ в сцинтилляционных детекторах будут искажать полезный сигнал, возникающий соответственно в том или другом типе детектора. В определенных условиях подобные искажения могут оказаться несущественными. Однако в ряде случаев их необходимо учитывать, например, в экспериментах по регистрации редких событий [14, 15]. Также данные о возникновении ФЛ ПММА под действием ИВЧ могут быть полезны при создании приборов медицинской дозиметрии. В работе [14] были получены спектры фотолюминесценции ПММА и тетрафенилбутадиена при возбуждении излучением фотодиода с длиной волны 280 нм. Фотолюминесценция ПММА наблюдалась как при комнатной температуре, так и при охлаждении образцов до 4 К, но спектры излучения при этом изменялись. При охлаждении образцов ПММА

наблюдались три дополнительные полосы излучения с малой интенсивностью в области 460–510 нм.

В работе [15] впервые исследовали фотолюминесцентный отклик акрила и политетрафторэтилена (ПТФЭ) при возбуждении деутериевой лампой, излучающей в области от 130 до 250 нм. Было зарегистрировано излучение в области от 400 до 550 нм малой интенсивности с наибольшей мощностью на длине волны около 430 нм. Отмечалось, что эти результаты важны для будущих экспериментов с жидкими сцинтилляторами, излучающими в ВУФ области спектра, см., например, [16]. В работе [15] также обсуждались результаты работы [12] и было подтверждено, что за счёт поглощения коротковолновой части ИВЧ может быть усилена ФЛ акрила в области прозрачности. ИВЧ в области поглощения акрила может быть инициировано с помощью быстрых электронов, например, при распаде радиоактивных примесей. Возбуждение фотолюминесценции ПММА за счет поглощения коротковолновой части ИВЧ, согласно [15], должно привести к расхождению результатов расчётов спектров излучения методом Монте-Карло и экспериментальных данных.

Таким образом, в ряде работ регистрировалось излучение ПММА в видимой области спектра под действием ВУФ (короче ~200 нм) и УФ (~200–400 нм) излучения от различных источников, но наблюдаемые полосы излучения при комнатной температуре отличались.

Цель данной работы – получить данные об излучении ПММА в УФ и видимой областях спектра при облучении КгСл эксилампой (широкая полоса с максимумом на длине волны $\lambda \approx 222$ нм) и КгСл лазером ($\lambda = 222$ нм) с узкой линией, а также определить влияние плотности мощности излучения источников возбуждения ФЛ и положения коротковолновой границы пропускания различных образцов ПММА на спектры ФЛ этих образцов.

Экспериментальные установки и методики измерений

Для облучения образцов ПММА были использованы КгСл эксилампа барьерного разряда [17], разработанная в лаборатории оптических излучений Института сильноточной

электроники СО РАН (ИСЭ СО РАН), а также KrCl лазер EL-200-100 [18], созданный в лаборатории газовых лазеров ИСЭ СО РАН. Исследуемые образцы имели форму плоскопа-

раллельных пластинок разной толщины и разную коротковолновую границу пропускания. Данные об основных образцах приведены в таблице.

Таблица

Характеристики исследуемых образцов ПММА с указанием используемого источника возбуждения ФЛ для каждого образца

| Номер образца | Толщина образца, мм | Коротковолновая граница пропускания, нм | Возбуждение эксилампой | Возбуждение лазером |
|---------------|---------------------|---|------------------------|---------------------|
| 1 | 0,9 | ~300 | да | нет |
| 2 | 2 | ~250 | нет | да |
| 3 | 3 | ~350 | да | да |
| 4 | 6 | ~300 | да | да |
| 5 | 10 | ~300 | да | нет |

Облучение проводилось при комнатной температуре. Схема экспериментальной установки по регистрации спектров излучения образцов при возбуждении ФЛ эксилампой показана на рис. 1.

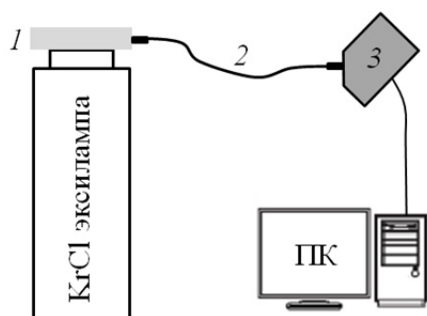


Рис. 1. Схема установки по регистрации спектров излучения ПММА при возбуждении фотолюминесценции KrCl эксилампой ($\lambda \approx 222$ нм, ширина полоса 2 нм). 1 – образец ПММА; 2 – световод; 3 – спектрометр

При возбуждении эксилампой подробные исследования фотолюминесценции ПММА проводились на 4 образцах (№ 1, № 3, № 4 и № 5). Облучалась плоская грань исследуемых образцов ПММА 1, а спектры ФЛ регистрировались с торца боковой грани образцов с помощью световода 2 и спектрометра 3 (рис. 1). Такое расположение элементов экспериментальной установки позволило значительно уменьшить влияние излучения плазмы барьерного разряда эксилампы, которое присутствовало в видимой и УФ-областях спектра и попадало на приемную часть световода. Интенсивность ФЛ была сравнительно мала, см. также выводы в работе [15]. Кроме того, на

нее накладывалась часть излучения разряда KrCl эксилампы, которая также регистрировалась спектрометром. Поэтому для выделения спектра ФЛ ПММА спектр излучения KrCl эксилампы вычитался из интегрального спектра излучения в области пропускания образцов.

Импульсы излучения эксилампы следовали с частотой повторения ~ 43 кГц и имели длительность на полувысоте ~ 200 нс. Плотность средней мощности излучения эксилампы на поверхности образцов составляла ~ 7 мВт/см². При этом плотность пиковой мощности излучения составляла $\sim 0,4$ Вт/см².

При возбуждении KrCl лазером подробные исследования фотолюминесценции ПММА проводились на 3 образцах (№ 2, № 3 и № 4), два из которых также использовались в экспериментах с KrCl эксилампой. Схема экспериментальной установки по регистрации спектров излучения ПММА при возбуждении ФЛ KrCl лазером показана на рис. 2.

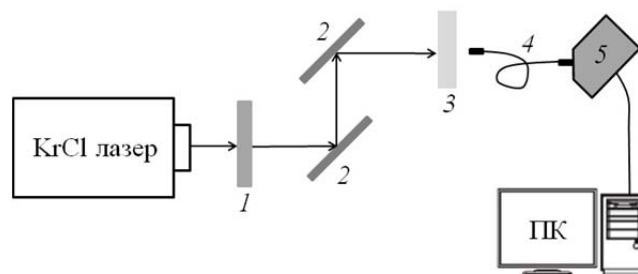


Рис. 2. Схема установки по регистрации спектров излучения ПММА при возбуждении фотолюминесценции узкополосным излучением KrCl лазера ($\lambda = 222$ нм). 1 – выходное зеркало резонатора; 2 – селективные зеркала; 3 – образец ПММА; 4 – световод; 5 – спектрометр

Образцы ПММА устанавливались в плоскости, перпендикулярной оси лазерного излучения. Расстояние от плоскости до выходного окна лазера ~ 40 см. Использование селективных (с максимальным отражением на 222 нм) зеркал 2 перед образцами ПММА 3 и смещение оптической оси позволяло более чем на два порядка уменьшить интенсивность излучения плазмы разряда KrCl лазера за образцом. Приемная часть световода 4 устанавливалась на расстоянии ~ 4 см от поверхности образца.

KrCl лазер работал с частотой следования импульсов 4 Гц, длительность импульса лазерного излучения составляла ~ 13 нс на полувысоте, а энергия излучения в импульсе составляла 5, 10 или 15 мДж. Это обеспечивало плотность средней мощности излучения $\sim 8, 16$ и 24 мВт/см² соответственно. Подобная плотность средней мощности излучения использовалась при облучении эксилампой. Однако плотность пиковой мощности лазерного излу-

чения составляла $\sim 150, 300$ и 450 кВт/см², и была более чем на 5 порядков выше, чем при использовании эксилампы. Осциллограмма импульса лазерного излучения показана на рис. 3, а. Измерение плотности средней мощности излучения эксилампы на длине волны 222 нм осуществлялось с помощью измерителя мощности H8025-222 (Hamamatsu Photonics К.К.). Измерение энергии лазерного излучения в импульсе осуществлялось с помощью измерителя мощности и энергии Gentec-EO. Импульсы лазерного излучения, импульсы свечения ПММА под действием лазерного излучения и импульсы излучения KrCl эксилампы регистрировались с помощью фотодиода PD025 (Photek), который имел максимальную чувствительность в области 200–600 нм. Время нарастания переходной характеристики фотодиода ~ 80 пс. Импульсы излучения записывались с помощью осциллографа MDO 3104 (1 ГГц, 5 Гвыб/с).

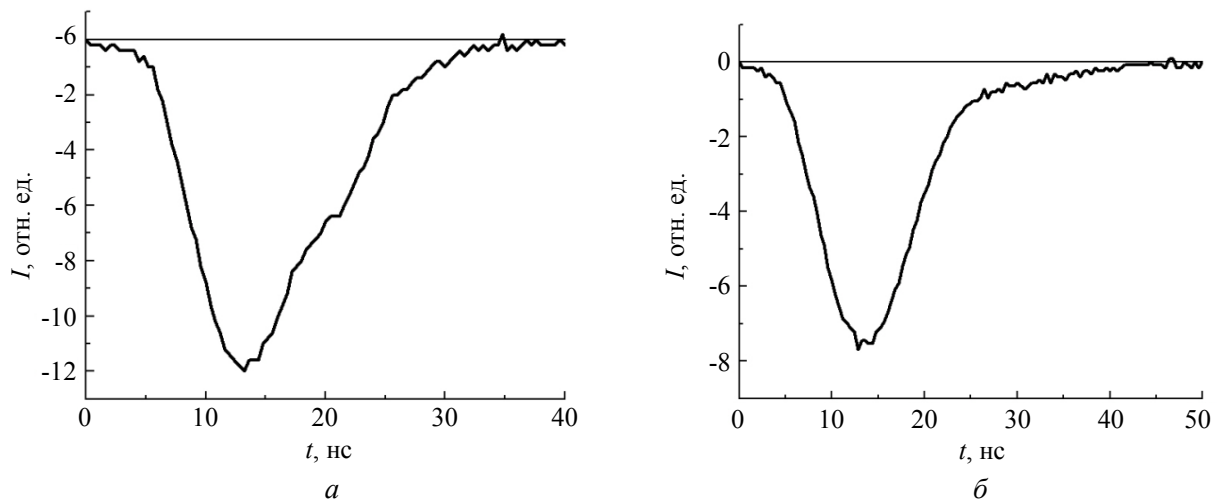


Рис. 3. Осциллограммы импульсов излучения KrCl лазера (а) и образца № 4 при облучении лазером (б)

Спектры излучения и пропускания образцов регистрировались с помощью спектрометра HR2000+ES (OceanOptics Inc.) с известной спектральной чувствительностью в диапазоне 190–1100 нм (оптическое разрешение $\sim 0,9$ нм). Важно отметить, что в наших предыдущих работах (см., например, [11], [12], [19]) была обнаружена неточность при восстановлении спектров из экспериментальных данных, связанная с кривой спектральной чувствительности спектрометра в диапазоне 450–500 нм. В этой области, при регистрации спектров ИВЧ в образцах из кварцевого стекла, алмаза и сапфи-

ра, при их возбуждении пучком электронов, наблюдалась слабая полоса, см. работу [19]. В [19] было предположено, что эта полоса с максимумом излучения на длине волны 490 нм возникает из-за влияния рентгеновского излучения на спектрометр и световод. Однако позже было установлено, что наличие данной полосы обусловлено упомянутой выше неточностью. Следует отметить, что в спектрах излучения ПММА, приводимых в [11, 12] эта неточность приводила к усилению интенсивности полос ФЛ и ИКЛ в области 450–500 нм.

Перед облучением эксилампой и лазером были определены спектры пропускания девятнадцати различных образцов ПММА. По положению коротковолновой границы пропускания их можно было разделить на три группы. В первой группе образцов пропускание регистрировалось начиная с длины волны ~ 350 нм, во второй с ~ 300 нм и в третьей основное пропускание начиналось с длины волны ~ 350 нм, но также присутствовало заметное пропускание ($\sim 10\%$) в области 250–350 нм. Наибольшее количество имеющихся у нас образцов относилось ко второй группе. Отметим, что у некоторых образцов, которые были отнесены к первой группе, регистрировалось слабое пропускание в области 250–350 нм. По-видимому, отличие в коротковолновой области пропускания связано с разным составом примесей в образцах ПММА. В данной работе для более подробных исследований были вы-

браны три образца второй группы и по одному из первой и третьей. При проведении дальнейших исследований планируем определять для каждого образца ПММА его марку и производителя.

Экспериментальные результаты

Фотолюминесценция ПММА при возбуждении KrCl эксилампой

Как уже отмечалось, при возбуждении KrCl эксилампой исследовались спектры ФЛ четырёх образцов ПММА (№ 1, № 3, № 4 и № 5). Коротковолновые границы пропускания исследуемых образцов приведены в таблице и на рис. 4, а схема эксперимента показана на рис. 1. На рис. 4 также приведены полученные спектры ФЛ исследуемых образцов.

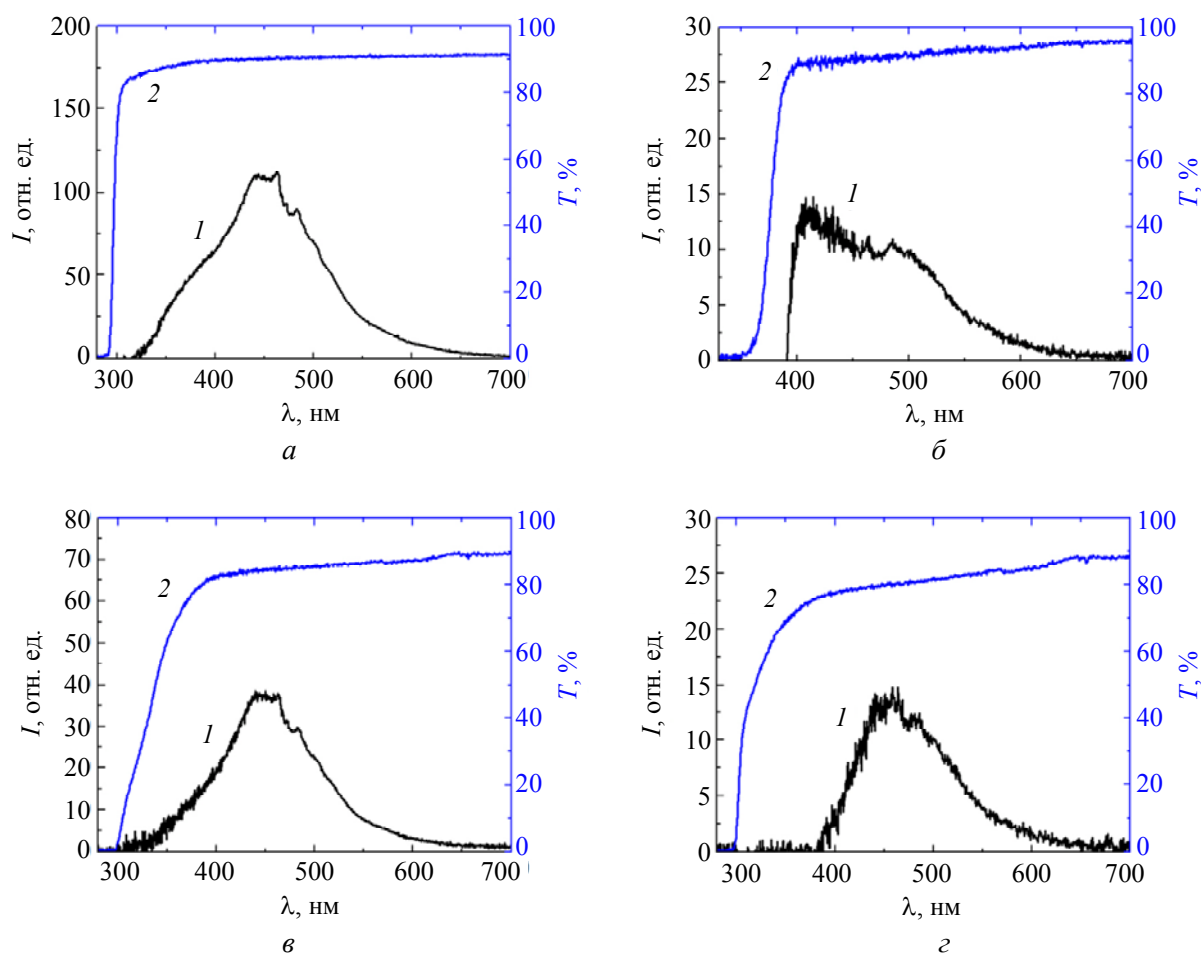


Рис. 4. Спектры фотолюминесценции (1) образцов ПММА № 1 (а), № 3 (б), № 4 (в) и № 5 (г) при возбуждении KrCl эксилампой, а также спектры пропускания (2) этих образцов

Форма спектра ФЛ зависела от используемого образца. Причём, эти различия были более заметны при изменении коротковолновой границы их пропускания. Спектры ФЛ образцов ПММА второй группы похожи (рис. 4, а, в, з), хотя формы полос и положение максимумов интенсивности несколько отличаются. Так, спектры ФЛ образцов № 1 и № 4 мм лежали в диапазоне $\sim 300\text{--}700$ нм, а образца № 5 той же второй группы в диапазоне $\sim 390\text{--}700$ нм. Спектр ФЛ образца № 3, который относится к первой группе, также лежал в диапазоне $\sim 390\text{--}700$ нм. В спектре ФЛ данного образца наблюдалась полоса с максимумом на длине волны ~ 400 нм (рис. 4, б). Данная полоса также наблюдалась ранее в работе [12], но имела меньшую интенсивность, чем полоса в области 450–530 нс. Изменение соотношения интенсивностей этих двух полос можно объяснить исправлением неточности обработки первичных экспериментальных данных о которой говорилось выше.

Следует отметить, что интенсивность фотолюминесценции ПММА при возбуждении эксилампой была сравнительно мала и её визуальное наблюдение было затруднено наличием излучения плазмы барьерного разряда эксилампы. Влияние свечения этой плазмы на наблюдение ФЛ было устранено в экспериментах с использованием лазера, которые были проведены при больших плотностях пиковой мощности излучения.

Фотолюминесценция ПММА при возбуждении KrCl лазером

Исследования фотолюминесценции ПММА при возбуждении KrCl лазером, как упоминалось выше, проводились на образцах № 2, № 3 и № 4. Образцы № 3 и № 4 использовались также в экспериментах с KrCl эксилампой. Образец № 2, который имел прозрачность в области 250–350 нм, использовался только в экспериментах с лазером. Плотность пиковой мощности излучения лазера была на пять порядков выше, чем при облучении эксилампой. Это позволило зарегистрировать импульс свечения ПММА с помощью фотодиода (рис. 3, б).

Как видно из рис. 3, а, б длительность импульсов лазерного излучения и свечения

ПММА, а также их форма существенно не отличаются. Амплитудные значения импульса свечения ПММА были более чем в 150 раз меньше амплитудных значений импульса лазерного излучения, облучающего образец.

На рис. 5 представлены спектры ФЛ и пропускания различных образцов ПММА.

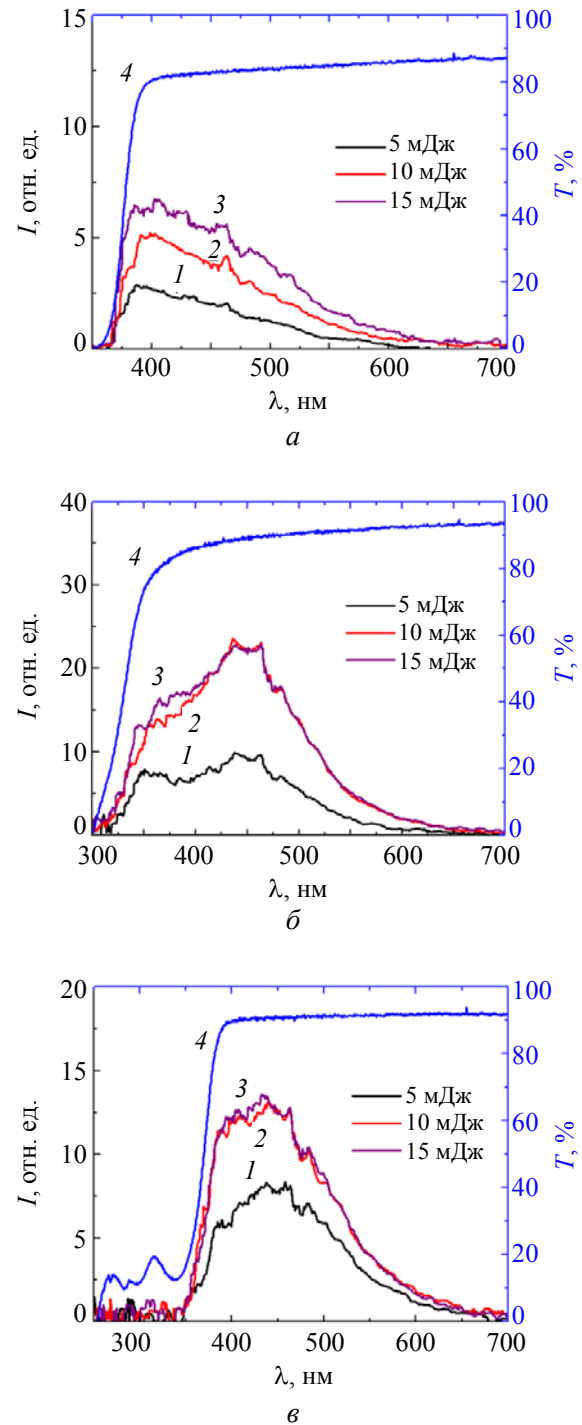


Рис. 5. Спектры фотолюминесценции (1–3) образцов ПММА № 3 (а), № 4 (б) и № 2 (в) при возбуждении KrCl лазером, а также спектры пропускания (4) этих образцов

Так как спектры фотолюминесценции ПММА были сильно зашумлены, то для подавления шумовой составляющей было произведено сглаживание этих спектров медианным методом. Форма спектров ФЛ образца № 3 при возбуждении KrCl лазером близка к форме спектра, полученного при возбуждении KrCl эксилампой. Однако при лазерном возбуждении максимум и коротковолновое крыло спектра ФЛ несколько смещены в область меньших длин волн в отличие от спектра, полученного при возбуждении эксилампой (см. рис. 4, б и 5, а).

Более существенное отличие спектров ФЛ наблюдалось для образца № 4. Увеличение плотности пиковой мощности излучения более чем на 5 порядков привело к появлению второй полосы с максимумом на длине волны ~ 360 нм (рис. 5, б), которая отсутствовала при возбуждении эксилампой.

Увеличение плотности пиковой мощности излучения от 150 до 450 кВт/см² (что соответствует изменению энергии лазерного импульса от 5 до 15 Дж) по-разному повлияло на спектры фотолюминесценции ПММА исследуемых образцов, хотя форма спектров при этом не изменялась. Для образца № 3 регистрируемая интенсивность излучения увеличивалась пропорционально увеличению плотности мощности излучения лазера. Для образцов № 2 и № 4 наблюдалось насыщение интенсивности люминесценции.

Отметим, что при плотности пиковой мощности излучения лазера более чем 450 кВт/см² поверхность образцов ПММА начинала повреждаться.

Обсуждение результатов

Проведенные исследования показали, что спектры ФЛ образцов ПММА зависят от положения коротковолновой границы пропускания этих образцов, которая, как мы предполагаем, зависит от наличия примесей. Соответственно, при отборе образцов ПММА для исследований и применений надо предварительно измерять их спектры пропускания. Сравнение спектров ФЛ, полученных в данной работе при возбуждении на длине волны 222 нм, при облучении эксилампой (плотность пиковой мощности излучения < 1 Вт/см²) и

лазером (плотность пиковой мощности излучения > 100 кВт/см²), показало, что для большинства образцов (см., например, рис. 4 и рис. 5), они отличаются. При высоких плотностях пиковой мощности излучения может наблюдаться как близкое к линейному увеличение интенсивности ФЛ (рис. 5, а), так и её насыщение (рис. 5, б, в). При малых плотностях пиковой мощности излучения на длине волны 222 нм (эксилампа), но сохранении плотности средней мощности излучения ~ 7 мВт/см², интенсивность люминесценции образцов ПММА была существенно меньше. Это согласуется с данными, полученными в [15], где ФЛ ПММА не была зарегистрирована при возбуждении светом дейтериевой лампы в области 130–250 нм. В [15] сделан вывод, что фотолюминесценция ПММА и ПТФЭ при комнатной температуре не оказывает заметного влияния на спектры излучения в области 400–550 нм. В этих экспериментах использовался ПММА, который по спектру пропускания можно отнести к первой группе.

Спектр фотолюминесценции ПММА, полученный при комнатной температуре в [14], отличался от приведённого в нашей работе [12], что частично можно объяснить допущенной нами неточностью при восстановлении спектра в области 450–500 нм. В [14] использовался образец ПММА, который по спектру пропускания можно отнести к первой группе. Однако спектры ФЛ, полученные в данной работе, также отличались от спектра, приведённого в работе [14]. Наиболее близкий спектр фотолюминесценции ПММА к спектру, приведённому в [14] был получен при возбуждении эксилампой и показан на рис. 4, б. Однако в нём видны две полосы, а не одна. По-видимому, это связано с наличием различных примесей в используемых образцах, а также с отличием длины волны возбуждения (280 [14] и 222 нм [12]), режиме работы источника возбуждения (импульсный [12] и непрерывный [14]) и его мощности.

Заключение

Показано, что спектры фотолюминесценции ПММА зависят как от плотности пиковой мощности излучения источника возбуждения ФЛ, так и от положения коротковолновой гра-

ницы пропускания образцов ПММА, которая, по-видимому, определяется наличием примесей. Установлено, что при увеличении плотности пиковой мощности лазерного излучения, в зависимости от положения коротковолновой границы пропускания образцов, наблюдается как близкий к линейному рост интенсивности ФЛ, так и её насыщение. Показано, что при возбуждении K₂Cr₂O₇ эксилампой и K₂Cr₂O₇ лазером с одинаковой плотностью средней мощности излучения, но на пять порядков различающейся плотностью пиковой мощности излучения, интенсивность ФЛ образцов ПММА существенно отличается. Установлено, что при высоких плотностях пиковой мощности излучения (> 450 кВт/см²) и длительности импульсов излучения на высоте ~13 нс, поверхность образцов ПММА повреждается. Полученные результаты подтверждают влияние ИВЧ, возникающего в области поглощения образцов полиметилметакрилата, на спектры их излучения в видимой и УФ-областях спектра.

Авторы благодарят В. И. Олешко за предоставление ряда образцов ПММА, и Е. Х. Бакинта за обсуждение результатов данной работы.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИСЭ СО РАН, проект № FWRM-2021-0014.

ЛИТЕРАТУРА

1. Therriault-Proulx F., Beaulieu L., Archambault L., Beddar S. // Phys. Med. Biol. 2013. Vol. 58. № 7. P. 2073.

2. Lee B., Shin S. H., Yoo W. J., Jang K. W. // Opt. Rev. 2016. Vol. 23. № 5. P. 806.

3. Monajemi T. T., Ruiz E. A. // Phys. Med. Biol. 2018. Vol. 63. № 18. P. 185003.

4. Simiele E. A., DeWerd L. A. // Med. Phys. 2018. Vol. 45. № 7. P. 3417.

5. Christensen J. B., Almhagen E., Nyström H., Andersen C. E. // Phys. Med. Biol. 2018. Vol. 63. № 6. P. 065001.

6. Альбикиков З. А., Немчинов В. М. Детекторы импульсного ионизирующего излучения. – М.: НИЯУ МИФИ, 2016.

7. Зрелов В. П. Излучение Вавилова–Черенкова и его применение в физике высоких энергий. Ч. 2. – М.: Атомиздат, 1968.

8. Джелли Дж. Черенковское излучение. – М.: ИЛ, 1960.

9. Зрелов В. П. Излучение Вавилова–Черенкова и его применение в физике высоких энергий. Ч. 1. – М.: Атомиздат, 1968.

10. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Т. 8. – М.: Наука, 1982.

11. Тарасенко В. Ф., Бакинт Е. Х., Ерофеев М. В., Бураченко А. Г. // Оптика и спектроскопия. 2021. Т. 129. № 5. С. 569.

12. Tarasenko V. F., Baksh E. Kh., Burachenko A. G., Beloplotov D. V., Kozyrev A. V. // IEEE Trans. Plasma Sci. 2017. Vol. 45. № 1. P. 76.

13. Sorokin D. A., Burachenko A. G., Beloplotov D. V., Tarasenko V. F., Baksh E. K., Lipatov E. I., Lomaev M. I. // J. Appl. Phys. 2017. Vol. 122. № 15. P. 154902.

14. Corning J. M., Araujo G. R., Di Stefano P. C. F., Pereymak V., Pollmann T., Skensved P. // JINST. 2020. Vol. 15. № 03. P. C03046.

15. Araujo G. R., Pollmann T., Ulrich A. // Eur. Phys. J. C. 2019. Vol. 79. № 653. P. 1.

16. Aalseth C. E., Acerbi F., Agnes P., et al. // Eur. Phys. J. Plus. 2018. Vol. 133. № 131. P. 1.

17. Ломаев М. И., Соснин Э. А., Тарасенко В. Ф., Шитц Д. В., Скакун В. С., Ерофеев М. В., Лисенко А. А. // ПТЭ. 2006. № 5. С. 5.

18. Dudarev V. V., Ivanov N. G., Konovalov I. N., Losev V. F., Pavlinskii A. V., Panchenko Y. N. // Quantum Electron. 2011. Vol. 41. № 8. P. 687.

19. Tarasenko V. F., Oleshko V. I., Erofeev M. V., Lipatov E. I., Beloplotov D. V., Lomaev M. I., Burachenko A. G., Baksh E. K. // J. Appl. Phys. 2019. Vol. 125. № 24. P. 244501.

Photoluminescence of polymethyl methacrylate excited by a KrCl excilamp and a KrCl laser

A. G. Burachenko, V. F. Tarasenko, D. E. Genin, A. V. Puchikin

Institute of High Current Electronics, SB RAS
2/3 Academichesky Ave., Tomsk, 634050, Russia
E-mail: bag@loi.hcei.tsc.ru

Received December 27, 2021

The photoluminescence spectra of various samples of polymethyl methacrylate (PMMA) excited by radiation from a KrCl excilamp at a wavelength $\lambda \approx 222$ nm with a bandwidth of ~ 2 nm and narrow-band radiation of a KrCl laser ($\lambda = 222$ nm), as well as the transmission spectra of these samples, have been investigated. It was found that the PMMA samples, according to their transmission spectra, can be grouped into three characteristic groups with different short-wavelength transmission edge, the change of this edge affects the photoluminescence spectra. It is shown that the power density of the radiation exciting the PMMA photoluminescence significantly affects the PMMA radiation spectrum in the ultraviolet and visible regions.

Keywords: photoluminescence, PMMA, KrCl laser, KrCl excilamp, Cherenkov radiation.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-1-5-13

REFERENCES

1. F. Therriault-Proulx, L. Beaulieu, L. Archambault, and S. Beddar, *Phys. Med. Biol.* **58**, 2073 (2013).
2. B. Lee, S. H. Shin, W. J. Yoo, and K. W. Jang, *Opt. Rev.* **23**, 806 (2016).
3. T. T. Monajemi and E. A. Ruiz, *Phys. Med. Biol.* **63**, 185003 (2018).
4. E. A. Simiele and L. A. DeWerd, *Med. Phys.* **45**, 3417 (2018).
5. J. B. Christensen, E. Almhagen, H. Nyström, and C. E. Andersen, *Phys. Med. Biol.* **63**, 065001 (2018).
6. Z. A. Albikov and V. M. Nemchinov, *Detectors of pulsed ionizing radiation*. (NRNU MEPhI, Moscow, 2016) [in Russian].
7. V. P. Zrelov, *Vavilov–Cherenkov radiation and its application in high energy physics. P. 2*. (Atomizdat, Moscow, 1968) [in Russian].
8. J. V. Jelly, *Cherenkov radiation and its application*. (Pergamon Press, London, 1958; IL, Moscow, 1960).
9. V. P. Zrelov, *Vavilov–Cherenkov radiation and its application in high energy physics. P. 1*. (Atomizdat, Moscow, 1968) [in Russian].
10. L. D. Landau, J. S. Bell, M. J. Kearsley, L. P. Pitaevskii, E. M. Lifshitz, and J. B. Sykes, *Electrodynamics of Continuous Media*. (Oxford, Pergamon Press, 1984; Nauka, Moscow, 1982).
11. V. F. Tarasenko, E. K. Baksht, M. V. Erofeev, and A. G. Burachenko, *Opt. Spectrosc.* **129**, 632 (2021).
12. V. F. Tarasenko, E. Kh. Baksht, A. G. Burachenko, D. V. Beloplotov, and A. V. Kozyrev, *IEEE Trans. Plasma Sci.* **45**, 76 (2017).
13. D. A. Sorokin, A. G. Burachenko, D. V. Beloplotov, V. F. Tarasenko, E. K. Baksht, E. I. Lipatov, and M. I. Lomaev, *J. Appl. Phys.* **122**, 154902 (2017).
14. J. M. Corning, G. R. Araujo, P. C. F. Di Stefano, V. Pereymak, T. Pollmann, and P. Skensved, *JINST.* **15**, C03046 (2020).
15. G. R. Araujo and T. Pollmann, A. Ulrich, *Eur. Phys. J. C.* **79**, 1 (2019).
16. C. E. Aalseth, F. Acerbi, P. Agnes, et al., *Eur. Phys. J. Plus.* **133**, 1 (2018).
17. M. I. Lomaev, E. A. Sosnin, V. F. Tarasenko, D. V. Shits, V. S. Skakun, M. V. Erofeev, and A. A. Lisenko, *Instruments and experimental techniques* **49**, 595 (2006).
18. V. V. Dudarev, N. G. Ivanov, I. N. Kononov, V. F. Losev, A. V. Pavlinskii, and Y. N. Panchenko, *Quantum Electron* **41**, 687 (2011).
19. V. F. Tarasenko, V. I. Oleshko, M. V. Erofeev, E. I. Lipatov, D. V. Beloplotov, M. I. Lomaev, A. G. Burachenko, and E. K. Baksht, *J. Appl. Phys.* **125**, 244501 (2019).