

07;12

Тушение радиационно-индуцированного свечения в кварцевых волокнах при зондировании светом

© П.В. Деменков, О.А. Плаксин, В.А. Степанов, П.А. Степанов

Государственный научный центр Российской Федерации —
Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского, Обнинск
E-mail: stepanov@ippe.rssi.ru

Поступило в Редакцию 5 июля 2001 г.

Проведены измерения интенсивности свечения в оптическом волоконном световоде с сердцевиной из кварцевого стекла КУ-1 (содержание ОН групп 1000 ppm) при импульсном реакторном облучении (реактор БАРС-6, длительность импульса 80 μ s, доза за импульс $< 5.5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ (9 Gy), мощность дозы $< 7 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($1.1 \cdot 10^5 \text{ Gy/s}$)) в видимом диапазоне (400–750 nm). При зондировании световода лазерным излучением (длина волны 532 и 632 nm) обнаружено уменьшение интенсивности радиационно-индуцированного свечения с ростом интенсивности зондирующего света. Уменьшение интенсивности свечения происходит при длинах волн, больших, меньших или равных длине волны зондирующего света.

Радиационно-индуцированное свечение и переходное оптическое поглощение, возникающие в условиях радиационного воздействия в оптических волокнах, влияют на передачу оптических сигналов. Обычно полагают, что радиационно-индуцированное свечение и переходное оптическое поглощение не зависят от интенсивности света в волокне. На этом основаны методики радиационных испытаний оптических волокон, когда эффективность свечения (доля энергии ионизирующего излучения, преобразующаяся в оптическое излучение) и переходное оптическое поглощение рассчитывают из результатов двух измерений: интенсивности свечения и суммарной интенсивности свечения и зондирующего света, прошедшего через волокно [1,2]. В настоящей работе показано, что интенсивность свечения в оптических кварцевых волокнах типа КУ-1 в видимом диапазоне зависит от интенсивности зондирующего света, причем зондирующий свет оказывает влияние как при совпадении,

так и при различии его длины волны с длиной волны радиационно-индуцированного свечения.

Оптический волоконный световод (длина 60 м) с сердцевиной из стекла КУ-1 (диаметр 100 μm) и фторсиликатной светоотражающей оболочкой в акрилатном защитном покрытии был изготовлен из заготовки, полученной по технологии внешнего осаждения фторсиликатного стекла в СВЧ-разряде в НЦВО ИОФ РАН [3]. Были проведены измерения интенсивности радиационно-индуцированного свечения в волокне в видимом диапазоне (400–750 nm), а также суммарной интенсивности свечения и зондирующего света, прошедшего через волокно. Схема эксперимента дана в [2]. Измерения проводили при импульсном реакторном облучении (реактор БАРС-6, длительность импульса 80 μs , доза за импульс $< 5.5 \cdot 10^{12} \text{ cm}^{-2}$ (9 Gy), мощность дозы $< 7 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($1.1 \cdot 10^5 \text{ Gy/s}$)) с временным разрешением до 100 ns. Для зондирования волокна использовали непрерывные лазеры: He–Ne-лазер (мощность излучения 1 mW, длина волны 632 nm) и АИГ: Nd³⁺-лазер (мощность 8 mW, длина волны второй гармоники 532 nm). Интенсивность зондирующего света на входе волокна составляла $< 0.1 \text{ W/cm}^2$. Средняя часть волокна (длина 20 м) была намотана на бобину, которая размещалась вблизи активных зон реактора. На другом конце волокна располагался монохроматор МДР-4, на выходной щели которого был размещен ФЭУ-100.

Изменения интенсивности оптических сигналов на выходе волокна, вызванные импульсом реактора, для случаев, когда длина волны регистрируемого света (632 и 532 nm) совпадала с длиной волны зондирующего света, представлены на рис. 1. При равной нулю интенсивности зондирования регистрируется только радиационно-индуцированное свечение, максимум интенсивности которого во всех экспериментах совпадает с максимумом импульса нейтронов (рис. 1, кривые 1). В процессе облучения появляется переходное оптическое поглощение, которое определяет форму оптического сигнала как при зондировании светом, так и в отсутствие зондирования [2]. При зондировании волокна интенсивность света в начальный момент времени пропорциональна интенсивности зондирующего света, а переходное поглощение проявляется в снижении интенсивности света на выходе волокна в процессе облучения (рис. 1, кривые 2 и 3).

На рис. 1 видно, что в окрестности максимума свечения интенсивность радиационно-индуцированного свечения (без зондирования све-

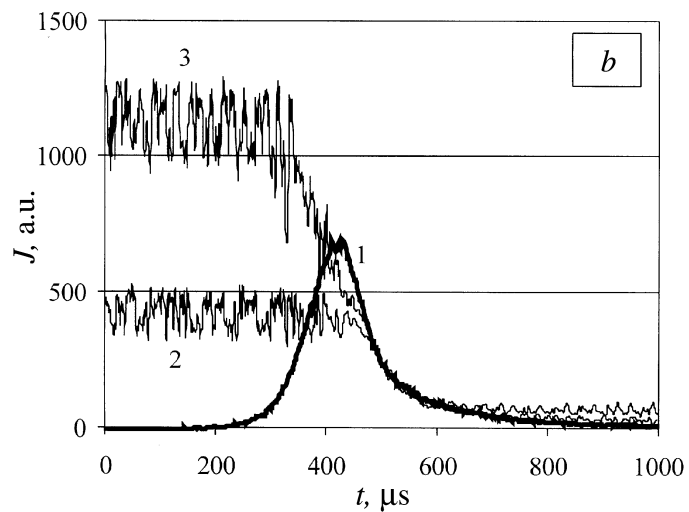
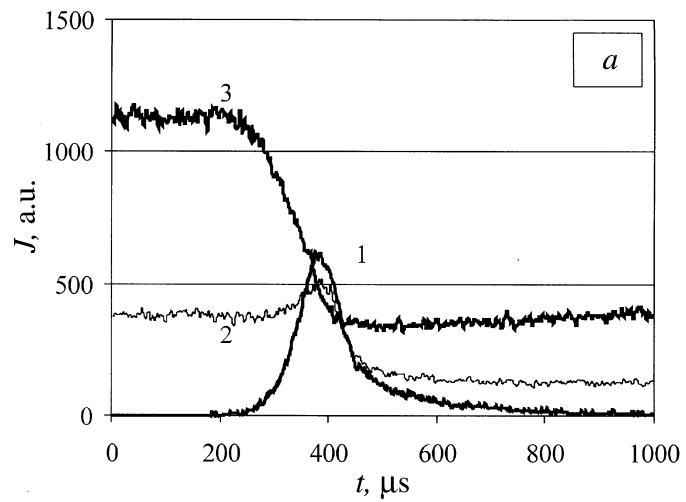


Рис. 1. Временные зависимости интенсивности света на выходе волокна на длине волны (а) 632 нм и (b) 532 нм при облучении. 1 — радиационно-индуцированное свечение; 2 и 3 — суммарная интенсивность свечения и зондирующего света, прошедшего через волокно.

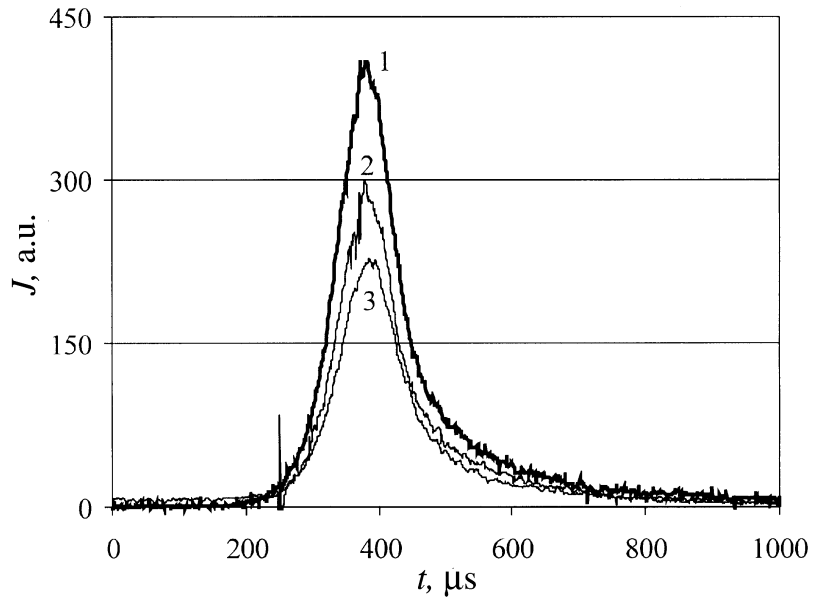


Рис. 2. Временные зависимости интенсивности радиационно-индуцированного свечения в волокне на длине волны 450 nm: 1 — без зондирования светом; 2 — длина волны зондирующего света 532 nm; 3 — длина волны зондирующего света 632 nm.

том, кривые 1) выше, чем суммарная интенсивность свечения и зондирующего света, прошедшего через волокно (в случае зондирования светом, кривые 2 и 3). Этот эффект свидетельствует о зависимости эффективности свечения и/или оптических потерь от интенсивности света. При использовании процедуры расчета этих величин [2], в которой вклады свечения и зондирующего света считаются аддитивными, а оптические потери подчиняются закону Бугера, коэффициент поглощения света оказывается отрицательным. Это связано с тем, что при "добавлении" света в волокно во время облучения (при включении зондирующего света) интенсивность света на выходе волокна не увеличивается, как это следует ожидать при аддитивности вкладов свечения и зондирующего света, а уменьшается.

Когда длина волны регистрируемого света отличается от длины волны зондирующего света, зондирующий свет отсекается монохроматором, а вклад в измеряемый оптический сигнал дает только радиационно-индуцированное свечение. В этом случае при включении зондирующего света при облучении волокна наблюдается подавление свечения во всем видимом диапазоне. На рис. 2 показано, что после включения зондирующего света (длина волны 532 или 632 nm) интенсивность свечения на длине волны 450 nm оказывается меньше. При максимальной интенсивности зондирующего света ($\approx 0.1 \text{ W/cm}^2$) интенсивность свечения уменьшается в 1.5 раза.

Результаты экспериментов показывают, что эффективность радиационно-индуцированного свечения и/или переходное оптическое поглощение в кварцевых оптических волокнах зависит от интенсивности света в этих волокнах. Обнаруженная зависимость радиационно-индуцированных оптических свойств кварцевых оптических волокон от интенсивности света при реакторном облучении не связана с увеличением поглощенной дозы за счет лазерного воздействия. Мощность поглощенной дозы, обусловленная лазерным облучением, в наших экспериментах составляла менее $4 \cdot 10^{-2} \text{ Gy/s}$ при мощности дозы реакторного облучения до $1.1 \cdot 10^5 \text{ Gy/s}$.

Список литературы

- [1] Golob J.E., Lyons P.B., Looney L.D. // IEEE Trans. Nucl. Science. 1977. V. 24. P. 2154.
- [2] Деменков П.В., Плаксин О.А., Степанов В.А., Степанов П.А., Фокин Г.Н., Чернов В.М., Якубов П.А., Голант К.М., Томашук А.Л. Оптические явления в кварцевом волокне при импульсном реакторном облучении. Препринт ФЭИ-2758, 1999. 24 с.
- [3] Biriukov A.S., Dianov E.M., Golant K.M., Khrapko R.R., Koropov A.V., Perov A.N., Shakhanov A.V., Vasiliev S.A. // Sov. Lightwave Commun. 1993. V. 3. P. 1.