

Рис. 2. Температурная зависимость пороговой накачки в области 11—19 °С

момент генерации и соответственно приращения температуры от нагрева его излучением накачки. Однако зафиксированные в наших экспериментах пики поглощения атмосферных паров воды мы не смогли полностью идентифицировать с результатами [4]. Это, возможно, связано с тем, что в настоящем эксперименте использовалась естественная атмосфера, тогда как в [4] — искусственная.

По взаимному смещению максимумов поглощения, соответствующих двум соседним участкам сечения рубина, была найдена разность температур этих участков, оказавшаяся равной 0,4 °С. Аналогичным образом, выполненная в исследуемых веществах оценка величины абсолютной погрешности в измерении коэффициента поглощения дает значение 0,04 см⁻¹.

Таким образом, предварительные эксперименты показали эффективность предложенного способа внутривибрационной спектроскопии слабых уровней поглощения в области 694,3 нм, а также возможность регистрировать с его помощью параметры активного элемента лазера на рубине в момент генерации при работе в импульсном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахомычева Л. А., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. и др. Линейчатая структура спектров генерации ОКГ с неоднородным уширением линии усиления // Письма в ЖЭТФ.— 1970.— 12, вып. 2.
2. Беликова Т. П., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. и др. Обнаружение слабых линий поглощения с помощью ОКГ на стекле с Nd³⁺ // ЖЭТФ.— 1972.— 62, вып. 6.
3. Беликова Т. П., Дорофеев Б. К., Свириденков Э. А., Сучков А. Ф. Измерение абсолютных значений коэффициентов поглощения методом внутривибрационной лазерной спектроскопии // Квантовая электрон.— 1975.— 2, № 6.
4. Зуев В. Е., Лопасов В. П., Макогон М. М. Исследование тонкой структуры спектра поглощения атмосферных газов методом скоростной лазерной спектроскопии // ДАН СССР.— 1971.— 199, № 5.
5. Годлевский А. П., Лопасов В. П., Лукьяненко С. Ф. Высокочувствительный лазерный (рубиновый) спектрометр высокого разрешения на основе метода селективных потерь // Квантовая электрон.— 1975.— 2, № 4.
6. Справочник по лазерам/Под ред. А. М. Прохорова.— М.: Сов. радио, 1978.— Т. 1.

Поступило в редакцию 11 марта 1988 г.

УДК 681.7.068.4

И. Д. БОГАЧЕВ, В. В. ПОНОМАРЬ, В. Л. СМЕРНОВ
(Москва)

НЕЛИНЕЙНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ В ВОЛОКНАХ ИЗ ХАЛЬКОГЕНИДНЫХ СТЕКОЛ

При исследовании волокон из халькогенидных стекол (ХС) был обнаружен пик поглощения в области 0,7 мкм [1]. Возможной причиной образования пика поглощения и минимума в области 0,6—0,68 мкм могут быть процессы фотоиндуцированного поглощения (ФИП) в волокнах, которые, как было показано в [2], приводят к изменению вида спектральной зависимости поглощения.

Целью работы явилось выяснение зависимости величины ФИП от энергии кванта, интенсивности и времени воздействия монохроматического излучения с энергией кванта меньше ширины запрещенной зоны ХС.

Исследования проводились на волокнах составов As_2S_3 и $As-S-Se$ диаметром 50–150 мкм, не имеющих оболочки. Измерения выполнялись с использованием двух методик:

1) пропускание по волокну зондирующего излучения с $h\nu \ll E_g$ (длина волны 1,15 мкм), E_g — ширина запрещенной зоны, и воздействие на боковую поверхность волокна монохроматическим излучением с $h\nu < E_g$ для обоих материалов (длина волны 0,64 мкм) или интегральным светом различной интенсивности;

2) пропускание по волокну монохроматического излучения в диапазоне 0,6–1,5 мкм, причем величина поглощения определялась по методу обламывания; кроме того, регистрировалась интенсивность проходящего по различным участкам волокна излучения. Для измерения спектральных зависимостей поглощения применялась автоматизированная установка с чувствительностью 0,1 нВт. Для повышения чувствительности использовалась схема синхронного детектирования.

На рис. 1 представлена зависимость изменения поглощения волокна состава $As-S-Se$ на длине волны 1,15 мкм (зондирующее излучение) при попадании на боковую поверхность волокна монохроматического излучения 0,64 мкм ($h\nu < E_g$) интенсивностью от 10^{-1} до 10^{-4} Вт/см². Следует отметить, что изменение поглощения при интенсивности 10^{-4} Вт/см² было принято равным нулю, хотя после длительной (несколько суток) выдержки волокна в темноте изменение поглощения наблюдается даже при воздействии на волокно монохроматического излучения интенсивностью 10^{-5} Вт/см² и менее. Эти данные указывают на наличие нелинейного поглощения в ХС при энергии воздействующего кванта $h\nu < E_g$, обнаружение которого стало возможным благодаря применению методики зондирования материала с $h\nu \ll E_g$ и накоплению эффекта по длине волокна.

Учитывая, что нелинейное поглощение в ХС обнаружено нами при длине волны зондирующего излучения, попадающего в торец волокна, 1,15 мкм (т. е. $h\nu \ll E_g$) и воздействии на боковую поверхность волокна излучения 0,64 мкм ($h\nu < E_g$), предположим, что процессы ФИП происходят в ХС при прохождении по волокну монохроматического излучения с $h\nu < E_g$. Нелинейное поглощение с энергией кванта $h\nu < E_g$ и слабой интенсивностью воздействующего излучения обнаружено нами при определении поглощения традиционным методом обламывания. На рис. 2 показаны кривые, характеризующие зависимость потерь волокон из сульфида мышьяка от длины волны. Как стало ясно из результатов исследования величины поглощения в зависимости от интенсивности излучения, минимум поглощения при снятии спектров в области 0,6–0,68 мкм, а также в области до 0,8 мкм (см. ход кривой 3) образуется в связи со значительным уменьшением интенсивности излучения, проходящего по волокну, при увеличении длины волокна.

Так, для волокон из сульфида мышьяка поглощение составляет 130 дБ/м при интенсивности излучения на входе в волокно $1,3 \cdot 10^{-2}$ Вт/см² и 15 дБ/м — при $1,3 \cdot 10^{-6}$ Вт/см². Аналогичная картина наблюдается и для других длин волн, а также для волокон других составов.

Полученные экспериментальные данные хорошо аппроксимируются выражением $\alpha \sim E^A$ (для времени измерения много больше времени установления ФИП)

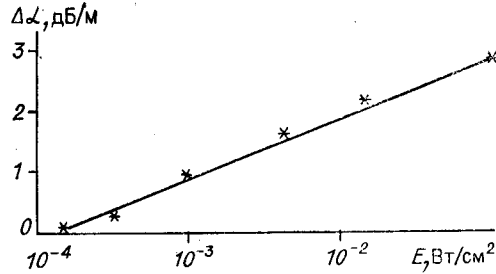


Рис. 1. Зависимость изменения поглощения волокна состава $As-S-Se$ на длине волны 1,15 мкм при подсветке боковой поверхности волокна монохроматическим излучением 0,64 мкм различной интенсивности

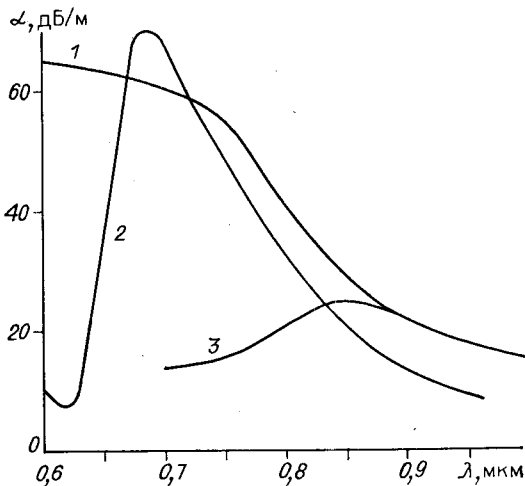


Рис. 2. Спектральные зависимости поглощения волокон состава As_2S_3 диаметром 100 мкм при длине волокна (1—85, 2—10, 3—117 см) и длине начального участка — до входа излучения в волокно (1—0, 2—5, 3—97 см)

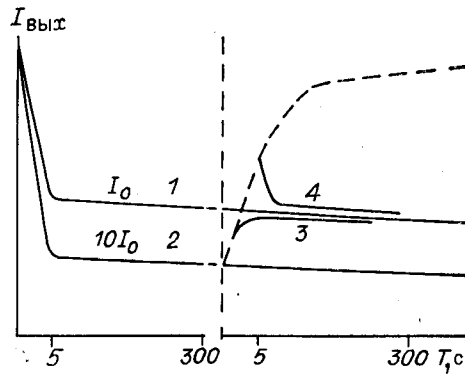


Рис. 3. Кинетика процесса при боковой подсветке волокна интегральным светом различной интенсивности:

1 — I_0 ; 2 — $10I_0$; 3, 4 — уменьшение уровня подсветки

ского излучения с $h\nu < E_g$ в торец волокна. Важным представляется то обстоятельство, что и при попадании монохроматического импульсного излучения с длительностью импульсов 100 пс или 200 нс и с $h\nu \ll E_g$ (1,47 эВ) в волокнах наблюдаются процессы ФИП, кинетика которых аналогична указанной на рис. 3.

Наблюдаются два характерных участка: сравнительно быстрое изменение уровня выходного сигнала за время от долей секунд до нескольких секунд и длинновременное, в течение нескольких часов, незначительное уменьшение интенсивности выходного излучения. При уменьшении интенсивности воздействующего света различие между двумя участками сглаживается.

Воздействие излучения приводит к уменьшению поглощения, причем так же, как и в случае [4], это уменьшение сохраняется на протяжении часов и даже суток. Снижение интенсивности воздействующего излучения может привести к процессу как увеличения коэффициента ФИП, так и его уменьшения (см. рис. 3, кривые 3, 4). Это свидетельствует о том, что уровень прозрачности волокон из ХС при воздействии оптическим излучением существенным образом зависит от предыстории образца (уровень засветки, время действия излучения, время «отдыха» образца).

Сопоставление полученных данных по кинетике процесса и влиянию интенсивности на коэффициент ФИП с эффектом «Staabler — Wronski», интенсивно изучаемым в последнее время [5], указывает на их общую природу. Согласно [5], в гидрированном аморфном кремнии количество метастабильных дефектов, индуцированных светом, $N \sim E^{0,6} T^{1/3}$, где N — количество метастабильных центров; E — интенсивность света с $h\nu > E_g$; T — время воздействия излучения. Таким образом, и в случае ХС наведенное ФИП, вероятно, обусловлено поглощением на дефектных связях типа S—S, Se—Se, As—As, энергия образования которых, согласно [6], составляет соответственно 2,19; 1,82 и 1,65 эВ, т. е. попадает как раз в диапазон энергий, в котором наблюдается фотоиндуцированное изменение поглощения.

Таким образом, в волокнах из ХС наблюдается нелинейное поглощение при интенсивностях оптического излучения менее 10^{-2} Вт/см². Обнаружено, что коэффициент ФИП $\alpha \sim E^A$, увеличение времени воздействия излучения на ХС приводит к увеличению ФИП. Природа нелинейного поглощения в ХС, вероятно, аналогична природе эффекта «Staabler — Wronski» и связана с поглощением «дефектными» связями типа S—S, Se—Se, As—As.

Авторы благодарят З. И. Канчиева, И. Д. Туряницу, И. П. Куляка за предоставление исходных образцов, С. Г. Пономарь за расчет данных на ЭВМ, А. Ю. Терехова за проведение эксперимента по подсветке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андриеш А. М., Быковский Ю. А., Бородакий Ю. В. и др. Стабильность ОВ на основе ХСП в условиях облучения большими дозами нейтронов // Письма в ЖТФ.— 1984.— 10, вып. 9.
2. Андриеш А. М., Большаков О. В., Куляк И. П. и др. Оптические свойства волокон на основе сульфида мышьяка в диапазоне длин волн 0,8—8 мкм // Аморфные полупроводники — 84; Тр. конф.— Габрово, НРБ, 1984.
3. Андриеш А. М., Куляк И. П., Пономарь В. В., Канчиев З. И. Фотостимулированное поглощение света в волокнах из халькогенидных стекол // Квантовая электрон.— 1987.— 14, № 3.
4. Андриеш А. М., Кулаков Е. М., Куляк И. П. и др. Оптические потери в волокнах из As—S в области 0,8—1,6 мкм // Там же.— 1985.— 12, № 9.
5. Stutzmann M., Jackson W. B., Tsai C. C. // Phys. Rev. B.— 1985.— 32, N 1.— P. 23.
6. Bicerano J., Ovshinsky S. R. // J. Non-Cryst. Solids.— 1985.— 74.— P. 75.

Поступило в редакцию 22 июня 1987 г.

где α — коэффициент поглощения в дБ/м; E — интенсивность излучения в Вт/см²; A — показатель степени, зависящий от состава материала и длины волны воздействующего излучения. Отметим, что на степенную зависимость коэффициента ФИП от интенсивности интегрального света было указано в [3] при использовании методики зондирования волокна из ХС излучением 1,15 мкм и подсветке боковой поверхности волокна интегральным светом различной интенсивности. Для указанных материалов коэффициент A при подсветке интегральным светом составляет 0,44—0,49, а в случае, рассмотренном выше, коэффициент A изменяется от 0,35 до 0,15 при увеличении длины волны монохроматического излучения от 0,6 до 1,1 мкм.

На рис. 3 приведена типичная кинетика процесса ФИП в волокнах из ХС, которая характерна для случая боковой подсветки волокна интегральным светом и при попадании непрерывного монохроматического излучения с $h\nu < E_g$ в торец волокна.