

- [1] А пол по но в В.В. и др. Препринт ИОФ АН СССР, № 65, 1988. 65 с.
- [2] А н ц и ф е р о в В.Н. и др. Препринт ИОФ АН СССР, № 66, 1988. 66 с.
- [3] А пол по но в В.В. и др. // Письма в ЖТФ, 1988. Т. 14. № 3. С. 236-241.
- [4] Г о р т ы ш о в Ю.Ф. и др. // ИФЖ. 1987. Т. 53. № 3. С. 357-361.

Поступило в Редакцию
9 ноября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 3

12 февраля 1989 г.

06.2; 07

УСИЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРА С ПОМОЩЬЮ ВЫНУЖДЕННОГО КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ В ОПТИЧЕСКОМ ВОЛОКНЕ

В.И. Б е л о т и ц к и й, Е.А. К у з и н,
Д.В. О в с я н н и к о в, М.П. П е т р о в

Явление вынужденного комбинационного рассеяния света (ВКР) в оптическом волокне используется для создания перестраиваемых источников света [1], оптических усилителей [2, 3], логических элементов [4, 5] и бистабильных структур [6, 7] для систем сверхбыстрой передачи и обработки информации. Особый интерес вызывает при этом возможность применения компактных и высокоэффективных полупроводниковых лазеров в качестве источников накачки [8] и сигнала [9]. Поскольку коэффициент ВКР-усиления в кварцевом волокне имеет максимум при стоксовом сдвиге $\sim 450 \text{ см}^{-1}$, для усиления излучения полупроводникового лазера с длиной волны, например, 1,24 мкм необходимо иметь источник накачки с длиной волны 1.18 мкм. Это может быть ВКР-генератор второй стоксовой компоненты, выполненный на отдельном куске волокна, накачиваемый излучением YAG:Nd^3+ -лазера с длиной волны 1.06 мкм [8]. Мощность накачки при этом выбирается обычно в достаточно узких пределах, чтобы обеспечить усиление и не приводить к возникновению ВКР-генерации на длине волны 1.24 мкм. В данной работе исследовалось ВКР-усиление излучения полупроводниковых лазеров с длинами волн 1.24 и 1.28 мкм, причем в качестве накачки использовались соответственно вторая и третья стоксовые компоненты, получаемые в результате каскадной ВКР-генерации в том же куске волокна, по которому распространялось сигналь-

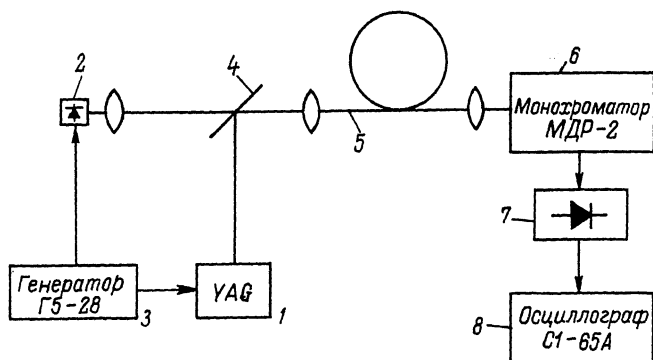


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования попутного ВКР-усиления.

ное излучение. Мощность излучения накачки на длине волны 1,06 мкм (в отличие от упомянутых выше работ) значительно превышала порог возникновения ВКР и в волокне наблюдалась генерация не только 2-й и 3-й стоксовых компонент, но и нескольких более высокого порядка. Несмотря на это сигнальное излучение полупроводникового лазера, вводимое в волокно, устойчиво наблюдалось на выходе волокна и коэффициент усиления достигал 45 дБ.

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1. Источником накачки для ВКР служил непрерывно накачиваемый $YAG:Nd$ -лазер (1) в режиме модуляции добротности с частотой повторения 1 кГц и длительностью импульса 150 нс. Источниками усиливаемых сигналов служили полупроводниковые лазеры, работающие в диапазоне 1,24–1,28 мкм. Их накачка осуществлялась прямоугольными импульсами тока длительностью 2 мкс, синхронизованными посредством генератора Г5-28 (3) с гигантскими импульсами лазера накачки. Пучки излучения накачки и полупроводникового лазера совмещались дихроическим зеркалом (4) и вводились одновременно в волокно (5) длиной 620 м и с диаметром сердцевины 6 мкм. Коэффициент затухания света в волокне равнялся 8,6 дБ/км на длине волны 1,3 мкм. Излучение с выхода волокна пропускалось через монохроматор МДР-2 (6) и регистрировалось фотодиодом ФД-10Г (7) и осциллографом С1-65А (8).

Пиковая мощность импульса накачки, вводимого в волокно, составляла ~100 Вт, что обеспечивало генерацию нескольких стоксовых компонент. Спектр ВКР на выходе волокна представлен на рис. 2 (кривая 1). Спектры излучения полупроводниковых лазеров представлены на том же рисунке кривыми 2 и 3 (масштабы на рис. 2 различны для разных кривых). Первый полупроводниковый лазер излучал две длины волны в районе 1,24 мкм, совпадающие с максимумом третьей стоксовой компоненты ВКР в волокне. Длина волны излучения второго лазера равнялась 1,28 мкм и попадала между максимумами третьего и четвертого стоксов. Кривая 4

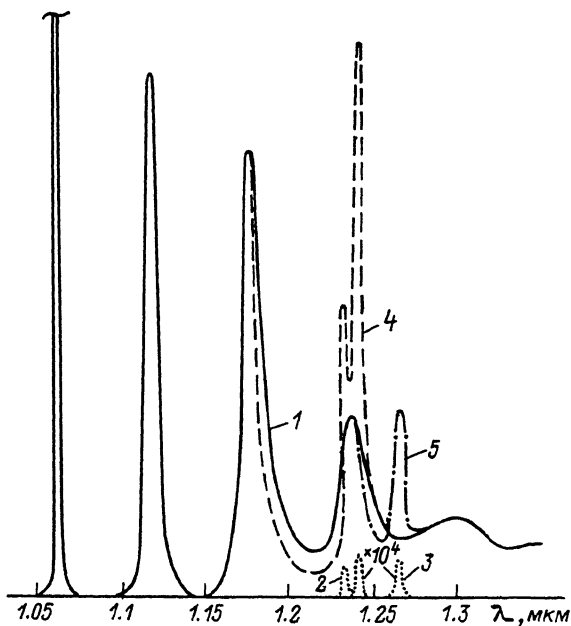


Рис. 2. Спектр излучения с выхода оптического волокна при введении в него: 1 - излучения $YAG: Nd$ -лазера с длиной волны 1,06 мкм, 2 - излучения полупроводникового лазера с длиной волны 1,24 мкм, 3 - излучения полупроводникового лазера с длиной волны 1,28 мкм, 4 - одновременно излучения $YAG: Nd$ -лазера и полупроводникового лазера с $\lambda = 1,24$ мкм, 5 - одновременно излучения $YAG: Nd$ -лазера и полупроводникового лазера с $\lambda = 1,28$ мкм.

на рис. 2 демонстрирует изменение спектра ВКР-генерации при подаче на вход волокна излучения лазера с $\lambda = 1,24$ мкм. Наряду с одновременным усилением двух частот этого лазера наблюдается уменьшение выходной мощности в области 1,18–1,23 мкм. Максимальное отношение увеличения мощности излучения на выходе волокна на длине волны полупроводникового лазера к мощности излучения полупроводникового лазера, прошедшей через волокно в отсутствие накачки, составило 50–55 дБ. С учетом затухания света это дает величину усиления входного излучения полупроводникового лазера, равную 45 дБ. Из кривой 5 на рис. 2 видно, что усиление также имеет место и в случае, когда длина волны излучения полупроводникового лазера не совпадает с центром какого-либо стока. Следует также отметить, что влияние излучения полупроводникового лазера на входной спектр носит нелинейный характер. При мощности излучения, введенного в волокно, менее 5 мВт выходной спектр не меняется и соответствует кривой 1 на рис. 2. Увеличение введенной мощности свыше 5 мВт приводит к значительному измене-

нию спектра (кривые 4 и 5 на рис. 2). При дальнейшем увеличении мощности излучения полупроводникового лазера в диапазоне 10–240 мкВт в волокне происходит слабое изменение спектра. Повышение мощности $YAG:Nd$ -лазера более чем на порядок также не приводило к каким-либо существенным изменениям в спектрах, представленных кривыми 1, 4 и 5 на рис. 2.

Механизм усиления света при каскадном ВКР в исследуемом режиме нам представляется следующим. Сигнал от полупроводникового лазера в том случае, если он превышает мощность спонтанного комбинационного рассеяния, является затравочным в процессе каскадного ВКР и определяет поэтому спектр усиленного сигнала. Если же мощность входного сигнала меньше мощности спонтанного комбинационного рассеяния, изменений в выходном спектре не происходит, что, по-видимому, имело место в нашем случае для входных сигналов, меньших 5 мкВт.

Таким образом, нами впервые обнаружено существенное изменение спектра каскадного ВКР в оптическом волокне под воздействием малоинтенсивного излучения полупроводникового лазера с длиной волны 1,24–1,28 мкм при большом превышении пороговой мощности накачки. При этом получено значительное (до 45 дБ) одновременное усиление двух сигналов, разделенных по частоте.

Л и т е р а т у р а

- [1] Chraplyny A.R., Stone J. // Opt. Lett. 1984. V. 9. N 6. P. 241–242.
- [2] Washio K., Yoki Y., Kishida S. // JARECT. 1985/1986. V. 17. P. 136–150.
- [3] Дианов Е.М., Мамышев П.В., Прохоров А.М., Фурса Д.Г. // Письма в ЖЭТФ. 1987. Т. 46. В. 10. С. 383–385.
- [4] Петров М.П., Кузин Е.А. Препринт ФТИ, № 975, Л., 1985.
- [5] Петров М.П., Белотицкий В.И., Кузин Е.А., Спиринов В.В. В кн.: Оптическая и цифровая обработка изображений. Л., 1988. С. 135–142.
- [6] Спиринов В.В., Максютенко М.А., Кузин Е.А., Петров М.П. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 12. С. 1144–1148.
- [7] Белотицкий В.И., Кузин Е.А., Петров М.П., Спиринов В.В. // ЖТФ. 1988. Т. 58. В. 7. С. 1325–1330.
- [8] Edagawa N., Mochizuki K., Iwamoto Y. // Electron. Lett. 1987. V. 23. N 5. P. 126–127.

[9] Desurville E., Paruchon M.,
Pocholle J.P., Raffy J. // Electron.
Lett. 1983. V. 19. N 19. P. 751-753.

Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе
АН СССР,
Ленинград

Поступило в Редакцию
20 октября 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 15, вып. 3

12 февраля 1989 г.

04; 11; 07

О ПОРОГАХ ПЛАЗМООБРАЗОВАНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Д.В. Гайдаренко, А.Г. Леонов,
И.В. Новобранцев

Одной из важнейших характеристик процесса взаимодействия лазерного излучения с поверхностями твердых тел является величина интенсивности излучения ($I_{\text{л}}$) или плотность его энергии ($E_{\text{л}}$), под действием которых на поверхности возникает плазма (порог плазмообразования). Зависимости этих величин от различных параметров достаточно полно исследовались в инфракрасном и оптическом диапазонах длин волн, однако только весьма ограниченное число работ (см., например, [1-5]) посвящено таким исследованиям в УФ области. При этом величины порога, приведенные в разных работах и измеренные разными методами на отдельных металлах, имеют значительный разброс. Целью данной работы были систематические измерения характеристик лазерного факела на поверхности различных металлов с целью определения начала плазмообразования и нахождения пороговой интенсивности в ультрафиолетовой части спектра.

Экспериментальная установка состояла из электроразрядного XeCl лазера ($\lambda = 308$ нм, энергия импульса до 0,5 Дж, длительность импульса - 20 нс на полувысоте) и камеры взаимодействия, откачиваемой до давления не хуже 10^{-5} мм рт.ст., в которую помещался исследуемый полированный образец, изготовленный из металла марки „Ч“. Лазерное излучение фокусировалось на образец линзой с фокусным расстоянием 250 мм в пятно размером $0,60 \times 2,5$ мм². Система диагностики позволяла регистрировать свечение лазерной плазмы в отдельных спектральных линиях и состояла из системы объективов, проецировавших изображение лазерного факела с трехкратным увеличением на входную щель спектральной приставки СП-78, работавшей в режиме монохроматора с