

аномально быстрая акустическая дифракционная расходимость [8]), так и для случая АО ячеек из оптического стекла [9] существенная разница между реальным и расчетным значением разрешения (50% и более) должна объясняться другими факторами: затуханием ультразвука, оптической неоднородностью ячеек, aberrациями линз и др. Сказанное не касается устройств, использующих высшие порядки дифракции.

#### Литература

- [1] Э. Х. Янг, Я. о Шикай. ТИИЭР, 69, 62, 1981.
- [2] С. В. Кулаков. Акустооптические устройства спектрального и корреляционного анализа сигналов. Наука, Л., 1978.
- [3] W. H. Southwell. JOSA, 71, 7, 1981.
- [4] А. А. Сташкевич. Опт. и спектр., 45, 967, 1978.
- [5] А. А. Сташкевич. В кн.: Акустооптические методы и техн. обработки инф., 68. Л., 1980.
- [6] В. С. Бондаренко, Н. А. Есепкина, В. Ю. Петрунькин. Письма ЖТФ, 2, 937, 1976.
- [7] N. Kaifu et al. Publ. Astron. Soc. Japan., 29, 429, 1977.
- [8] С. Н. Антонов, Е. В. Кузнецова, В. Ч. Миргородский, В. П. Проклов. Акуст. журн., 28, 433, 1982.
- [9] C. R. Masson. Proc. SPIE, 232, Intern. Opt. Comp. Conf., 1980.

Поступило в Редакцию 30 декабря 1982 г.

УДК 535.12

Опт. и спектр., 55, вып. 6, 1983

### ЭФФЕКТИВНОЕ ВЫРОЖДЕННОЕ ЧЕТЫРЕХВОЛНОВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В SF<sub>6</sub>

Горячкин Д. А., Калинин В. П., Кошкин И. А., Петрова И. М. и Романов Н. А.

Для практического использования явления обращения волнового фронта (ОВФ), в частности для компенсации искажений волновых фронтов в усилительных элементах излучателей, желательно иметь высокие (порядка единицы) коэффициенты преобразования  $R$  в обращенную волну. Высокие значения коэффициента преобразования излучения CO<sub>2</sub>-лазера (~800%) были достигнуты при вырожденном четырехволновом взаимодействии (ВЧВВ) в Ge при интенсивностях опорных волн  $I_n = 120$  МВт/см<sup>2</sup> в импульсе длительностью 2 нс [1]. При  $I_n \sim 40$  МВт/см<sup>2</sup> значения  $R$  снижались до нескольких процентов. Но даже такие значения интенсивности близки к порогу поверхностного разрушения Ge импульсами с длительностью, характерной для CO<sub>2</sub>-лазеров атмосферного давления (0.2—1 мкс). В связи с этим для указанного типа лазеров более перспективными являются резонансные нелинейные среды, позволяющие получать высокие значения коэффициента преобразования при более низких интенсивностях опорных волн. В ряде работ сообщалось об исследовании ВЧВВ в резонансно поглощающих газах (SF<sub>6</sub>, BCl<sub>3</sub>) с коэффициентом преобразования по интенсивности до 80% (преобразование по энергии существенно ниже) при  $I_n \approx 1-2$  МВт/см<sup>2</sup> [2-4].

В настоящей работе экспериментально исследовалось ОВФ при ВЧВВ в элегазе (SF<sub>6</sub>) и были получены коэффициенты преобразования по энергии, превышающие единицу. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. В эксперименте использовался фотоионизационный CO<sub>2</sub> лазер атмосферного давления. Перестройка излучения генератора по линиям спектра молекулы CO<sub>2</sub> осуществлялась с помощью дифракционной решетки, установленной в резонаторе по автоколлимационной схеме. Диаметр генерируемого пучка — 28 мм, угловая расходимость по уровню 0.5 энергии — 0.8 мрад. Импульс излучения имел характерную для данного типа лазеров форму с длительностью по основанию 1 мкс (в переднем пике длительностью по половине интенсивности ~100 нс сосредоточено 50% энергии генерации).

Излучение лазера 1 с помощью клина 2 из ZnSe расщеплялось на три пучка. Два из них с примерно равной энергией (по 1.5—3 Дж в зависимости от длины волны генерируемого излучения) использовались в качестве пучков накачки и направлялись зеркалами 3 в кювету с элегазом 4 навстречу друг другу. Коллинеарность накачек контролировалась с точностью 0.3 мрад. Клином 5 из ZnSe часть третьего пучка с энергией 0.15 Дж отводилась для формирования сигнальной волны, которая направлялась в кювету под углом  $4^\circ$  к направлению накачек. Оптические пути сигнальной волны и волн накачки выравнивались с точностью до нескольких миллиметров. Кювета с зазором 7 мм между

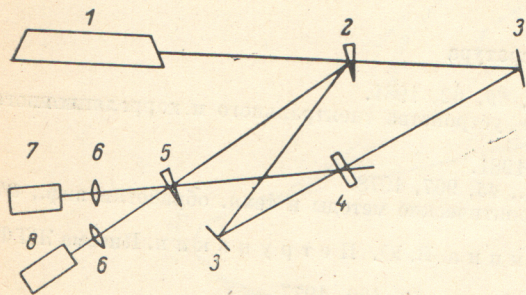


Рис. 1. Схема экспериментальной установки.

окнами, выполненными из KCl, устанавливалась под углом Брюстера к направлению волн накачки. Длина области взаимодействия пучков в элегазе составляла 13 мм. Энергии сигнального  $W_c$  и обращенного  $W_{обр}$  пучков определялись по показаниям калориметров 7 и 8 соответственно.

Экспериментальная зависимость энергетического коэффициента преобразования  $R = W_{обр}/W_c$  от длины излучения лазера в пределах полосы 10.6 мкм

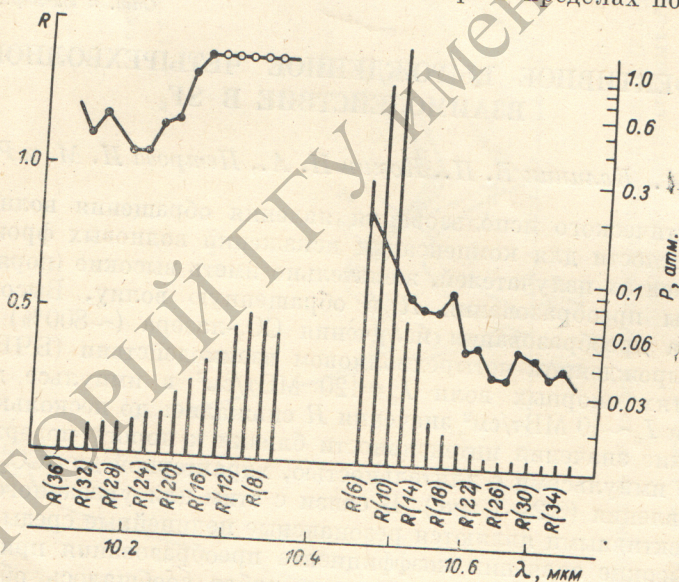


Рис. 2. Зависимость коэффициента преобразования  $R$  от длины волны излучения  $CO_2$ -лазера. Ломаной кривой соединены точки, соответствующие оптимальным давлениям газа.

колебательно-вращательного спектра молекулы  $CO_2$  представлена на рис. 2. Значения  $R$  для каждой спектральной линии излучения лазера соответствуют оптимальному давлению  $SF_6$ , зависимость которого от длины волны также приведена на рисунке. На линиях  $P(6)$ ,  $P(8)$  и  $P(10)$  энергетический коэффициент преобразования в обращенную волну превышал 100%. В первой серии экспериментов величины  $R$  для линий  $P(8)$  и  $P(10)$  составляли соответственно 170 и 200%. Однако при снятии зависимости, приведенной на рис. 2, значения коэффициента преобразования несколько снизились, что мы объясняем ухудшением пространственных характеристик лазерного пучка вследствие ухудшения оптического качества окон разрядной камеры лазера, изготовленных из KCl.

Для линий  $P(18) - P(22)$ , на которых коэффициент усиления активной среды  $\text{CO}_2$ -лазера максимален, значения  $R$  оказались значительно ниже (5—10%). В то же время ясно, что повышение коэффициента преобразования на этих линиях может быть полезным с точки зрения повышения КПД усилителя в экспериментах по компенсации искажений в усилительных системах. Нам удалось повысить коэффициент преобразования до 18—22% при использовании кюветы с зазором 0.8 мм, что соответствовало длине взаимодействия пучков  $\sim 1.4$  мм. Оптимальное давление в этом случае составляло 550—600 Тор.

Отметим, что зависимость  $R$  от длины волны излучения, приведенная на рис. 2, аналогична зависимости, полученной в работе [2] при сходных условиях эксперимента, но значения энергетического коэффициента в нашем эксперименте оказались значительно выше. Мы также не наблюдали отмеченного в этой работе резкого роста коэффициента преобразования во втором и последующих импульсах после смены элегаза в кювете.

В экспериментах, проводимых с излучением  $R$ -ветви перехода 10.6 мкм, оптимальное преобразование наблюдалось при высоких давлениях  $\text{SF}_6$ . Коэффициент преобразования для линий  $R(8) - R(18)$  мало изменялся при вариации давления газа в пределах 0.5—1 атм и достигал наибольшего значения при 1 атм с тенденцией к последующему возрастанию. Для давлений выше атмосферного измерения не проводились, так как кювета не была рассчитана на избыточное давление газа.

Измерения пространственных характеристик взаимодействующих пучков были проведены при работе генератора на линии  $P(10)$  и осуществлялись методом фокального пятна с помощью многосекционного болометрического приемника с концентрическими приемными площадками, что позволяло регистрировать энергетическую расходимость излучения в каждом импульсе. Полуширина углового распределения энергии обращенной волны составила 1.2 мрад и превышала расходимость каждого из трех исходных пучков в 1.4 раза. Было также замечено, что расходимость волн накачки увеличивается с 0.8 до 0.95 мрад при прохождении пучка через пустую кювету и до 1.1 мрад при прохождении через кювету с элегазом. Последнее, по-видимому, связано с влиянием самофокусировки пучка в элегазе, что должно сказываться на расходимости обращенной волны.

В заключение отметим, что полученные результаты хорошо воспроизводимы и свидетельствуют о перспективности использования ВЧВВ в  $\text{SF}_6$  для реализации ОВФ излучения  $\text{CO}_2$ -лазеров с микросекундной длительностью импульса.

Авторы благодарны Ю. А. Ананьеву, по инициативе и предложению которого авторами была начата работа по ОВФ излучения среднего ИК диапазона, А. А. Маку за постоянный интерес к работе и В. Е. Шерстобитову за полезные обсуждения.

#### Литература

- [1] D. E. Watkins, C. R. Phipps, Jr. S. J. Thomas. Opt. Lett., 6, 76, 1981.
- [2] L. G. Steel, R. C. Lind, J. F. Lam. Phys. Rev. A, 23, 2513, 1981.
- [3] Н. Г. Басов, В. И. Ковалев, М. А. Мусаев, Ф. С. Файзуллоев. Препринт ФИАН, № 204, 1981.
- [4] С. Д. Балицкий, Л. Т. Болотских. Письма ЖТФ, 8, 52, 1982.

Поступило в Редакцию 3 января 1983 г.