

Одномерное распределение интенсивности поля на расстоянии 10 км для $F_1=500$ м, $F_2=10^7$ м, $\lambda=0,63$ мкм:
 коллимированный пучок: 1 — $D=0,1$ м, 2 — $0,3$ м, 3 — $0,5$ м; суммарный пучок:
 4 — $D=0,1$ м, 5 — $0,3$ м, 6 — $0,5$ м, 7 — $l_2=-0,5$, $D=0,3$ м.

при соответствующем подборе Γ достигается 100%-ный контраст в отсчетном изображении, а ширина интерференционной полосы убывает пропорционально α^2 и зависит от соотношения F_1 и F_2 и размера апертуры, задающей плоскую волну. Так, для $x=0,5$ м, $D=0,5$ м ширина интерференционного максимума на нулевом уровне составляет 0,2 дуговых секунд. При этом $\Gamma^2 \leq 5 \cdot 10^{-2}$, что указывает на практическую с точки зрения энергетики реализуемость рассмотренного выше способа.

В заключение следует отметить также, что интерферограмма не является пространственной синусоидой, как в случае [4], и обладает симметрией относительно точки $x=0$, что вместе с ожидаемым высоким контрастом может быть использовано при создании сверхпрецизионных систем однозначной угловой ориентации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакут П. А., Устинов Н. Д., Троицкий И. П., Свиридов К. Н. Методы обработки световых полей при наблюдении объектов через турбулентную среду. Ч. II.— «Зарубеж. радиоэлектроника», 1976, № 7, с. 3—30.
2. Goodman J. W., Huntley W. H., Jackson D. W., Lehmann M. Wavefront reconstruction imaging through random media.— «Appl. Phys. Lett.», 1966, vol. 8, p. 311—313.
3. Gaskill I. D. Imaging through a randomly inhomogeneous medium wavefront reconstruction.— «J. Opt. Soc. Am.», 1968, vol. 58, p. 600—608.
4. Goodman J. W., Jackson D. W., Lehmann M., Knotts J.— «Appl. Opt.», 1969, vol. 8, p. 1581—1586.

Поступило в редакцию 19 июня 1978 г.

УДК 621.378.33

Л. И. РИНТЫЛЬКУТ, Э. Г. САПРЫКИН, Г. И. СМИРНОВ
 (Новосибирск)

ИЗОТОПИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ГЕНЕРАЦИИ СО-ЛАЗЕРОВ

Лазер на окиси углерода, обладающий аномально высоким среди мощных лазеров КПД, получает все более широкое распространение в науке и технике [1, 2]. В последние годы весьма интенсивно разворачиваются исследования, направленные на реализацию его высоких потенциальных возможностей. Ниже излагаются некоторые результаты исследования влияния изотопического состава активной смеси СО-лазера на мощность генерации. Использованная экспериментальная установка описана в работе [3].

В лазерах на окиси углерода достигается существенное увеличение мощности генерации при добавлении буферного газа — гелия. Мощность генерации этих лазеров

испытывает сильную зависимость от температуры на оси разряда. Одна из общепринятых функций гелия (компонент рабочей смеси) состоит в снижении этой температуры из-за эффективного переноса тепла на охлаждаемые стенки разрядной трубки. С этой точки зрения замена обычно используемого He^4 на изотоп He^3 должна приводить к большему снижению температуры за счет лучшей теплопроводности He^3 , к увеличению мощности, вводимой в разряд, и, следовательно, к повышению КПД и мощности лазера.

Однако наши эксперименты с CO - и CO_2 -лазерами показали [4], что такая замена существенно уменьшает мощность генерации, несмотря на рост мощности, вводимой в разряд. Поскольку передача энергии от молекул CO , всегда имеющихся в CO_2 -лазерах, является одним из механизмов создания инверсии рабочих состояний CO_2 -лазера, детальное исследование проводилось только для CO -лазера. Результаты измерений, полученные в условиях оптимизации параметров активной среды по относительному содержанию компонент, полному давлению, уровню возбуждения, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что мощность генерации лазера с примесью He^3 меньше, чем лазера с He^4 . В то же время мощность, потребляемая разрядом, в первом случае больше на 10—20%. Обращает на себя внимание также и качественно различающееся поведение кривых оптимального содержания изотопов He^3 и He^4 при увеличении доли Xe в смеси [4]. Максимум мощности генерации для He^3 достигался при меньших (сравнительно с He^4) давлениях (рис. 2). Спектр генерации смеси с He^4 смещался относительно спектра генерации смеси с He^3 в сторону более длинноволновых линий.

Анализ влияния гелия на мощность генерации CO -лазера показывает, что обнаруженные эффекты обусловлены главным образом различием масс изотопов He^3 и He^4 . Действительно, в соответствии с теорией Ландау—Теллера [5—7] вероятность переходов между колебательными уровнями v' и v двухатомной молекулы описывается выражением

$$P_{vv'} = 0,0286 \frac{V_{vv'}^2 T A^{7/2} \mu^{13/6}}{g \lambda^2} \exp\left(-A \mu^{1/3} + \frac{\epsilon - E_{vv'}/2}{T}\right); \quad (1)$$

$$A = 3 \left(\frac{3,2 E_{vv'}}{\alpha}\right)^{2/3} T^{1/3}; \quad A \mu^{1/3} \geq 22. \quad (2)$$

Здесь $V_{vv'}$ — матричный элемент перехода $v \rightarrow v'$; $E_{vv'}$ — соответствующее изменение колебательной энергии (в К); T — температура (в К). Множитель $\exp(\epsilon/T)$ приближенно учитывает притяжение сталкивающихся молекул, а параметр α — экспоненциальное затухание потенциала взаимодействия (в нм^{-1}). В формуле (1) явно выделена зависимость вероятности $P_{vv'}$ от приведенной массы сталкивающихся частиц μ , измеряемой в а. е. Для столкновительных процессов типа $\text{CO}-\text{He}^3$ и $\text{CO}-\text{He}^4$ имеем

$$\mu_{\text{He}^4} = 1,29 \mu_{\text{He}^3}. \quad (3)$$

Поэтому замена изотопа He^4 на He^3 приводит к увеличению $P_{vv'}$ не менее чем в четыре раза и к соответствующему ускорению колебательной релаксации.

Можно показать, что наличие ненулевого спина I у ядер He^3 также способствует некоторому ускорению $V-T$ - и $V-R$ -процессов в молекулах CO ($I_{\text{He}^4} = 0$, $I_{\text{He}^3} = 1/2$). Этот эффект связан с увеличением несферичности потенциала взаимодействия в системе $\text{CO}-\text{He}^3$ по сравнению с системой $\text{CO}-\text{He}^4$, так как сечение неупругих столкновений определяется несферической частью потенциала (см., например, [8]). За счет более быстрой релаксации колебательно-вращательной энергии молекул CO , взятых в смеси с He^3 , в поступательную ускоряется дезактивация возбужденных состояний CO , что приводит к уменьшению заселенности уровней и излучаемой мощности. Этот процесс особенно существен для высших колебательных состояний, ответственных за длинноволновую генерацию.

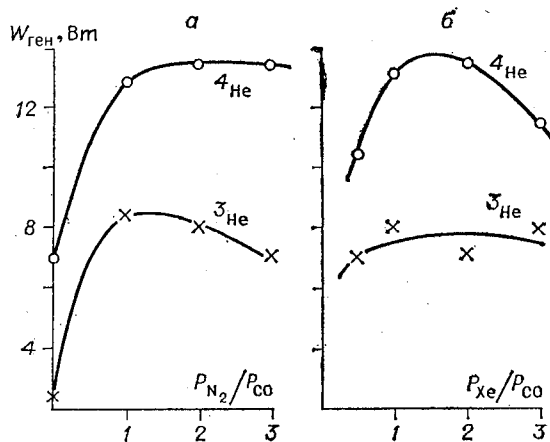
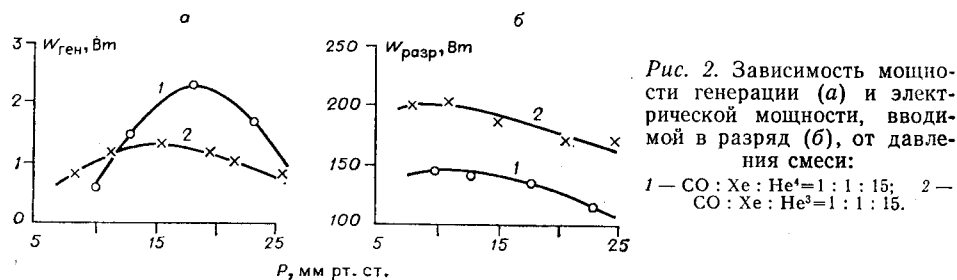


Рис. 1. Зависимость мощности генерации (оптимизированной по давлению, составу смеси и току разряда) от относительного содержания азота (а) и ксенона (б).



Приведенная интерпретация подтверждается экспериментальными исследованиями сечений передачи колебательной энергии молекул дейтерия в смесях с He³ и He⁴, выполненными Гопкинсом и Гао-Лин Ченом [9]. Их измерения показали, что для системы D₂—He³ это сечение заметно больше, чем для системы D₂—He⁴. Аналогичные результаты получены Симпсоном и др. [10] для смесей молекул CO₂ с изотопами He³ и He⁴.

Обычно лазер на окиси углерода, работающий с наиболее распространенным изотопом углерода C¹²O¹⁶, без селекции длин волн генерации излучает на многих колебательно-вращательных переходах этой молекулы. Использование смеси изотопических молекул окиси углерода должно увеличить число линий генерации. При этом можно было ожидать и увеличения суммарной мощности генерации. Нами были осуществлены опыты с использованием 50%-ной смеси молекул C¹²O¹⁶ и C¹³O¹⁶. Однако оказалось, что мощность генерации не только не возросла, а даже уменьшилась (примерно в 2 раза).

В СО-лазере работает специфический механизм заселения высших колебательных состояний молекул СО, связанный с ее ангармонизмом [1]. С ростом температуры эффективность этого процесса падает и мощность генерации уменьшается. Это обстоятельство ограничивает вводимую в разряд мощность, которая в данном случае определяется эффективностью теплоотвода на стенки. При работе лазера на смеси изотопических молекул СО ограничения на мощность возбуждения остаются на том же уровне и мощность возбуждения сохраняется прежней. В этих условиях увеличение числа переходов, участвующих в генерации, приводит к уменьшению инверсной заселенности и превышения усиления над потерями на каждом из них, что в конечном счете уменьшает суммарную мощность генерации.

Таким образом, использование смеси изотопов C¹²O¹⁶, C¹³O¹⁶ дает положительный эффект, заключающийся в увеличении числа линий генерации, но не увеличивает общую мощность генерации.

В СО- и СО₂-лазерах один из каналов создания инверсной заселенности — передача возбуждения от симметричной молекулы азота, являющейся аккумулятором энергии. Наши опыты со смесями, содержащими изотопические молекулы N₂¹⁴ и N₂¹⁵, показали, что в СО-лазере мощность генерации с изотопом N₂¹⁵ больше на 3—5%, чем с изотопом N₂¹⁴. Это объясняется тем, что колебательные уровни молекулы N₂¹⁵ более резонансны уровням СО, чем уровни N₂¹⁴. В СО₂-лазерах следует ожидать обратной картины.

Авторы выражают благодарность С. С. Лаптеву за помощь в измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соболев Н. Н., Соковиков В. В. Лазер на окиси углерода. Механизмы образования инверсной населенности.— УФН, 1973, т. 110, с. 191.
2. Бубякин Б. Б., Елецкий А. В., Папулевский В. Ф. Лазер на окиси углерода.— УФН, 1972, т. 106, с. 723.
3. Ринтылькут Л. И., Сапрыкин Э. Г., Смирнов Г. И. Влияние состава газовой смеси СО-лазера на мощность генерации.— «Автоматрия», 1978, № 2, с. 145.
4. Ринтылькут Л. И., Сапрыкин Э. Г., Смирнов Г. И. Исследование зависимости колебательно-вращательных процессов в СО-лазерах от изотопического состава активной среды.— В кн.: IV Всесоюзный симпозиум по молекулярной спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения. (Новосибирск, сентябрь 1978). Тезисы докладов. Томск, 1978, с. 183.
5. Ландау Л., Теллер Е. К теории дисперсии звука.— "Phys. Zs. Sowjet.", 1936, vol. 10, p. 34.
6. Гордиец Б. Ф., Осипов А. И., Ступоченко Е. В., Шелепин Л. А. Колебательная релаксация в газах и молекулярные лазеры.— УФН, 1972, т. 108, с. 655.
7. Никитин Е. Е. Теория элементарных атомно-молекулярных процессов в газах. М., «Химия», 1970.

8. Köhler W. E., Hess S., Waldmann L. On the nonspherical scattering amplitude for inelastic molecular collisions.—“Zs. für Naturforschh.”, 1970, vol. 25a, p. 336.
9. Hopkins B. M., Hao-Lin Chen. Vibrational relaxation of D_2 in ^3He and ^4He mixtures.—“J. Chem. Phys.”, 1973, vol. 58, p. 1277.
10. Simpson C. J., Gait P. D., Simmie J. M. Vibration-rotation energy exchange in carbon dioxide-hydrogen mixtures. II.—Proc. R. Soc. Lond. A., 1976, vol. 348, p. 5—7.

Поступило в редакцию 3 ноября 1978 г.;
окончательный вариант — 2 февраля 1979 г.

УДК 621.315.61+778.39

А. Н. РОДИОНОВ
(Москва)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОРОГОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛЕНОК EuO ПРИ ОПТИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ

Исследования, проведенные на пленках MnBi [1, 2], показали, что эти пленки при голографической записи в пределах динамического диапазона энергий записи обладают свойством линейной зависимости интенсивности восстановленного изображения от энергии в предметном пучке. Это обстоятельство связывалось с неоднородной намагниченностью отдельных доменов пленки MnBi (размер домена $\sim 0,1$ мкм) при неоднородном распределении энергии записи [1]. В то же время в некоторых работах указывается на пороговый характер голографической записи информации на пленках MnBi [2, 3].

Проведенные ранее исследования термомагнитной записи информации на пленках EuO показали перспективность использования их в качестве запоминающей среды как для голографического [4, 5], так и для битового [6] способа записи информации. В настоящей работе приводятся результаты исследования характера отображения информации на пленках EuO при различных способах записи.

Исследование битовой записи осуществлялось путем измерения зависимости величины угла фарадеевского вращения φ от энергии записи E . Методика исследования состояла в следующем. На пленку записывалась картина, получаемая при интерференции двух сходящихся под небольшим углом пучков рубинового лазера. Полученная таким образом на пленке дифракционная решетка с противоположными направлениями намагниченности соседних полос имела период $\sim 0,7$ мм.

Считывание осуществлялось сфокусированным до размера 150 мкм пучком He-Ne -лазера по принципу двухлучевой методики [6]. Усовершенствованная схема считывания, позволяющая исследовать пространственное распределение фарадеевского вращения, представлена на рис. 1.

Линза L_1 фокусирует пучок He-Ne -лазера на пленку П. Путем перемещения оси линзы L_1 осуществляется перемещение считывающего пятна в плоскости пленки П. Линза L_2 преобразует пучок, падающий под углом к оптической оси системы, в параллельный оптической оси пучок таким образом, что угол падения считывающего пучка на призму Воластона (ПВ) при перемещении линзы L_1 остается постоянным. Проходя призму Воластона, считывающий пучок расщепляется на два пучка, расходящихся под углом 10° , которые попадают на линзу L_3 , размещенную таким образом, что при параллельном перемещении пучков положение их на теневом прерывателе М не изменяется. Линза L_4 фокусирует оба пучка на фотоприемник (ФП).

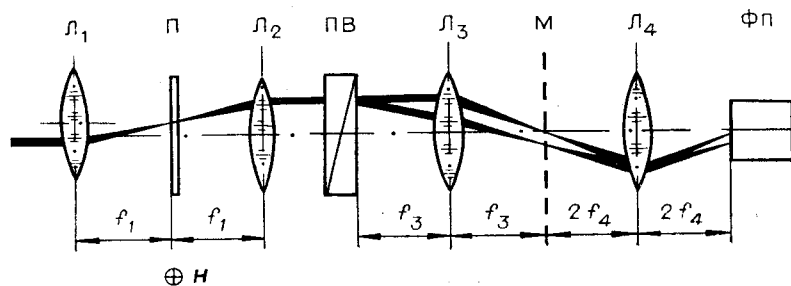


Рис. 1. Оптическая схема установки для исследования пространственного распределения угла фарадеевского вращения.