

Ферми не превышало kT и установление электронного равновесия лимитировалось выбросами из ловушек вблизи равновесного уровня Ферми. Близкие значения S в $a\text{-Si:H}$ приведены в работе [8].

Следует заметить, что использованное нами соотношение было получено для системы с моноэнергетическим уровнем. Однако наличие медленно меняющегося логарифмического члена делает оправданным усреднение по энергетическому распределению ловушек, свойственному $a\text{-Si:H}$, и введение эффективного уровня, адекватно описывающего процесс захвата и выброса электронов из локализованных состояний.

В заключение отметим, что промежуточный слой Si_2O_3 , полученный по методу [3], не приводил к изменениям энергетического спектра ловушек $a\text{-Si:H}$, как показали контрольные опыты с образцами без такой пленки. Поэтому нанесение туннельно-тонких слоев окислов перспективно для улучшения характеристик диодов Шоттки на основе $a\text{-Si:H}$.

Авторы выражают благодарность А. Г. Казанскому за помощь в изготовлении образцов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Anderson D. A., Moddel G., Paul W. J. *Electr. Mat.*, 1980, 9, N 1, p. 141. [2] Spear W. E., Le Comber P. G., Snee A. J. *Phil. Mag.*, 1978, 38, p. 303. [3] Алесковский А. Б. *Стехиометрия и синтез твердых соединений*. Л.: Наука, 1976, с. 51—67. [4] Белотелов С. В., Сурис Р. А., Федоров В. Н. *Приб. и техн. эксперимента*, 1978, № 1, с. 216. [5] Goodman N. V., Fritsche H. *Phil. Mag.*, 1980, 42, N 1, p. 149. [6] Гордеев С. Н., Зарифьянц Ю. А., Казанский А. Г. В кн.: *II Республ. конф. по фотоэлектрич. явлениям в полупроводниках*. Киев, 1982, с. 96. [7] Viktorovitch P., Moddel G. *J. Appl. Phys.*, 1980, 51, N 9, p. 4847. [8] Abbles B. et al. *Solid State Comm.*, 1982, 41, N 3, p. 251.

Поступила в редакцию
03.12.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1983, Т. 24, № 4

УДК 621.375.826

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА ГЕНЕРАЦИИ ТЕА CO_2 -ЛАЗЕРА С ВНУТРИРЕЗОНАТОРНЫМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ

А. Б. Васильев, А. И. Федосеев

(кафедра оптики и спектроскопии)

Одним из важных направлений исследований CO_2 -лазеров в последние годы стало получение генерации на переходах с высокорасположенных колебательных уровней — на так называемых полосах секвенции и «горячих» переходах. Вовлечение в процесс генерации таких переходов наряду с основным лазерным переходом 00^01-10^00 (длина волны $\lambda=10,6$ мкм) молекулы CO_2 приводит к существенному росту мощности лазера и позволяет повысить эффективность схемы энергии с мощных CO_2 -усилителей на 20—40% [1]. С другой стороны, для эффективного усиления коротких импульсов излучения, длительность которых сравнима с временем вращательной релаксации, необходимо, чтобы спектр генерации состоял из нескольких колебательно-вращательных линий [2]. В работе [3] сообщалось о реализации режима работы ТЕА CO_2 -лазера, в котором генерация происходила одновременно на первой (00^01-10^00) и второй (00^02-10^01) полосах секвенции.

При этом в каждой из полос в генерации участвовало по одной колебательно-вращательной линии.

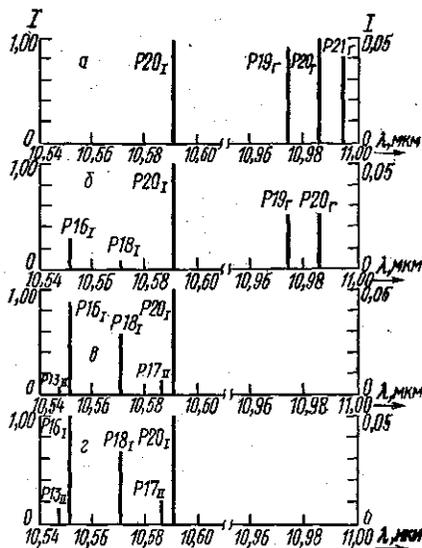
В настоящей работе показано, что путем введения в резонатор ТЕА CO_2 -лазера селективных потерь оказывается возможным получить генерацию одновременно на нескольких колебательно-вращательных линиях полос секвенции и «горячей» полосы (переход $01^{11}-11^{10}$).

В работе использовался ТЕА CO_2 -лазер с УФ-предионизацией активной среды, работающий на смеси $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He} = 1 : 1 : 5$ при давлении 0,5 атм. Система питания обеспечивала энерговыход ~ 250 Дж/(л·атм). Резонатор лазера был образован двумя медными зеркалами, одно из которых имело радиус кривизны 3 м, а другое было плоским. Вывод излучения осуществлялся через небольшое отверстие в плоском зеркале. В качестве нелинейного поглотителя использовалась нагреваемая кювета с углекислым газом, помещавшаяся внутри резонатора. Для измерения длин волн генерации использовался дифракционный спектрометр с разрешением $\sim 0,3 \text{ см}^{-1}$. За выходной щелью спектрометра располагался приемник ИК-излучения (фотосопротивление на основе Ge—Au). Для надежной идентификации переходов использовалась также внешняя нагреваемая кювета с CO_2 , которая обеспечивала значительно более сильное ослабление интенсивности линий первой полосы секвенции по сравнению с линиями второй полосы.

Если длительность лазерного импульса сравнима или превышает характерные времена колебательного (и вращательного) обмена, одновременная генерация на ряде линий одного или нескольких колебательных переходов может быть получена в условиях, когда данные линии имеют близкие значения величины превышения усиления над потерями (Δ). Численные расчеты этой величины показали, что для линий Р-ветвей с вращательным числом $J \sim 12 \div 20$ колебательных переходов $00^{01}-10^{00}$, $00^{02}-10^{01}$ и $01^{11}-11^{10}$ такие условия могут быть достигнуты, если вносить селективные потери путем изменения температуры газа во внутррезонаторной кювете в диапазоне $400 \div 700 \text{ К}$.

На рисунке приведен наблюдаемый спектральный состав импульса генерации ТЕА CO_2 -лазера в зависимости от температуры газа в кювете при давлении газа в ней 200 Тор. По оси ординат отложена относительная интенсивность генерации I колебательно-вращательных линий Р-ветвей переходов $00^{01}-10^{00}$ (индекс I), $00^{02}-10^{01}$ (индекс II) и $01^{11}-11^{10}$ (индекс Г), по оси абсцисс — длины волн линий генерации.

При температуре газа в кювете $T=400 \text{ К}$ (рисунок, а) генерация идет на линиях $P20_I$ и линиях $P19_{\Gamma}$, $P20$, $P21_{\Gamma}$ (согласно расчетам, на этих линиях данных колебательных переходов достигается максимальное превышение усиления над потерями). В то же время генерация на линиях второй полосы секвенции не наблюдается, хотя абсолютное зна-



Спектр излучения ТЕА CO_2 -лазера для различных температур газа в кювете: $T=400$ (а), 500 (б), 600 (в) и 700 (г) К

чение Δ для линий этого перехода гораздо выше, чем у соответствующих линий «горячей» полосы. Этот факт объясняется, по-видимому, тем, что колебательный обмен внутри антисимметричной моды молекул CO_2 происходит значительно более интенсивно, чем колебательный обмен с участием смешанных состояний. Вследствие этого генерация на линиях «горячей» полосы независима, а из полос секвенции преимущество имеет первая полоса, на линиях которой величина Δ значительно больше. Из рисунка (а) видно, что интенсивность генерации линий перехода $01^{11}-11^{10}$ на порядок меньше интенсивности линий основного перехода.

При повышении T до 500 К величины Δ для ряда линий перехода 00^01-10^00 согласно расчетам выравниваются и можно ожидать одновременной генерации на нескольких колебательно-вращательных линиях этого перехода. Экспериментально наблюдалась генерация на линиях $P16_{\Gamma}$, $P18_{\Gamma}$ и $P20_{\Gamma}$ (см. рисунок, б). В то же время интенсивность генерации линий $P19_{\Gamma}$ и $P20_{\Gamma}$ уменьшилась в два раза, а линия $P21_{\Gamma}$ не наблюдалась. Дальнейшее повышение температуры ведет к выравниванию значений Δ для ряда линий как первой, так и второй полос секвенции и, следовательно, возможна генерация одновременно на нескольких линиях обоих переходов, что и наблюдалось в эксперименте. Из рисунка (в, г) видно, что генерация на линиях «горячего» перехода отсутствует. Это объясняется тем, что при $T > 500$ К значения Δ для линий этого перехода становятся отрицательными, т. е. потери превышают усиление. Из линий второй полосы секвенции наблюдаются $P13_{\Pi}$ и $P17_{\Pi}$. Сравнение рисунков в и г показывает, что при повышении температуры газа в кювете интенсивность генерации падает и одновременно «перекачивается» из линий $P20_{\Gamma}$ в линии $P16_{\Gamma}$ и $P18_{\Gamma}$ из-за увеличения потерь на линиях с большими значениями вращательного числа J . С ростом температуры величина Δ падает значительно быстрее для линий первой полосы секвенции, вследствие чего заметен рост интенсивности линий второй полосы.

Следует заметить, что специальные эксперименты по оптимизации параметров установки не проводились, а поэтому максимальная мощность излучения лазера не превышала 100 кВт. Оптимизация параметров установки позволит значительно повысить интенсивность излучения, содержащего одновременно несколько колебательно-вращательных линий различных переходов ТЕА CO_2 -лазера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Трушин С. А., Чураков В. В. Письма в ЖТФ, 1978, 4, № 11, с. 663.
 [2] Nath A. K., Chatterjee U. K. IEEE of Quant. Electron., 1980, 16, N 11, p. 1263. [3] Бертель И. М. и др. Квант. электроника, 1981, 8, № 2, с. 356.

Поступила в редакцию
13.12.82

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ, 1983, Т. 24, № 4

УДК 539.293 : 538

ВЛИЯНИЕ ЗАМЕЩЕНИЯ ИОНОВ Mn ИОНАМИ Fe НА ПЕРЕХОД МЕТАЛЛ — ПОЛУПРОВОДНИК В МАНГАНИТАХ

Е. П. Свирина, Л. П. Шляхина, М. М. Лукина, В. Нтахомвукийе (Бурунди)
 (кафедра общей физики для естественных факультетов)

Известно, что манганиты $\text{La}_{1-x}\text{Me}_x\text{MnO}_3$, где $\text{Me} = \text{Pb}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Cd}$ и другие ионы двухвалентных металлов, имеют структуру перовскита и обладают различными магнитными и электрическими свойствами в за-