

ГАЗОВЫЙ ЛАЗЕР НА ИОНИЗИРОВАННОМ ЕВРОПИИ

П. А. Боян, В. М. Климкин, В. Е. Прокопьев

Получена мощная импульсная и квазинепрерывная генерация на однократно ионизированном европии в ближней ИК области спектра. ОКГ имеет высокую эффективность. Найдены новые перспективные условия возбуждения газовых ОКГ.

Использование паров металлов в качестве активной среды газовых лазеров привело к разработке высокоэффективных и мощных ОКГ видимого диапазона [1]. Однако в настоящее время большая группа металлов не исследована и не используется в газовых лазерах, в том числе и ряд редкоземельных элементов. В то же время разнообразие структур энергетических уровней атомов и ионов редких земель делают их перспективными для создания новых высокоэффективных активных сред.

В настоящей работе в результате исследований электрического разряда в смесях паров редкоземельных металлов с инертными газами впервые получена генерация на ряде линий однократно ионизированного европия. Верхние уровни нового лазера принадлежат конфигурациям $4f^7 6p\ ^9P$, 7P , нижние – $4f^7 5d\ ^7D^{\circ}$ EuII. При условиях возбуждения, близких к оптимальным, наблюдалась одновременная генерация на трех мощных линиях с длинами волн $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$ ($^7P_4 - ^7D_5^{\circ}$), $\lambda = 1,0166 \text{ мкм}$ ($^7P_4 - ^7D_4^{\circ}$) и $\lambda = 1,361 \text{ мкм}$ ($^9P_4 - ^7D_5^{\circ}$) (использовалась систематика энергетических уровней из работы [2]). Генерация на других линиях между уровнями указанных конфигураций наблюдается при введении решетки в резонатор лазера.

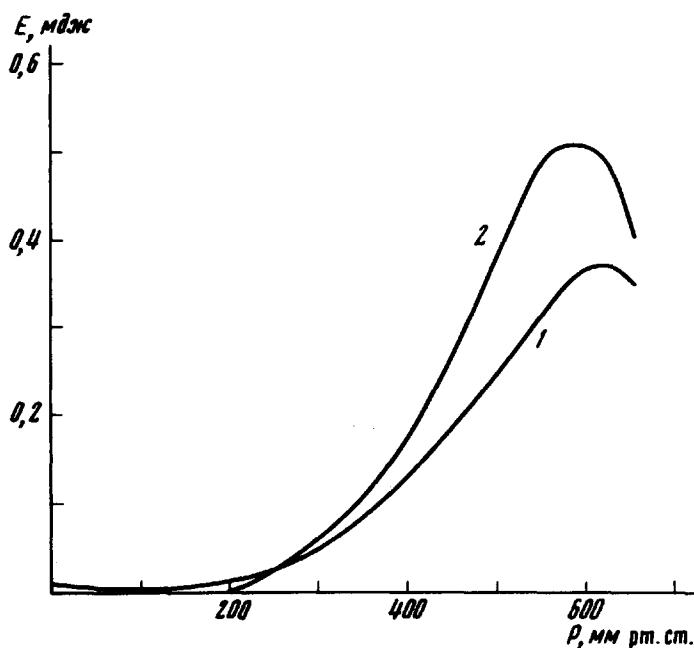
Столб паров Eu был получен в нагреваемой печью сопротивления газоразрядной трубке из ВеO – керамики длиной 50 см и внутренним диаметром 0,7 см. Возбуждение рабочей смеси, состоящей из паров Eu и гелия, осуществлялось импульсами тока длительностью от 3 до 600 мксек и амплитудой от 2 до 400 а. Идентификация переходов производилась как прямыми измерениями длин волн линий генерации, так и по модуляции вынужденным излучением интенсивностей спонтанных линий, имеющих общие уровни с линиями генерации.

Условия возникновения инверсии заселенностей на ионах европия характеризуются узким температурным интервалом кюветы с металлом – $t_{\text{опт}} \pm 25^\circ\text{C}$, где $t_{\text{опт}}$ – температура, соответствующая максимальной энергии в импульсе и равная соответственно 600, 610 и 620°С для $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$, $\lambda = 1,0166 \text{ мкм}$, $\lambda = 1,361 \text{ мкм}$. Вычисленное по уравнению упругости [3] равновесное давление пара Eu в рабочем интервале температур кюветы ($580 \div 650^\circ\text{C}$) изменялось от $3 \cdot 10^{-3}$ до $9 \cdot 10^{-3} \text{ тор}$.

Генерация на $\lambda = 1,361 \text{ мкм}$ наблюдается при любом давлении Не в диапазоне от 1 до 650 тор (рисунок), для линий генерации $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$ и $1,017 \text{ мкм}$ – начиная с 200 тор. Оптимальное давление Не для всех линий – 600 – 650 тор. При более высоких концентрациях уменьшение энергии излучения на всех линиях связано не с механизмом возникновения инверсий, а с неустойчивостью продольного разряда.

Длительность импульсов генерации на всех переходах равна длительности спонтанного излучения с верхних лазерных уровней и составляет

$3 \div 150$ мксек в зависимости от условий возбуждения. Максимальная энергия в импульсе для $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$ и $\lambda = 1,0166 \text{ мкм}$ $0,6 \cdot 10^{-3} \text{ дж}$, для $\lambda = 1,361 \text{ мкм} - 0,4 \cdot 10^{-3} \text{ дж}$ при рабочем объеме трубы 20 см^3 . Максимальная мощность в импульсе 50 вт . Коэффициент усиления для $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$ более 20 дБ/м , что позволяет использовать в качестве выходного зеркала резонатора плоскопараллельную кварцевую пластинку. Для линий $\lambda = 1,0166 \text{ мкм}$ и $\lambda = 1,361 \text{ мкм}$ усиление соответственно 10 дБ/м и 15 дБ/м .



Зависимость энергии импульса генерации от давления гелия: 1 – $\lambda = 1,361 \text{ мкм}$; 2 – $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$ и $\lambda = 1,0166 \text{ мкм}$

Квантовая эффективность лазера на EuII – $14 \div 15\%$ при условии, что возбуждение верхних уровней идет из основного состояния атома. Достигнутый электрический КПД лазера составляет $0,6\%$. Пороговая плотность тока, определенная для $\lambda = 1,002 \text{ мкм}$, равна 5 а/см^2 .

Условия возбуждения лазера на EuII, характеризующиеся очень высоким давлением буферного газа, являются для ОКГ на парах металлов и тем более ионных лазеров необычными и реализованы, по всей видимости, впервые. Эти условия перспективны, с одной стороны, для целей создания мощных одночастотных ОКГ, так как контур линии усиления при столь высоких давлениях близок к дисперсионному и, с другой стороны, для разработки "столкновительных" ОКГ на парах металлов [4].

Институт оптики атмосферы
Сибирское отделение
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5 июня 1973 г.

Литература

- [1] А.А.Исаев, М.А.Казарян, Г.Ф.Петраш. Письма в ЖЭТФ, 16, 1, 1972.
 - [2] H. N. Russell, W. Albertson, D. N. Davis. Phys. Rev., 60, 941, 1941.
 - [3] С.И.Гордиенко, Б.Ф.Феночка, В.В.Фесенко. Редкоземельные металлы и их тугоплавкие соединения. Киев, "Наукова думка", 1971.
 - [4] Г.Фулд. Сборник "Газовые лазеры", М., изд. Мир, 1968.
-