

УШИРЕНИЕ ЛИНИИ ПОГЛОЩЕНИЯ М1 ПЕРЕХОДА ТАЛЛИЯ ИНЕРТНЫМИ ГАЗАМИ

К. П. Василевский, В. Н. Котылёв и В. Н. Кулясов

В недавних работах [1, 2] была показана принципиальная возможность построения лазера с оптической накачкой на магнитном дипольном переходе (М1) в парах таллия на длине волны $\lambda=1.28$ мкм, работающего в непрерывном режиме. Схема интересующих уровней таллия, а также сверхтонкая структура (СТС) линии рабочего перехода и изотопический сдвиг линий [3] представлены на рис. 1. Интерес к такому лазеру связан с перспективами его применения для создания стандарта частоты и при проведении экспериментов по несохранению четности в оптических переходах.

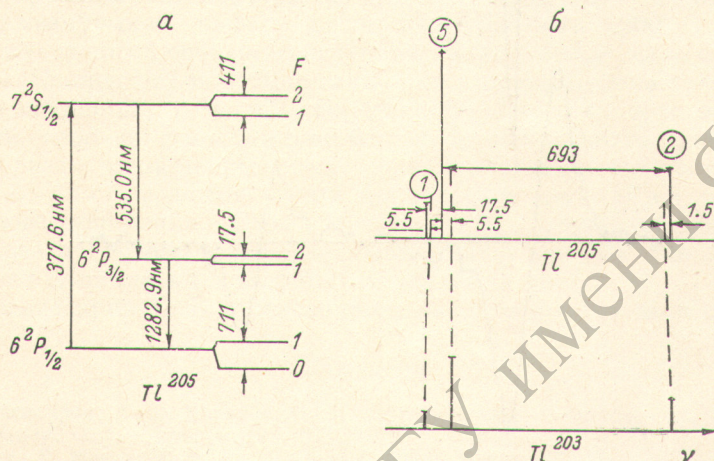


Рис. 1. Оптический спектр атомов таллия, энергетические интервалы даны в миликайзерах (10^{-3} см $^{-1}$).

а — схема нижних уровней; б — изотопический сдвиг и сверхтонкая структура (СТС) линии $\lambda=1282.9$ нм. Естественная смесь изотопов содержит 70% таллия 205 и 30% таллия 203. В кружках приведены относительные интенсивности СТС компонент.

Предварительными исследованиями было установлено, что сечения дезактивации верхнего состояния рабочего перехода таллия инертными газами крайне малы. Следовательно, эти газы могут хорошо защищать метастабильные атомы таллия от тушащих соударений со стенками рабочей кюветы. Однако большое уширение линии $\lambda=1.28$ мкм тем или иным буферным газом может послужить препятствием к применению последнего. Настоящая работа посвящена определению величины этого уширения. Из-за отсутствия теории, позволяющей надежно определить величины эффективных сечений ударного уширения, основным источником достоверной информации об уширении спектральной линии посторонними газами является эксперимент.

Для измерения уширения был выбран интерференционный спектрометр на основе СП-101, регистрирующий производную спектра поглощения. Этот прибор имеет высокое разрешение, равное 0.035 см $^{-1}$ в ближней инфракрасной области спектра, и большую светосилу, равную 1 : 5. Эксперимент ставился следующим образом: свет от лампы накаливания проходил через кювету с парами исследуемого вещества и попадал на входную линзу прибора СП-101. Спектр поглощения в окрестности 1.28 мкм записывался на самописце КСП-4. Кюветы из плавленного кварца длиной 60 мм, диаметром 55 мм обезгаживались в вакууме при $T=1100^\circ$ С в течение 20 ч. Далее во все кюветы был перегнан металлический таллий в количестве, достаточном для создания значительной плотности паров последнего. Затем во все кюветы, кроме одной, — «вакуумной», были напущены различные инертные газы при давлениях $150-500$ тор при

комнатной температуре. После этого кюветы были отпаяны от вакуумной системы. Для измерения поглощения паров таллия кюветы помещались в печь с кварцевыми окнами. Плотность насыщенных паров таллия определялась

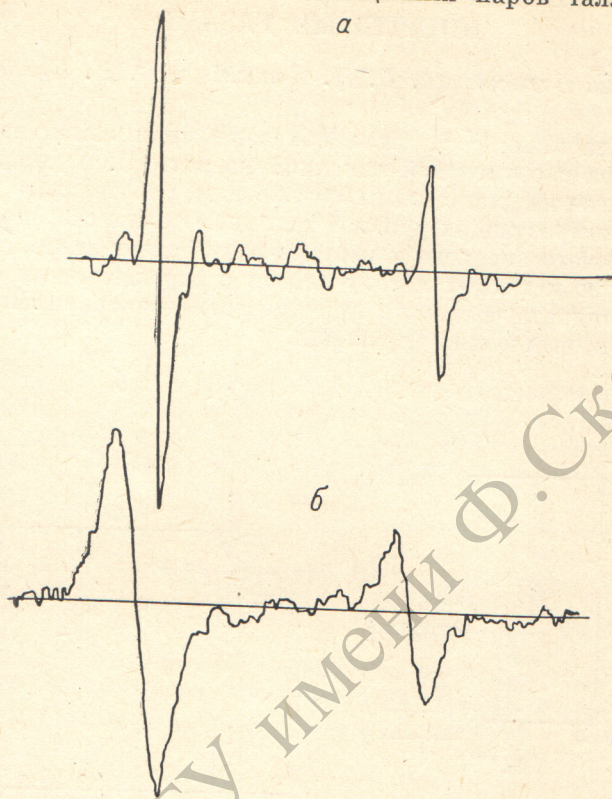


Рис. 2. Запись спектра поглощения паров таллия на СП-101, $\lambda=1282.9$ нм.
а — без буферного газа, б — в присутствии 275 тор неона.

температурой самой холодной точки кюветы. Температура стенки кюветы в месте осаждения таллия измерялась термонпарой.

Первым был записан спектр поглощения паров таллия в кювете без буферного газа при величине поглощения в центре линии порядка 40% от падающего света (рис. 2, а). Величина поглощения была определена методом плоскопараллельной пластины и совпала с расчетной, полученной по известной плотности паров таллия в кювете. Спектр поглощения паров таллия без буферного газа хорошо согласуется с известной СТС линии 1.28 мкм [3]. Линии с относительными интенсивностями 5 и 1 (рис. 1, б) не разрешены. Так как в этом случае ширина линии поглощения определяется только доплеровским уширением, а расстояния между компонентами СТС известны, то полученный спектр позволил легко определить частотный масштаб и вид аппаратной функции прибора СП-101.

Далее были записаны спектры поглощения таллия в присутствии различных буферных газов. Для этого температура каждой кюветы с газом повышалась до появления заметного сигнала. Спектры поглощения были сняты в интервале температур $960 \div 1050^\circ \text{C}$, что соответствует концентрации паров таллия $N=4 \cdot 10^{16} \div 2 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$. Линии поглощения таллия при наличии буферного

Величина уширения линии
 $\lambda = 1282.9$ нм таллия инертными
газами при концентрации
последних $N = 2.69 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$

Газ	Уширение, см^{-1}
He	0.38 ± 0.06
Ne	0.25 ± 0.04
Ar	0.22 ± 0.03
Kr	0.23 ± 0.02
Xe	0.26 ± 0.04

газа оказались заметно уширенными по сравнению с «вакуумным» случаем (рис. 2, б).

Спектры поглощения паров таллия для каждого буферного газа были сняты при нескольких давлениях последнего. Обработка результатов экспериментов была выполнена как при помощи известного выражения для интегрального поглощения («эквивалентной ширины») одиночной линии с дисперсионным контуром [4], так и путем прямого учета аппаратного контура, вычисляемого по форме «вакуумной линии» с использованием ЭВМ. Обе обработки дали одинаковый результат. В таблице приведены величины уширения линий таллия 1.28 мкм различными буферными газами. Расчет уширения был выполнен в предположении отсутствия заметного уширения собственными атомами. Дело в том, что концентрация паров буферного газа на два порядка выше, чем концентрация паров таллия. Дополнительным подтверждением отсутствия самоуширения исследуемой линии явилось наблюдение спектров поглощения при температуре 950–1050° С в кювете без буферного газа. Как и ожидалось, никакого уширения линий поглощения при этом обнаружено не было. Однако при нагреве «вакуумной» кюветы до температуры выше 1000° С нам удалось наблюдать эмиссионный спектр исследуемой линии с отношением сигнал—шум, равным 3–5. Концентрация атомов таллия на метастабильном уровне при этой температуре составляет 10^{13} см⁻³. Наблюдение такого слабого излучения на фоне мощной тепловой засветки демонстрирует возможность прибора СП-101.

Таким образом, проведенные исследования показали, что уширение линии таллия $\lambda=1.28$ мкм буферными газами при давлении менее 50 тор не превышает доплеровского уширения. Следовательно, присутствие такого количества буферного газа допустимо в рабочей кювете ОКГ, так как оно не оказывает существенного влияния на коэффициент усиления среды.

Авторы благодарны Е. Б. Александрову за постановку задачи и обсуждение результатов.

Литература

- [1] Е. Б. Александров, А. В. Баранов, В. Н. Кулясов. Опт. и спектр., 44, 1065, 1978.
- [2] А. В. Баранов. Опт. и спектр., 46, 617, 1979.
- [3] A. Flusberg, T. Mossberg, S. R. Hartmann, Phys. Rev. A, 14, 2146, 1976.
- [4] R. Ladenberg, F. Reiche. Ann. d. Phys., 42, 181, 1913.

Поступило в Редакцию 3 сентября 1980 г.

УДК 548.0+539.166

НОВЫЕ ЦЕНТРЫ СВЕЧЕНИЯ В γ -ОБЛУЧЕННЫХ КРИСТАЛЛАХ LiF-Mg, OH

В. Д. Лобанов, Н. Т. Максимова и Л. И. Щепина

В кристаллах LiF, содержащих катионо- и анионозамещающие примеси, под действием ионизирующего излучения образуются центры окраски, включающие в свой состав как собственные, так и примесные дефекты решетки [1]. Природа таких собственно-примесных радиационных дефектов слабо изучена.

В настоящей работе исследовались обнаруженные нами в кристаллах LiF-Mg, OH центры свечения, обладающие высокой термической устойчивостью. Кристаллы были выращены методом Киропулоса на воздухе и содержали примесь магния от 0.001 до 0.1 вес. % и OH⁻ до 1 вес. %. Образцы облучались γ -излучением ⁶⁰Co.

В спектрах люминесценции облученных γ -излучением и выдержанных при комнатной температуре кристаллов наблюдаются полосы возбуждения и свечения стабилизированных примесью кислорода O²⁻ F₂⁻-центров (см. рисунок, а, кривые 1, 2). После прогрева до температуры выше 100° С эти полосы исчезают.