

СВЕРХСВЕТИМОСТЬ НА ПЕРЕХОДАХ, ОКОНЧИВАЮЩИХСЯ НА МЕТАСТАБИЛЬНЫХ УРОВНЯХ ГЕЛИЯ И ТАЛЛИЯ

А.А.Исаев, П.И.Ищенко, Г.Г.Петраш

Известно, что импульсная инверсия заселенности может создаваться в начале импульса возбуждения и без релаксации нижнего рабочего уровня только за счет более быстрого возбуждения верхнего. Скорость заселения уровня в начальные моменты разряда определяется в основном его эффективным сечением возбуждения электронами из основного состояния. Поскольку, как правило, наибольшими сечениями возбуждения электронами обладают резонансные уровни, то для получения генерации с высоким к.п.д. и большой мощности предпочтительно в качестве верхнего рабочего уровня использовать резонансный. В этом случае рабочим переходом может быть переход на нижележащий метастабильный уровень. Таким образом, импульсная генерация на переходах между резонансным и метастабильными уровнями представляет особый интерес. В настоящей работе сообщается о получении сверхсветимости на переходах такого типа в гелии и таллии.

Простейшим атомом, в котором имеются переходы на метастабильный уровень, является атом гелия. Характеристики уровней гелия изучены относительно хорошо. Поэтому исследование генерации на переходах гелия весьма интересно с точки зрения изучения физических процессов, определяющих образование инверсии. Однако генерация на переходах в гелии, оканчивающихся на метастабильных уровнях, ранее не наблюдалась. Расчет, сделанный нами с учетом возбуждения электронами из основного состояния на уровни 2^1P , 2^3P , 2^1S , 2^3S и радиационного распада уровней 2^1P и 2^3P , показал, что при вполне достижимых условиях разряда можно ожидать большой коэффициент усиления и сверхсветимость на переходах $2^1S - 2^1P$ $\lambda = 2,058$ мк и $2^3S - 2^3P$ $\lambda = 1,083$ мк. В расчете были использованы данные по эффективным сечениям возбуждения, взятые из [1], и о вероятностях переходов из [2]. Нами была предпринята попытка обнаружить сверхсветимость на указанных переходах. В опытах использовалась кварцевая разрядная трубка внутренним диаметром 1,3 мм и рабочей дли-

ной 20 см с окнами под углом Бркстера. Разряд в трубке возбуждался с помощью импульсного кабельного трансформатора с коэффициентом трансформации около 3,5 [3], импульс напряжения на трубке достигал примерно 50 кВ. Частота повторения импульсов изменялась от нескольких герц до 10 кГц. Применялись как холодные электроды, так и оксидный подогреваемый катод. Трубка наполнялась спектрально чистым гелием. Излучение регистрировалось с приборами ИКС-6 и ДФС-12. В качестве приемников применялись фотосопротивления из сернистого свинца типа ФС-А1, фотодиод InSb и фотоумножитель. Описанные ниже результаты получены при использовании только одного зеркала с серебряным покрытием.

В результате проведенных экспериментов была обнаружена сверхсветимость на длине волны $\lambda = 2,058 \text{ мк}$. Измерения длины волны на приборе ДФС-12 с выведенными из обычного положения решетками да-

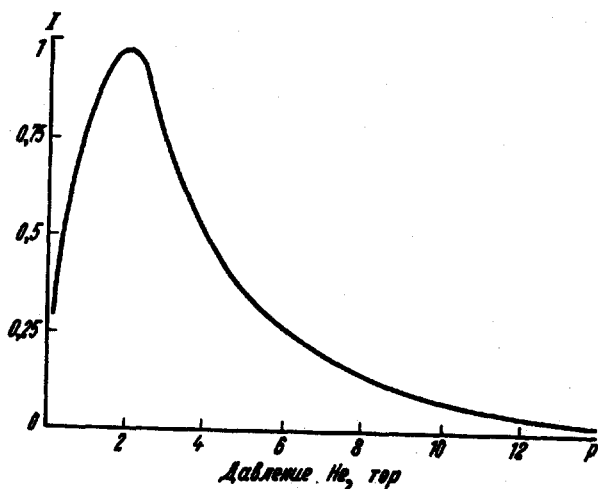


Рис.1. Зависимость мощности сверхсветимости I (произвольные единицы) от давления гелия. Импульс напряжения на трубке около 36 кВ, холодный катод, одно зеркало

ли $\lambda = 20581,3 \pm 1 \text{ \AA}$. Табличное значение для перехода $2^1S - 2^1P$ $\lambda = 20581,3 \text{ \AA}$. Как было проверено с помощью таблиц [4], в атоме гелия нет других переходов, совпадающих с данным по длине волны в пределах оцененной точности измерений.

Зависимость мощности сверхсветимости от давления гелия приведена на рис.1. Эта зависимость несколько различна для трубки с холодным и с оксидным катодом. Следует отметить, что при работе с оксидным катодом сверхсветимость гораздо стабильнее. На рис.2 показана зависимость мощности сверхсветимости от напряжения на первичной обмотке импульсного трансформатора для случая работы без зеркала (кривая 1) и с одним зеркалом (кривая 2). Давление гелия составляло 2,7 тора. При больших давлениях влияние зеркала заметно меньше. Пиковая мощность сверхсветимости, оцененная по средней мощности в

предположении обычной для сверхсветимости длительности порядка 10^{-8} сек [5 - 7], составила для трубки диаметром 1,3 мм около ватта, а для трубки диаметром 5 мм около 10 вт.

Были предприняты также попытки обнаружить сверхсветимость или генераций на переходе $2^3S - 2^3P$ $\lambda = 1,083$ мк, однако, ни при каких условиях опыта генераций обнаружить не удалось. По-видимому, процесс заселения уровней гелия сложнее, чем предполагалось в первоначальном расчете.

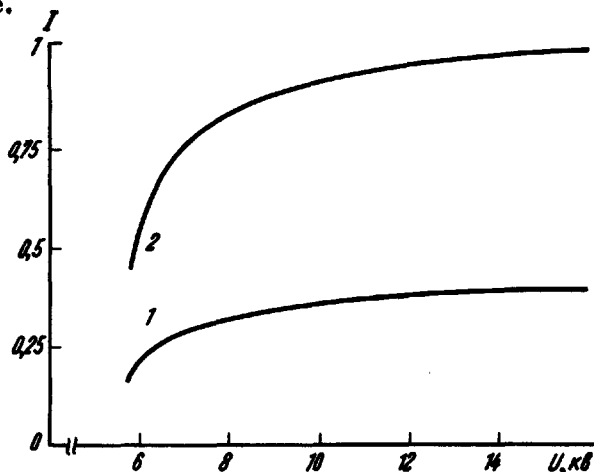


Рис.2. Зависимость мощности сверхсветимости I (произвольные единицы) от напряжения на первичной обмотке импульсного трансформатора, давление гелия 2,7 тор, холодный катод, кривая 1 - без зеркала; кривая 2 - с одним зеркалом

Описанная выше сверхсветимость в гелии представляет физический интерес, но не очень перспективна для получения высокого к.п.д., поскольку отношение энергии излучаемого кванта $h\nu$ к энергии возбуждения верхнего уровня E_b для линии $\lambda = 2,058$ мк составляет $h\nu/E_b = 0,029$. Для получения высокого к.п.д. нужно использовать атомы с низколежащим метастабильным уровнем. С этой точки зрения большой интерес представляет атом таллия, обладающий весьма благоприятной структурой уровней. Для перехода в таллии с резонансного уровня $7^2S_{1/2}$ на метастабильный $6^2P_{3/2}$ отношение $h\nu/E_b = 0,70$, что позволяет надеяться на высокий к.п.д. Насколько нам известно, генерация на линиях таллия до сих пор не наблюдалась. Мы предприняли попытку получить генерацию на зеленой линии таллия $\lambda = 5350$ Å. В опытах использовались кварцевые трубки внутренним диаметром 1,3; 2; и 3 мм и разрядной длиной 20 см с холодными электродами. Средняя часть разрядной трубки, содержавшая таллий, помещалась в печь. Электроды и окна, поставленные под углом Бркстера, находились вне печи. В качестве буферного газа применялись неон и гелий при давлении порядка нескольких тор. Остальная часть установки такая же, как и в опытах с гелием.

При нагреве печи до 600°C , что соответствует давлению паров таллия 10^{-2} тор, наблюдалась сверхсветимость на линии $\lambda = 5350$ Å, ин-

тенсивность которой увеличивалась по мере роста температуры. Сверхсветимость наблюдалась как с одним зеркалом, так и вообще без зеркала. Длительность импульса сверхсветимости не превышает 20 нсек, пиковая мощность по нашим оценкам порядка нескольких ватт. Зависимость мощности сверхсветимости от напряжения на первичной обмотке импульсного трансформатора для таллия подобна зависимости, приведенной на рис.2 для гелия.

Изучение спектра с интерферометром Фабри-Перо показало значительное сужение линий и позволило обнаружить в наиболее благоприятных условиях четыре линии сверхтонкой структуры, связанной с наличием двух изотопов, обладающих моментом ядра 1/2. Расщепление линий соответствовало известному из литературы [8,9].

В заключение отметим, что наибольший к.п.д. импульсной генерации, можно получить, если возбуждать пары таллия моноэнергетическими электронами с энергией, несколько превышающей энергию верхнего рабочего уровня. При этих условиях эффективно возбуждаться будет, по-видимому, только один верхний рабочий уровень. Теоретический к.п.д. в этом случае можно превышать 20%.

Поступило в редакцию
24 мая 1967 г.

Литература

- [1] И.П.Запесочный, ДАН СССР, 171, 559, 1966.
- [2] A.H.Gabriel, D.W.Heddle. Proc. Roy. Soc., A258, 124, 1960.
- [3] А.С.Насибов, А.А.Исаев, В.М.Каслин, Г.Г.Петраш. ПТЭ, № 4, 232, 1967.
- [4] С.Е.Мооре. Atomic Energy Levels., 1.
- [5] D.Rosenberger. Phys. Lett., 13, 228, 1964.
- [6] D.Rosenberger. Phys. Lett., 14, 32, 1965.
- [7] D.M.Clunie, R.C.A.Thorn, K.E.Treziere. Phys. Lett., 14, 28, 1965.
- [8] С.Э.Фриш. Оптические спектры атомов. М.-Л., 1963.
- [9] D.A.Jackson, Zs. Phys., 75, 223, 1932.