

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ λ 587.6 нм ГЕЛИЯ
ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ЭЛЕКТРОННЫМ УДАРОМ

И. П. Богданова и М. П. Чайка

Исследована степень поляризации излучения спектральной линии 587,6 нм, соответствующей переходу 3^3D-2^3P в гелии, как функция энергии возбуждающих электронов, а также временная зависимость.

Для возбуждения атомов гелия электронным ударом была использована трубка с электронной пушкой, описанная в работе [1]. Электронная пушка имела импрегнированный катод и три регулирующих электрода. Кроме того, подачей отрицательного потенциала на второй электрод A_2 можно было запереть электронный пучок, а наложение положительного прямоугольного импульса на этот же электрод A_2 позволяло возбуждать газ импульсами тока электронов заданной длительности T и частоты f .

Излучение наблюдалось под углом 90° к направлению движения электронов в пучке. Давление гелия в трубке составляло $1 \cdot 10^{-2}$ тор. Исследуемая спектральная линия в свечении газа, наполняющего трубку, выделялась монохроматором и регистрировалась ФЭУ, работающим в режиме счета фотонов. Схема регистрации имела выход на самописец и многоканальный анализатор АИ-256.

Для определения степени поляризации последовательно измерялась интенсивность излучения с электрическим вектором, направленным по движению электронного пучка I_{\parallel} , а затем — перпендикулярно ему I_{\perp} . Для этого между трубкой возбуждения и монохроматором помещался поляризатор. Упоры в его оправе позволяли выставлять его в два ортогональных и строго воспроизводимых положения. Степень поляризации определялась как

$$p = \frac{I_{\parallel} - I_{\perp}}{I_{\parallel} + I_{\perp}}.$$

Так как монохроматор сам обладает поляризующими свойствами, т. е. имеет разный коэффициент пропускания α для разных линейных поляризаций, измеренные интенсивности исправлялись на отношение коэффициентов пропускания монохроматора $\alpha_{\perp}/\alpha_{\parallel}$, которое было измерено заранее. Трудность при измерении этого отношения состояла только в наличии неполяризованного излучения. Оно было получено на той же спектральной линии и на той же трубке возбуждения, но на нее дополнительно было наложено магнитное поле в несколько десятков эрстед. Поле это направлено было вдоль линии наблюдения, а величина его была достаточна для полного разрушения выстраивания уровня 3^3D , что и гарантировало полную деполяризацию света [2].

Измерялась степень поляризации света в непрерывном режиме работы электронной пушки при различной энергии электронов. Рис. 1 иллюстрирует полученные результаты: с увеличением энергии электронов степень поляризации падает, и при 100 эВ излучение практически деполяризовано.

Изменения степени поляризации во времени показаны на рис. 2. Кривые на рис. 2 характеризуют поведение при разных длительностях возбуждающих импульсов и двух разных значениях энергии электронов. На графиках видно монотонное падение степени поляризации со временем внутри длинного (300 нс) импульса возбуждения и быстрое падение после окончания импульса. Если учесть, что задний фронт импульса имеет длительность порядка 50 нс, то можно считать, что поляризация излучения исчезает за время порядка времени радиационного распада уровня. В то же время интенсивность излучения затухает значительно медленнее, как видно из кривых рис. 3.

Качественные результаты, полученные в нашем эксперименте, показывают наличие двух путей заселения уровня. Один из них приводит к выстраиванию возбужденного состояния, что проявляется в поляризации излучения. Очевидно, что это процесс прямого перехода из нормального состояния в возбужденное. Заселение вторым путем характеризуется большей длительностью и в процессе возбуждения теряется память о направлении движения возбуждающих электронов. Большая задержка в заселении уровня вторым путем (сотни наносекунд) отвергает гипотезу об участии каскадных переходов с вышележащих состояний, что согласуется с выводами работы [8].

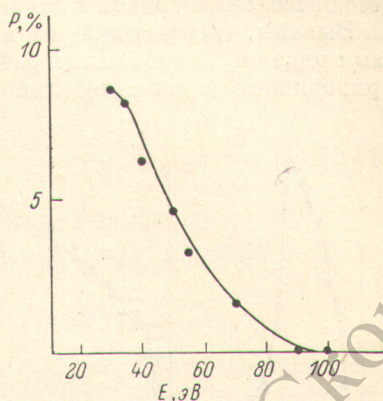


Рис. 1. Зависимость степени поляризации излучения λ 587.6 нм гелия от энергии электронов.

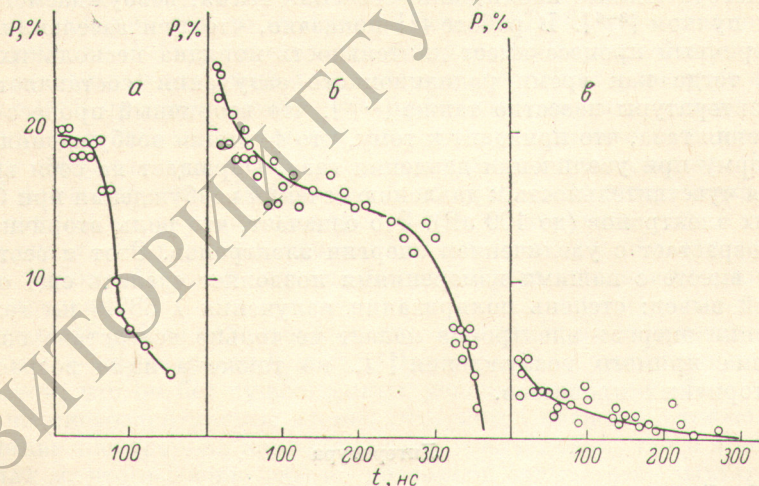


Рис. 2. Степень поляризации излучения λ 587.6 нм при импульсном возбуждении гелия как функция времени.

Длительности импульса: 60 нс (а), 300 нс (б, в); энергии электронов: 30 эв (а, б), 80 эв (в).

Действительно, в рамках этих предположений объясняются все полученные зависимости. После окончания импульса в отсутствие электронов должно прекратиться прямое возбуждение электронным ударом, а заселение вторым, «длинным» путем продолжается. А так как второй путь приводит к сферически симметричному возбужденному состоянию, то излучение становится неполяризованным. Слабое падение степени поляризации внутри импульса объясняется тем же: с течением времени число атомов, попадающих на исследуемый уровень вторым путем, увеличива-

ется, так как этот процесс относительно длительный. С другой стороны, в самом начале импульса, когда преобладает прямое заселение, степень поляризации должна быть выше, чем в последующие моменты времени. В постоянном режиме работы электронной пушки присутствуют оба процесса заселения уровня и степень поляризации оказывается более низкой.

Выводы, вытекающие из наших измерений, согласуются с результатами ряда опубликованных работ. На существование вторичного процесса, приводящего к дополнительному заселению ряда уровней гелия, указы-

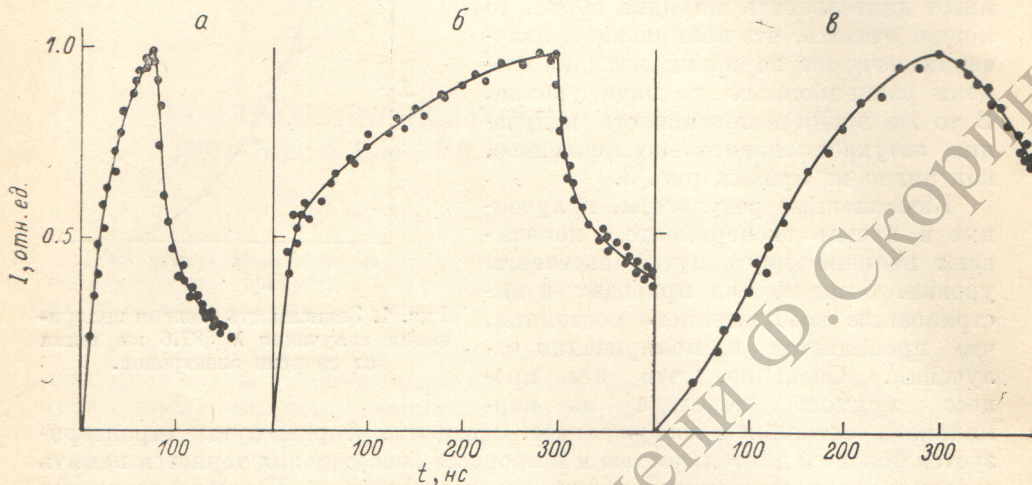


Рис. 3. Интенсивность излучения λ 587.6 нм гелия при импульсном возбуждении. Обозначения те же, что на рис. 2.

вают многочисленные наблюдения свечения гелия, возбуждаемого электронным пучком [3-6]. В работе [3] показано, что при заселении уровня 3^3D вторичный процесс имеет длительность порядка нескольких микросекунд, тогда как время радиационного затухания составляет 14 нс.

Из литературы известно также [4, 6], что вторичный процесс зависит от давления газа, что приводит к тому, что функции возбуждения меняют свою форму при увеличении давления газа. Обращает на себя внимание большая чувствительность к давлению сечений возбуждения при больших энергиях электронов (до 100 эВ). Это означает, что роль вторичного процесса возрастает с увеличением энергии электронов. Этот известный результат вместе с нашими измерениями позволяет сделать еще один интересный вывод: степень поляризации излучения λ 587.6 нм гелия при увеличении энергии электронов падает не только вследствие изменения механизма прямого возбуждения [7], но также и из-за возрастающей роли вторичных процессов.

Литература

- [1] И. П. Богданова, В. Д. Марусин, В. Е. Яхонтова. Опт. и спектр., 37, 643, 1974.
- [2] М. П. Чайка. Интерференция вырожденных атомных состояний. ЛГУ, Л., 1975.
- [3] И. П. Богданова, С. Э. Фриш, В. И. Яковлева. Опт. и спектр., 37, 807, 1974.
- [4] R. M. St. John, Tsu Wei Nee. J. Opt. Soc. Am., 55, 426, 1965.
- [5] W. R. Pendleton, R. H. Hughes. Phys. Rev., 138A, 683, 1965.
- [6] И. П. Богданова, В. Д. Марусин. Опт. и спектр., 28, 645, 1970.
- [7] Б. М. Смирнов. Атомные столкновения и элементарные процессы в плазме. Атомиздат, М., 1968.
- [8] И. П. Богданова, В. Д. Марусин. Опт. и спектр., 32, 1067, 1972.

Поступило в Редакцию 13 декабря 1978 г.