

О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СПЕКТРОВ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ, ОБУСЛОВЛЕННЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЕМ УРОВНЕЙ

Д. А. Варшалович и В. Н. Федоренко

Предлагается спектроскопический метод определения величин внутренних полей в водородной плазме, применимый в случае, когда наблюдаемая ширина линий значительно превышает зеемановское расщепление.

В большинстве случаев интенсивности линий H_n — серии Бальмера, P_n — серии Пашена и др. монотонным образом зависят от индекса n , характеризующего верхние уровни. Это обусловлено монотонной зависимостью от n вероятностей всех процессов, определяющих заселение возбужденных состояний атомов, а именно: вероятностей радиационных переходов, ионизации и рекомбинации, возбуждения и дезактивации при столкновениях.

Однако при некоторых условиях монотонная зависимость от n интенсивностей линий может нарушаться. Так, если на плазму наложено магнитное поле и его величина медленно увеличивается, то при определенных значениях $|H|$ отдельные линии серий H_n , P_n будут выпадать из гладкой последовательности, причем при разных значениях $|H|$ будут выпадать линии с различными значениями n . Это обусловлено тем, что при таком поле $|H|$ имеет место пересечение определенных магнитных подуровней долгоживущих состояний nS и короткоживущих состояний nP и их смешивание, связанное с наличием внутренних электрических полей, действующих на атом [1]. При этом происходит изменение времен жизни и заселенностей указанных на рисунке магнитных подуровней, что и меняет излучательную и поглощающую способность плазмы в соответствующих линиях. В таблице приведены значения магнитных полей, при которых происходят данные пересечения, вычисленные с точностью до 0.10%.

Из таблицы видно, что имеется значительное число точек (значений $|H|$), которые могут быть определены по выпадению интенсивностей линий при изменении магнитного поля.

Величина «выпадения» данной линии из общей последовательности зависит от конкретных условий. Грубую оценку этого выпадения можно сделать на основе следующих соображений. Излучение и поглощение плазмы в линии определяется эффективным источником $S_{ab} \sim \sum_{\alpha, \beta} \gamma_{b\beta-\alpha\alpha} R_{b\beta}$ и оптической толщиной: $\tau_{ab} \sim$

$\sim \sum_{\alpha, \beta} \gamma_{b\beta-\alpha\alpha} (R_{b\beta} - R_{a\alpha})$, где $\gamma_{b\beta-\alpha\alpha}$ — парциальная вероятность радиационного перехода; $R_{b\beta}$, $R_{a\alpha}$ — заселенности магнитных подуровней (α , β) верхнего (b) и нижнего (a) состояний. Поскольку наблюдаемая линия представляет собой наложение линий, соответствующих переходам между разными зеемановскими подуровнями, то относительный вклад каждой зеемановской компоненты равен приблизительно 20% для линий серии H_n и 10% для линий серии P_n . Парциальные вероятности пере-

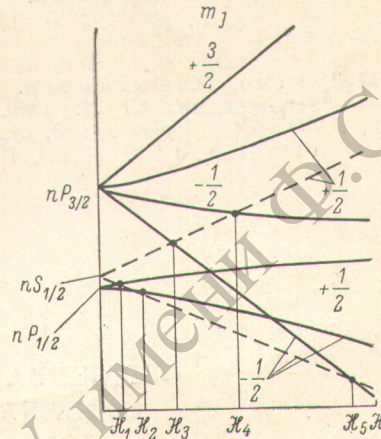


Схема пересечения магнитных подуровней тонкой структуры состояний nS и nP у атома водорода. m_j — магнитное квантовое число.

n	H_1 , Гс	H_2 , Гс	H_3 , Гс	H_4 , Гс	H_5 , Гс
2	575	1200	2350	4650	7060
3	174	364	696	1370	2090
4	72.2	151	294	581	882
5	38.9	77.0	151	318	452
6	24.3	44.7	86.9	172	261
7	13.4	28.1	54.9	108	165
8	9.00	19.8	36.8	72.7	110
9	6.32	13.2	25.8	51.0	77.4
10	4.61	9.62	18.8	37.2	56.5
n	$\frac{4.61}{n^2} 10^3$	$\frac{9.62}{n^2} 10^3$	$\frac{18.8}{n^2} 10^3$	$\frac{37.2}{n^2} 10^3$	$\frac{56.5}{n^2} 10^3$

ходов и средние времена жизни nS - и nP -состояний ($3 \leq n \leq 10$) различаются примерно в 10 раз, так что в точке «пересечения» время жизни одного из состояний меняется почти на порядок. В благоприятных условиях можно ожидать изменения параметров S_{ab} и τ_{ab} приблизительно на несколько процентов.

Описанное явление может послужить методом дискретного измерения внутреннего магнитного поля в плазме. Отметим, что в предлагаемом методе для оценки величины $|H|$ нет необходимости точного измерения интенсивностей линий; достаточно лишь установить сам факт выпадения данной линии из гладкой последовательности.

Рассматриваемый метод может представлять интерес не только для лабораторных, но и для астрофизических исследований. Так, явление выпадения отдельных линий может наблюдаться в спектрах поглощения магнитных звезд, поле которых изменяется со временем.

В заключение подчеркнем, что данный метод существенно отличается от спектроскопического метода, развитого в работах Франкена, Колгроу и др. [2], которые рассматривали лишь влияние пересечения уровней на резонансное рассеяние света в заданном направлении.

Литература

- [1] Г. Бете, Э. Солпитер. Квантовая механика атомов с одним и двумя электронами. ИЛ, М., 1960.
- [2] F. D. Colegrove, P. A. Franken, R. R. Lewis, R. H. Sands. Phys. Rev. Lett., 3, 420, 1959.

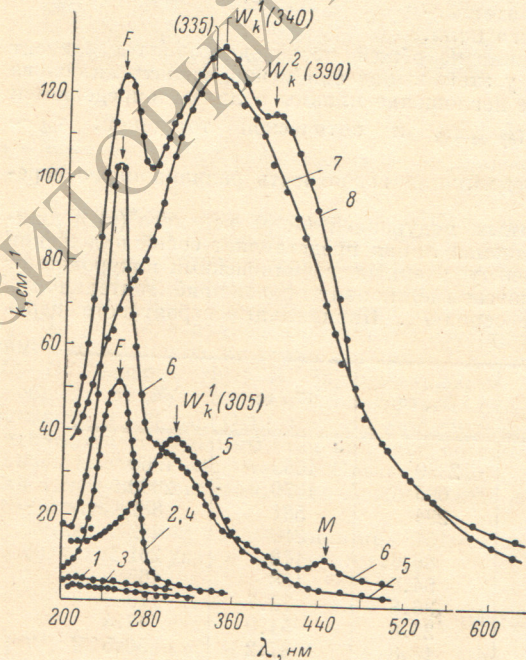
Поступило в Редакцию 29 июля 1970 г.

УДК 535.34 : 548.0

ОКРАШИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ LiF, СОДЕРЖАЩИХ КВАЗИМЕТАЛЛ

Н. Г. Политов и Л. Ф. Ворожейкина

Исследовались «чистые» монокристаллы LiF (без гидроксидов и кислородсодержащих примесей). Варьируя температуру и время отжига кристаллов, облученных в реакторе одной и той же дозой нейтронов ($nvt = 2.6 \times 10^{17}$ нейтрон $\cdot$ см $^{-2}$ при $nv = 2.4 \cdot 10^{12}$ нейтрон $\cdot$ см $^{-2} \cdot$ сек $^{-1}$), были получены кристаллы, содержащие квазиметаллические частицы разных размеров [1]: сравнительно крупные, ответственные за полосу поглощения при 335 нм (см. рисунок, кривая 7), и мелкие, ответственные за полосу поглощения W_k^1 при 305 нм (кривая 5), и, наконец, кристаллы, в которых квазиметаллические частицы были полностью отождены (кривая 3). Затем все образцы облучались γ -лучами на радиационном индий-галлиевом контуре [2] дозой $1.5 \cdot 10^6$ рентген. В спектре поглощения полностью отожденного (кривая 3), а также кон-



400°C в течение 210 мин. (3), 50 мин. (7) и при 350°C в течение 1530 мин. (5). Поглощение тех же кристаллов после облучения γ -лучами дозой $1.5 \cdot 10^6$ рентген: 2, 4, 8 и 6.

Спектры оптического поглощения кристаллов LiF: необлученного (контрольного) (1), облученных в реакторе дозой $2.6 \cdot 10^{17}$ нейтрон $\cdot$ см $^{-2}$ и отожденных при