

НАБЛЮДЕНИЕ АНОМАЛЬНЫХ ОПТИКОМАГНИТНЫХ РЕЗОНАНСОВ ДВУЛУЧЕПРЕЛОМЛЕНИЯ И ДИХРОИЗМА НА ПЕРЕХОДЕ $3s_2-2p_4$ НЕОНА

Э.Г.Сапрыкин, С.Н.Селезнев, В.А.Сорокин

Сообщается о наблюдении оптико-магнитных резонансов с ширинами существенно меньше, чем времена жизни на резонансных излучению уровнях. Обнаружено аномальное поведение резонансов при перестройке частоты зондирующего излучения.

Гнеев¹, при изучении влияния магнитного поля на поглощение слабой лазерной волны ($\lambda = 0,63$ мкм) в разряде неона были обнаружены узкие оптикомагнитные резонансы (ОМР), форма которых практически не зависела от поляризации волны. Данные ОМР обусловлены изменением интегральной заселенности уровня $2p_4$ вследствие разрушения магнитным полем выстраивания атомов на уровне $1s_4$ и отвечают характеристикам последнего^{2 1)}. Авторы⁵, измеряя разность поглощения волн ортогональных поляризаций как функцию магнитного поля, направленного по электрическому вектору одной из них, устранили заселенностные эффекты и обнаружили ОМР обусловленные переизлучением света и анизотропными столкновениями непосредственно на переходе $3s_2 - 2p_4$. Их ширины определялись константами уровня $2p_4$.

Ниже сообщается о наблюдении на данном переходе радикально иных ОМР. Методика подобна описанной в⁵, но кроме ОМР в поглощении регистрировались также ОМР в разности показателей преломления среды для ортогональных линейно поляризованных компонент излучения. В этом случае поперечное магнитное поле направлялось под углом 45° к векторам поляризации компонент.

На рис. 1 даны характерные ОМР двулучепреломления а) и дихроизма б). Кривые $1a - 5a, 4b$ получены в неоне-20. Кривые $1b - 3b$ соответствуют красному крылу линии поглощения, т. к. зарегистрированы в неоне-22, линия $0,63$ мкм которого смещена на 800 МГц относительно неона-20. Форма ОМР хорошо описывается производной от суммы двух лорентцианов с ширинами, отличающимися в $5 - 6$ раз. Широкая компонента подобна полученной в⁵. Зависимость полуширины узкой компоненты в двулучепреломлении²⁾ от давления газа при токе разряда 50 мА имеет следующий вид:

$$H = (0,48 \pm 0,04) \text{ Э} + (0,25 \pm 0,03) \times P \text{ (Тор)} \text{ Э} . \quad (1)$$

Полуширина резонансов, связанных с уровнем $1s_4$ ²,

$$H(1s_4) = (4,6 \pm 0,2) \text{ Э} + (0,6 \pm 0,1) \times P \text{ (Тор)} \text{ Э} \quad (2)$$

и полуширина, отвечающая скорости релаксации гексадекапольного момента уровня $2p_4$ в шкале магнитного поля⁶,

$$H(2p_4) = (2,3 \pm 0,05) \text{ Э} + (0,83 \pm 0,22) P \text{ (Тор)} \text{ Э} \quad (3)$$

резко отличаются от (1). Таким образом наблюдаемая ширина узкого резонанса не может быть объяснена известными релаксационными процессами на уровнях $2p_4$ и $1s_4$.

1) Впервые эффект изменения заселенности уровня вследствие разрушения магнитным полем выстраивания на уровнях, оптически связанных с исследуемым, был наблюден во флуоресценции^{3, 4}.

2) Ширины ОМР дихроизма и двулучепреломления согласуются друг с другом в пределах ошибок измерений. При измерении ширин ОМР учтены искажения формы резонансов модуляцией магнитного поля.

Зависимость амплитуд компонент ОМР от расстройки частоты лазерного излучения, приводимая на рис. 2, также демонстрирует anomalous для дипольных переходов поведение узкой компоненты.

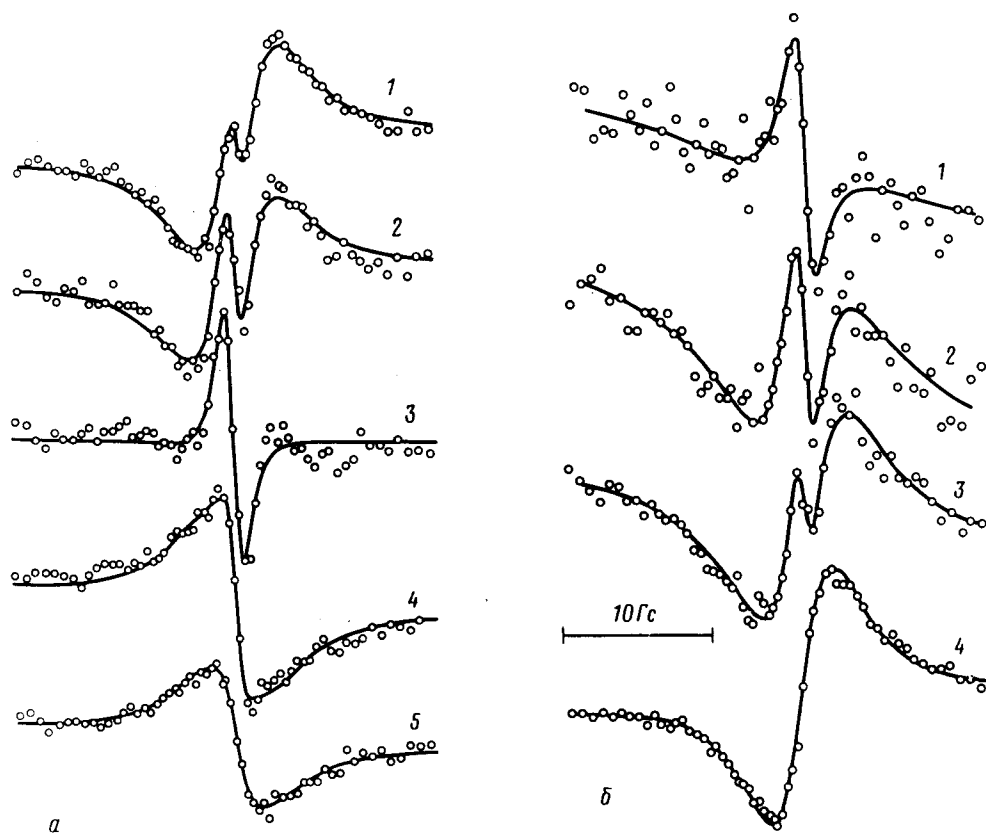


Рис. 1. Эволюция формы ОМР двулучепреломления (1а – 5а) и дихроизма (1б – 4б) в неоне при перестройке частоты лазера из синей в красную область спектра

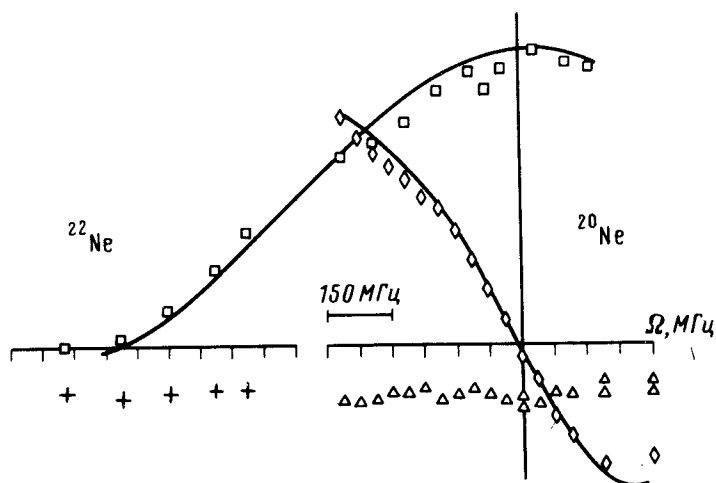


Рис. 2. Изменение амплитуд компонент ОМР при перестройке частоты лазера: "□" – широкая и "△" – узкая компоненты дихроизма, "◇" – широкая и "▽" – узкая компоненты двулучепреломления

Данная методика не чувствительна к интегральному переносу заселенности с соседних уровней, поэтому можно предположить, что здесь мы имеем дело с переносом когерентности, описанным для некоторых условий в ⁷. В нашем случае выражение (3.12) из ⁷ распадается на сумму двух лорентцианов. Более широкий отвечает характеристикам $2p_4$ уровня, а параметры узкого связаны с исходным уровнем. Различие ширин не может быть объяснено различием g -факторов уровней и узость ОМР следует связывать с малыми скоростями релаксации поляризационных моментов, т. е. с процессами на долгоживущих уровнях. В данном случае это могут быть уровни $1s_5$ и $2s_5$ распад которых в основное состояние запрещен и которые связаны оптическими переходами с $2p_4$ ³⁾.

Аномальное поведение узких ОМР при перестройке частоты лазера может объясняться тем, что когерентность индуцируется на запрещенном переходе в основное состояние при поглощении УФ излучения более высокой мультипольности, чем электродипольное, в условиях анизотропного облучения (протяженный объем), или при неадиабатических столкновениях с электронами, чье распределение по скоростям также анизотропно. При этом могут возбуждаться поляризационные моменты более высокого ранга, чем выстраивание, и с иной зависимостью амплитуд ОМР от расстройки. В частности известно ⁸, что на квадрупольных линиях в поперечном магнитном поле наблюдаются зеемановские компоненты с $\Delta M = \pm 2$, запрещенные в дипольных переходах. Известно также, что неадиабатические столкновения с электронами индуцируют запрещенные переходы (см., например, ⁹).

Пересчет (1) в частотную шкалу (для $\Delta M = 2$) с использованием g -фактора $1s_5$, $2s_5$ уровней ($1,503$) дает следующую зависимость

$$\Gamma = (1,99 \pm 0,15) \text{ МГц} + (1,05 \pm 0,13) \times P \text{ (Тор) МГц.} \quad (4)$$

Если (1) — следствие разрушения гексадекапольного момента ($\Delta M = 4$), то число в (4) надо удвоить. Уровень $1s_5$ — метастабильный и его радиационная ширина много меньше, чем дает (4). Данные по $2s_5$ ($2,4 - 4,4$ МГц, ¹⁰) близки к (4) и его можно рассматривать в качестве исходного, причем не исключается возможность когерентности с $\Delta M = 2$, к чему склоняет и резкое отличие от (4) скорости релаксации выстраивания на уровне $2s_5$ ($6,1 \pm \pm 1,1$ МГц/Тор, ¹⁰).

Для прояснения вопроса необходимы дополнительные эксперименты, повышение их точности, а также теоретический анализ специфики индуцирования когерентности подуровней электронным ударом и при квадрупольном излучении. Кроме оптического канала переноса когерентности, следует также рассмотреть переходы в результате неупругих столкновений с электронами, в которых, как известно ¹¹, несмотря на некоторое уширение, сохраняется неравновесность распределения по скоростям.

Литература

1. Им Гхек-де, Сапрыкин Э.Г., Шалагин А.М. Оптика и спектр., 1973, **35**, 202.
2. Родионов Г.Д., Сапрыкин Э.Г. Оптика и спектр., 1986, **30**, 701.
3. Каллас Х., Чайка М.П. Оптика и спектр. 1969, **27**, 694.
4. Carrington C.G., Corney A. Opt. commun., 1969, **1**, 115.
5. Николаев Г.Н., Раутман С.Г., и др. Оптика и спектр, 1986, **60**, 244.
6. Сапрыкин Э.Г., Солдатов В.П. и др. Квант. электр., 1986, **13**, 2057.
7. Чайка М.П. Интерференция вырожденных состояний. ЛГУ, 1975.
8. Фриш С.Э. Оптические спектры атомов.. М. Л. 1963, с. 351.

³⁾ Другие долгоживущие уровни ($1s_3$ и $2s_3$) невырождены и когерентность на них возникнуть не может в принципе.

9. *Никитин Е.Е., Бурштейн А.И.* Сб. "Газовые лазеры", Новосибирск, Наука, 1977, с. 7.
10. *Казанцев С.А.*, УФН, 1983, **139**, 621.
11. *Атутов С.Н., Никитенко А.Г., и др.* Письма в ЖЭТФ, 1971, **13**, 232.

Институт автоматки и электрометрии
Сибирского отделения Академии наук СССР

Новосибирский государственный университет
им. Ленинского комсомола

Поступила в редакцию
22 августа 1989 г.