

02.04;07

©1994

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТО-ОПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В НЕОНЕ МЕТОДАМИ ВНУТРИРЕЗОНАТОРНОЙ ЛАЗЕРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

И. Н. Полушкин, Ю. В. Ростовцев

Метод внутриврезонаторной лазерной спектроскопии (ВРЛС) благодаря своей высокой чувствительности неизменно привлекает постоянное внимание исследователей [1]. Использование метода ВРЛС позволяет определить такие параметры исследуемых газов, как температуру, концентрацию газа, присутствие постоянных и переменных, электрических и магнитных полей и т.д. [1-3]. В настоящей работе обсуждаются новые возможности метода внутриврезонаторной лазерной спектроскопии, которые возникают при использовании анизотропного кольцевого резонатора.

Анизотропия может быть создана при помощи внешнего магнитного поля, накладываемого на кювету с исследуемым веществом. Вблизи линии поглощения вследствие эффекта Макалузо-Корбино происходит поворот плоскости поляризации на угол φ , зависящий от параметров плазмы и величины магнитного поля. Если внутри резонатора установить два поляризатора с углом между осями, близким к φ , то возникает генерация только вблизи линии поглощения. Эта идея была предложена в [4] для решения задач управления спектром излучения лазера. Ниже будет показана возможность определения параметра Фойгта, концентрации и изотопного состава неона в тлеющем разряде.

На рис. 1 представлена схема внутриврезонаторного спектрометра с кольцевым трехзеркальным резонатором, образованным плоскими зеркалами 1, 2 и сферическим зеркалом 3; 4 — кювета с активным веществом, в качестве активного вещества использовался раствор красителя родамина 6Ж в этаноле; 5 — система ламповой накачки красителя; 6 — стеклянная отпаянная П-образная кювета диаметром 8 мм, наполненная неона при давлении 1.5 Тор (наполнение производилось либо естественной смесью изотопов Ne^{20} и Ne^{22} , либо только одним изотопом Ne^{20}). Исследования проводились в импульсной разрядной плазме, которая создавалась импульсом тока длительностью 0.1–3 мс и величиной 10^{-2} –10 А, длина столба разряда составляла 15 см. Для создания продольного магнитного поля на кювете 6

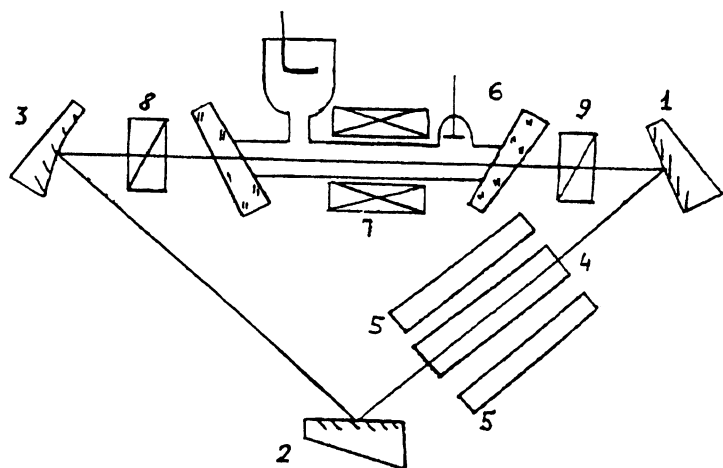


Рис. 1.

с неоном размещался соленоид; магнитное поле, создаваемое импульсом тока через соленоид длительностью порядка 25–30 мкс, могло достигать в максимуме величины до 1 Тл. Для изменения уровня неселективных потерь в резонаторе использовались два поляризатора (призмы Глана) 8, 9 со скрещенными под углом φ осями; этот угол в нашем случае можно было изменять в пределах 0–25°.

Работа ВРЛ спектрометра с анизотропным резонатором иллюстрируется спектрограммами, приведенными на рис. 2. При совпадении осей обоих поляризаторов в отсутствие магнитного поля наблюдается “традиционный” спектр поглощения неона в области 594.5 нм (рис. 2, а). Включение поля приводит к расщеплению спектральных линий (рис. 2, б) вследствие эффекта Зеемана — спектральный промежуток между максимумами поглощения позволяет определить величину магнитного поля, равную по этим данным 0.39 Тл. Заметим, что на рис. 2, а, б приведена только малая часть спектра генерации вблизи исследуемой линии — полная ширина спектра превышает 200 см⁻¹.

При повороте одного из поляризаторов на угол φ картина спектра качественно меняется — генерация происходит только в узкой области вблизи центра линии (рис. 2, в, г), одновременно наблюдается характерная двугорбая структура, форма которой зависит не только от характеристик спектрометра, но и параметров атома. На рис. 2, в приведена форма генерации для чистого изотопа Ne²⁰, а на рис. 2, г — характерная структура для естественной смеси

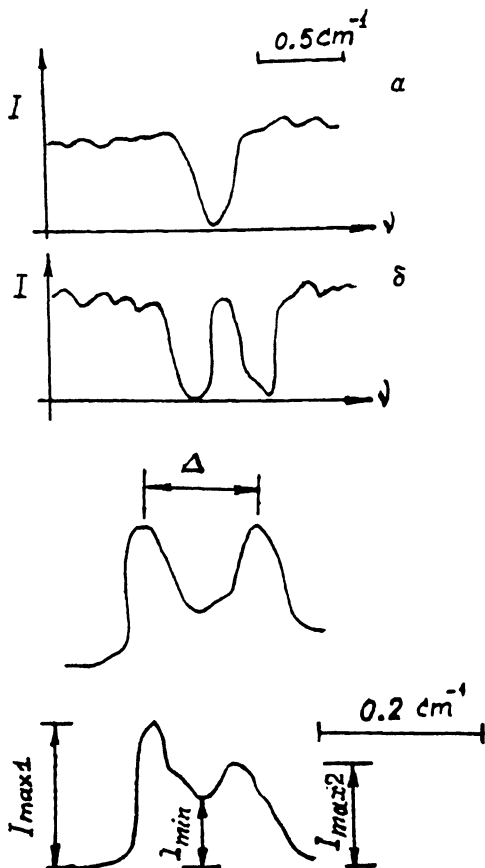


Рис. 2.

изотопов Ne^{20} и Ne^{22} . Для объяснения и анализа наблюдаемых в эксперименте спектров генерации лазера был произведен расчет спектра генерации лазера.

Оказалось возможным установить три параметра, зависящих только от концентрации атомов в нижнем состоянии исследуемого перехода N , изотопного состава $c = [\text{Ne}^{20}]/[\text{Ne}^{22}]$ и фойгтовского параметра a (при фиксированных значениях магнитного поля и угла между осями поляризаторов), а именно: параметр α , равный отношению максимума интенсивности $J_{\max 1}$ к минимуму $J_{\min 1}$, параметр β , характеризующий несимметричность структуры, равный отношению $J_{\max 1}$ к $J_{\max 2}$ (для чистого изотопа контур симметричный и $\beta = 1$), и расстояние Δ между максимумами. В этих условиях представляется наиболее удоб-

Состав смеси	Угол φ ; поле H	Параметр Фойгта a ; $c = [\text{Ne}^{22}]/[\text{Ne}^{20}]$
Чистый Ne^{20}	$\varphi = 0.30$ $H = 2.6 \text{ kG}$	$a = 0.078 \pm 0.003$ $c = 0.003 \pm 0.0015$
Естественная смесь	$\varphi = 0.22$ $H = 3.6 \text{ kG}$	$a = 0.073 \pm 0.005$ $c = 0.09 \pm 0.01$

ным анализ зависимостей величины α или β от спектрального интервала Δ при варьировании концентрации поглощающих атомов N .

Измерения трех параметров спектра позволили определить три величины — N , a и c . Эксперименты были проделаны для одного изотопа Ne^{20} и для естественной смеси изотопов. Окончательные результаты приведены в таблице.

Определенный изотопный состав естественной смеси изотопов Ne находится в удовлетворительном согласии с табличными данными [5], и параметр Фойгта соответствует уширению за счет столкновений с неонам при давлении $\sim 1.5 \text{ Тор}$. Последнее свидетельствует о работоспособности метода. В заключение необходимо отметить, что предложенный метод вместо анализа узких провалов, соответствующих линиям поглощения, на фоне широкого спектра генерации лазера позволяет работать с узким спектром генерации — это существенно облегчает работу и позволяет использовать спектральные приборы с высокой разрешающей способностью, упрощает систему автоматизации эксперимента. Данный метод может найти применение для определения параметров плазмы в системах с магнитным удержанием плазмы, для систем контроля на установках разделения изотопов, и т.п.

Список литературы

- [1] Лукьяненко С.Ф., Макогон М.Н., Сеница Л.Н. Внутриврезонаторная лазерная спектроскопия. Основы метода и применения. Новосибирск, 1985. 121 с.
- [2] Алейников В.А., Климчицкая Г.Л., Полушкин И.Н., Ростовцев Ю.В. и др. // ЖЭТФ. 1988. Т. 94. В. 5. С. 75-88.
- [3] Материалы II Всесоюз. совещ. по нелинейным и когерентным эффектам в ВРЛС. Ленинград, 1991. 183 с.
- [4] Войтович А.П. Лазеры с анизотропными резонаторами. Минск, Наука и техника. 1988. 271 с.
- [5] *Handbook of Chem. and Physics*. 68-th ed. CRC, Press Inc., 1987-1988.

Институт прикладной
физики
Нижний Новгород

Поступило в Редакцию
22 декабря 1993 г.
