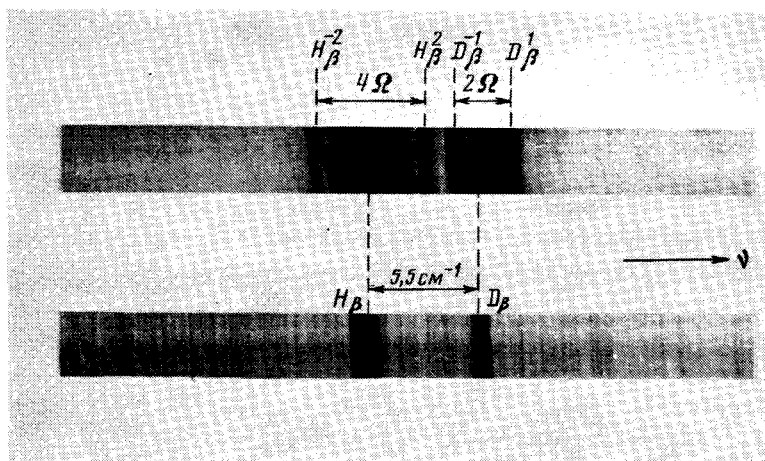


**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ САТЕЛЛИТОВ
СПЕКТРАЛЬНЫХ ЛИНИЙ ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ,
ВОЗНИКАЮЩИХ В ИНТЕНСИВНОМ МИКРОВОЛНОВОМ ПОЛЕ**

*Р.А.Ахмеджанов, И.Н.Полушкин, Ю.В.Ростовцев,
Ю.М.Шагиев, В.В.Язенков*

Экспериментально показано, что использование методов внутрирезонаторной лазерной спектроскопии позволяет проводить измерения плазменных волн. Выявлены неизвестные до сих пор особенности спектра водородной плазмы в поле интенсивной электромагнитной волны.

Исследования взаимодействия интенсивных монохроматических электромагнитных полей с плазмой ставят задачи изучения поведения квантовомеханических атомных систем в таких полях. Особенно интересен вопрос о спектрах атомов и ионов с точки зрения возможности диагностики СВЧ-волн, как плазменных, так и внешних. Впервые энергетический спектр невырожденной двухуровневой системы в СВЧ-поле исследовал еще в 1933 году Блохинцев ¹, а в последние 15 лет появилось большое количество теоретических работ, посвященных этому вопросу. Согласно теоретическим представлениям в поле волны с частотой Ω возникает система эквидистантных энергетических уровней, отстоящих друг от друга на $\hbar\Omega$. Поэтому в спектрах излучения и поглощения атомов должны наблюдаться сателлиты, симметрично отстоящие от "нулевых" (невозмущенных линий) на $q\Omega$ ($q = \pm 1, \pm 2 \dots$), относительная интенсивность которых зависит от номера q и напряженности электрического поля ².



Попытки экспериментального исследования ^{3, 4} спектров излучения водородной плазмы в СВЧ-полях столкнулись с большими трудностями: влияние форм-фактора, собственные шумы плазмы, низкая разрешающая способность и малая светосила спектральной аппаратуры. Результаты этих экспериментов допускают неоднозначную интерпретацию.

Ситуация коренным образом меняется при использовании высокочувствительных методов внутррезонаторной лазерной (ВРЛ) спектроскопии ⁵, позволяющих, как оказалось, проводить прямые измерения возникающих в СВЧ-поле сателлитов спектральных линий, измерять их относительную интенсивность и определять спектр плазменных волн, как внешних, так и возникающих в плазме вследствие разного рода неустойчивостей и нелинейных взаимодействий. Ниже приводятся результаты экспериментальных исследований спектра поглощения водорода и дейтерия вблизи α - и β -линий серии Бальмера в СВЧ-волне частотой 37,5 ГГц, распространяющейся в прозрачной плазме. Линейно-поляризованное микроволновое излучение, созданное гиротроном, через квазиоптический тракт и тефлоновую линзу направлялось на стеклянную отпаянную газоразрядную трубку \varnothing 8 мм, наполненную смесью дейтерия и водорода при общем давлении 1 мм рт. ст. В работе использовался ВРЛ-спектрометр, состоящий из импульсного широкополосного перестраиваемого лазера на растворах органических красителей в этаноле с ламповой накачкой и специально сконструированного для этих целей дифракционного спектрографа с разрешением, превышающим 10^5 . Длительность импульса лазера, определяющая чувствительность и временное разрешение, составляла 1,5 мкс, спектральная ширина области генерации 8 ... 10 нм. Спектр излу-

чения выводился на экран осциллографа с памятью с помощью видеокона или регистрировался на фотопленке.

На рисунке представлен пример спектрограммы, полученной в поле ~ 3 кВ/см в окрестности линий H_{β} и D_{β} при силе разрядного тока 1 А. Коэффициент поглощения на частоте сателлитов определяется концентрацией возбужденных атомов в $2S_{1/2}; P_{1/2}; 3/2$ - состоянии и сечением двухфотонного (для первых сателлитов с $q = \pm 1$) и трехфотонного ($q = \pm 2$) поглощения. Следует отметить, что динамический диапазон ВРЛ-спектрометрии ограничивается срывом генерации при введении селективных потерь, превышающих критические. Поэтому возможны измерения интенсивности только одной пары сателлитов за лазерный импульс. Однако варьируя парциальные давления водорода и дейтерия, можно подобрать такое их соотношение, что одновременно наблюдаются первые сателлиты линий одного компонента смеси (в нашем случае - водорода) и вторые сателлиты линий другого компонента, как это видно на рисунке. Анализ подобных спектрограмм и их денситограмм, изучение спектра излучения плазмы позволяет сделать следующие выводы: 1) использование метода внутривибрационной лазерной спектроскопии позволяет проводить количественные измерения интенсивности сателлитов спектральных линий и определять спектр плазменных волн; 2) необходимо отметить значительную асимметрию "синего" ($q > 0$) и "красного" ($q < 0$) сателлитов. Так интенсивность первого "синего" сателлита балмеровской α -линии в 3 ... 4 раза превышает интенсивность соответствующего "красного". Этот результат хорошо интерпретируется в рамках модели двухфотонного поглощения и стимулированного рамановского рассеяния с учетом тонкой структуры линии H_{α} ; 3) эксперименты показали, что интенсивность сателлитов при одинаковых направлениях поляризации лазерного и микроволнового полей примерно на порядок превышает интенсивность сателлитов в случае, когда направления поляризации взаимно перпендикулярны. Этот факт открывает определенные возможности для поляризационных измерений, которые обычно характеризуются высокой точностью и чувствительностью; 4) поглощение лазерного излучения на частотах сателлитов в двухфотонных процессах приводит к увеличению заселенности верхнего уровня. Интенсивность возникающей флюоресценции определяется суммарным на частотах обоих сателлитов коэффициентом поглощения и может быть измерена стандартными способами ⁶. Такая процедура позволяет определить локальные значения СВЧ-полей, так как регистрируется сигнал флюоресценции из области пересечения лазерного пучка и луча наблюдения.

Литература

1. Blochinzev D.I. Phys. Zeit. Sov., 1933, 4, 501.
2. Окс Е.А., Шагивев Ю.М., Препринт ИПФ АН СССР, №76, 1983.
3. Мицук В.Е. ЖТФ, 1958, 28, 1316.
4. Brizhinev M.P., Egorov S.V., Eremin B.G. et al. Proc. XV Int. Conf. Phenom. Ionised Gases. Contrib. Papers. Minsk, 1981, Pt II, p-1713, p. 371.
5. Саркисов О.М., Свириденков Э.А., Сучков А.Ф. Хим. физика, 1982, 1, 1155.
6. Ахмеджанов Р.А., Полушкин И.Н., Ханин Я.И., Язенков В.В. Физика плазмы, 1982, 8, 333.