

**ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТУРБУЛЕНТНЫХ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ,
ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА
С ЧАСТИЧНО ИОНИЗОВАННЫМ ГАЗОМ**

*В.И.Пистунович, В.В.Платонов, В.Д.Рютов,
Е.А.Филимонова*

Измерена величина турбулентных электрических полей, возникающих при взаимодействии ионного потока с плазмой, по интенсивности запрещенных линий нейтрального гелия и штарковскому уширению линий атома водорода.

В ранее описанных экспериментах [1, 2] по перезарядке плазменного потока в газообразных мишенях было показано наличие аномального

рассеяния ионов потока в мишени. Зависимость эффекта от зарядового состояния потока и его пороговый характер свидетельствовали о раскачке неустойчивых колебаний при взаимодействии плазменной струи с ионизованной мишенью.

Данная работа посвящена определению величин электрических полей колебаний, ответственных за рассеяние ионов потока, по интенсивности запрещенных линий нейтрального гелия [3] и по штарковскому уширению линий атома водорода [4]. Параметры плазменного сгустка и мишени в точке наблюдения были следующими: плотность сгустка $n_b \approx 2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, его скорость $v \approx 7 \cdot 10^7 \text{ см/сек}$, длительность процесса взаимодействия $\sim 1 \text{ мксек}$; плотность гелиевой мишени $n_0 \approx 4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$; плотность водородной мишени $n_0 \approx 1,2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Спектральный анализ излучения из области взаимодействия проводился с помощью монохроматора ВМС-1 с фотоэлектрической регистрацией, расположенного почти перпендикулярно к направлению движения потока.

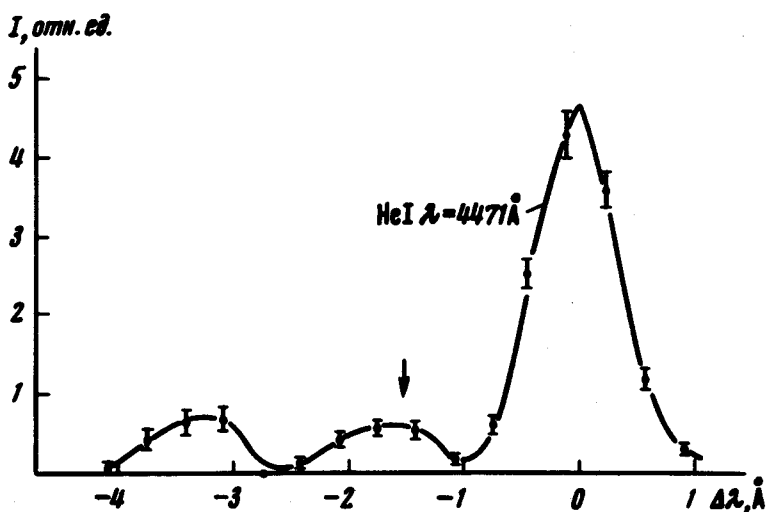


Рис. 1. Профиль линии нейтрального гелия с длиной волны 4471 Å

На рис. 1 показан участок спектра излучения вблизи линии HeI с длиной волны 4471 Å. Четко видны разрешенная линия ($\Delta\lambda = 0$) и два всплеска излучения в более коротковолновой области, положение одного из которых практически совпадает с расчетным положением запрещенной линии, обозначенным стрелкой. Кроме запрещенной линии в спектре возник ее "дальний" сателлит, расстояние между которым и запрещенной линией соответствует частоте колебаний $\omega \approx 1,4 \cdot 10^{12} \text{ сек}^{-1}$. Отметим, что эта частота близка к плазменной электронной частоте ω_{pe} . Отсутствие в спектре "ближнего" сателлита может быть связано с тем, что в условиях нашего эксперимента его положение совпадает с разрешенной линией и это, видимо, приводит к ее аномальному уширению. Значительную полуширину разрешенной линии ($\Delta\lambda_{0,5} = 0,8 \text{ Å}$) невозможно объяснить доплеровским уширением, так как полуширина линии HeI с $\lambda = 6678 \text{ Å}$, полученная в тех же условиях, оказывается вдвое меньшей.

Наличие в спектре кроме запрещенной линии, за появление которой ответственны квазистационарные, видимо ионно-звуковые, колебания, еще и одного из ее сателлитов свидетельствует о том, что при взаимодействии плазменного сгустка с ионизованной гелиевой мишенью происходит возбуждение и электронных ленгмюровских колебаний.

Вычисляя отношение интегральных интенсивностей запрещенной линии и ее сателлита к интегральной интенсивности разрешенной линии, можно рассчитать величины электрических полей ионно-звуковых и электронных ленгмюровских пульсаций [3]. В условиях нашего эксперимента они оказались равны ≈ 12 и 27 кВ/см соответственно.

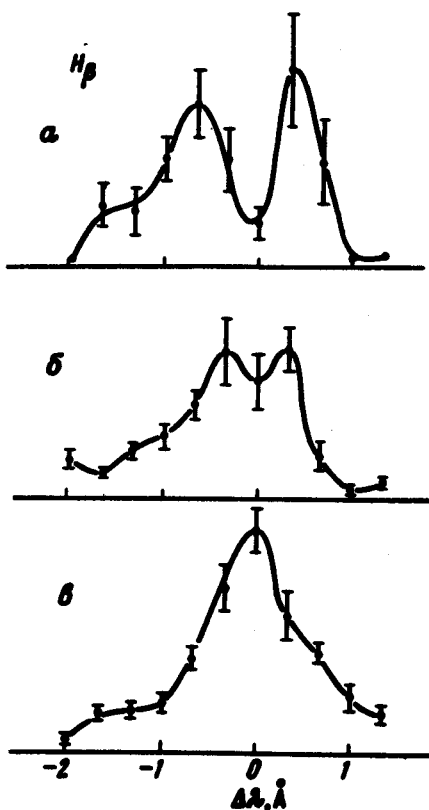


Рис. 2. Профили линии атома водорода H_{β} в различные моменты времени: *a* и *б* – последовательные моменты активного взаимодействия ионного потока с плазмой; *в* – момент времени после пролета сгустка

Процесс взаимодействия плазменного потока с водородной мишенью исследовался по штарковскому уширению водородных линий H_{β} и H_{α} . На рис. 2 и 3 представлены профили спектральных линий водорода H_{β} и H_{α} для различных моментов времени. Видно, как линия H_{β} в период пролета сгустка через ионизованную мишень расщепилась в полях квазистационарных колебаний (рис. 2, *a, б*), причем величина электрического поля этих колебаний равна ≈ 14 кВ/см [4]. Линия H_{α} на этой стадии взаимодействия также уширилась, однако ее полуширина оказалась меньшей, чем у H_{β} (рис. 3, *a, б*). Если предположить, что уширение линии H_{α} связано с развитием в плазме ленгмюровских электронных колебаний, что подтверждается существованием сателлита запрещен-

ной линии нейтрального гелия, то по результатам работы [4] можно оценить электрические поля этих высокочастотных осцилляций — $E \approx 25$ кэ/см. Отметим также явную асимметрию профилей линий H_{β} и H_{α} (рис. 2, а, б и 3, а, б) на активной стадии процесса, что возможно связано со сносным характером возбуждаемых колебаний.

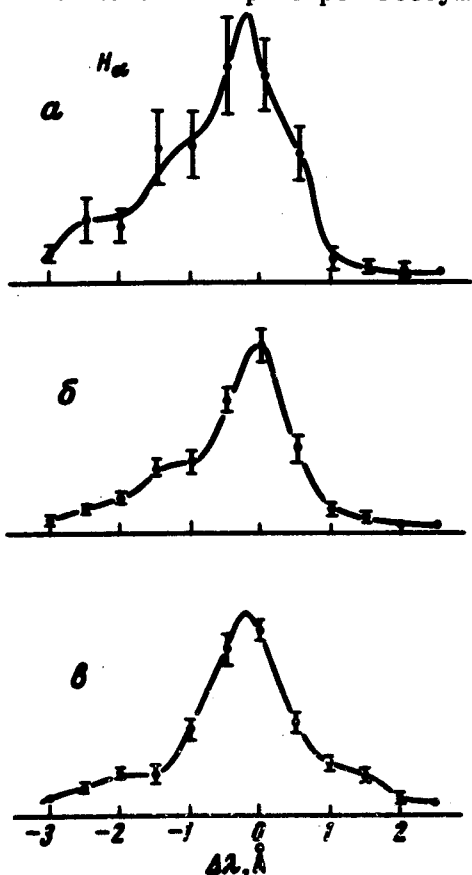


Рис. 3. Профили линии H_{α} в те же моменты времени

После пролета сгустка начинает преобладать доплеровский механизм, уширения, так как полуширина линии H_{α} становится больше, чем у H_{β} (рис. 2, в, 3а). Причем температура атомов разлетающейся мишени достигает величины $T \approx 5$ эв.

Дополнительные зондовые измерения показали, что постоянные (порядка длительности процесса) электрические поля не могут быть ответственными за наблюдаемое расщепление линии H_{β} и появление запрещенной линии гелия, ибо их величина не превосходит 0,1 кэ/см.

Совокупность полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что в зоне перезарядки плазменного потока возбуждаются интенсивные ионно-звуковые колебания с частотами $\omega \lesssim \omega_{pi}$, ответственные за рассеяние ионов сгустка, и электронные ленгмюровские колебания, роль которых сводится, по-видимому, к нагреву электронов плазмы.

В заключение авторы благодарят Г.В.Шолина за ценные обсуждения.

Поступила в редакцию
22 ноября 1975 г.

Литература

- [1] К.Б.Карташев, В.И.Пистунович, В.В.Платонов, В.Д.Рютов, Е.А.Филимонова. Письма в ЖЭТФ, 19, 493, 1974.
- [2] К.Б.Карташев, В.И.Пистунович, В.В.Платонов, В.Д.Рютов, Е.А.Филимонова. Физика плазмы, 1, вып. 5. 1975.
- [3] M. Baranger, V. Mozur. Phys. Rev. 123, 25, 1961.
- [4] С.П.Загородников, Г.Е.Смолкин, Е.А.Стриганова, Г.В.Шолин. Диагностика плазмы, Москва, 1973, стр. 45.
-