

ОБНАРУЖЕНИЕ БЫСТРОГО ОРЕОЛА ФОТОИОНИЗАЦИИ И
ОБЛАКА КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ ДОЛГОЖИВУЩЕЙ ИОНИЗАЦИИ
ОТ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИСКРЫ В ЛУЧЕ ЛАЗЕРА

Г.А.Аскаръян, М.С.Рабинович, М.М.Савченко,
А.Д.Смирнова

Бурное выделение энергии в газе в концентриро-
ванном луче лазера ("световая искра")^[1-3] должно
сопровождаться интенсивной ионизацией газа под дей-

ствием фотонов излучения от высокотемпературного нагрева и возникающей сильной ударной волны. Нами был обнаружен быстро возникающий ореол ионизации от фотонов, опережающий ударную волну. В его создании, по-видимому, существенную роль играют многоступенчатая ионизация, поглощение и миграция собственного излучения в газе. Подробные исследования этого быстрого ореола, проведенные с помощью специальных зондов, будут опубликованы нами в ближайшее время. Более концентрированная ионизация создается в самой ударной волне. В данной работе исследован с помощью СВЧ-радиоизлучения ореол ионизации световой искры.

Световая искра создавалась в фокусе излучения обычного рубинового лазера с добротностью, модулированной вращением призмы. Излучение лазера фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 5 см между приемным рупором с детектором и антенной генератора радиоизлучения с длиной волны 8 мм. Система позволяла проводить одновременные измерения проходящего и отраженного СВЧ-излучения.

На рис. 1 изображены типичные осциллограммы на развертках длительностью 400 мксек: верхняя запись соответствует изменению проходящего излучения, нижняя — отраженного (с большим усилением).

Степень перекрытия радиоизлучения моделировалась телами различных размеров, изготовленными из мятой фольги (изменение тока детектора сопоставлялось с током,

соответствующим импульсу напряжения при появлении искры). Оказалось, что размеры сечения перекрытия радиовызлучения искрой порядка 1 см, что показывает значительные размеры ореола ионизации по сравнению с малым первоначальным объемом выделения энергии.

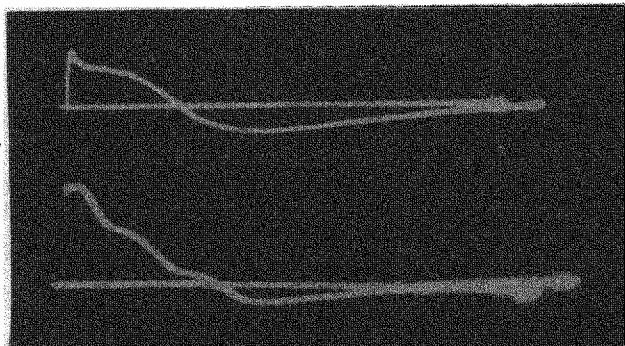


Рис. I

Сам факт отражения и перекрытия излучения показывает, что концентрация ионизации в ореоле не меньше критической

$$n_{кр} \approx \frac{m(\omega^2 + \nu^2)}{4\pi e^2} \approx \frac{m\omega^2}{4\pi e^2} \approx 10^{13} \text{ см}^{-3}$$

для используемой длины волны. Частота столкновений электронов $\nu \approx \omega$, что обеспечивает сильную диссипацию радиоволнового излучения в плазме ореола; главными столкновениями являются столкновения с нейтронами, так как концентрация ионов мала и не может быть ском-

пенсирована большим различием сечений

$$\frac{\sigma_{ei}}{\sigma_{ea}} \approx 10^6 \left(\frac{T_0}{T} \right)^2$$

Интересным результатом является обнаружение большого времени жизни плазмы ореола, достигающего сотен мксек.

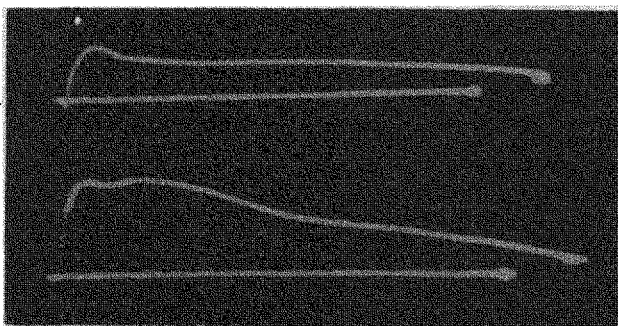


Рис. 2

Были исследованы скорости нарастания перекрытия радиозлучения с целью определения скорости создания ореола ионизации. На рис. 2 изображены осциллограммы фронта нарастания сигнала перекрытия излучения (верхняя запись) и сигнала отражения (нижняя запись), снятые на развертке 80 мксек. Видно, что максимум перекрытия достигается за время < 5 мксек, что соизмеримо со временем прохождения ударной волны, которая охватывает размеры ореола за несколько мксек. Заметное перекрытие наблюдается и при временах, недостаточных для прохождения ударной волны эффективных поперечных размеров сечения перекрытия. В начальной стадии перекры-

тия нарастание сигнала, пропорционального сечению взаимодействия, превосходит развитие во времени сечения рассеяния ударной волной. Для ударной волны радиус $z \sim t^{2/5}$ и сечение $\sigma_{4\omega} \sim z^6 \sim t^{12/5}$ для $z < \lambda$ и $\sigma_{4\omega} \sim z^2 \sim t^{4/5}$ для $z \cong \lambda$, эксперимент дает гораздо более крутое нарастание сигнала на начальной стадии. Наличие быстрого ореола ионизации, возникающего за доли мксек, опережающего ударную волну, было четко зарегистрировано специальными зондами.

Отметим, что с увеличением длины волны СВЧ эффективное перекрытие и рассеяние на быстром ореоле должно возрасти, так как он имеет не слишком высокую концентрацию, а критическая концентрация пропорциональна квадрату частоты волны. Концентрированная ионизация и нагрев газа фотонионизацией и ударной волной вокруг искры обеспечивает длительное сохранение плазмы в течение времени, во много раз превосходящего время жизни плазмы при нормальных температурах. Длительное существование ореола ионизации вокруг искры позволяет объяснить наблюдаемое ранее авторами [4] долговременное возмущение магнитного поля плазмой световой искры.

Полученные результаты по взаимодействию СВЧ со световой искрой и исследование ореола ионизации могут быть использованы для попыток дополнительного вклада энергии в сильно диссипирующую плазму искры. от быстропеременных интенсивных электромагнитных

волн, индукционных полей и световых потоков, а также для использования конизующих лучей лазера в качестве отражателей, направляющих систем и антенн радиоволн.

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
10 мая 1965 г.

Литература

- [1] R.G. Meyerand, A.F. Naught. Phys.Rev.Lett., II, 401, 1963.
- [2] R.W.Minck. J.Appl. Phys., 35, 352, 1964.
- [3] С.Л.Мандельштам, П.П.Панинин, А.В.Прохидеев,
А.М.Прохоров, Н.К.Суходрев, ЖЭТФ, 47, 2003, 1964.
- [4] Г.А.Аскарьян, М.С.Рабинович, М.М.Савченко,
А.Д.Смирнова. ЖЭТФ, Письма в редакцию, I, вып. I, 9, 1965.