

ВОЗДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В 400 кэ НА ПЛАЗМУ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРЫ

С. Д. Кайтмазов, А. А. Медведев, А. М. Прохоров

Ранее нами наблюдалось [1] увеличение интенсивности свечения лазерной искры в магнитном поле $H = 200$ кэ. При этом мы не обнаружили изменений геометрии искры.

Возможность активного воздействия магнитного поля на геометрию лазерной искры связана, по нашему мнению, с необходимостью одновременного выполнения двух условий: магнитное давление должно быть больше газокINETического давления плазмы и, следовательно, соотношение между полем и температурой плазмы определяется условием $T < H^2 / 8\pi nk$; с другой стороны, чтобы исключить заметную диффузию плазмы в поле, скин-слой не должен превышать радиуса искры (r). Это приводит к соотношению $T > 6,3 \cdot 10^8 r^{2/3} r^{-4/3}$ (где r — постоянная времени искры), поскольку скин-слой $d = c\sqrt{\tau/2\pi\lambda}$, а электропроводность плазмы $\lambda = 10^7 T^{3/2} / z$. Без первого условия плазма разлетается, выжимая магнитное поле, без второго она диффундирует в поле. Другими словами, для заметного воздействия на геометрию искры магнитное поле должно быть так велико, чтобы при понижении давления плазмы до уровня магнитного давления температура ее оставалась достаточно высокой для отсутствия заметной диффузии плазмы в поле. Это приводит к выводу о существовании порогового значения магнитного поля, начиная с которого поле активно влияет на разлет искры. При разумных предположениях о параметрах получаемой нами искры оценка приводит к пороговому значению магнитного поля порядка 300 кэ.

Имея в виду эту оценку, в настоящей работе мы исследовали лазерный пробой в более сильных, чем раньше, полях (400 кэ). Для получения таких полей была создана специальная установка¹⁾. Конструктивные особенности установки определялись требованиями механической прочности, возможностью надежной синхронизации импульса магнитного поля с генерацией лазера и удобством эксплуатации. Поле получалось в одновитковом соленоиде [2], питание которого осуществляется через согласующий импульсный трансформатор. Использование трансформатора позволяло получить длительность импульса магнитного поля значительно большую, чем при непосредственном разряде конденсаторов на соленоид, что существенно облегчало синхронизацию поля с генерацией лазера. Трансформатор позволил значительно уменьшить ток в подводящем фидере и разместить питающую конденсаторную батарею энергией 90 кдж вне лабораторного помещения. На установке получены поля $H = 500$ кэ при длительности импульса около 100 мксек и диаметре рабочей полости соленоида 0,8 см.

¹⁾ Описание установки будет напечатано в трудах ФИАН в 1971 г.

Для получения оптического пробоя использовался неодимовый лазер ($\lambda = 1,06 \text{ мк}$) в режиме как синхронизации мод, так и модулированной добротности. Искра образовывалась в воздухе при атмосферном давлении и энергии лазера 2 – 3 дж.

Сравнение фотографий лазерной искры, образованной в полости солевого электрода при включенном и невключенном магнитном поле, показало, что используемые нами магнитные поля оказывают заметное влияние на геометрию пробоя. Как видно из рис. 1 (а, б) искра, образованная серией ультракоротких импульсов в отсутствие магнитного поля, состоит из отдельных сгустков, каждый из которых представляет собой результат сферического разлета плазмы в промежутках между световыми импульсами [3, 4]. В магнитном поле сгустки отсутствуют и искра имеет форму цилиндра с гладкой поверхностью (рис. 1, б). Размер искры, образованной как серией пикосекундных импульсов, так и гигантским импульсом, увеличивается в продольном направлении в среднем в 1,5 раза.

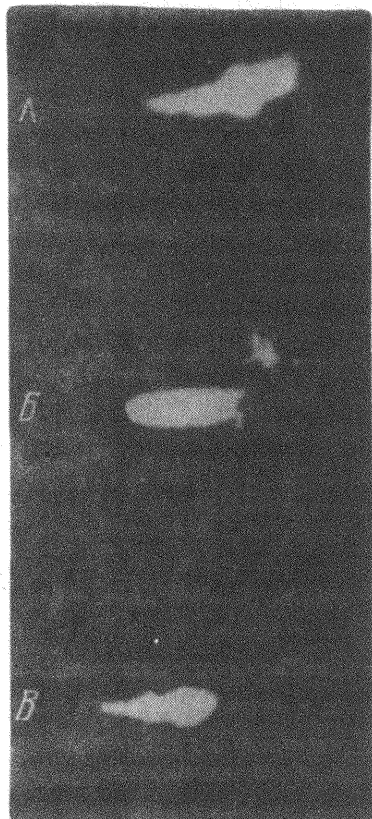


Рис. 1. Направление луча лазера справа налево, вдоль магнитного поля

Как видно из рис. 2, направление развития искры в случае, когда магнитное поле составляло угол в 40° с лазерным лучом смещено в сторону магнитного поля. Такое смещение является результатом наложения сгустков плазмы, образованных серией сверхкоротких импульсов. При этом очаги пробоя расположены вдоль луча лазера, а каждый отдельный сгусток развивается в направлении магнитного поля.

Эти результаты свидетельствуют о том, что в магнитном поле разлет плазмы не является сферическим, а происходит преимущественно в направлении поля. Следует ожидать, что это замедлит остывание плазмы [6].

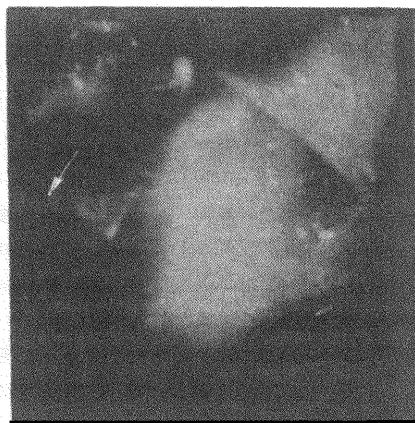


Рис. 2. Направление луча лазера вверх вертикально. Направление магнитного поля по стрелке

Заметное влияние, которое магнитное поле оказывает в наших опытах на геометрию искры, позволяет сделать независимую оценку нижней границы температуры плазмы. Характерные параметры искры в наших опытах соответствуют $r = 0,1 \text{ см}$, $\tau = 3 \cdot 10^{-7} \text{ сек}$, откуда следует, что температура плазмы больше $6 \cdot 10^5 \text{ }^\circ\text{К}$.

В заключение авторы выражают благодарность Т.Б.Боляк, М.С.Матяеву и Е.И.Шкловскому за помощь в работе и П.П.Пашинину за дискуссию.

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

Поступила в редакцию
28 июля 1971 г.

Литература

- [1] Л.Е.Вардзигулова, С.Д.Кайтмазов, А.М.Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 6, 799, 1967.
- [2] А.М.Андрианов, Б.Ф.Демичев, Г.А.Елисеев, П.А.Левит. Письма в ЖЭТФ, 11, 582, 1970.
- [3] С.Д.Кайтмазов, А.А.Медведев, А.М.Прохоров. ДАН СССР, 180, 1092, 1968.
- [4] Б.З.Горбенко, Ю.А.Дрожбин, С.Д.Кайтмазов, А.А.Медведев, А.М.Прохоров, А.М.Толмачев. ДАН СССР, 187, 772, 1969.
- [5] П.П.Пашинин, А.М.Прохоров. Препринт ФИАН, №160, 1971.