

Авторы приносят благодарность В.Л.Гинзбургу, Я.Б.Зельдовичу и И.С.Шкловскому за интерес к работе и многочисленные обсуждения.

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

Поступило в редакцию
14 августа 1967 г.

Литература

- [1] S.Bawyer, E.Byram, T.Chubb, H.Friedman. *Nature*, 201, 1307, 1964.
- [2] E.Byram, T.Chubb, H.Friedman. *Science*, 152, 66, 1966.
- [3] P.Fischer, D.Clark, A.Meyeroff, K.Smith. *Ann. d'Astrophysique*, 27, 809, 1964.
- [4] P.Fischer, H.Jonson, W.Jordan, A.Meyeroff, L.Acton. *Ap. J.*, 143, 203, 1966.
- [5] H.Gursky, R.Giacconi, F.Paolini, B.Rossi. *Phys. Rev. Lett.*, 11, 530, 1963.
- [6] S.Hayakawa, M.Matsuoka, D.Sugimoto, *Space Sc. Rev.*, 5, 109, 1966.
- [7] R.Rocchia, R.Rothenflug, D.Boclet, G.Ducros. *J. Labegrie. Докл. 7 симпозиума Коспар, май, 1966 г.*
- [8] С.Л.Мандельштам, И.П.Тиндо, Г.С.Черемухин, Л.С.Сорокин, А.Б.Дмитриев. *Космические исследования*, 6, 1967 (в печати).
- [9] Л.А.Вайнштейн, В.Г.Курт, С.Л.Мандельштам, Л.П.Пресняков, Р.Сюняев, И.П.Тиндо. *Космические исследования*, 6, 1967 (в печати).

* Излучение $h\nu = 1-1,5 \text{ кэв}$ при генерации его в межгалактическом пространстве проходит нашу Галактику не ослабленным практически по всем направлениям; это оправдывает произведенное нами усреднение всех наших измерений.

ЛАЗЕРНАЯ ИСКРА В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

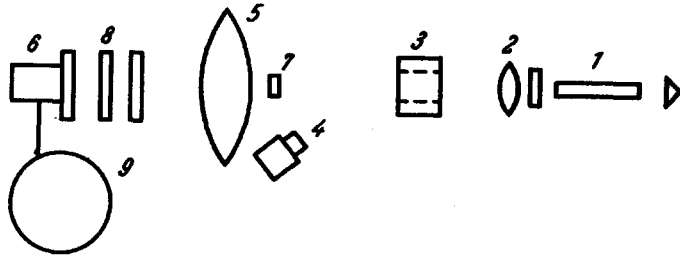
Л.Е.Вардзигулова, С.Д.Каймазов, А.М.Прохоров

Несомненный интерес представляет исследование лазерной искры в сильном магнитном поле. Плотность выделения энергии при оптическом пробое в фокусе лазера равна $\approx 2 \cdot 10^{11} \text{ эрг/см}^3$ [1,2], что соответствует по плотности энергии и давлению магнитным полям порядка $2 \cdot 10^6 \text{ тс}$. Поскольку наша установка позволяла получать магнитные поля до $3 \cdot 10^5 \text{ тс}$, то мы могли ожидать влияние магнитного поля на развитие искры для тех стадий пробоя, когда плотность энергии в плазме не очень велика. Однако при пробое значительная часть энергии идет на создание ударной волны и только небольшая идет на излучение [3]. Поэтому, если магнитное поле даже незначительно повлияет на энергию, уносимую ударной волной, это может привести к заметному изменению излучения искры.

Мы исследовали интегральное излучение лазерной искры, а также интенсивность лазерного излучения, прошедшего через искру и порог образования искры.

Источником излучения служил лазер, в котором модуляция добротности осуществлялась вращающейся призмой. Длительность импульса составляла 20 нсек при энергии ≈ 1 Дж; длина волны 1,06 мк.

Построенный нами импульсный соленоид имел большую апертуру, позволяющую наблюдать искру под углом до 45° к оси соленоида. Полость



соленоида была вакуумно изолирована, что позволяло работать при пониженных давлениях, а также в различных газах. Диаметр рабочей полости соленоида $\phi = 8$ мм при длине 10 мм.

Схема эксперимента дана на рисунке. Луч света из лазера 1 фокусируется линзой 2 в полость соленоида 3, ось которого расположена параллельно лучу лазера. Искра может фотографироваться фотокамерой 4. Свет излученный искрой, собирается линзой 5 на катод фоторегистратора 6. Непрозрачный экран 7 и светофильтры 8 препятствуют непосредственному попаданию лазерного излучения на фотокатод. Сигнал фотокатода регистрируется с экрана осциллографа 9. При регистрации лазерного луча, прошедшего через искру, заменяются светофильтры 8, и вместо экрана 7 устанавливается круглая диафрагма.

Нами исследовалась интегральная (по времени) интенсивность излучения искры. Искра образовывалась в воздухе при атмосферном давлении, при этом в искре поглощалось более 90% энергии лазера. Всего было проведено 97 измерений, из них 43 в магнитном поле.

Во всех сериях опытов средняя интенсивность свечения искры увеличивалась, когда пробой происходил в магнитном поле. Излучение искры (в видимой области спектра) при $H = 210$ кэ превышает интенсивность излучения в отсутствие магнитного поля в $1,4 \pm 0,1$ раза. Серия экспериментов была проведена при давлении воздуха 240 тор. При таком пониженном давлении магнитное поле увеличивало среднее свечение искры в $1,6 \pm 0,1$ раза.

Опыт по измерению интенсивности лазерного луча, прошедшего через область фокуса, ставился при давлении воздуха в полости соленоида 240 тор. При таком давлении $\approx 50\%$ энергии луча лазера проходило через область фокуса, а при включении магнитного поля доля прошедшей энергии уменьшается до $35 \pm 40\%$. Поскольку плазма искры непрозрачна для луча лазера [4], то уменьшение интенсивности прошедшего через соленоид света должно объясняться тем, что в магнитном поле пробой наступает раньше, т.е. понижается порог пробоя. Если с помощью фильтров ослабить лазерное излучение до порога пробоя, то без магнит-

ного поля пробой, как правило, не наступал, а при включении магнитного поля пробой наблюдался (см. таблицу).

Таким образом в результате проведенного исследования выяснилось, что наличие магнитного поля ($H = 210 \text{ кэ}$) увеличивает интенсивность свечения искры и облегчает оптический пробой в фокусе лазерного луча.

Т а б л и ц а

Магнитное поле в гауссах	$P = 760 \text{ тор}$		$P = 160 \text{ тор}$		$P = 30 \text{ тор}$	
	Число наблюдений	Из них число пробоев	Число наблюдений	Из них число пробоев	Число наблюдений	Из них число пробоев
0	7	0	9	0	7	2
210 000	5	5	5	4	3	3

Увеличение излучения искры нельзя объяснить только увеличением поглощения лазерного излучения, так как при атмосферном давлении поглощение увеличивается всего на 3%, а свечение увеличивается на 40%. Увеличение интенсивности свечения можно объяснить тем, что при разряде, происходящем в магнитном поле, разлетающаяся плазма движется против сил магнитного давления и расширяется медленнее, и доля энергии, переходящей в кинетическую, уменьшается. Излучение увеличивается, во-первых, потому, что при движении проводящей плазмы в магнитном поле часть кинетической энергии переходит в джоулево тепло, а, во-вторых, при замедленном расширении (и следовательно охлаждении) плазмы большая часть энергии успевает высветиться.

Понижение порога пробоя, по-видимому, связано с замедлением диффузии первичных фотоэлектронов из области фокуса, поскольку их ларморовский радиус (при $H = 200\,000 \text{ тс}$) равен $\sim 10^{-5} \text{ см}$, что в несколько раз меньше среднего свободного пробега даже при атмосферном давлении.

В заключении отметим, что в работе [5] авторы, наблюдая оптический пробой в аргоне при $H = 100 \text{ ктс}$, не обнаружили влияния магнитного поля на порог пробоя. Это, вероятно, связано с недостаточной величиной магнитного поля.

Авторы считают своим долгом выразить благодарность В.Р.Карасику за консультации при создании установки для получения сильных магнитных полей, А.А.Медведеву за участие в работе и Г.А.Аскарьяну за полезные замечания.

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

Поступило в редакцию
18 августа 1967 г.

Литература

- [1] С.Л.Мандельштам, П.П.Пашинин, А.М.Прохоров, Ю.П.Райзер, Н.С.Суходрев. ЖЭТФ, 49, 117, 1965.
- [2] В.В.Коробкин, С.Л.Мандельштам, П.П.Пашинин, А.В.Прохиндеев, А.М.Прохоров, Н.К.Суходрев, Я.М.Шелев. ЖЭТФ, 53, вып.7, 1967.

- [3] R.G.Meyerand, A.F.Haught. Phys. Rev. Lett., 13, 7, 1964.
- [4] S.L.Mandelstam, P.P.Pashinin, A.M.Prokhorov, N.K.Sukhodrev. Proceedings of the International conference on plyphses of Quantum Electronics, 1966.
- [5] D.F.Edwards, M.M.Litvak. Bul. Amer. Phys. Soc. , 10, 73, 1965.