

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ИСКРЫ,
ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ФОКУСИРОВКЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРА

В. В. Коробкин, Р. В. Серов

При фокусировке достаточно мощного лазерного пучка в фокусе линзы возникает искра, изучавшаяся в последнее время в ряде работ [1-4].

В работе Райзера [5] исследовалось вытеснение плазмой искры продольного магнитного поля, обусловленное диамагнетизмом плазмы.

Мы наблюдали собственное магнитное поле искры, существующее только во время подпитки плазмы лучом лазера. В эксперименте использовался лазер на рубине с модулированной добротностью. Энергия в импульсе составляла 2 дж, длительность импульса 30 нсек.

Магнитное поле искры измерялось с помощью катушек диаметром 10 мм, состоящих из двух витков провода. Сигналы с двух катушек, расположенных различным образом относительно искры, проходили через две различные линии задержки (кабели длиной 20 и 50 м), усиливались

двумя усилителями УЗ-4 и регистрировались на осциллографе СИ-II. Разница времен задержки составляла 150 нсек, и поэтому можно было одновременно измерять любые компоненты магнитного поля в двух различных точках пространства на одной осциллограмме.

Для предотвращения фотоэффекта из индукционных датчиков вокруг искры ставилась трубка из черной бумаги с внутренним диаметром 5 мм. Кроме того, сигнал с каждого датчика поступал на вход линии задержки через специальный разделительный трансформатор, средняя точка первичной обмотки которого была заземлена. В случае фотоэффекта происходит повышение потенциала датчика, токи, заряжающие емкость датчика относительно земли, текут симметрично (рис. 1,а, пунктир) и сигнал на выходе трансформатора отсутствует. Токи, вызванные изменением магнитного потока через катушку (рис. 1,а, сплошная линия) всегда дают сигнал на выходе трансформатора. Без применения подобных мер предосторожности сигнал от фотоэффекта в 10 ± 20 раз больше сигнала от магнитного поля.

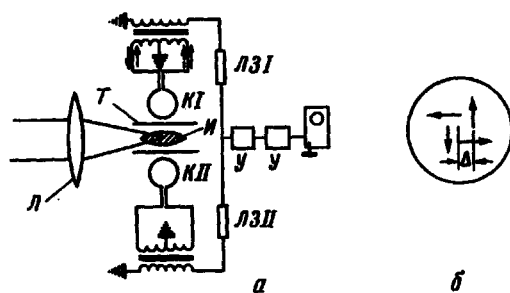


Рис. 1. а - схема эксперимента: Л - линза, $f = 50$ мм, И - искра, Т - трубка из черной бумаги, К1 и К2 - катушки, ЛЗ1 и ЛЗ2 - линии задержки, У - усилители, О - осциллограф; б - схема направлений магнитного диполя. Δ - смещение луча лазера относительно центра линзы

Результаты экспериментов сводятся к следующему. В искре существует магнитный дипольный момент. Этот момент направлен перпендикулярно к направлению распространения луча лазера. Кроме того, направление момента существенным образом зависит от того, через какую часть линзы проходит луч. Эта зависимость показана на рис. 1,б.

Стрелка показывает направление момента (вид со стороны линзы). Так, например, если центр линзы смещен вниз относительно луча, то магнитный момент направлен влево.

Аналогичные результаты получаются и тогда, когда перекрывается часть луча, идущего по центру линзы. Магнитный момент появляется и в том случае, если луч лазера, проходящий по центру линзы, дополнительно пропускать через стеклянный клин с углом Π^0 при вершине. При отклонении луча клином вниз магнитный момент был направлен вправо от линзы и т.д. (рис. 1,б). Направление магнитного момента как бы определяется поворотом луча перед пробоем. Если вместо клина помещалась плоско-параллельная пластинка, магнитный момент не возникал.

На рис. 2 (см.вклейку) приведены осциллограммы, соответствующие расположению катушек, указанному на рис.1,а. При смещении линзы относительно луча лазера вверх или вниз магнитный диполь направлен перпендикулярно плоскости катушек. (При таком смещении искра также несколько смещается в пространстве, и на соответствующее расстояние смещаются индукционные датчики). Величина напряжения на катушках

$$U \approx - \frac{nS}{c} \frac{\Delta H}{\Delta t} \approx \frac{nS}{cR^2} \frac{\Delta m}{\Delta t},$$

где n - число витков, S - площадь витка, R - расстояние от центра катушки до искры, m - величина магнитного момента.

Измеренная в наших экспериментах величина магнитного диполя около $3 + 5 \cdot 10^{-2}$ э/см³. По-видимому, этот диполь локализован на фронте ударной волны, движущейся к линзе, так как только в этой области происходит взаимодействие луча лазера с плазмой. Дополнительные эксперименты показали, что сигналы с датчиков не являются результатом вытеснения плазмой магнитного поля земли.

В наших экспериментах не было обнаружено магнитное поле, связанное с появлением электрического диполя, о котором сообщалось в работе Аскарьяна и др. [6]. По-видимому, это магнитное поле гораздо слабее, чем магнитное поле, обусловленное обнаруженным в наших экспериментах магнитным диполем.

В настоящее время механизм возникновения магнитного диполя не вполне ясен. Можно предполагать, что он вызван поворотом фронта ударной волны, движущейся по направлению к линзе. Причиной поворота может быть искажение каустики луча и неоднородность распределения излучения лазера по углам [7] .

В заключение авторы благодарят С.Л.Мандельштама за постоянное внимание и обсуждение данной работы, Г.А.Аскарьяна и Н.К.Суходрова за полезные дискуссии.

Физический институт

им.П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию

30 мая 1966 г.

Литература

- [1] S.A.Ramaden, W.B.R.Davies. *Phys. Rev. Lett.*, 13, 7, 1964.
- [2] С.Л.Мандельштам, П.П.Паминин, А.М.Прохоров, Д.П.Райзер, Н.К.Суходров. *ЖЭТФ*, 49, 127, 1965.
- [3] S.A.Ramaden, P.Savie. *Nature*, 203, 1217, 1964.
- [4] Д.П.Райзер. *ЖЭТФ*, 48, 1508, 1965.
- [5] Г.А.Аскарьян, М.С.Рабинович, М.М.Савченко, А.Д.Смирнова, *Письма ЖЭТФ*, 1, вып. 1, 9, 1965.
- [6] Г.А.Аскарьян, М.С.Рабинович, А.Д.Смирнова, В.Б.Студенов, *Письма ЖЭТФ*, 2, 503, 1965.
- [7] В.В.Коробкин, А.М.Леонтович, М.Н.Попова, М.Я.Щелев, *Письма ЖЭТФ*, 3, 301, 1965.