

ГОЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРЫ

Г.В.Островская, Д.И.Островский

Голограмма быстротекущего процесса, полученная в определенной фазе его развития, содержит информацию о структуре волнового фронта, рассеянного и преломленного объектом, и в ряде случаев может быть впоследствии исследована такими же методами, как сам объект, но в стационарных условиях.

В настоящей работе голография применена для исследования лазерной искры в воздухе - плазмы, образующейся при фокусировании излучения рубинового лазера, работающего в режиме гигантского импульса ($\Delta t \cong 40$ нсек, $E \cong 0,8$ Дж, фокус линзы 2,5 см). Голограммы фотографировались однолучевым методом Габора [1]. Схема Габора фактически совпадает со схемой получения теневых проекций в когерентном свете [2,3]. Для получения голограмм использовалась оставшаяся непоглощенной часть того лазерного пучка, который образует искру. Установка со световой линией задержки позволяла получить в течение одной вспышки искры три голограммы, соответствующие разным фазам процесса (40, 80, 120 нсек от момента возникновения искры). Одна из голограмм приведена на рис. 1, а (см. вклейку).

Восстановление изображений искры производилось в параллельном пучке $He - Ne$ ($\lambda = 6328 \overset{0}{\text{Å}}$) лазера (рис. 2). Точечный экран А, установленный в фокусе линзы L_3 , устранял нулевой порядок и значительную часть света от мнимого изображения, тем самым существенно

улучшая характеристики однолучевого метода Габора. Одновременно с этим схема рис. 2 является шпирен-системой, в которой изображение строится лучами, отклоненными фазовыми неоднородностями объекта, делая их видимыми. Восстановленная таким образом шпирен-фотография искры приведена на рис. 1, б, на котором виден контур плазмы, позволяющий определить ее размеры.

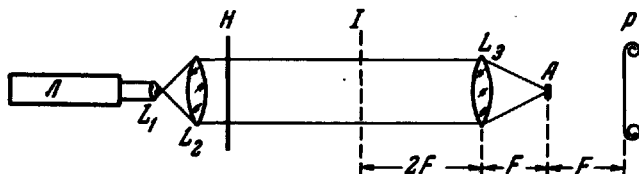


Рис. 2. Схема получения голографических шпирен-фотографий. Л - лазер, L_1, L_2 - телескопическая система для расширения пучка, Н - голограмма, I - плоскость действительного изображения, L_3 - линза с фокусом F , А - точечный экран, Р - фотопленка

Было обнаружено, что на некотором расстоянии f от плоскости действительного изображения лазерный пучок собирается в узкую яркую линию I) (рис. 1, в). Расстояние f заметно меняется для голограмм, соответствующих разным моментам времени: от 8 см для 40 нсек до 14 см для 120 нсек. Этот эффект можно объяснить, если рассматривать искру как цилиндрическую линзу, а наблюдаемую яркую линию - как ее фокальное пятно. Тогда f соответствует фокусному расстоянию этой линзы. Определив f , можно по измеренному радиусу плазмы R (0,07 см для 40 нсек, 0,13 см для 120 нсек) определить ее показатель преломления n по формуле тонкой линзы:

$$n - 1 = -\frac{R}{2f}. \quad (1)$$

Если считать, что показатель преломления в данном случае определяется плотностью электронного газа:

$$n - 1 = -4,46 \cdot 10^{-14} \lambda^2 N_e, \quad (2)$$

то можно оценить среднюю концентрацию электронов в плазме лазерной искры. Формула (2) применима, поскольку частота лазерного излучения

примерно на порядок больше частоты электростатических колебаний плазмы.

Тонкий уплотненный слой воздуха на фронте ударной волны и соответствующее разрежение газа за фронтом действуют так же, как отрицательная линза. Однако оптическая сила такой полой цилиндрической линзы составляет лишь несколько процентов от наблюдаемой, даже если считать, что вся масса газа, охваченного взрывной волной, собрана в тонкий слой у поверхности фронта.

Следует также заметить, что формула (I) справедлива лишь для параксиальных лучей и вследствие сферической аберрации рассеивающая способность периферических зон линзы больше. Однако увеличение показателя преломления краевых частей плазмы за счет убывания к центрации электронов и наличия уплотнения газа на фронте ударной волны действуют в обратную сторону. Достаточная резкость фокуса свидетельствует о том, что аберрации сравнительно невелики и пользование формулой (I) не вносит существенных погрешностей в результаты.

Наши измерения дали для N_e величину $2 + 3 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ для всех исследованных фаз развития искры, что согласуется с концентрацией электронов, определенной ранее [4,5] ($3 + 5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$).

Авторы благодарят А.Н.Зайделя за ценные советы и обсуждение результатов и Т.Я.Челидзе за участие в эксперименте.

Физико-технический институт

им. А.Ф.Иоффе

Академии наук СССР

Поступило в редакцию

30 мая 1966 г.

Литература

- [1] D.Gabor. Proc. Roy. Soc., 197, 454, 1949.
- [2] Г.М.Малышев, Г.В.Островская, Т.Я.Челидзе. Оптика и спектроскопия, 20, 374, 1966.
- [3] Т.П.Евтушенко, Г.М.Малышев, Г.В.Островская, В.В.Семенов, Т.Я.Челидзе. Ж.техн.физики, 36, №7, 1966.

- [4] A.Alcock, S.Panarella, S.Ramsden. Seventh Intern. Conf. on Phenomena in Ionized Gases. Abstr., p.187, 1965.
- [5] S.Ramsden, W.Davies. Phys. Rev. Lett., 13, 227, 1964.

1) Линза L_3 и экран А (рис. 2) удалялись из схемы.