

О СТРУКТУРЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ИСКРЫ

М.М.Савченко, В.К.Степанов

В работе Коробкина и др. [1] обнаружена четочная структура изображения лазерной искры в воздухе, сфотографированной в свете рассеянного лазерного излучения, и высказывается предположение, что отдельные четки могут быть связаны с последовательным пробоем в соответствующих точках; авторами также делаются предположения относительно возможных причин такого рода множественного пробоя.

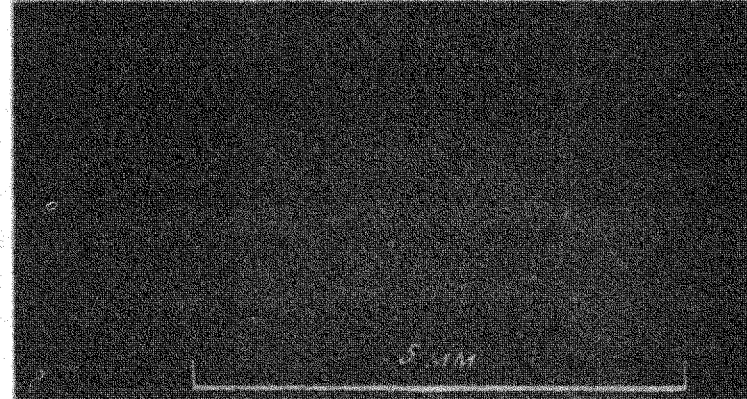
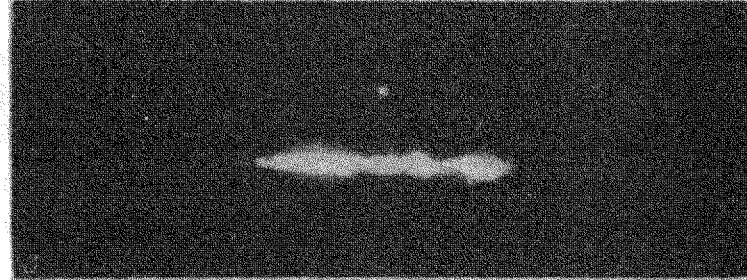
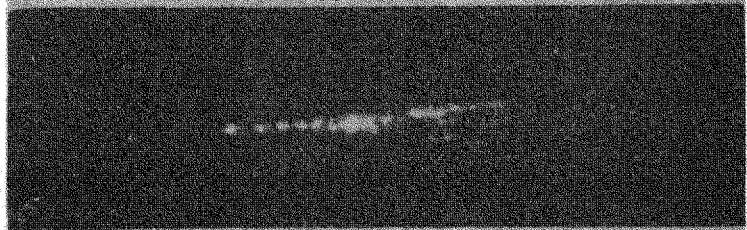
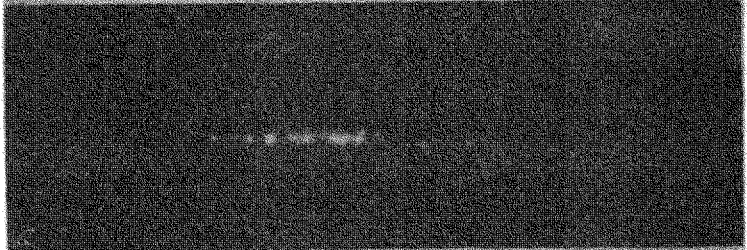
Нами обнаружены новые особенности и условия отсутствия четочной структуры, которые позволяют сделать другие предположения относительно ее природы. В частности, обнаружено, что в ряде инертных газов четочная структура отсутствует.

Нами использовался рубиновый лазер с энергией до 2 дж и мощностью до 100 Мвт, добротность которого модулировалась вращающейся призмой. Селекции мод не производилось. Вектор электрического поля E в лазерном луче ориентирован вертикально. Для фокусирования использовались линзы с фокусным расстоянием от 2 до 20 см. Искра фотографировалась интегрально во времени через фильтр, выделяющий красный свет лазера. Ось фотоаппарата проходила через фокус линзы и располагалась в плоскости, перпендикулярной оси лазерного луча.

Отметим, что фотографии, сделанные одновременно с двух диаметрально противоположных точек съемки (рис. а и б; ось аппаратов перпендикулярна E) не совпадают по расположению четок, их интенсивности и величине, а часто и по количеству зубьев в вилкообразных структурах (при больших превышениях над порогом искры и достаточно короткофокусных линзах красная область всегда имеет вид вилки с двумя или большим числом зубьев; заметим, что уже существование вилок трудно согласовать с представлением о множественных пробоях). Заметно неодинаково и общее количество лазерного излучения, рассеянного в диаметрально противоположных направлениях; оно зависит от закона спада плотности потока энергии в лазерном луче по данному направлению и направления вращения модулирующей призмы.

Если рассеяние лазерного света есть объемный процесс, типа релевского, то фотография, сделанная "сверху" (ось аппарата параллельна полю E) должна иметь ничтожную интенсивность по сравнению с фотографией, сделанной "сбоку" (ось фотоаппарата перпендикулярна E).

← → направление луча лазера



Литературные данные на эту тему немногочисленны. В основном это работа [2], где измерения дали для отношения количества света, рассеянного перпендикулярно E и вдоль E , величину, равную 5. В нашем опыте это отношение примерно равно 2 (получено оно фотоэлектрически и фотографически).

Лазерный свет, рассеянный вбок (перпендикулярно E), поляризован в основном по E (что может быть как при релеевском рассеянии, так и при отражении). Однако свет, рассеянный вверх (по E), поляризован в основном вдоль луча, т.е. положение плоскости поляризации при этом в основном сохраняется. Такая особенность характерна для процессов типа отражения или рефракции. Эта ситуация иллюстрируется фотографиями α (сверху) и β (сбоку), сделанными через пластинку из исландского шпата, разводящую изображения с взаимно перпендикулярными поляризациями. Качество фотографий невысокое из-за плохого качества исландского шпата.

Нами исследовалась искра в водороде, азоте, кислороде, углекислом газе, хлоре, метане и в инертных газах. Все молекулярные газы также обнаруживают четочную структуру и ведут себя аналогично воздуху и в отношении других отмеченных выше явлений.

В благородных газах искра имеет существенные отличия. В Хе и Кг нитевидная красная структурная область полностью отсутствует. Фотографии, сделанные через красный фильтр, имеют диффузный характер и каплеобразную форму, малую интенсивность и почти совпадают по форме с фотографиями, сделанными через фиолетовый фильтр. Не исключено, что они обязаны своим происхождением собственному излучению искры, проникающему через узкополосный красный фильтр. Как и в случае собственного излучения искры, изображение искры в Хе и Кг, полученное через красный фильтр, образовано полностью деполаризованным светом (фотография δ , сделана через пластинку из исландского шпата). В Ag наблюдается очень малоинтенсивная структура, состоящая из 3 – 5 слабых далекоотстоящих точек. Они погружены в слабое диффузное свечение каплеобразной формы. Искра в He, если и дает структурное (и вообще какое-либо) изображение в красном свете, то на порядок менее интенсивное. И лишь искра в Ne обнаруживает очень слабую красную структуру. Отметим, что фотография искры в собственном свете (а не в рассеянном лазерном) для всех газов имеет диффузный характер без структурной области.

Из приведенных результатов следует, что изображение искры, полученное в рассеянном (или отраженном) лазерном свете в основном свя-

зано скорее не с объемными пробойными процессами, а с процессами, разыгрывающимися на поверхности искры. Эти процессы не обязательно должны быть связаны с рассеянием на отдельных электронах. Они могут быть обусловлены и сильными флуктуациями и перепадами показателя преломления, связанными с диссоциацией или возбуждением нейтральных атомов. Причем скорость фронта рассеяния или отражения вовсе не обязательно должна совпадать со скоростью вещества в соответствующей точке. Структурность (четки) может быть связана просто с своего рода "шероховатостью", рассеивающей или отражающей поверхности.

Заметим, что изображение освещенной лазерным светом опорной иглы (игла была сделана из тонкой стальной проволоки и использовалась для получения пространственного соответствия между фотографиями, сделанными одновременно с разных сторон) обнаруживает и четочную структуру, и аналогичные отмеченным выше особенности в поляризации.

Авторы благодарны Г.А.Аскарьяну за советы и дискуссию.

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

Поступило в редакцию
5 августа 1968 г.

Литература

- [1] В.В.Коробкин, С.Л.Мандельштам, П.П.Пашинин, А.В.Прохиндеев, А.Н.Прохоров, Н.К.Суходрев, М.Я.Щелев, ЖЭТФ, 53, 116, 1967.
- [2] M. Joung, M. Hercher, Chung-Jin Wu. J. Appl. Phys., 37, 4938, 1966.