

04

Оптические свойства долгоживущих светящихся образований

© Г.Д. Шабанов

С.-Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова РАН
E-mail: Discharge@gtn.ru

Поступило в Редакцию 4 апреля 2001 г.

В окончательной редакции 4 сентября 2001 г.

Иницированное электрическим разрядом светящееся образование в зависимости от собственной светимости, освещенности и цвета фона видится разным. Ему одновременно присущи четыре цвета: красный, желтый, фиолетовый, синий. Эти цвета соответствуют окраске шаровых молний, имеющих небольшое время жизни, согласно статистике [1]. В то же время в [2] утверждается, что шаровые молнии бывают двух типов: короткоживущие и долгоживущие. Основываясь на данной работе, можно предположить, что короткоживущие шаровые молнии должны иметь четыре вышеперечисленных цвета одновременно.*

В настоящей работе были продолжены исследования плазменных образований, инициируемых эрозионным разрядом [3–6]. Мы разделяем точку зрения авторов [6], которые считают их "лабораторным аналогом шаровой молнии"; с другой стороны, эрозионные струи (струя Авраменко), получаемые в [3–6], далеки по внешнему виду от природной шаровой молнии (ШМ). Была поставлена задача получить в эрозионном разряде светящееся образование (СО), близкое по виду и размерам к ШМ.

Взяв за основу электрическую схему эрозионного плазмотрона, описанного в работе [4], и увеличив запасаемую энергию до 7.5 кДж, удалось получить СО, схожее с описанием в [4]: "В головной части долгоживущего энергоемкого плазмоида образовывался «мохнатый» плазмоид эллипсоидальной формы (диаметр ~ 7 , длина ~ 10 см)...".

*Хорошей иллюстрацией к данной работе может служить первый случай наблюдения ШМ, рассмотренный в работе И.П. Стаханова [2], где все данные (такие как диаметр, скорость, траектория) наблюдений двух очевидцев, между которыми она прошла, совпадают. Однако один видел ее желтой, а второй — красной ("как раскаленный уголь"). Наиболее вероятная причина различного восприятия цвета одного объекта заключается в том, что каждый из них наблюдал ее на разном фоне.



Рис. 1.

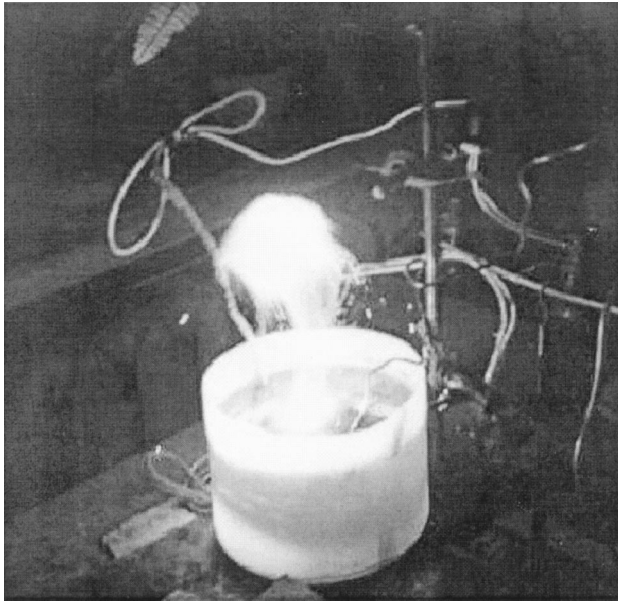


Рис. 2.

Письма в ЖТФ, 2002, том 28, вып. 4

В нашей работе "мохнатый" плазмоид имеет диаметр ~ 7 см, длину ~ 9 см (рис. 1). Изменив полярность плазмотрона и сблизив анод с катодом, удалось получить СО с диаметром ~ 9 см и временем жизни 0.5–1 с (рис. 2). Достигнута полная воспроизводимость. Таким образом, была выполнена задача получения в эрозионном разряде СО, близких по виду и размерам к ШМ.

Проводились опыты, в которых на поверхность СО воздействовали концом проволоки, которая свободно висела на диэлектрических нитях. Было отмечено выбрасывание вещества из СО. В [3–6], исследуя струю Авраменко, выделили в ней две составляющие: "кern" и "оболочку". Авторы [4] предполагают, что это две взаимно проникающие плазменные структуры, причем одна из них "подобна обычному нагретому газу и, следовательно, легко выдувается из долгоживущего энергоемкого плазмоида потоком воздуха". Мы предположили, что эта составляющая в основном является продуктом эрозии стеарина и воска, покрывающего канал плазмотрона [4], и в настоящей работе заменили канал плазмотрона на кварцевый без какого-либо покрытия. Железный катод заменили на графитовый. Этим было достигнуто максимальное подавление эрозии. В итоге, у образующихся СО резко упала собственная светимость, — появилась возможность наблюдать их невооруженным глазом. Описание

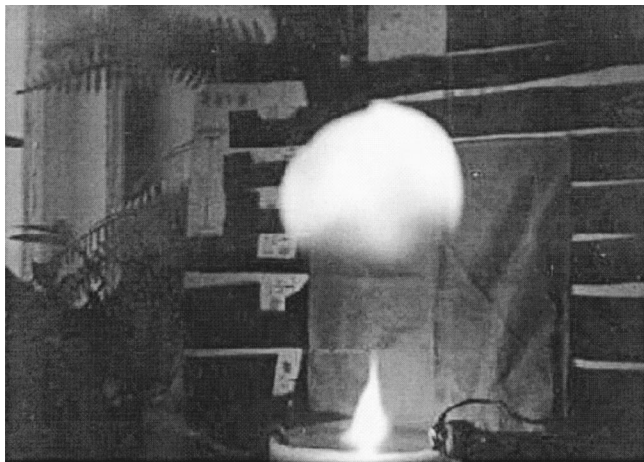


Рис. 3.

автономного образования в [7] достаточно хорошо применимо к СО данной работы: "Это неярко светящийся желтым цветом при постоянной для глаза яркости шарик с четкой сферической границей диаметром 1–1.5 mm, беззвучно исчезающий примерно через 1 s после появления". Есть одно существенное различие с автономным образованием из работы [7]: диаметр СО в нашей работе более 10 см, т. е. на два порядка больше (рис. 3).

При фотосъемке СО каждый эксперимент дублировался и снимался один раз без фотовспышки, а второй раз — со вспышкой. Снятое со вспышкой СО, которое было получено из кварцевого плазмотрона, обратило на себя внимание необычным сочетанием оптических свойств. Человек, наблюдающий СО на фоне темного (ночного) окна, определил ее как прозрачно-фиолетовую со слабо светящейся оболочкой. Это СО "прозрачное"* — через него видны листья цветка и противоположная стена. Время жизни ~ 0.5 s и диаметр ~ 10 см. СО на зеленом фоне становится желтым, на фоне белой стены — белым. Оболочка на зеленом и белом фонах красная. Цветная фотография этого СО не представлена в данной работе, так как она в черно-белом варианте не может представить заложенную в нее информацию. Необычное сочетание оптических свойств у СО, присутствие одновременно фиолетового, желтого, красного цветов у одного объекта, в зависимости от условий наблюдения, напомнило работу [1]. Авторы [1] приводят зависимость времени жизни ШМ от ее цвета: "Отличительной особенностью зависимости длительности существования ШМ от яркости и цвета является не монотонность, что представляется нетривиальным. Если полученные данные подтвердятся при дальнейшем исследовании на более обширном материале, то это может свидетельствовать о существовании двух видов ШМ". Наблюдаемые цвета у СО соответствуют ШМ, которые имеют небольшое время жизни на корреляционном графике в [1]. Мы считаем возможным отнести эти цвета к ШМ, которые в [2] названы короткоживущими. Автор [2] говорит о существовании всего двух групп ШМ. Отмеченное в настоящей работе присутствие одновременно трех цветов в одном СО, которые выявляются при разных условиях

* Для ШМ прозрачность не является необычным свойством. Например, в [2]: "Любопытным свойством шаровой молнии является ее прозрачность в видимом свете. Сообщения о том, что сквозь молнию можно видеть окружающие предметы (конечно, в тех случаях, когда поток излучаемого ею света не велик и не может помешать этому), имеются и в обзорах, и в ответах на нашу анкету". Также важно ценное замечание И.П. Стаханова о собственной светимости ШМ.

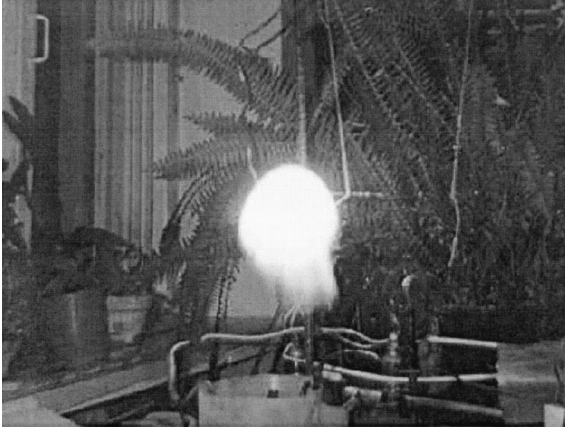


Рис. 4.

наблюдения, дает основания отнести все эти цвета к одному объекту, одной ШМ, которая в то же время короткоживущая. В [1] есть еще синий цвет, который относится к ШМ с малым временем жизни.

Дальнейшие эксперименты были направлены на то, чтобы эти цвета выделить отдельно. Это достаточно непростая задача. В работах [3–7] много замечаний о цвете. В [3] отмечено, что ”половина излучения [находится] в инфракрасной области”. В [5] уточняется, что ”в красном и ультрафиолетовом диапазоне свечение оболочки все более сосредоточивается в узкой (порядка 0.1 mm) фронтальной части”. В [4] эта оболочка ”сине-фиолетового цвета”, в [7] — ”неярко светящийся желтым цветом”.

Трудность в визуальном определении этой гаммы цветов кроется в особенности восприятия цвета глазом человека. Эта особенность хорошо иллюстрируется графиком относительной видности. Из графика, в частности, следует, что видность красного цвета $K_\lambda = 0.004$, а желтого $K_\lambda = 0.995$ при дневном освещении, т.е. красный цвет видится менее 0.5% от желтого в одних условиях наблюдения. Если же освещение сумеречное, то видность красного цвета падает еще на два порядка. Суммируя, можно показать, что наблюдения определенного цвета у ШМ находятся в зависимости от ее светимости, внешней освещенности и фона, на котором она наблюдается.

Наличие красного цвета удалось проиллюстрировать при дневном освещении на экранах и в сумерках, но в присутствии пара. Красный цвет оболочки виден почти на всех фотографиях. С желтым цветом проблем не было. Желтый цвет оболочки присутствует на всех фотографиях. На рис. 3 СО полностью желтое. С фиолетовым, а также синим по [1] цветом оказалось труднее. Фиолетовый и синий цвета лучше видны при плохом освещении, в сумерках. По графику относительной видности $K_\lambda \sim 0.1$ и ~ 0.5 соответственно. Достаточно хорошо эту смесь цветов иллюстрирует рис. 4 на белой стене у окна.

Выводы

1. "Немонотонность" зависимости времени жизни ШМ от цвета [1] объясняется тем, что цвета красный, желтый, фиолетовый, синий принадлежат к одному виду ШМ — короткоживущих. Более того, все эти цвета принадлежат сразу одной ШМ, но видность конкретного цвета зависит от собственной светимости ШМ, наружного освещения и фона, на котором она наблюдается.

2. Вывод 1 дополнительно подтверждает предположение о существовании двух видов ШМ в [1] и утверждение о существовании двух видов ШМ в [2].

Автор выражает признательность А.И. Егорову и С.И. Степанову за участие в экспериментах и плодотворных дискуссиях, К.А. Буш за консультации по фотосъемке.

Автор благодарен А.И. Григорьеву за ценные замечания.

Список литературы

- [1] Григорьев А.И., Григорьева И.Д. // ЖТФ. 1989. Т. 59. В. 2. С. 79–87.
- [2] Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии. М.: Научный мир, 1996. 264 с.
- [3] Авраменко Р.Ф., Бахтин Б.Н., Николаева В.И. и др. // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 12. С. 57–64.
- [4] Климов А.И., Мишин Г.И. // Письма в ЖТФ. 1993. Т. 19. В. 13. С. 19–26.
- [5] Емелин С.Е., Семенов В.С., Эйхвальд А.И., Хассани А.К. Шаровая молния в лаборатории. Сб. статей. М.: Химия, 1994. С. 87–95.
- [6] Авраменко Р.Ф., Николаева В.И., Поскачеева Л.П. Шаровая молния в лаборатории. Сб. статей. М.: Химия, 1994. С. 15.
- [7] Емелин С.Е., Семенов В.С., Бычков В.Л. и др. // ЖТФ. 1997. Т. 67. В. 3. С. 19–28.