

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

С.И. Шершнев

Научный руководитель: к.т.н. А.С. Юдин

Научный консультант: к.т.н. М.В. Тригуб

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: hbrserega@gmail.com

PHYSICAL MODELING OF BALL LIGHTNING

S.I. Shershnev

Scientific Supervisor: A S Yudin

Scientific Consultant: M V Trigub

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: hbrserega@gmail.com

Abstract. *Lightning ball (LB) is one of the faintly studied natural phenomenon. All information about LB was obtained from eyewitnesses questioning. Nowadays there are experiences of creating LB, but nobody can create plasmoid, which would have lifetime more than one second. In this paper the LB creation experiment reveals that plasmoid better fit the LB description if solution contains certain amount of salt is presented. From obtained current waveforms and high speed camera images one can make a conclusion that when the current starts falling down from its maximum value the transition from gliding discharge to plasmoid forming begins. Ball shaped plasmoid have not been fixed. In the future investigations changing the solution salt composition and fixation of plasmoid spectrum are planned.*

Шаровая молния (ШМ) - одно из слабо изученных явлений природы. По свидетельствам очевидцев шаровая молния наблюдается в грозовую погоду, хотя встречалась в солнечную. Чаще всего она «выходит» из проводника с током или порождается линейными молниями, в редких случаях — неожиданно появляется в воздухе или может выйти из какого-либо предмета (дерево, столб).

По геометрии ШМ может представлять из себя не только сферу, но и эллипсоид, ленту и другие [2]. Основное предположение о составе вещества ШМ – низкотемпературная плазма.

Средние параметры ШМ по данным автора [1]: вероятность появления ШМ сферической формы - $90 \pm 1\%$; диаметр - 23 ± 5 см; время жизни ШМ значительно превышает 1-2 с, но практически во всех случаях не более 2-3 мин. Половина ШМ исчезает за 13 секунд. энергия – 12.5 – 31.5 Дж ; цвет – белый, красный, оранжевый, желтый ($80 \pm 2\%$), голубой, синий, фиолетовый, зеленый ($13 \pm 1\%$); Световой поток ШМ сравним со световым поток лампы мощностью 100 Вт. ШМ обладает свойством прозрачности в видимом свете. Температура ШМ не превышает 200-300 °С. Сезонность – свыше 80% шаровых молний наблюдаются в летнее время. Излучая свет, шаровая молния почти совсем не излучает тепло. ШМ оказывает влияние на радиосвязь.

В настоящее время существует большое количество гипотез, объясняющих природу ШМ и механизм её инициирования. Первая опирается на наблюдения за возможными местами ударов линейных молний [3]. Во время этих наблюдений было обнаружено инициирование ШМ при ударе нисходящей линейной молнией в землю. Наблюдаемая ШМ просуществовала 1,3 с, её диаметр был равен 5 метрам, а скорость передвижения составила 10 м/с. Зарегистрированный спектр этой шаровой молнии показал значительное содержание в её составе ионов железа, кремния и кальция. Вторая группа гипотез основывается на инициировании плазмоида ШМ импульсным разрядом по поверхности воды. Было поставлено большое количество экспериментов [4-7], однако получить долгоживущий плазмоид не удалось. В одном из экспериментов, исследователи выделили три стадии развития плазмоида [7]:

В первой стадии весь процесс начинается с зажигания скользящего разряда на кончике катода. Структура разряда разрастается во всех направлениях и покрывает практически всю поверхность раствора, вследствие этого увеличивается разрядный ток.

Переход из первой стадии во вторую происходит, когда разрядный ток, достигает максимума и начинается его спад. На этой стадии из конденсатора в разряд поступает оставшаяся часть энергии. Когда скользящий разряд уменьшается и исчезает, появляется и растёт яркий, осьминогоподобный плазмоид.

Переход из второй стадии в третью всегда происходит, когда разрядный ток становится пренебрежительно мал, независимо от экспериментальных условий. Округлый плазмоид отделяется от плазменной струи, возможно, состоящий из большого количества водяного пара.

В эксперименте планируется объединить две вышеназванных гипотезы, а именно - инициировать плазмоид поверхностным разрядом по электролиту, содержащему соли веществ, обнаруженных в спектре природной ШМ.

Экспериментальная установка для получения плазмоидов, а также её параметры в данном проекте аналогичны тем, что использовались ранее для получения плазмоидов [4-7]. А именно – ёмкость конденсатора - 300 мкФ при зарядном напряжении 3-9 кВ.

При проведении экспериментов предусмотрена возможность легко менять конструкцию электродов с целью введения наибольшей энергии в разряд, а соответственно, регулировать энергию плазмоида.

В исследованиях планируется получить долгоживущий плазмоид, используя поверхностный разряд в электролите, содержащем ионы Si, Ca, Fe, которые были обнаружены во время исследования природной ШМ.

Были произведены эксперименты на установке описанной выше. Условия эксперимента: экспозиция - 1/16000, зарядное напряжение - 9 кВ, проводимость воды – 2,35 мСм/см, электролит – водопроводная вода с добавлением NaCl. Разряд инициировался при положительной и отрицательной полярности центрального электрода. Для регистрации тока и напряжения использовался осциллограф Tektronix TPS2024, делитель напряжения ДНВ-25-3000, пояс Роговского CWT-1500 mini. С помощью камеры Casio FX-EH20 удалось зафиксировать первые две стадии формирования плазмоида.

При положительной полярности центрального электрода, во время развития разряда, на концах стримеров возникает яркое свечение, при отрицательной полярности такого эффекта не наблюдается.

Из полученных осциллограмм можно сделать вывод, что при падении тока от максимального значения начинается переход от скользящего разряда к образованию плазмоида. Зафиксировать

округлый плазмоид не удалось. В дальнейшем планируется изменить состав соли, а также зафиксировать спектр образовавшегося плазмоида с помощью спектрометра.

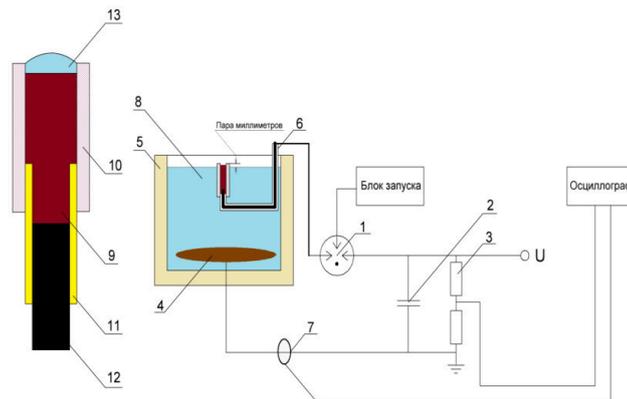


Рис.1. Экспериментальная установка для получения плазмоидов.

1 – Игнитронный разрядник. 2 – Конденсаторная батарея. 3 – Делитель напряжения. 4 – Кольцевой медный электрод. 5- Полиэтиленовый сосуд. 6 – Изоляция кабеля. 7 – Пояс Роговского. 8 – Раствор электролита. 9 – Угольный электрод ($d = 5$ мм). 10 – Кварцевая трубка. 11 – Цанговый зажим. 12- Кабель. 13 – Капля электролита.



Рис.2,3. 1 и 7 мс образования плазмоида.

Первая стадия.

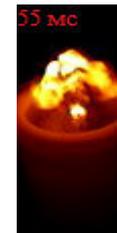


Рис.4, 5. 20 и 55 мс образования плазмоида.

Вторая стадия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Б.М. Смирнов. Физика шаровой молнии // Успехи физических наук. – 1990. - Т. 160, вып.4, 6, 19 с.
2. Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии - Москва Энергоатомиздат, 1985 – 53, 88, 47 с.
3. Jianyong Cen, Ping Yuan, Simin Xue. Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning// PHYSICAL REVIEW LETTERS. – 2013.
4. А.М. Бойченко, Шаровые молнии с временем жизни ≤ 1 с, Журнал технической физики, 1999, т.69, вып.10
5. А.И. Егоров, С.И. Степанов, Долгоживущие плазмоиды – аналоги шаровой молнии, возникающие во влажном воздухе, Журнал технической физики, 2002, т.72, вып.12
6. A Versteegh, K Behringer, U Fantz, G Fussmann and S Noack. Long-living plasmoids from an atmospheric water discharge. Plasma sources science and technology. – 2008, вып. 17.
7. N Hayashi, H Sasaki, T Mohri, T Kajiwara, T Tanabe, Nature of Luminous Body Produced by Pulsed Discharge on a Electrolyte Solution in The Atmosphere, Proceedings of International Conference on Gas Discharges and Their Application. – 2010, 312-315 с.