

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

О прохождении плазмоида через стекло

Н.А. Мискинова, Б.Н. Швилкин

Экспериментально показано, что искусственно созданные плазмоиды, подобные шаровой молнии, могут проникать через стекло, оставляя в нём круглые отверстия с ровными краями.

Ключевые слова: плазмоид, импульсный разряд, шаровая молния, взрывы проволочек

PACS numbers: 52.80.Mg, 52.80.Qj

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201512d.1333

Содержание

1. Введение (1333).
2. Получение плазмоидов (1333).
3. Прохождение плазмоидов через стеклянные пластинки (1334).
4. Заключение (1335).

Список литературы (1335).

1. Введение

Интерес к изучению электрических явлений в атмосфере, имеющий многолетнюю историю, не утрачен до сих пор. обстоятельный обзор, посвящённый атмосферному электричеству, недавно опубликован в *УФН* [1]. Сюда же можно отнести и работу [2]. Автор [1] справедливо отмечает, что "на фоне общего понимания физики атмосферного электричества имеется недопонимание его отдельных элементов". Одним из таких элементов, по нашему мнению, является шаровая молния. Её изучение, имеющее буквально многовековую историю, продолжается до сих пор. Проблемы шаровой молнии обсуждались даже на международных конгрессах [3–5].

Считается, что шаровая молния — это плазменное образование. Существует ряд моделей и теорий шаровой молнии. Одна из них, так называемая плазменная модель, была рассмотрена в середине XX в. П.Л. Капицей [6]. Согласно этой модели в воздухе могут появляться короткоживущие плазменные образования — плазмоиды. Время их жизни определяется временем рекомбинации электронов и ионов.

Проблемами шаровой молнии и разработкой её теории успешно занимался Б.М. Смирнов. Результаты его исследований опубликованы в ряде книг и статей, например, [7–11]. В работе [11] Б.М. Смирнов отмечает важность эксперимента для выбора правильной теоретической модели шаровой молнии. Большой интерес представляет также ставшая классической монография И.П. Стаханова [12].

Экспериментально искусственную шаровую молнию пытались получить многие исследователи различными способами. Так, например, в [13] шаровая молния создавалась импульсным электрическим разрядом над поверхностью воды. В [14] использовался высокочастотный разряд. Нами в работе [15] были получены искусственные плазмоиды с помощью импульсного газового разряда низкого напряжения в атмосфере при взрывах тонких металлических проволочек (см. также [16]).

В ряде публикаций утверждалось (см., например, [17]), что шаровая молния может проходить через стекло, оставляя в нём круглые отверстия. Справедливость этого утверждения подтвердилась в проведённых нами экспериментах. Используя методику [15, 16], мы показали, что в случае, когда плазмоиды образуются вблизи стеклянной поверхности с малыми металлическими вкраплениями или отверстиями в ней, они могут проходить через стекло с образованием достаточно больших отверстий с ровными краями.

2. Получение плазмоидов

Получение искусственных плазмоидов, аналогичных наблюдаемой в природе шаровой молнии, осуществлялось с помощью дугового импульсного разряда с низким напряжением между электродами — всего 100–250 В (величина тока достигала 100 А). При таких малых значениях напряжения пробой разрядного промежутка в атмосферном воздухе невозможен. Однако он происходит, если внутри разрядного промежутка появляются пары металла от взрывающейся проволочки. Разряд прерывается только тогда, когда значительная часть паров уходит на электроды и в окружающее пространство. При этом разряд гаснет, несмотря на приложенное к электродам напряжение. При таких пробоях над электродами

Н.А. Мискинова. Московский технический университет связи и информатики,
ул. Авиамоторная 8а, 111024 Москва, Российская Федерация
E-mail: namisk@yandex.ru

Б.Н. Швилкин. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, физический факультет,
Ленинские горы 1, стр. 2, 119991 Москва,
Российская Федерация
E-mail: bshvilkin@yandex.ru

Статья поступила 14 июля 2015 г.,
после доработки 6 сентября 2015 г.

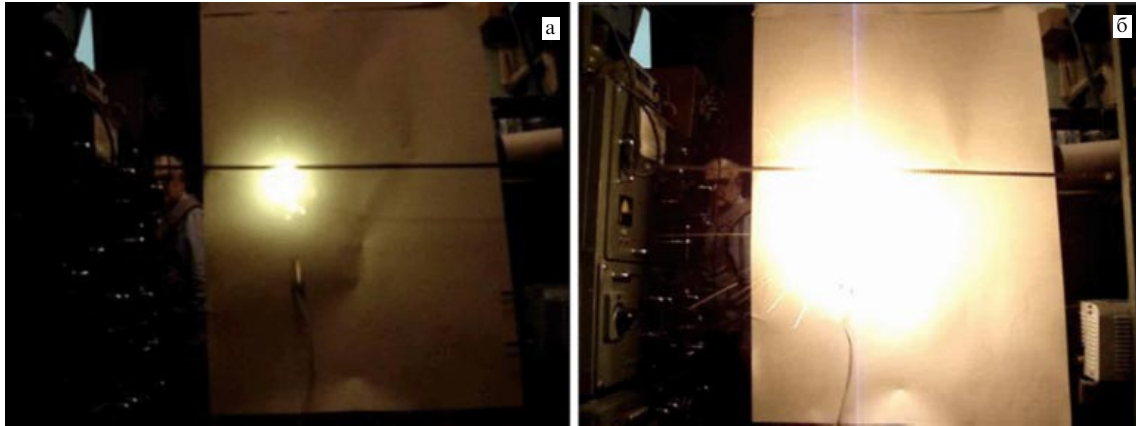


Рис. 1. Плазмоиды, полученные при импульсном пробое с разрядным током (а) 25 А и (б) 75 А.

образуются свободно висящие в воздухе светящиеся плазмоиды шарообразной формы, их время жизни достигает 0,1 с. В парах воды время существования плазмоидов увеличивается [13].

Для получения свободно висящих в воздухе светящихся плазмоидов взрыв проволоочки производился во время свободного падения электродов. Зафиксированные видеокамерой шары-плазмоиды, возникающие при импульсных пробоях разрядного промежутка, показаны на рис. 1. Они хорошо видны на фоне двух листов белой бумаги, отделённых друг от друга тёмной реперной линией. Плазмоиды получены при разрядном токе 25 А (рис. 1а) и 75 А (рис. 1б). Их можно считать лабораторной моделью шаровой молнии [15, 16]. В опытах размеры шаров изменялись от нескольких десятков сантиметров до 1 м.

3. Прохождение плазмоидов через стеклянные пластинки

Возможность проникновения через стекло шаровой молнии была нами изучена на примере прохождения искусственно созданных в воздухе плазмоидов через стеклянные пластинки. Для этого использовалось устройство, изображённое на рис. 2. В результате взрыва проволоочки диаметром 0,05 мм, длиной 1 см и массой около 0,2 мг образуется плазмоид 1 над электродами 2 и 3. Вложенная энергия не превышала 250 Дж при длительности импульса $\approx 0,01$ с. Плазмоид возникает вблизи стеклянной пластинки 4. Внутри её помещается другая тонкая проволоочка 6 диаметром около 0,02 мм, контактирующая с заземлённой металлической пластинкой 5. Если при замыкании ключа 8 появившийся плазмоид 1 непосредственно контактирует с проволоочкой 6, то в стеклянной пластинке 4 возникает токовый канал. Одновременно с этим в металлической пластинке 5 образуется отверстие.

Каналы в стеклянной пластинке толщиной в 1 мм отчётливо видны на рис. 3. При разрядном токе 25 А диаметр канала 1 оплавленного стекла составлял приблизительно 2 мм, а при токе 50 А диаметр канала 2 — около 3 мм. Если аккуратно удалить оплавленный ободок, то под ним обнаруживаются отверстия с ровными краями диаметром более 5 мм (см. рис. 3, канал 3). Диаметр

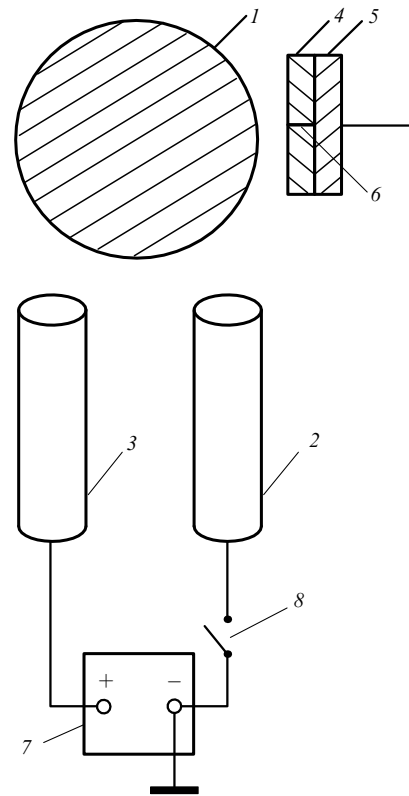


Рис. 2. Схема устройства для получения плазмоидов: 1 — плазмоид, 2 и 3 — электроды, 4 — стеклянная пластинка, 5 — металлическая пластинка, 6 — проволока, 7 — источник питания, 8 — ключ.

отверстия 5 в металлической пластинке из оцинкованного железа толщиной 0,5 мм составляет 4 мм.

Заметим, что плазмоиды проходят через стеклянные пластинки и без проволоочки внутри них, если в пластинке имеется небольшое отверстие диаметром около 0,5 мм (рис. 3, канал 4).

Следует отметить также, что такие плазмоиды позволяют создавать кумулятивные каналы [18], локально концентрировать энергию на катоде [19] и проводить шовную кумулятивную плазменную сварку тонких металлических пластин [20].



Рис. 3. Вид отверстий после прохождения шаровой молнии: 1 и 2 — отверстия диаметром 2 и 3 мм с оплавленными краями в стеклянной пластинке толщиной 1 мм при разрядном токе соответственно 25 и 50 А; 3 — отверстие с ровными краями диаметром более 5 мм, полученное после удаления оплавленного ободка у отверстий 1 и 2; 4 — отверстие, полученное в стеклянной пластинке ещё до разряда имелось малое (диаметром около 0,5 мм) отверстие; 5 — отверстие диаметром 4 мм в металлической пластинке толщиной 0,5 мм.

4. Заключение

Представленные в настоящей статье результаты показывают, что прохождение шаровых молний сквозь оконное

стекло с образованием ровных круглых отверстий возможно, если в стекле существуют мелкие дефекты из металлов с высокой проводимостью, не видимые невооружённым глазом, или малые отверстия. Когда шаровая молния под действием электрических сил устремляется в такой дефект, она может просачиваться сквозь стекло, подобно разряду от генератора Теслы. Этот разряд проходит через очень малые, незаметные глазу, отверстия в стеклянных сосудах, что хорошо известно и широко используется в вакуумной технике при поиске течей в вакуумных системах.

Список литературы

1. Смирнов Б М *УФН* **184** 1153 (2014); Smirnov B M *Phys. Usp.* **57** 1041 (2014)
2. Пустовойт В И *Радиотехника и электроника* **51** 996 (2006); Pustovoyt V I *J. Commun. Technol. Electron.* **51** 937 (2006)
3. Гладышев Г П, Смирнов Б М *УФН* **157** 364 (1989); Gladyshev G P, Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **32** 186 (1989)
4. Дайкхайс Г С *УФН* **161** (1) 187 (1991); Dijkhuis G C *Sov. Phys. Usp.* **34** 97 (1991)
5. Дайкхайс Г С *УФН* **163** (5) 124 (1993); Dijkhuis G C *Phys. Usp.* **36** 445 (1993)
6. Капица П Л *ДАН СССР* **101** 245 (1955); Перевод на англ. яз.: Kapitza P L *Collected Papers* Vol. 2 (Oxford: Pergamon Press, 1965) p. 776
7. Смирнов Б М *Проблема шаровой молнии* (М.: Наука, 1988)
8. Смирнов Б М *УФН* **162** (8) 43 (1992); Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **35** 650 (1992)
9. Смирнов Б М *УФН* **160** (4) 1 (1990); Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **33** 261 (1990)
10. Смирнов Б М *УФН* **161** (8) 141 (1991); Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **34** 711 (1991)
11. Смирнов Б М *УФН* **116** 731 (1975); Smirnov B M *Sov. Phys. Usp.* **18** 636 (1975)
12. Стаханов И П *Физическая природа шаровой молнии* (М.: Атомиздат, 1979)
13. Шабанов Г Д, Жеребцов О М, Соколовский Б Ю *Химическая физика* **25** (4) 74 (2006)
14. Корум К Л, Корум Дж Ф *УФН* **160** (4) 47 (1990)
15. Мискинова Н А, Швилкин Б Н *Химия и жизнь* (3) 22 (2002)
16. Кузьмин Р Н, Мискинова Н А, Швилкин Б Н *Химическая физика* **25** (3) 90 (2006)
17. Никитин А И и др. *Химическая физика* **25** (4) 98 (2006)
18. Мискинова Н А, Швилкин Б Н, Патент РФ № 2537383 (2013)
19. Мискинова Н А, Швилкин Б Н, Патент РФ № 2483500 (2010)
20. Кузьмин Р Н, Мискинова Н А, Швилкин Б Н, Патент РФ № 2453408 (2010)

On the penetration of a plasmoid through glass

N.A. Miskinova

Moscow Technical University of Communication and Informatics,
ul. Aviamotornaya 8a, 111024 Moscow, Russian Federation
E-mail: namisk@yandex.ru

B.N. Shvilkin

M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics,
Leninskie gory 1, str. 2, 119991 Moscow, Russian Federation
E-mail: bshvilkin@yandex.ru

It is shown experimentally that an artificial ball-lightning-similar plasmoid can penetrate through glass leaving a round smooth-edged hole in it.

Keywords: plasmoids, pulsed discharge, ball lightning, exploding wires

PACS numbers: 52.80.Mg, 52.80.Qj

DOI: 10.3367/UFNr.0185.201512d.1333

Bibliography — 20 references

Received 14 July 2015, revised 6 September 2015

Uspekhi Fizicheskikh Nauk **185** (12) 1333–1335 (2015)

Physics – Uspekhi **58** (12) (2015)