

и для просчитанных вариантов коэффициент отражения равнялся нулю во все время действия лазерного импульса.

Таким образом, проведенное исследование показало, что поглощение лазерного излучения вблизи границы плазмы обуславливает закалку заряда ионов плазмы в этой области. Полученные результаты качественно согласуются с результатами экспериментальных наблюдений [1, 2].

Поступила 25 X 1977

ЛИТЕРАТУРА

1. Быковский Ю. А., Дегтяренко Н. Н., Елесин В. Ф., Козырев Ю. П., Сильнов С. М. Масс-спектрометрическое исследование лазерной плазмы. — ЖЭТФ, 1971, т. 60, с. 1306.
2. Rumsby R. T., Paul J. W. M. Temperature and density of an expanding laser produced plasma. — «Plasma Physics», 1974, vol. 16, p. 247.
3. Кузнецов Н. М., Райзер Ю. П. О рекомбинации электронов в плазме, расширяющейся в пустоту. — ПМТФ, 1965, № 4, с. 10.
4. Афанасьев Ю. В., Розанов В. Б. Энергетический спектр многозарядных ионов в лазерной плазме. — ЖЭТФ, 1972, т. 62, с. 247.
5. Ловецкий Е. Е., Поляничев А. Н., Фетисов В. С. Разлет рекомбинирующей плазмы в вакуум. — ЖТФ, 1974, № 5, с. 1025.
6. Поляничев А. Н., Фетисов В. С. Расширение в вакуум многозарядной плазмы. — ЖТФ, 1975, № 11, с. 2337.
7. Брагинский С. И. Явления переноса в плазме. — В кн.: Вопросы теории плазмы. Вып. 1. М., Атомиздат, 1963.
8. Райзер Ю. П. Простой метод оценки степени ионизации и термодинамических функций идеального газа в области многократной ионизации. — ЖЭТФ, 1959, т. 36, с. 1583.
9. Вайнштейн Л. А., Собельман П. П., Югов Е. А. Сечения возбуждения атомов и ионов электронами. М., «Наука», 1973.
10. Спитцер Л. Физика полностью ионизированного газа. М., ИЛ, 1957.

УДК 533.9+518.5+537.517

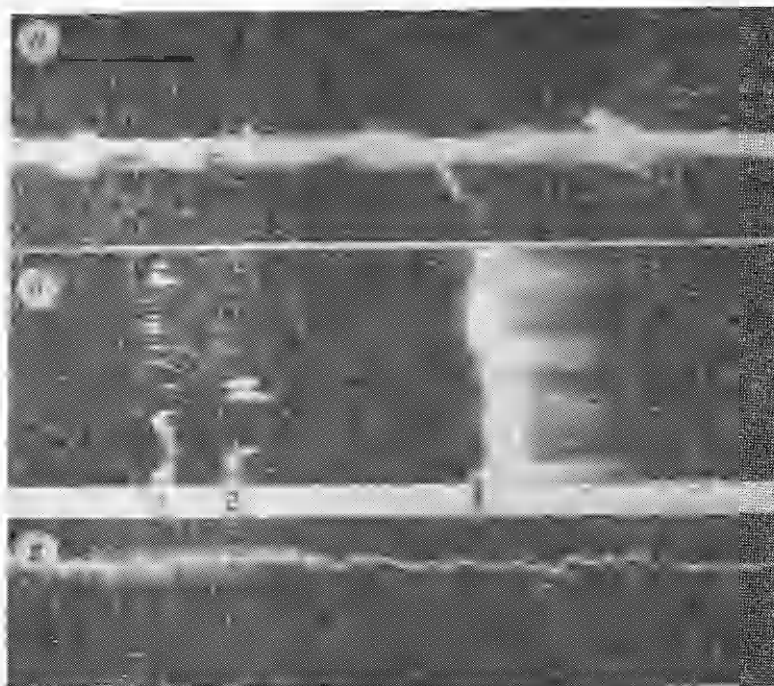
ВЗРЫВНАЯ ЭМИССИЯ В УПРАВЛЯЕМЫХ СКОЛЬЗЯЩИХ РАЗРЯДАХ

С. И. Андреев, Е. А. Зобов, А. Н. Сидоров

(Ленинград)

В работе [1] предложен метод управления процессом развития разряда скользящей искрой вдоль поверхности пленочного диэлектрика путем введения в эту поверхность центров эмиссии из химических соединений с низкой работой выхода электронов.

Данная работа посвящена исследованию природы такого способа управления. Поставлены специальные эксперименты, которые показали, что определяющее влияние на эффект управления оказывают микровзрывы отдельных частиц, вводимых в поверхность. Данные фигуры, *a* (фотография скользящей искры сбоку) иллюстрируют это положение. Отчетливо виден разлет светящихся осколков центров эмиссии (видимый диаметр канала составляет примерно 0,5 мм). Размер разлетающихся при микровзрыве осколков 10—100 мкм. Размер отдельных частиц, вводимых в



поверхность, $\sim 200\text{--}500$ мкм. При проектировании оси канала разряда вдоль щели фоторегистратора (СФР) обнаружено, что микровзрывы возникают не только в момент перекрытия разрядного промежутка (на фигуре, б этот момент обозначен стрелкой), но и в незавершенных стадиях разряда в моменты, соответствующие «выбросам» емкостного тока [2] (фигура, б, 1 и 2).

Оказалось, что видимая интенсивность микровзрывов существенно зависит от температуры плавления металлов, из которых состоят отдельные частицы. (Управление достигается при нанесении на поверхность диэлектрической пленки лака, в котором взвешены металлические порошки.) Если часть управляющей полосы нанести с использованием порошка титана ($T_{\text{пл}} = 1600^\circ\text{C}$), а затем продолжить ее, используя порошок металлического кальция ($T_{\text{пл}} = 850^\circ\text{C}$), то развитие скользящей искры на этих участках отличается интенсивностью микровзрывов. Это иллюстрируется на фигуре, в (более интенсивная область свечения относится к части управляющей полосы с кальцием, а менее интенсивная с титаном).

До сих пор рассматривали микровзрывы с металлическими порошками. Как было показано в [1], управление имеет место и при использовании диэлектрических порошков. В этом случае микровзрывы выражены слабее. Наиболее эффективное управление имеет место при использовании смеси порошков окиси бария и графита. Сам по себе графит является малоэффективным для управления (опыты с графитом проводились ранее [3]). В этой смеси наблюдается резкое увеличение интенсивности микровзрывов из частиц графита.

Объяснение этому, по нашему мнению, следующее. Наличие диэлектрических частиц с низкой работой выхода (окись бария) приводит к большому числу электронных лавин и стримерных каналов вблизи головки развивающегося лидера. Частицы графита являются токосборни-

ками или проводящими перемычками между лавинами. В результате через частицы графита протекает большой ток. Этот ток и приводит к взрыву проводящие частицы. Чем легче материал проводника плавится и чем больше через него течет ток, тем интенсивнее идут взрывные процессы.

Отметим еще одну особенность. Как показали опыты, особо высокую эффективность управления удается получить, если ограничить управляющую полосу с обеих сторон полосами с порошками, эмиссия из которых минимальна (например, закиси меди Cu_2O). При этом развитие скользящей искры происходит на границе между двумя полосами. Совокупность полученных данных позволяет высказать следующую гипотезу.

Развитие пробоя происходит вдоль границы раздела между двумя неоднородными областями, отличающимися различной ионизационной способностью. В поле головки приближающегося лидера возникают интенсивные ионизационные процессы, которые создают тем больший градиент поля между этими областями, чем пространственно резче эти области разграничены между собой. Чем больше величины продольного градиента поля, тем эффективнее управление развитием длинной искры.

С точки зрения этой гипотезы объясняется тот факт, что ионизирующее излучение [3], использование «инициатора» особой формы [4] (металлического проводника, находящегося под слоем диэлектрика, по поверхности которого развивается скользящая искра) и другие способы управления преимущественным направлением развития разряда оказываются малоэффективными. В этих случаях не образуется столь резкая граница областей с различной интенсивностью ионизации, как в случае использования двух полос с различной эмиссионной способностью.

Отметим также, что предложенный метод управления позволяет существенно снизить пробойные напряжения скользящей искры.

Поступила 9 XII 1977

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев С. П., Белоусова И. М., Данчук П. П., Зарослов Д. Ю., Зобов Е. А., Карлов Н. В., Кузьмин Г. П., Никифоров С. М., Прохоров А. М., Сидоров А. П., Челноков Л. А., Ярышева М. Д. CO_2 -лазер, пинцируемый скользящим разрядом. «Письма в ЖЭТФ», 1976, т. 21, вып. 7, с. 424.
2. Андреев С. П., Зобов Е. А., Сидоров А. П. Метод управления развитием и формированием системы параллельных каналов скользящих искр в воздухе при атмосферном давлении. — ПМТФ, 1976, № 3, с. 12.
3. Стекольников С. П. Физика молнии и грозозащита. М., Изд-во АН СССР, 1943.
4. Tawil E. P. New development in guided air sparks. — In: Proc. of the Intern. Congress on High-Speed Photogr. London, 1957, p. 9—13.