

УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОГРЕТОЙ ВОЛЬФРАМОВОЙ ПРОВОЛОКИ К ВЗРЫВНОЙ ЭМИССИИ

С. М. Захаров, С. А. Пикуз, В. М. Романова

Несмотря на многочисленные исследования (см., например, обзоры в [1, 2]), до сих пор не существует общепринятой картины высоковольтного вакуумного пробоя. Не ясно, в частности, какой именно процесс является его инициатором, отвечает за образование взрывной плазмы.

Сильноточные ускорители, принцип действия которых основан на механизме взрывной эмиссии, работают при напряжении порядка сотен киловольт, т. е. такого напряжения,

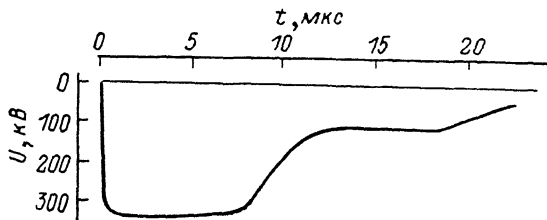


Рис. 1. Импульс напряжения ГИН.

как правило, достаточно для образования прикатодной взрывной плазмы. Испытывая различные катоды для сильноточного микросекундного ускорителя с целью стабилизации его импеданса, мы обратили внимание на высокую стойкость (до 3 МВ/см) катода из прогретой вольфрамовой проволоки к взрывной эмиссии. Это значение напряженности не рекордное, но чрезвычайно высокое для обычных условий.

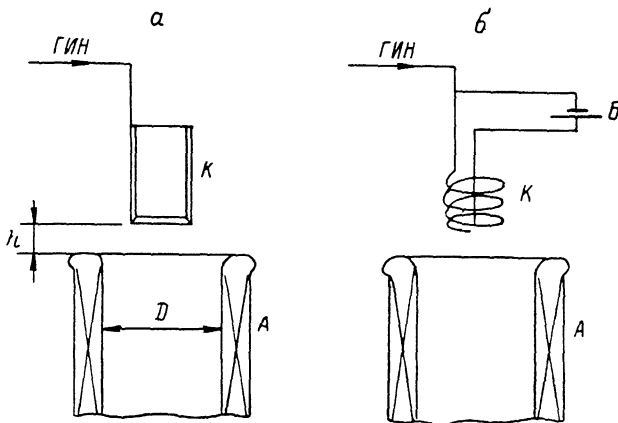


Рис. 2. Катод-анодный промежуток диода с кромчатым (а) и проволоочным (б) катодами. К — катод, А — анод (труба дрейфа), Б — аккумуляторная батарея. $h=10$ мм, $D=46$ мм.

Работа велась на сильноточном микросекундном ускорителе с коаксиальным магнитоизолированным диодом [3]. Отличительная черта ускорителя — ГИН, выполненный в виде искусственной линии. Он формировал квазипрямоугольный импульс напряжения амплитудой до 400 кВ с фронтом нарастания менее 0.5 мкс и длительностью плоской вершины 7.5 мкс (рис. 1). Такой режим питания диода позволял легко контролировать постоянство его импеданса.

С обычным кромочным катодом (торец трубки из нержавеющей стали) (рис. 2, а) при напряжении 250—370 кВ диод генерировал квазипрямоугольный импульс тока с амплитудой 1.7—2.5 кА, фронтом около 0.5 мкс и длительностью плоской вершины 5—3 мкс (рис. 3 б). С вольфрамовым катодом (цилиндрическая спираль из холоднотянутой проволоки диаметром 0.3 мм, имитирующая трубку кромочного катода) (рис. 2, б) без прогрева взрывная эмиссия

наблюдалась в каждом выстреле, и диод, как обычно, генерировал ток свыше 1 кА. Форма его импульса, правда, была не столь прямоугольной, но объясняется это просто неточностью юстировки спирального катода недостаточно жесткой конструкции (рис. 3, а). Однако уже сравнительно кратковременный (30 с) прогрев спирали до температуры «белого каления» (около 1200 °С) повышал стойкость вольфрама к взрывной эмиссии до такой степени, что ток в диоде не наблюдался вплоть до максимального напряжения на нем. При этом расчетная напряженность электрического поля на поверхности проволоочки достигает (без учета усиления на микроостриях) 3 МВ/см. Поверхность холоднокатаной проволоки дополнительно никак не обрабатывалась, режим прогрева случайный, вакуум сравнительно невысокий ($2 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.), т. е. специальные меры к повышению электроизоляционных свойств вакуумного промежутка не принимались. Спираль нагревалась током от аккумулятора непосредственно в рабочем положении в диоде. Стойкость к взрывной эмиссии сохранялась в течение нескольких выстрелов при интервалах между ними, достигающих 30 мин. Она проявлялась и при стрельбе с раскаленным катодом, однако не столь постоянно.

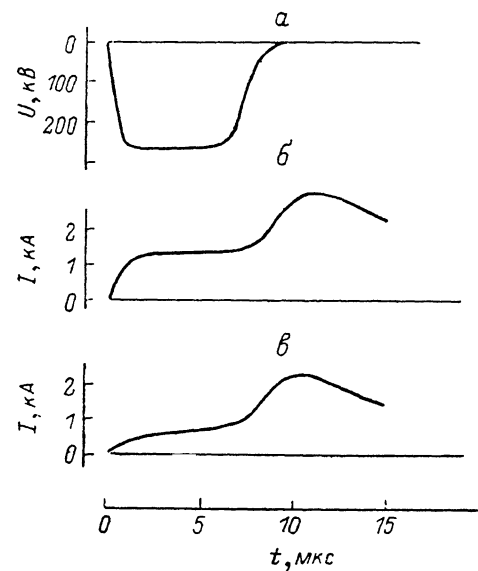


Рис. 3. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б, в) диода.

правило, многочасового прогрева с тем, чтобы он способствовал повышению электропрочности [2]. Однако в нашем случае важным является сам факт прогрева, а не условия, в которых он производится. Естественно предположить поэтому, что изменения микро рельефа поверхности, происходящие в процессе нагрева и последующего остывания, не играют в данном случае существенной роли в образовании взрывной плазмы. Более обоснованным выглядит предположение, что материалом плазмы здесь является диэлектрическая «грязь» на поверхности катода, например масляная пленка. Она легко удаляется прогревом и через некоторое время, особенно в условиях масляной откачки, может вновь появиться на поверхности.

Возможно, в сильноточных установках типа нашей вообще не возникает «чистая» взрывная плазма (т. е. плазма, образующаяся только за счет взрыва микроострий протекающим через них большим автомиссионным током). Для нее, видимо, требуются еще большие напряженность поля и напряжение (учитывая эффект полного напряжения), чем даже те солидные значения, которые были достигнуты в данной работе.

В заключение отметим, что высокая стойкость к взрывной эмиссии позволила использовать сетки из прогреваемой вольфрамовой проволоки в качестве охранных экранирующих электродов.

Литература

- [1] Месля Г. А., Проскуровский Д. И. Импульсный электрический разряд в вакууме. Новосибирск: Наука, 1984. 254 с.
- [2] Сливков И. Н. Процессы при высоком напряжении в вакууме. М.: Энергоатомиздат, 1986. 254 с.
- [3] Воронин В. С., Захаров С. М., Пикуз С. А., Казанский Л. Н. // Письма в ЖТФ. 1981. Т. 7. Вып. 20. С. 1224—1227.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
АН СССР
Москва

Поступило в Редакцию
26 января 1988 г.