

## О ВЛИЯНИИ ПРИКАТОДНОГО ОБЪЕМНОГО ЗАРЯДА НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ТВЕРДЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

А. В. БАРАНОВ, М. Н. ЛИСЕЦКАЯ, И. С. ПИКАЛОВА

(Представлена научным семинаром кафедры техники высоких напряжений)

При многолавиностримерном механизме формирования разряда в твердых диэлектриках до зарождения стримера на аноде, приводящего к пробою, в малую область анода приходит несколько электронных лавин [1, 2]. При этом электрическая прочность обратно пропорциональна плотности тока эмиссии с катода [2], что подтверждается экспериментами по влиянию облучения катода ультрафиолетовым светом и материала катода на электрическую прочность каменной соли. Следовательно, уменьшая эмиссию с катода, можно добиться увеличения электрической прочности.

При изучении импульсной электропроводности щелочногалоидных кристаллов были получены закономерности, указывающие на формирование отрицательного объемного заряда в области катода за счет оседания электронов в ловушках [4], который ограничивает ток эмиссии с катода. Создание прикатодного пространственного заряда рассмотрено в ряде других работ [5, 6]. В частности, в [6] указывается на хорошую устойчивость прикатодного пространственного заряда.

В настоящей работе приводятся данные по измерению электрической прочности щелочногалоидных кристаллов, которые предварительно подвергались действию сильного электрического поля.

### Эксперимент

Объектом исследования служили монокристаллы каменной соли (толщиной 10 и 60 мк) и КВг (толщиной 10 мк). Образцы изготавливались по методике [7]. В качестве материала электродов использовался насыщенный раствор соответствующей соли (электролит —) и графит.

На исследуемый образец диэлектрика предварительно подавалось несколько импульсов прямоугольной формы с длительностью фронта  $5 \cdot 10^{-6}$  сек и амплитудой на 30% ниже пробивной. Затем амплитуда увеличивалась и образец пробивался на фронте импульса.

На рис. 1—3 показаны зависимости вероятности пробоя диэлектрика от напряженности поля  $\varphi = f(E)$ . Из этих кривых видно, что в случае предварительной подачи на исследуемый образец диэлектрика небольшого количества импульсов напряжения его электрическая прочность возрастает. При использовании графитовых электродов электрическая прочность каменной соли ( $d = 60$  мк) при подаче 2÷3 предварительных

импульсов увеличивается на 26%, при 90% вероятности пробоя (рис. 1, кривая 1—2) по сравнению с электрической прочностью таких же образцов, но без предварительной подачи импульсов напряжения (рис. 1, кривая 1-1).

При подаче 10 предварительных импульсов  $E$  не изменялась. Кривая II—1, 2, рис. 1 показывает аналогичные зависимости для каменной соли толщиной 10 мк с графитовыми электродами.

При подаче 2÷3 предварительных импульсов, при 90% вероятности пробоя, упрочнение составляет

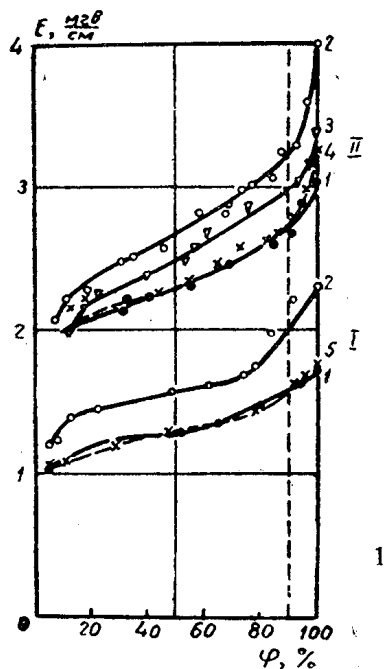


Рис. 1. Зависимость пробивной напряженности каменной соли от вероятности пробоя с графитовыми электродами: I — толщина  $d = 60$  мк; II — толщина  $d = 10$  мк, 1 — без предварительного воздействия напряжением, 2 — с предварительным воздействием напряжением, 3 — с предварительным воздействием импульсов и слабым освещением ультрафиолетовым светом, 4 — с предварительным воздействием импульсов и сильным освещением, 5 — влияние изменения polarity импульса.

32%, что свидетельствует об усилении этого эффекта с уменьшением толщины.

Для кристаллов КВг 10 мк с электродами из электролита (рис. 2) упрочнение составляет 30% при 90% вероятности пробоя.

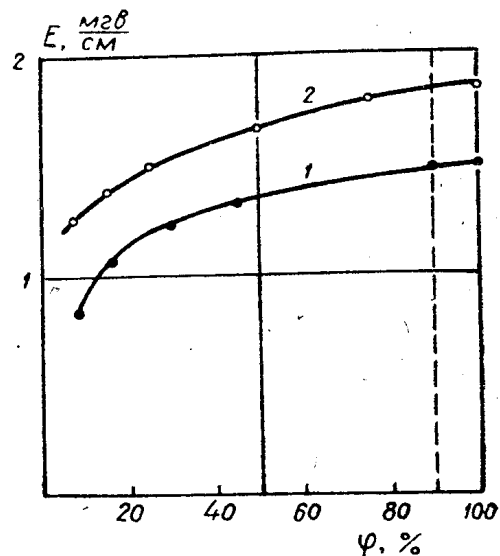


Рис. 2. Зависимость пробивной напряженности КВг толщиной 10 мк от вероятности пробоя с электролитовыми электродами: 1 — без предварительного воздействия импульсным напряжением, 2 — с предварительным воздействием напряжением.

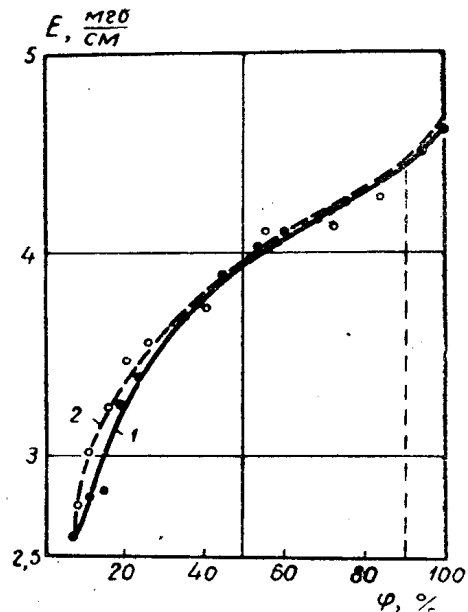


Рис. 3. Зависимость пробивной напряженности каменной соли толщиной 10 мк от вероятности пробоя с жидкостными электродами: 1 — без предварительного воздействия напряжением, 2 — с предварительным воздействием напряжением.

При исследовании электрической прочности каменной соли с жидкими электродами после предварительной подачи напряжения, упрочнение обнаружено не было (рис. 3).

Были проведены исследования по влиянию облучения ультрафиолетовым светом на величину упрочнения.

С этой целью образцы каменной соли с графитовыми электродами после предварительного воздействия напряжения облучались искровым разрядником, а затем пробивались.

Было найдено, что эффект упрочнения диэлектрика снимается при длительном облучении (20 импульсов длительностью 20 мксек рис. 1, кривая II—4). При кратковременном облучении 2—5 подсвечивающими импульсами имеется лишь небольшое снижение электрической прочности (рис. 1, кривая II—3).

Эффекта упрочнения не было обнаружено в образцах из каменной соли с графитовыми электродами, если на исследуемый образец после предварительного воздействия импульсным напряжением подавался импульс противоположной полярности (рис. 1, кривая I—5).

### Обсуждение результатов

При использовании графита в качестве материала катода эмиссия электронов, обусловленная действующим полем  $E$ , увеличивается благодаря неровностям на эмитирующей поверхности в результате местного увеличения поля. Кроме того, экспериментально найдено [3], что электрическая прочность твердого диэлектрика при графитовых электродах ниже по сравнению с использованием жидкостных электродов. Можно считать в этом случае, что эмиссия электронов с катода начинается в более слабом среднем поле  $E_{cp}$  на аноде при многолавиностримерном механизме пробоя. Эмитированные электроны частично оседают в ловушках и образуют отрицательный объемный заряд в прикатодной области, экранирующий эмиссию с неровностей катодной поверхности.

При этом затрудняется накопление зарядов у анода и зарождение стримера после предварительного воздействия напряжением. Для того, чтобы произошел пробой в этом случае, требуется усиление напряженности поля.

Под действием ультрафиолетового облучения электроны частично освобождаются из ловушек и частично рассеиваются. При этом экранирующее действие отрицательного объемного заряда уменьшается и эффект упрочнения несколько снижается. При длительном облучении отрицательный заряд вблизи точек эмиссии на катоде рассеивается в значительной степени и упрочнение полностью снимается.

При длительном воздействии напряжения (большое число предварительных импульсов) эффекта упрочнения не наблюдается. Это, видимо, связано с тем, что плотность образовавшегося отрицательного объемного заряда очень велика и появилась возможность освобождения электронов из ловушек за счет поля  $E$ , что приводит к снижению электрической прочности.

При использовании жидких электродов, как показывают измерения электропроводности [4], также создается отрицательный объемный заряд вблизи катода. Представляется, что эмиссия из жидкого катода происходит благодаря наличию в кристалле вблизи катода отрицательных вакансий. Вылетающие с катода электроны частично оседают в отрицательных вакансиях, что приводит к снижению тока эмиссии. Предварительно поданные импульсы напряжения могут привести к образованию отрицательного объемного заряда у катода за счет захвата электронов вакансиями, что может обусловить возрастание электрической прочности.

При исследовании импульсной электропроводности были обнаружены значительные электронные токи в кристаллах КВг и КСІ.

В каменной соли при использовании жидкостных электродов в пределах чувствительности схемы ( $5 \cdot 10^{-8}$  а/мм экрана осциллографа) токов обнаружено не было. Поэтому становится понятным факт, что в каменной соли и не наблюдается упрочнения после предварительного воздействия напряжения.

### Выводы

1. Обнаружено повышение электрической прочности в кристаллах каменной соли и КВг после предварительного воздействия импульсным напряжением.

2. Эффект упрочнения снимается после облучения диэлектрика ультрафиолетовым светом.

3. Упрочнение твердого диэлектрика объясняется образованием в прикатодной области пространственного заряда.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Воробьев. Изд. АН СССР, отд. техн. наук. Энергетика и транспорт, № 2, 1963.
2. А. А. Воробьев, Г. А. Воробьев. Радиотехника и электроника, том VII, вып. 9, 1962.
3. Г. А. Воробьев, Т. Кочербаев. Радиотехника и электроника, том. 10, вып. 3, стр. 397, 1964.
4. А. В. Баранов. Сб. трудов межвузовской конференции по пробое диэлектриков и полупроводников, ГЭИ, 1964.
5. И. М. Ящук ова. Изв. вузов — Физика, № 5, 18, 1962.
6. Я. Н. Першиц, Уч. записки Псковского Гос. пединститута, вып. III, 1955.
7. Г. А. Воробьев, В. А. Кострыгин, Л. Т. Мурашко, ПТЭ, № 5, 1961.