

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ В ПРЕССОВАННОМ АЗИДЕ СВИНЦА В ПРЕДПРОБИВНЫХ ПОЛЯХ

А. И. ГАВРИЛИН, Н. И. ДИМОВА

(Представлен научным семинаром научно-исследовательского института ядерной  
физики)

Известно очень мало экспериментальных работ, посвященных исследованию явлений, предшествующих электрическому пробоем твердых диэлектриков, и совершенно отсутствуют работы, в которых исследовались бы предпробивные явления в первичных ВВ.

Для первичных ВВ до настоящего времени экспериментальное изучение электрического пробоя сводилось в основном к исследованию зависимости электрической прочности от различных факторов (температуры, примесей, формы используемого напряжения и т. д.) [1, 2]. Величина электрической прочности во многом зависит от конкретных условий опыта (наличие в образцах дефектов, микротрещин, качество контакта с электродами, неоднородность поля в образце и т. д.). Контролировать выполнение этих условий трудно, что зачастую приводит к невозможности сопоставления данных различных экспериментов.

С этой точки зрения предпробивные токи являются характеристиками реального вещества, учитывающие взаимодействие носителей тока со структурными элементами первичного ВВ, и представляют интерес для изучения явления электрического пробоя.

В настоящей работе исследовались предпробивные токи в прессованных образцах азида свинца  $PbN_6$  в виде таблеток.

### Методика экспериментов и обсуждение результатов

Исследования проводились на схеме, приведенной в работе [3]. Использовались одиночные прямоугольные импульсы с длительностью фронта  $10^{-5}$  сек и амплитудой до 2,5 кВ. Емкостные токи компенсировались, и измерялся только активный ток, протекающий через образец. Для усиления и регистрации активного тока использовались широкополосный усилитель УШ-10 и двухлучевой осциллограф ОК-17М.

Объектом исследования служили прессованные таблетки азида свинца толщиной  $50 \div 350$  мкм. Давление прессования изменялось в процессе опытов от 25 атм до 1600 атм.

Образцы изготавливались по методике, приведенной в другой нашей статье этого сборника. Как показали многие работы (обзор дан в [4]), электрическая прочность пористых керамических диэлектриков имеет пониженное значение. При этом чем больший размер имеют поры в образцах, тем ниже его электрическая прочность.

Прессованный азид свинца также представляет собой многофазную систему, состоящую из отдельных кристалликов, окруженных пленкой окисла и внутренних воздушных включений — пор. Таким образом, в дополнение к дефектам в монокристаллах, как, например, дефекты по Френкелю и Шоттки, имеются следующие дефекты:

- 1) микропоры,
- 2) окисные пленки на границе между отдельными кристалликами.

В газовых включениях пористых веществ, находящихся в сильном электрическом поле, возникают разряды. Именно эти разряды часто и являются основным процессом, приводящим к пробое пористого вещества.

На рис. 1 приведены осциллограммы напряжения на образце и тока, протекающего через образец, толщина образца  $d = 140$  мкн, давление прессования  $P = 25$  атм.

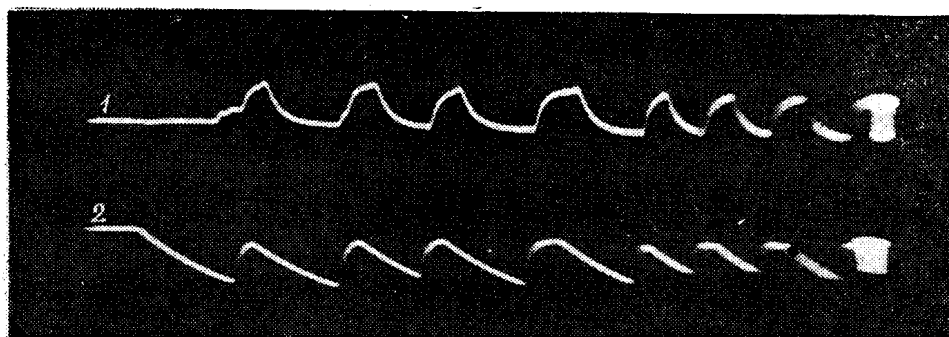


Рис. 1. Осциллограммы тока и напряжения при разрядах в порах прессованного азид свинца:  
1 — ток, 2 — напряжение

Как видно из этих осциллограмм, при некоторой напряженности электрического поля в порах начинаются разряды. Напряженность электрического поля, при которой происходит пробой воздушного слоя, не зависит от того, подводится ли их напряжение к слою непосредственно металлическими электродами или же между слоем воздуха и электродами находится диэлектрик [5].

Следует отметить, что снижение электрической прочности неоднородных диэлектриков подтверждено экспериментально многими авторами только для материалов с относительно крупными порами (диаметром не меньше 10 мкн). Что же касается влияния микропористости (диаметр 1—10 мкн) на  $E_{пр}$ , то этот вопрос требует специального исследования. Весьма возможно, что очень малые поры не вызовут заметного снижения  $E_{пр}$  хотя бы потому, что для пробоя воздуха в таких порах требуется весьма высокая напряженность поля.

Увеличив давление прессования до 1600 атм, нам удалось исключить разряды в порах и измерить активный ток, протекающий через образец в предпробивной стадии.

Полученные осциллограммы тока и напряжения показаны на рис. 2.

Было проведено исследование зависимости амплитуды тока от толщины таблетки при одинаковой напряженности поля для всех толщин, лежащей в области предпробивных значений. Зависимость  $I = f(d)$  для таблеток азид свинца показана на рис. 3. Как следует из этого рисунка, амплитуда тока увеличивается с ростом толщины таблетки.

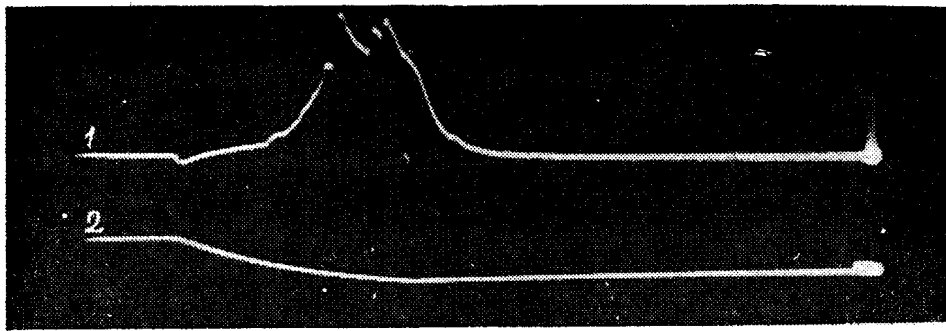


Рис. 2. Осциллограммы тока и напряжения:  
1 — ток, 2 — напряжение

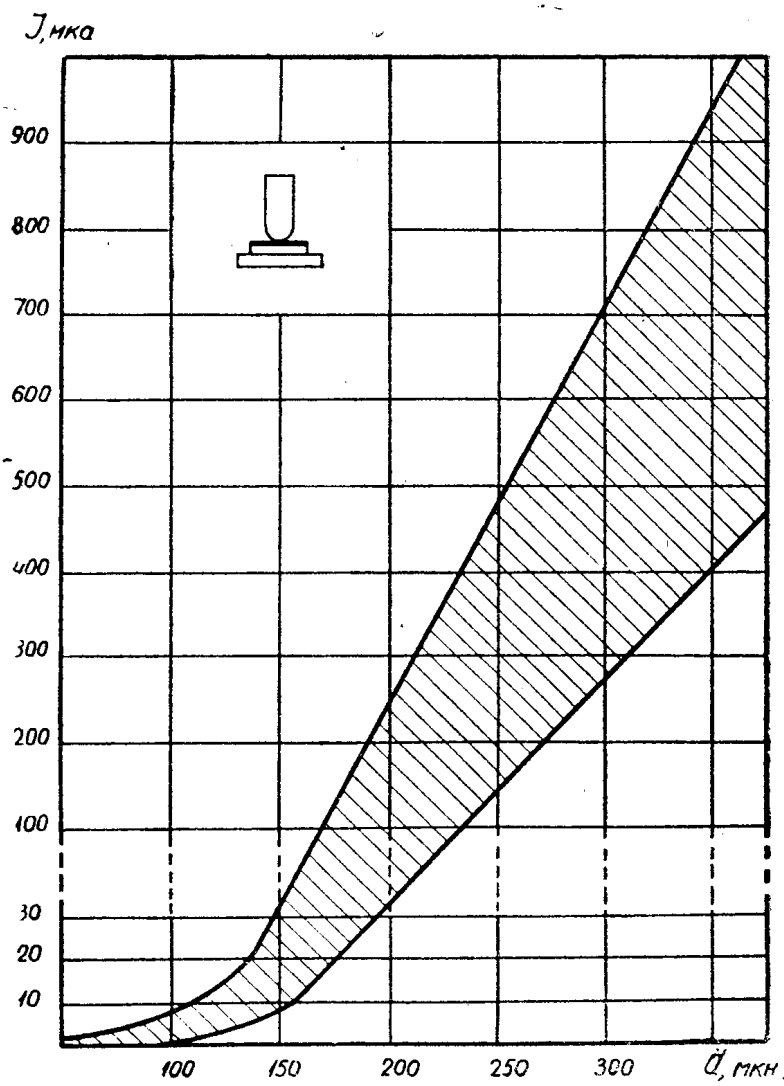


Рис. 3. Зависимость амплитуды тока от толщины образца в области предпробивных значений ( $E = 1 \cdot 10^5$  в/см)

Следовательно, ток обусловлен процессами, происходящими внутри образца в сильном электрическом поле.

Из осциллограммы (рис. 2) видно, что ток с напряжением меняется нелинейно. На основе полученной осциллограммы была построена вольт-амперная характеристика для образца толщиной  $d = 150$  мкн, приведенная на рис. 4.

Вольт-амперную характеристику на рис. 4 можно разбить на три участка. На участке при напряженностях поля от  $2,63 \cdot 10^4$  до  $4 \cdot 10^4$  в/см ток медленно возрастает с ростом поля. При некоторой критической напряженности поля для данного образца ( $E \sim 4 \cdot 10^4$  в/см) ток начинает резко возрастать. Причиной этого может быть появление нового механизма, приводящего к быстрому росту числа носителей тока. При напряженности  $E = 5 \cdot 10^4$  в/см ток достигает своего амплитудного значения и далее начинает уменьшаться.

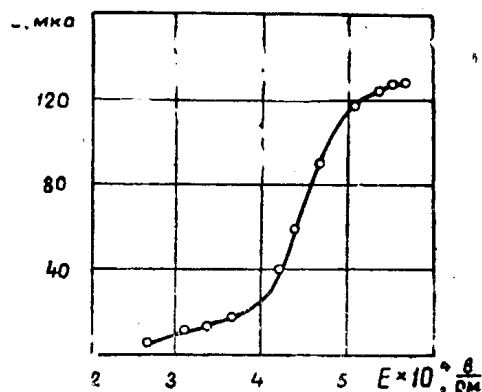


Рис. 4. Вольт-амперная характеристика для прессованного азид свинца. ( $d = 150$  мкн,  $P = 1600$  атм)

### Выводы

1. Амплитуда тока увеличивается с ростом толщины образца. Этот факт является доказательством того, что ток обусловлен процессами внутри образца в сильных электрических полях.

2. При некоторой критической для данного образца напряженности электрического поля начинается резкое увеличение тока, что свидетельствует о появлении нового механизма, приводящего к быстрому росту числа носителей тока.

В заключение авторы выражают благодарность проф. докт. Г. А. Воробьеву и кандидату физ.-мат. наук А. В. Баранову за ценные замечания при обсуждении полученных результатов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Захаров. Диссертация, Томск, 1963.
2. Ю. А. Захаров, Г. Г. Савельев, В. В. Болдырев. Кинетика и катализ. т. 5, вып. 5, 1964.
3. А. В. Баранов. Сборник трудов межвузовской конференции по пробам диэлектриков и полупроводников, ГЭИ, 1964.
4. Г. И. Сканава. Физика диэлектриков (область сильных полей). ГИФМЛ, 1958.