

**ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ  
ПРЕССОВАННЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ  
ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПОЛНЕНИЯ  
И ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ КРИСТАЛЛОВ**

*В. В. Стеньгач*

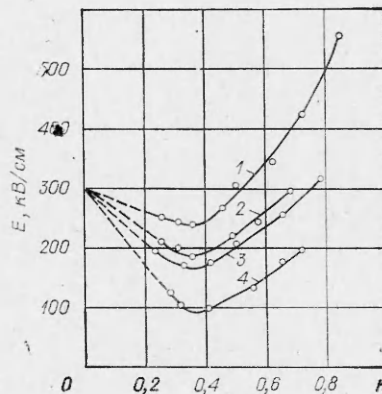
(Москва)

Приводятся экспериментальные результаты определения зависимости электрической прочности ряда прессованных кристаллических порошков, значительно отличающихся диэлектрической проницаемостью, от коэффициента заполнения. Дается объяснение полученным данным на основании рассмотрения распределения электрического поля в объеме двухфазного диэлектрика.

Большинство диэлектриков, применяющихся на практике, имеет неоднородную структуру. Таковы, например, бумага, керамика, прессованные порошки, пенопласты и др. Поэтому изучение пробоя неоднородных диэлектриков привлекало и привлекает внимание исследователей [1-4]. Прессованные кристаллические порошки являются двухфазными диэлектриками: часть объема занимают кристаллы вещества, другую часть — воздух. Представляет интерес выяснить, как зависит электрическая прочность прессованных кристаллических порошков от коэффициента заполнения и диэлектрической проницаемости кристаллов. Выяснению этого вопроса и посвящено данное сообщение.

На фигуре приведены зависимости электрической прочности прессованных порошков ряда диэлектриков от коэффициента заполнения  $k$ , т. е. от объемной доли кристаллов вещества в прессованном порошке. Электрическая прочность определялась осциллографическим методом при подаче на электроды импульса напряжения прямоугольной формы длительностью  $10^{-7}$  с. В качестве исследуемых веществ были выбраны диэлектрики, значительно отличающиеся по диэлектрической проницаемости, а именно: тэн ( $\epsilon=2,6$ ; кривая 1), каменная соль ( $\epsilon=6$ ; кривая 2), азид свинца ( $\epsilon=20$ ; кривая 3) и титанат бария ( $\epsilon=1200$ ; кривая 4). Средняя величина кристаллов, подвергавшихся прессованию веществ, была выбрана одинаковой (2—3 мк). В число исследуемых веществ вошли два представителя взрывчатых (азид свинца и тэн) и два представителя невзрывчатых кристаллических веществ (каменная соль и титанат бария).

Из графиков фигуры видно, что: а) кривые зависимостей электрической прочности  $E$  от коэффициента  $k$  для всех исследованных веществ имеют минимум, ко-



торый соответствует одинаковому значению  $k \approx 0,35$  для данной величины кристаллов; б) электрическая прочность прессованного порошка тем меньше при определенном значении  $k$ , чем больше диэлектрическая проницаемость кристаллов вещества; в) зависимость  $E=f(k)$  для взрывчатых порошкообразных веществ имеет такой же вид, как и для инертных диэлектрических порошков; г) электрическая прочность прессованных порошков, как правило, ниже электрической прочности воздуха при атмосферном давлении для тех же значений межэлектродного расстояния и длительности импульса напряжения; только при сравнительно больших значениях  $k$  электрическая прочность прессованного порошка становится выше электрической прочности воздуха (для тана при  $k > 50\%$ , для азида свинца при  $k > 75\%$ ).

В [5] для случая прессованного азида свинца экспериментально было показано, что пробой происходит по воздушной фазе. Этот результат можно распространить и на другие прессованные порошки. Вследствие того, что диэлектрическая проницаемость воздуха меньше диэлектрической проницаемости кристаллов, напряженность поля в воздушных промежутках больше, чем в кристаллах, так как на незаряженной границе раздела двух различных сред нормальная слагающая электрической индукции остается непрерывной [6]:

$$D_n = D_{n*}; \quad \varepsilon E_n = \varepsilon_* E_{n*}.$$

При определенном значении средней напряженности электрического поля в прессованном порошке (при определенной разности потенциалов между электродами) чем больше диэлектрическая проницаемость кристаллов, тем больше напряженность поля в воздушных промежутках, занимающих объем между кристаллами. Так как пробой происходит по воздушным промежуткам (каналам), то с увеличением диэлектрической проницаемости кристаллов кривые  $E=f(k)$  ложатся ниже, поскольку в воздушных промежутках определенная напряженность электрического поля, необходимая для пробоя, достигается при меньшем значении средней напряженности поля (при меньшей разности потенциалов между электродами). С увеличением коэффициента заполнения напряженность поля в воздушных промежутках между кристаллами возрастает [5], что приводит к снижению электрической прочности прессованных порошков с увеличением коэффициента заполнения (левые части зависимостей  $E=f(k)$  — до минимума).

В правых частях зависимостей  $E=f(k)$  соблюдается та же последовательность материалов по электрической прочности, что и в левых: чем больше диэлектрическая проницаемость кристаллов порошка, тем ниже электрическая прочность прессованного порошка. Однако с увеличением  $k$  происходит рост электрической прочности прессованного порошка. Объяснение этого экспериментального факта было дано в [5] на основании рассмотрения условий развития лавины электронов в узких воздушных каналах прессованного кристаллического порошка. Если сечение воздушного канала при увеличении  $k$  станет меньше лавины электронов, то развитие лавины затруднится, так как электроны будут отдавать свою кинетическую энергию стенкам (кристаллам). Чтобы вызвать пробой в таких условиях, нужно повысить напряженность поля, что приведет к увеличению скорости электронов и уменьшению диаметра сечения элементарной лавины электронов.

Таким образом, электрическая прочность прессованных порошков из диэлектрических материалов при коротких экспозициях электрического

---

поля определяется диэлектрической проницаемостью материала порошка и коэффициентом заполнения (при определенных размерах кристаллов).

*Поступила 25 IV 1974*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Александров А. П., Вальтер А. Ф., Вул Б. М., Гутин С. С., Гольдман И. М., Заггейм Л. Н., Инге Л. Д., Кувшинский К. В. Физика диэлектриков. Л.— М., ГТТИ, 1932.
  2. Воробьев А. А., Завадовская Е. К. Электрическая прочность диэлектриков. М., ГИТТЛ, 1956.
  3. Сканави Г. И. Физика диэлектриков (область сильных полей). М., Физматгиз, 1958.
  4. Воробьев А. А., Воробьев Г. А. Электрический пробой и разрушение твердых диэлектриков. М., «Высшая школа», 1966.
  5. Стеньгач В. В. Об электрической прочности прессованного азида свинца.— ПМТФ, 1972, № 1.
  6. Тамм И. Е. Основы теории электричества. М., ГИТТЛ, 1954.
-