

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ЩЕЛОЧНО-ГАЛОИДНЫХ КРИСТАЛЛОВ

Л. Т. МУРАШКО

(Представлена научным семинаром НИИ ВН)

При изучении электрического пробоя на модельных диэлектриках, какими являются щелочно-галогидные кристаллы, было обнаружено, что пути пробоя следуют по определенным кристаллографическим направлениям [1, 2, 3]. Это дало основание предположить, что электрическая прочность кристаллов зависит от кристаллографического направления, т. е. существует анизотропия электрической прочности.

Изучению анизотропии электрической прочности посвящено много работ как теоретических, так и экспериментальных [4, 5, 6, 7, 10]. Интерес к этому явлению понятен, так как его решение дало бы материал, по которому можно было бы судить о правильности некоторых теорий пробоя [9, 10].

Однако, несмотря на то, что кристаллографическая направленность разряда в щелочно-галогидных кристаллах была установлена давно [1, 2, 3] и ряд работ [9, 10] теоретически предсказывал анизотропию электрической прочности, было высказано предположение, что электрическая прочность не зависит от кристаллографического направления. Этому способствовали опыты А. А. Воробьева, Хиппеля и Дэвиссона, которые не обнаружили разницы в электрических прочностях по разным кристаллографическим направлениям.

Лишь недавно появились сообщения относительно анизотропии электрической прочности ионных кристаллов в неоднородном поле [11]. Однако следует указать на тот факт, что хотя приводимые данные в [11] говорят, что разряды в NaCl наиболее часто встречаются по [110] направлению, электрическая прочность в этом случае приложения поля не является наименьшей, что противоречит одно другому.

Перед нами стояла задача установить анизотропию электрической прочности в щелочно-галогидных кристаллах в однородном поле. Для этого мы использовали методику [7], разработанную нами ранее, которая позволяла визуально контролировать качество образцов. Эксперимент проводился с кристаллами NaCl, KCl, KBr.

Образцы NaCl получались из естественной каменной соли, а образцы KCl и KBr из кристаллов, выращенных по методу Киропулоса. Образцы для исследования по направлению [100] выкалывались из кристалла обычным способом. Образцы для исследования по [110] и [111] направлениям вырезались на специальной машине.

Исследования велись на импульсном напряжении длительностью 0,5/2000 мксек, напряжение на образец подавалось ступеньками; перенапряжение не превышало 5%. Изменение напряжения на образце регистрировалось при помощи осциллографа на пленку фотоаппарата.

Измерения показали, что в исследованных образцах щелочно-галлоидных солей NaCl, KCl, KBr наблюдается анизотропия электрической прочности.

Анизотропность электрической прочности кристаллов уменьшается с уменьшением толщины и при толщине 3 мкм изменения электрической прочности по различным кристаллографическим направлениям не наблюдаются.

Образцы из кристаллов, имеющих одинаковый тип кристаллической решетки, но разный химический состав, имеют различный тип анизотропии.

При комнатной температуре имеем для каменной соли следующее соотношение (рис. 1):

$$E_{[110]} < E_{[111]} < E_{[100]};$$

для кристаллов KBr (рис. 2):

$$E_{[111]} < E_{[100]} < E_{[110]};$$

Для образцов KCl (рис. 3):

$$E_{[110]} < E_{[100]} < E_{[111]}.$$

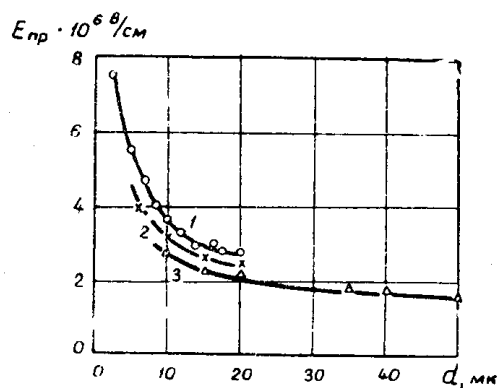


Рис. 1. Зависимость электрической прочности NaCl от кристаллографического направления.

1 — [100]; 2 — [111]; 3 — [110].

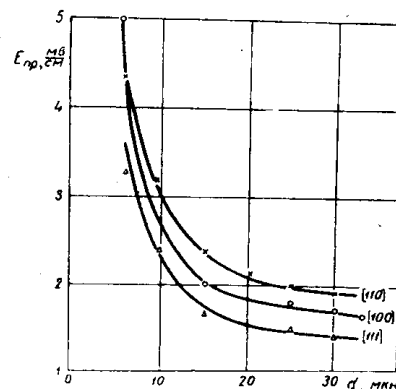


Рис. 2. Зависимость электрической прочности KBr от кристаллографического направления.

Как видно из приведенных результатов, у кристаллов, имеющих одинаковую структуру, условия развития электрического разряда по разным кристаллографическим направлениям различны.

Все это говорит о том, что для определения и объяснения типа анизотропии недостаточно схемы Хиппеля [9], рассматривающей лишь изменение потенциального барьера, создаваемого ионами решетки при движении электрона по различным кристаллографическим направлениям, так как характер его изменения для всех щелочно-галлоидных кристаллов одинаков.

Результаты для образцов NaCl и KCl согласуются с расчетами «предпочтительного» направления электрического пробоя щелочно-галлоидных солей, проведенных Калленом и Оффенбахером [10], которые рассчитали вероятности рассеяния как функцию энергии электрона для

различных направлений движения электрона в кристаллической решетке, основываясь на предположении, что электроны проводимости взаимодействуют с продольными колебаниями решетки, соответствующими оптической ветви дисперсионной кривой.

С их расчетами не согласуются результаты для КВг.

Таким образом, на основании полученных экспериментальных данных можно сказать, что электрическая прочность ионных кристаллов анизотропна.

Обнаружение анизотропии электрической прочности ионных кристаллов можно отнести за счет того, что все образцы тщательно подготавливались к эксперименту.

Приготовление их под микроскопом позволило отбросить образцы с макродефектами, а электроды установить так, чтобы приложенное поле точно соответствовало выбранному кристаллографическому направлению.

Большое значение для уменьшения разброса имеет просмотр образцов после пробоя. Очень часто образцы пробиваются не по направлению приложения поля, а по более «слабому».

В таких случаях пробивное напряжение оказывается ниже,

что вносит значительное изменение в значение электрической прочности и в характер анизотропии. Электрическая прочность таких образцов должна быть отнесена к тому направлению, по которому развился канал пробоя.

Лишь такой подход, на наш взгляд, может привести к правильному определению зависимости электрической прочности от кристаллографического направления.

Кроме того, дополнительные исследования показали, что анизотропия лучше проявляется при использовании в качестве электродов электролита.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Ф. Вальтер, Л. Д. Инге. ЖТФ, 71, 627, 1931.
2. A. Hippel. Zs. f. Phys. 67, 707, 1931.
3. J. Lass. Zs. f. Phys. 69, 313, 1931.
4. M. E. Caspari. Phys. Rev. 98, 1679, 1955.
5. А. А. Воробьев, Е. К. Завадовская. Электрическая прочность твердых диэлектриков, 1956.
6. I. W. Davisson. Phys. Rev. 70, 685, 1946.
7. I. W. Davisson. Hippel A. Phys. Rev. 57, 1956, 1940.
8. Г. А. Воробьев, В. А. Кострыгин, Л. Т. Мурашко. ПТЭ 5, 1961.
9. A. Hippel. Zs. f. Phys. 75, 145, 1932.
10. E. L. Offenbacher, H. B. Callen. Phys. Rev. 90, 3, 1953.
11. R. Cooper, D. T. Crossart, A. A. Wallace. Pros. Phys. Soc. 70, 4463, 1957.