

А. А. ВОРОБЬЕВ

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ГЕТЕРОПОЛЯРНЫХ КРИСТАЛЛОВ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 4 IV 1940)

I. Процесс пробоя в диэлектрике условно может быть разбит на три стадии: а) начало пробоя. В современных теориях пробоя оно отождествляется с освобождением электрическим полем наиболее слабо связанных электронов ⁽¹⁾; б) развитие пробоя. Его описывают как нарастание электронного тока, текущего через диэлектрик при высокой напряженности электрического поля; в) завершение пробоя, трактуемое в настоящее время как проплавление решетки электронным током.

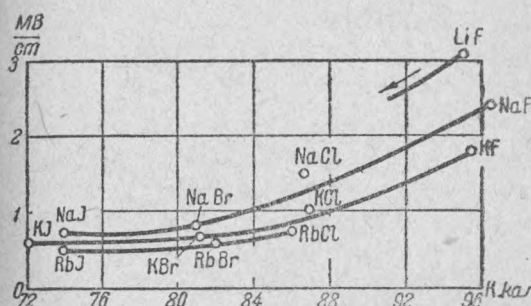
С целью установления возможной связи между величиной электрической прочности и энергией закрепления наиболее слабосвязанных электронов в диэлектрике мы построили ⁽²⁾ зависимость между величиной электрической прочности и шириной запрещенного промежутка энергии для кристаллов щелочно-галогидного ряда, определяя последнюю по максимуму в спектре поглощения ⁽³⁾. Затем была построена зависимость между величиной электрической прочности диэлектрика и величиной электронного сродства к галлоиду. При этих построениях нами были использованы как литературные данные, так и результаты, полученные в нашей лаборатории. На фиг. 1 по оси абсцисс отложено значение энергии электронного сродства к галлоиду, выраженное в килограмм-калориях, а по оси ординат величина электрической прочности в мВ/см. Как видно из фиг. 1, точки, соответствующие солям, содержащим один и тот же щелочной металл, ложатся на одну кривую. Аналогичная зависимость получилась между величиной электрической прочности и шириной запрещенного промежутка энергий.

С увеличением энергии электронного сродства растет и электрическая прочность. Однако нужно заметить, что определенному значению энергии электронного сродства однозначно не соответствует определенное значение электрической прочности, как этого требуют современные теории электрического пробоя.

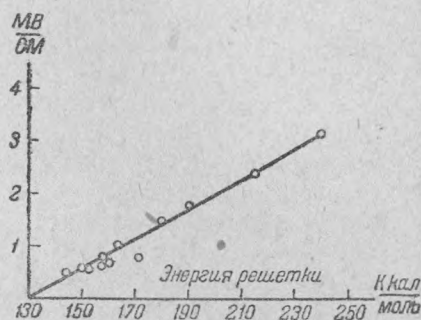
II. Отсутствие однозначной связи между величиной электрической прочности и энергией закрепления наиболее слабосвязанных электронов указывает на то, что на пробой влияют еще какие-то другие факторы. Освобождение электронов является первой стадией пробоя. Последующее развитие пробоя связано с передачей энергии движущихся электронов решетке и разрушением связей между частицами, образующими решетку. Результатом электрического пробоя является механическое разрушение диэлектрика, разрыв связей между его частицами. Мы произвели сопоставление между собой величины электрической прочности и величины энергии

решетки для кристаллов щелочно-галогидного ряда, характеризующей прочность связи между частицами кристалла.

На фиг. 2 по оси абсцисс отложено значение энергии решетки, а по оси ординат значение электрической прочности. Из фиг. 2 видно, что между этими величинами имеется простая зависимость. Аналогичная зависимость получается между величиной электрической прочности и энергией активации и несколько сложнее — зависимость прочности от температуры плавления. Величина энергии решетки мало изменяется при пластической деформации, изменении температуры и введении малых примесей. Точно так же и пробивное напряжение мало изменяется под действием указанных факторов, что можно рассматривать как подтверждение полученной зависимости между величиной электрической прочности и величиной энергии решетки.



Фиг. 1. Зависимость электрической прочности и электронного сродства галоидов для кристаллов щелочно-галогидных солей.



Фиг. 2. Зависимость между величиной электрической прочности щелочно-галогидных солей и энергией кристаллической решетки.

Связь между величиной электрической прочности и энергией решетки приводит к существованию связи электрической прочности с рядом других физических величин, характеризующих диэлектрик и образующие его частицы, например, с постоянной решетки, коэффициентом сжатия, радиусом катиона и аниона и др., точно так же как наличие связи между величиной электрической прочности и энергией закрепления электронов приводит к существованию связи между величиной электрической прочности и поляризационными свойствами решеток и ионов, например: 1) рефракцией $R_A + R_K$, взятой как сумма рефракций аниона и катиона, 2) поляризуемостью аниона, 3) поверхностной энергией и др.

Рассмотрение изложенного материала приводит нас к заключению, что электрическая прочность твердых диэлектриков является некоторой физической характеристикой вещества, которая закономерно определяется химическим составом и структурой диэлектрика, а не малыми нарушениями этой структуры при пластической деформации, введении малых примесей или изменении температуры.

Электрическая прочность растет при увеличении энергии связи наиболее слабосвязанных электронов и при увеличении энергии решетки.

В хорошем согласии с изложенными здесь соображениями находится рассчитанный А. К. Красиным пример. Критикуя принятое представление о последней стадии пробоя диэлектрика как явления проплавления, он сделал некоторые подсчеты, исходя из предположения, что конечная стадия пробоя представляет механическое разрушение решетки. В отличие от Роговского, он предполагает, что пробой завершается разрывом кристаллической решетки, ослабленной поляризующим действием значительного

количества электронов, образующих предпробойный ток через диэлектрик. Проведенный им ориентировочный расчет подтвердил вероятность такого явления.

Кафедра физики
Индустриального института им. С. М. Кирова
Томск

Поступило
13 IV 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ A. Hippe l, Appl. Phys., 8, 815 (1937); ZS. f. Phys., 67, 707 (1931); 68, 309 (1931); 98, 358 (1934); 101, 680 (1931); H. Fröhlich, Proc. Roy. Soc., A, 160, 230 (1937); C. Zener, ibid., A, 145, 523 (1934); R. Fowler, ibid., A, 144, 56 (1933); Ф. Ф. Волькенштейн, ЖТФ, 9, 171 (1939); Труды ФИАН, I, вып. 2 (1937).
² А. А. Воробьев, Труды СФТИ, 5, вып. 3 (1934). ³ P. Tartakowsky, Acta Physicoch., 3, 340 (1935).