

А. А. ВОРОБЬЕВ

ОБ ЭФФЕКТЕ ШТАРКА В ДИЭЛЕКТРИКАХ

(Представлено академиком А. Ф. Иоффе 19 I 1940)

Ф. Ф. Волькенштейн⁽¹⁾ на основании данных квантовой теории поведения электронов в кристаллах высказал и рассчитал оригинальную теорию электрического пробоя твердых диэлектриков. Его расчетами показано, что при помещении кристалла во внешнее электрическое поле зоны разрешенных значений энергии для электронов кристалла расширяются и запретный промежуток между ними уменьшается. По предположению Ф. Ф. Волькенштейна пробой обусловлен сближением зоны проводимости с основной зоной до полного их соприкосновения, т. е. переходом диэлектрика в проводник.

Раздвижение энергетических зон в кристалле под действием наложенного поля автором рассматривается как аналог с эффектом Штарка в изолированном атоме. Этот эффект, состоящий в сдвиге термов и расщеплении сдвинутых термов в изолированном атоме, рассматривается дальше в применении к решетке. Расширение энергетических зон, происходящее под действием поля, трактуется как раздвижение отдельных зон вырожденного терма, совпадающих при отсутствии поля.

Формулы, полученные автором, позволяют подсчитать величину расширения зон и напряженность поля, при которой произойдет соприкосновение зон. Сопоставление с экспериментом произведено на основании данных о штарковском расщеплении для изолированных атомов. Полученные коэффициенты использованы для расчета пробивных полей кристаллов, имеющих разную ширину запретной зоны. Полученные результаты показывают, что соприкосновение зон (пробой) может наступать при полях 10^5 — 10^7 V/см.

Представляет интерес экспериментальная проверка этой теории. Опыты А. В. Иоффе и А. Ф. Иоффе⁽²⁾ показали, что зависимость электропроводности электронных полупроводников в сильных полях качественно согласуется с представлениями об уменьшении ширины запретного промежутка с увеличением поля, но температурная зависимость эффекта противоречит этим представлениям.

Нами были произведены опыты по измерению поглощения света в кристаллах при помещении их в сильные электрические поля. Как известно⁽³⁾, из этих данных может быть рассчитана ширина запретной зоны для электронов кристаллов щелочно-галлоидных солей.

Для опытов употреблялась каменная соль, причем образцы изготовлялись в виде блоков с углублениями. Толщина дна углубления бралась

от 0,1 до 0,4 мм. Употреблялись также другие кристаллы: исландский шпат, KJ, NaBr, сера, слюда. Эти кристаллы применялись в виде пластин, к которым с помощью пинцета приклеивались стеклянные трубочки.

Образцы плоской стороной ставились на щель спектрографа. Пропирированные пластины, образующие щель спектрографа, таким образом служили одним электродом. В некоторых опытах на щель накладывалась сетка с размерами 15 ячеек на 1 см.

Вторым электродом служила или сетка, вводимая в углубление образца, или проводящая прозрачная жидкость, заливаемая в углубление, сделанное в образце.

В качестве источника света служили или конденсированный искровой разряд между алюминиевыми электродами, или дуга между медными электродами, или лампа накаливания. Спектрограф употреблялся с кварцевой оптикой, за исключением опытов с рентгенизированной каменной солью, где брался стеклянный спектрограф.

В полученных нами спектрограммах для названных выше кристаллов смещение границы поглощения в ультрафиолете, а для рентгенизированной соли в видимой части спектра не наблюдалось, хотя в этих опытах мы доходили до значения средних полей на 10—20% ниже пробивных в данных условиях опыта. Точность измерения позволяла заметить ожидаемую величину смещения, рассчитанную по формулам, приводимым Ф. Ф. Волькенштейном.

Не наблюдалось также изменения границы поглощения в слюде и стекле.

Следует заметить, что рядом авторов⁽⁴⁾ были сделаны соответствующие расчеты и эксперименты с целью обнаружить влияние внешних электрических полей на комбинационное рассеяние в жидкостях. Расчеты показали, что следует ожидать при полях 10^7 — 10^8 V/см уширение линий $\Delta\lambda \approx 10 \text{ \AA}$ и смещения $\delta\lambda \approx 1 \text{ \AA}$. Опыты с сероуглеродом в полях до 10^5 V/см подтвердили ненаблюдаемость этих эффектов.

В диэлектриках атомные поля исчисляются порядком 10^7 — 10^8 V/см и под их действием произошло уже расщепление термов в зоны и вряд ли можно ожидать заметного уширения этих зон под действием полей, создаваемых приложенной разностью потенциалов, величина которых в диэлектрике 10^6 V/см.

Сибирский физико-технический институт
при Томском государственном университете
им. В. В. Куйбышева

Поступило
28 I 1940

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ф. Ф. Волькенштейн, ЖТФ, 5, 583—612 (1935); Тр. Физич. ин-та Ак. Наук, т. I, вып. 2, 123—160, 193 (1937). ² А. В. Иоффе и А. Ф. Иоффе, ДАН, XVI, № 2, 77 (1937). ³ П. Тартаковский, Изв. Ак. Наук, сер. ОМОН, 611—618 (1936); P. Tartakowsky, Acta Phys. Ch., 3, 340 (1935). ⁴ Buchheim, Phys. ZS., 21, 634—711 (1935).