

Б. М. ГОХБЕРГ и М. Ф. БУХИНА

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРОБОЙ В ЧИСТОМ ГЕЛИИ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*(Представлено академиком С. П. Вавиловым 14 XII 1949)*

Основным процессом, определяющим электрический пробой в газах, является ионизация молекул электронным ударом с развитием электронной лавины, т. е. процесс, который описывается первым таунсендовским коэффициентом ионизации  $\alpha$ . Величина коэффициента  $\alpha$  определяется, главным образом, скоростью накопления энергии электронами при их движении в электрическом поле. Если при энергиях электрона, меньших энергии ионизации молекул газа, вероятность неупругих потерь энергии велика, то для накопления энергии, достаточной для ионизации, требуются значительные электрические поля. Как ранее одним из нас <sup>(1)</sup> указывалось, повышенная электрическая прочность наблюдается в тяжелых газах с легко поляризуемыми молекулами, в которых мы можем легко допустить наличие значительных неупругих потерь энергии при столкновении электронов с молекулами.

С этой точки зрения значительный интерес представляет изучение электрического пробоя в благородных газах, в которых до довольно высоких значений энергии электронов неупругие потери отсутствуют. В этих газах, даже в малых электрических полях, электрон должен быстро набирать энергию, достаточную для ионизации, и пробой должен наступать при малых полях, что и наблюдается на опыте. Однако незначительные количества примесей, которые имеются в благородных газах в обычных условиях, сильно влияют на развитие пробоя, повышая электрическую прочность.

Мы поставили своей задачей исследовать электрический пробой в газообразном гелии при столь низких температурах, при которых упругость паров всех других веществ настолько мала, что мы могли считать, что работаем с „идеально“ чистым гелием.

В дюар с жидким гелием помещался стеклянный сосудик, в котором были установлены два чечевицеобразных электрода с зазором между ними, равным 0,5 мм. С помощью насоса в сосудике можно было изменять давление газообразного гелия. К одному из электродов подводилось высокое напряжение, другой электрод заземлялся. Значительные затруднения мы встретили именно с задачей ввода высокого напряжения (порядка нескольких десятков киловольт) внутрь гелиевого дюара. Эту задачу нам удалось решить применением вакуумного ввода. Источником высокого напряжения служила обычная установка с трансформатором, кенотроном и сглаживающим конденсатором. Напряжение поднималось небольшими ступенями, с доведением до пробоя.

Перед охлаждением до температуры жидкого гелия сосудик с электродами откачивался, чтобы не допустить осаждения вымерзающего воздуха на электроды. Кроме того, перед измерениями мы производили несколько пробоев, чтобы согнать возможные следы осадков на электродах. Для получения устойчивых значений пробивных напряжений применялся внешний ионизатор (вблизи располагался небольшой радиоактивный препарат). При каждом давлении производилось несколько пробоев, причем после каждого пробоя выжидалось некоторое время, чтобы установилось тепловое равновесие.

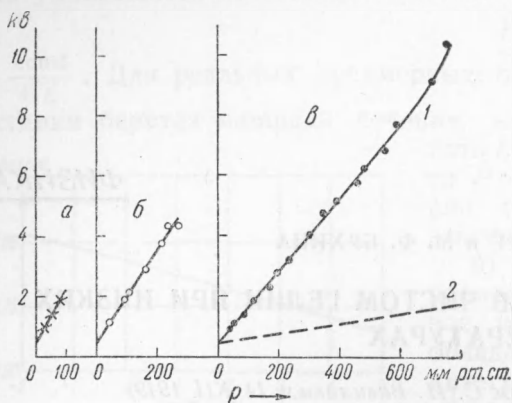


Рис. 1. Зависимость пробивного напряжения от давления: а —  $T = 2,57^\circ \text{K}$ , б —  $T = 3,4^\circ \text{K}$ , в, 1 —  $T = 4,2^\circ \text{K}$ , в, 2 —  $T = 20,4^\circ \text{K}$

2,57; 3,4; 4,2 и  $20,4^\circ \text{K}$ . Результаты измерений приведены на рис. 1. В связи со значительным изменением плотности газообразного гелия с температурой был произведен пересчет от давлений на плотность газа. Результаты представлены на рис. 2.

Пробивное напряжение для гелия  $E = \Delta v / \Delta x \Delta p = 11,7 \frac{\text{кВ}}{\text{см}} / \frac{\text{г}}{\text{м}}$ , где  $\Delta x$  — зазор между электродами. В пересчете на  $p = 760$  мм рт. ст., при температуре  $20^\circ \text{C}$ ,  $E = 1,93$  кв / см · атм.

Данная величина пробивной прочности значительно меньше значений, приводимых другими авторами. Мы считаем, что завышенные значения пробивного напряжения гелия обусловлены примесями, которые, несомненно, имелись в гелии, используемом другими авторами. В наших опытах мы имели в зазоре между электродами наиболее чистый гелий, так как все примеси можно считать нацело вымерзшими.

В заключение мы хотели бы привести крайние пределы для известных теперь электрических прочностей газов (при равном числе молекул в  $1 \text{ см}^3$ , отвечающем давлению  $p = 1$  атм при  $20^\circ \text{C}$ , и зазоре 1 см):

Вещество	$E$ , кв / см · атм	$E/E$ воздуха
$\text{CCl}_4$	213	6,4
Воздух	33,5	1,0
He (чистый)	1,93	0,059

Таким образом, для различных газов величина электрической прочности меняется более чем в 100 раз.

Институт физических проблем  
Академии наук СССР

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Б. М. Гохберг, Изв. АН СССР, сер. физ., 10, № 4, 426 (1946).

Измерения пробивного напряжения в зависимости от давления гелия производились при температурах:

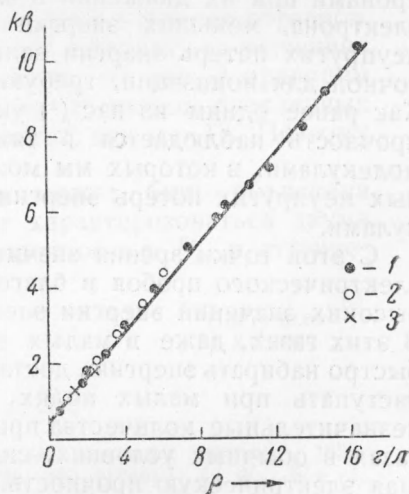


Рис. 2. Зависимость пробивного напряжения от плотности газа: 1— $4,2^\circ \text{K}$ , 2— $3,4^\circ \text{K}$ , 3— $2,57^\circ \text{K}$  (на эту же прямую укладываются данные при  $20,4^\circ \text{K}$ )

Поступило  
]XII 1949