

Экспериментальное исследование закона Ома в дифференциальной форме в лабораторном практикуме

Позняк В.С., Баранов А.А., Рудович Ю.М.
Белорусский национальный технический университет

Экспериментальное определение линейной связи между плотностью тока \vec{j} и напряженностью электрического поля \vec{E} для закона Ома в дифференциальной форме оказывается не столь тривиальным, как может показаться с первого взгляда. Дело в том, что постоянство коэффициента пропорциональности σ – удельной электропроводности – в соотношении $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ справедливо для однородных металлических проводников в ограниченном интервале температур. При этом правильную зависимость σ от абсолютной температуры T дает только квантовая электронная теория. При низких (гелиевых) температурах возникает явление сверхпроводимости и закон Ома теряет силу. Для материалов с анизотропными свойствами удельная электропроводность σ становится уже тензорной величиной. При больших напряженностях поля ($E > 24$ кВ/см) также возникает нелинейная зависимость \vec{j} от \vec{E} . Для термоэлектронного тока тоже нарушается закон Ома ($I \sim U^{3/2}$). В ионизированном газе при низких давлениях даже при слабых полях могут наблюдаться заметные отклонения от закона Ома. В контактах двух полупроводников или полупроводника и металла наблюдается явное нарушение закона Ома вплоть до возникновения односторонней электропроводности. Вместе с тем для металлов с положительными и отрицательными носителями тока закон Ома в дифференциальной форме выполняется достаточно точно. Предлагается экспериментально проверить закон Ома $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ для нихрома, когда смешанные носители тока, для цинка, когда носители тока имеют положительный знак и для меди, когда носители тока имеют отрицательный знак.

При постоянном сечении S прямолинейного проводника длиной l поле внутри проводника можно считать однородным. Тогда закон Ома в дифференциальной форме $\vec{j} = \sigma \vec{E}$ приобретает вид

$$\frac{I}{S} = \sigma \frac{U}{l}.$$

Измерив ряд значений силы тока I и соответствующих напряжений U в проводнике, можно экспериментально убедиться в справедливости закона Ома в дифференциальной форме для металлического проводника. Погрешность эксперимента не превышает нескольких процентов.