

ИЗМЕРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ИЗОТРОПНЫХ И СПИРТОСОДЕРЖАЩИХ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Пусовская Ю.С., Михаленко Е.Л.

Научный руководитель – Каранчук Д.Я., ст. преподаватель
Могилевский государственный университет продовольствия
г. Могилев, Республика Беларусь

Измерения значений диэлектрической проницаемости ε могут быть использованы для изучения кинетики различных химических реакций, контроля чистоты веществ, определения влагосодержания, управления технологическими процессами и др.

Для измерения ε предлагается использовать плоский конденсатор, заполненный исследуемым диэлектриком (в жидком либо твердом состоянии) без воздушного зазора. В этом

случае: $\varepsilon = \frac{Cd}{\varepsilon_0 S}$, где C – емкость, d – толщина слоя диэлектрика,

$\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрическая постоянная, S – площадь пластины. Таким образом задача сводится к определению емкости C . Конденсатор изготавливается из пластин конечных размеров. Поэтому поверхностная плотность заряда σ не является постоянной по всей поверхности и увеличивается вблизи ее краев. Кроме того она растет с увеличением положительной кривизны (выпуклости) поверхности и убывает с увеличением отрицательной кривизны (вогнутости). Все это приводит к нарушению однородности электрического поля. Очевидно, что неоднородность меньше, если пластины изготовлены в виде диска.

Чтобы учесть рассеяние электрического поля в область вне пластин, можно считать, что параллельно к изготовленному конденсатору с емкостью $C_{изм}$ подключен конденсатор

с емкостью $C_{кр}$. В случае, если используются образцы в форме диска: $C_{кр} = \varepsilon \pi r \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{\pi} \ln \frac{r}{d} \right)$

где r – радиус диска, d – средняя толщина образца.

При точных измерениях ε необходимо учесть и емкость C_0 соединительных проводов. Численные расчеты показывают, что при $r = 0,1 \text{ м}$, $d = 7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $C_{кр} \approx 4,4 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$. Емкость соединительных проводов (экспериментальное значение) $C_0 \approx 9 \cdot 10^{-12} \text{ Ф}$.

При точных расчетах $C = C_{изм} - C_{кр} - C_0$, $\varepsilon = \frac{d}{\varepsilon_0 \pi r^2} (C_{изм} - C_{кр} - C_0)$. Измерить $C_{изм}$

можно косвенным методом с использованием баллистического гальванометра или электростатического вольтметра. Однако в этом случае относительная погрешность $\frac{\Delta C_{изм}}{C_{изм}} > 10\%$. Метод измерения, основанный на использовании закона Ома для цепи

переменного тока, здесь тоже неэффективен. В данном случае при включении конденсатора в цепь с $f = 50 \text{ Гц}$ и $U = 220 \text{ В}$ значения переменного тока $I \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}$ и его сложно измерить с высокой точностью. Кроме этого, работа с большими U не безопасна. При использовании цепей с большими частотами f возникает зависимость ε от f_0 . Для упрощения методики и уменьшения погрешности измерения $C_{изм}$ мы предлагаем использовать метод прямых измерений. Современные мультиметры позволяют измерять $C_{изм}$ в широких диапазонах и имеют класс точности не более 1,5%. По разработанной методике для стекла получено значение $\varepsilon = 4,8$ (при табличном 5,0-16,5). Относительная погрешность измерения ε составила 2,5%. Методика позволяет экспериментально изучать зависимость ε для смеси спирта и дистиллированной воды в зависимости от массовой концентрации.