

Instrukcja do ćwiczenia 50

Temat: Wyznaczanie stałej dielektrycznej różnych materiałów

Kondensator płaski to układ dwóch płaskich, równoległych, przewodzących płyt. Pojemność C kondensatora płaskiego wyznaczamy ze wzoru:

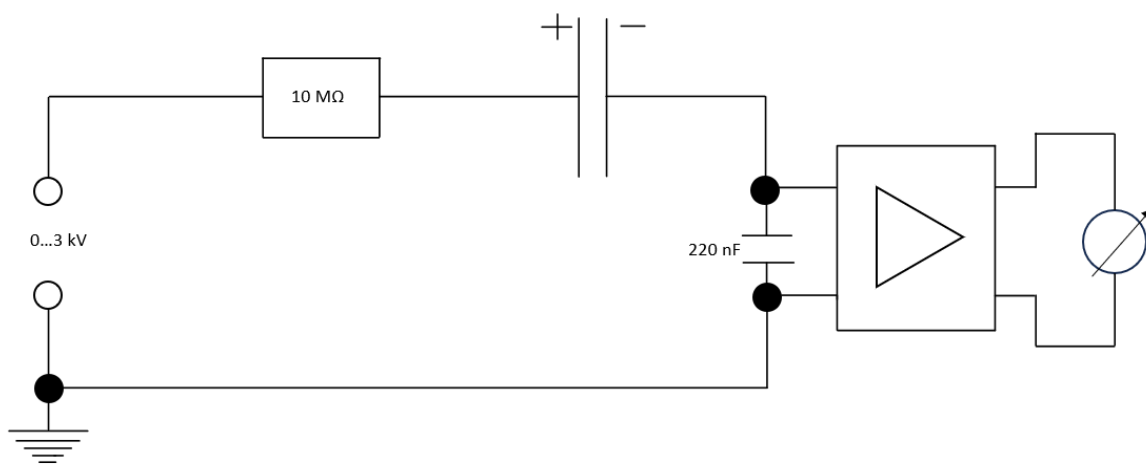
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d},$$

gdzie: ϵ_0 – przenikalność elektryczna próżni, ϵ_r – przenikalność elektryczna dielektryka (stała dielektryczna), A – powierzchnia okładek, d – odległość między nimi.

Przenikalność elektryczna próżni ϵ_0 jest wyznaczana przez pomiar ładunku na kondensatorze, do którego przyłożono napięcie, uwzględniając jego wymiary geometryczne (powierzchnię okładek i odległość między nimi). Stała dielektryczna wyznaczana jest w ten sam sposób, ale w obecności warstwy dielektryka wypełniającego przestrzeń między okładkami.

I. Kolejność wykonywania pomiarów

1. Połączyć obwód według schematu:



2. Pomiar przenikalności elektrycznej próżni dla stałej odległości między okładkami:

- ustawić odległość między okładkami kondensatora na 2 mm,
- ustawić współczynnik wzmocnienia (Amp) na wartość 10^0 ,
- ustawić stałą czasową na wartość 0,3 s,
- wartość napięcia ustawić na 0,5 kV i przyłożyć do okładki kondensatora na czas od 30 s do 60 s,
- odczytać wartość U [V] z multimetru,
- powtórzyć czynności z kroków c i d zmieniając napięcie z krokiem 0,5 kV aż do osiągnięcia 3 kV.

3. Pomiar przenikalności elektrycznej próżni dla stałego napięcia:

- ustawić odległość między okładkami kondensatora na 1 mm,

- b) wartość napięcia ustawić na 1,5 kV i przyłożyć do okładki kondensatora na czas od 30 s do 60 s,
- c) odczytać wartość U [V] z multimetru,
- d) powtórzyć powyższe kroki zmieniając odległość między okładkami kondensatora z krokiem 0,5 mm aż do osiągnięcia wartości 3,5 mm.

4. Pomiar stałej dielektrycznej:

- a) między okładki kondensatora wstawić dielektryk, a odległość między okładkami kondensatora ustawić na 10 mm,
- b) wartość napięcia ustawić na 0,5 kV i przyłożyć do okładki kondensatora na czas od 30 s do 60 s,
- c) odczytać wartość U [V] z multimetru,
- d) powtórzyć czynności z punktów b i c zmieniając napięcie z krokiem 0,5 kV aż do osiągnięcia 3 kV,
- e) wyjąć dielektryk z kondensatora i ponownie ustawić odległość między okładkami kondensatora na 10 mm,
- f) powtórzyć czynności z punktów b, c, d gdy między okładkami kondensatora nie ma dielektryka w celu wyznaczenia ładunku znajdującego się na okładkach kondensatora bez dielektryka. Pomiary powtarzamy dla napięcia w zakresie 0,5 kV – 3 kV z krokiem 0,5 kV.

II. Opracowanie wyników

1. Pomiar przenikalności elektrycznej próżni dla stałej odległości między okładkami.

- a) Ładunek Q kondensatora jest proporcjonalny do napięcia, a stała proporcjonalności C (220 nF) jest pojemnością kondensatora. Korzystając ze wzoru:

$$Q = C \cdot U[A \cdot s],$$

gdzie: U to napięcie odczytane z multimetru, obliczany jest ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora.

- b) Wartość przenikalności elektrycznej wyznaczana jest ze wzoru:

$$\epsilon_0 = \frac{d \cdot Q}{A \cdot U_c}$$

gdzie: d – odległość między okładkami kondensatora, Q – ładunek zgromadzony na okładkach, A – powierzchnia okładek kondensatora ($0,0531 \text{ cm}^2$), U_c – przykładane napięcie.

- c) -Wyznaczyć wartość przenikalności dla wszystkich wartości napięć a następnie wyznaczyć wartość średnią oraz odchylenie standardowe. Niepewność pomiarową przenikalności elektrycznej wyznaczyć metodą różniczki zupełnej lub metodą pochodnej logarytmicznej, wyznaczając uprzednio niepewność pomiarów bezpośrednich.
- d) Wykreślić zależność $Q(U_c)$.

2. Pomiar przenikalności elektrycznej próżni dla stałego napięcia.

- a) Ładunek Q kondensatora jest proporcjonalny do napięcia, a stała proporcjonalności C (220 nF) nazywana jest pojemnością kondensatora. Korzystając ze wzoru :

$$Q = C \cdot U[nAs],$$

gdzie: U to napięcie odczytane z multimetru, obliczyć ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora.

- b) Obliczyć wartość przenikalności elektrycznej korzystając ze wzoru:

$$\epsilon_0 = \frac{d \cdot Q}{A \cdot U_c},$$

gdzie: d – odległość między okładkami kondensatora, Q – ładunek zgromadzony na okładkach, A – powierzchnia okładek kondensatora ($0,0531 \text{ cm}^2$), U_c – przykładane napięcie.

- c) Wyznaczyć wartość przenikalności elektrycznej próżni dla wszystkich odległości między okładkami kondensatora a następnie obliczyć wartość średnią i odchylenie standardowe. Niepewność pomiaru wyznaczyć metodą różniczki zupełnej lub pochodnej logarytmicznej, wyznaczając uprzednio niepewności pomiarów bezpośrednich.
- d) Wykreślić zależność: $Q(d^{-1})$.

3. Pomiar stałej dielektrycznej.

- a) Ładunek Q kondensatora jest proporcjonalny do napięcia, a stała proporcjonalności C (220 nF) nazywana jest pojemnością kondensatora. Korzystając ze wzoru :

$$Q = C \cdot U[A \cdot s],$$

gdzie: U to napięcie odczytane z multimetru, obliczyć ładunek zgromadzony na okładkach kondensatora.

- b) Korzystając ze wzoru na ładunek Q zgromadzony w kondensatorze (pomiar dla próżni):

$$Q_{\text{próżni}} = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U_c$$

oraz ogólnego wzoru na ładunek Q (pomiar dla dielektryka):

$$Q_{\text{dielektryka}} = \epsilon \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d} \cdot U_c$$

i dzieląc je przez siebie otrzymamy wzór na stałą dielektryczną:

$$\epsilon = \frac{Q_{\text{dielektryka}}}{Q_{\text{próżni}}}.$$

- c) Wykreślić na wspólnym wykresie zależności $Q_{\text{dielektryka}}(U_c)$ oraz $Q_{\text{próżni}}(U_c)$.

III. Zagadnienia do kolokwium

1. Kondensator płaski: budowa i zasada działania.
2. Przenikalność elektryczna próżni i pojemność kondensatora płaskiego.
3. Stała dielektryczna.
4. Dielektryki: obraz mikroskopowy.

IV. Literatura

1. Halliday D., Resnick R., Walker J., *Podstawy fizyki*, T. III.
2. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M., *Feynmana wykłady z fizyki*, T. II. Cz. 1.
3. Feynman R.P., Leighton R.B., Sands M., *Feynmana wykłady z fizyki*, T. II. Cz. 2.
4. Chełkowski A., *Fizyka dielektryków*, Wydanie pierwsze, PWN Warszawa 1972.
5. Szydłowski H., *Pracownia Fizyczna*, Wydanie drugie poprawione, PWN Warszawa 1975.