

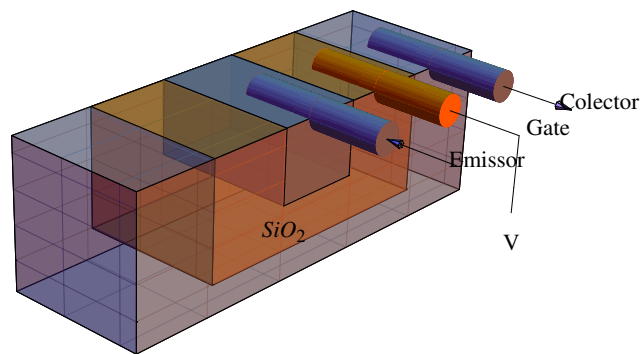
Eletromagnetismo e Ótica (MEC/LEGM)

4ª Semana

Problemas

Probl. 1) Considere a região de "gate" de um transistor num microprocessador recente. É constituída por duas camadas metálicas de dimensões de $0.1 \mu\text{m}$ por $0.5 \mu\text{m}$, separadas por uma camada semi-condutora de óxido de silício SiO_2 com uma espessura de 1.5 nm e uma constante dielétrica $\epsilon_r = 3.5$. A diferença de potencial aplicada é da ordem de 1.5 V . Para este problema considere que se trata de um condensador de placas paralelas de área $0.1 \mu\text{m}$ por $0.5 \mu\text{m}$.

- Qual é a capacidade do condensador?
- Quantos electrões se encontram na armadura quando é aplicada a diferença de potencial de 1.5 V ?



Esquema de um transistor real. Quando o potencial da Gate é nulo o Óxido de Silício funciona como um dielétrico e isola o emissor do colector. Quando se aplica um determinado potencial na Gate esta passa a ser condutora e permite a passagem de corrente entre o emissor e o colector.

Respostas:

R. 1-a) $C = 1.031 \times 10^{-3} \text{ (pF)}$

R. 1-b) $N_e \approx 9652 \text{ electrões}$

Probl. 2) Um condensador plano com armaduras de área A está ligado a uma bateria que fornece uma tensão constante V_o . Descreva o que acontece à diferença de potencial V entre as armaduras, ao campo eléctrico \vec{E} , à capacidade C e às cargas Q nas armaduras quando:

- se afastam as armaduras para o dobro da distância inicial d , mantendo o condensador ligado à bateria.
- se afastam as armaduras como na alínea anterior, mas desligando-as da bateria primeiro.

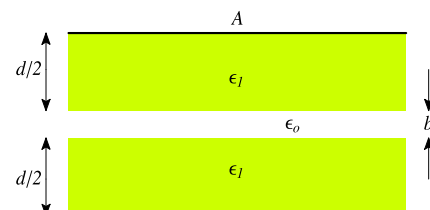
Respostas:

R. 2-a) $V = V_o, \vec{E} = \frac{1}{2} \vec{E}_o, C = \frac{1}{2} C_o \text{ e } Q = \frac{1}{2} Q_o$

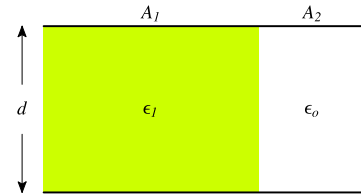
R. 2-b) $V = 2 V_o, \vec{E} = \vec{E}_o, C = \frac{1}{2} C_o \text{ e } Q = Q_o$

Probl. 3) Considere as seguintes situações:

- Devido a um acidente, o dielétrico de permitividade relativa $\epsilon_r = 10$ de um condensador plano partiu-se pelo meio, deixando uma separação b entre as duas metades do dielétrico de espessura inicial $d = 2 \text{ mm}$. Sabendo que a capacidade C do condensador diminuiu agora para metade do valor que tinha, determine o valor de b . Determine as cargas de polarização que aparecem nos dielétricos.



Noutra altura o dielétrico apenas cobria uma área A_1 das armaduras de área total $A = A_1 + A_2$, como indicado na figura ao lado. Determine agora a capacidade C do condensador em função da área coberta A_1 . Determine ainda a densidade de carga livre em cada região A_1 e A_2 da armadura, e as cargas de polarização no dielétrico.



Respostas:

R. 3-a) $b = 0.2 \text{ mm}$; Se $V = c^{te}$, $\sigma_p = \frac{9\epsilon_o V}{2d}$. Se $Q = c^{te}$, $\sigma_p = \mp \frac{9Q}{10A}$.

R. 3-b) $C = \frac{\epsilon_o(A+9A_1)}{d}$; Se $V = c^{te}$, $\begin{cases} \sigma_{1c} = 10 \epsilon_o \frac{V}{d} \\ \sigma_{2c} = \epsilon_o \frac{V}{d} \\ \sigma_{1p} = \mp 9 \epsilon_o \frac{V}{d} \end{cases}$, se $Q = c^{te}$, $\begin{cases} \sigma_{1c} = \frac{10Q}{A+9A_1} \\ \sigma_{2c} = \frac{Q}{A+9A_1} \\ \sigma_{1p} = \mp \frac{9Q}{A+9A_1} \end{cases}$

Probl. 4) Duas esferas condutoras, ôcas e concêntricas, de raios $R_1 = 2 \text{ cm}$ e $R_2 = 6 \text{ cm}$ e espessura desprezável são carregadas até atingirem potenciais $\varphi_1 = 6 \text{ V}$ e $\varphi_2 = 1 \text{ V}$.

- Deduza a expressão para o potencial $\varphi(r)$ em todas as regiões do espaço.
- Determine o campo eléctrico \vec{E} nas mesmas regiões. Devem-se esperar descontinuidades no campo eléctrico? Onde e porquê?
- Calcule as cargas Q_1 e Q_2 de cada esfera.
- Determine a capacidade C deste sistema visto como um condensador.
- Qual é a pressão electrostática à superfície de cada esfera?

Respostas:

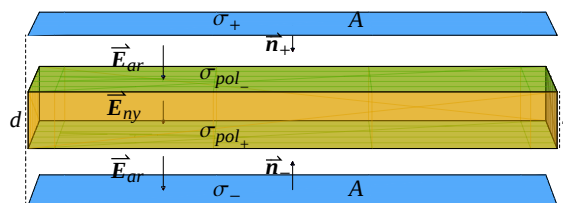
R. 4-a) $\varphi(r) = \begin{cases} 6 & (r \leq R_1) \\ \frac{3}{20} \left(\frac{1}{r} - 10 \right) & (R_1 \leq r \leq R_2) \\ \frac{3}{50r} & (R_2 \leq r) \end{cases} \text{ (V)}$

R. 4-b) $\vec{E}(\vec{r}) = \begin{cases} 0 & (r \leq R_1) \\ \frac{3}{20r^2} \vec{e}_r & (R_1 \leq r \leq R_2) \\ \frac{3}{50r^2} \vec{e}_r & (R_2 \leq r) \end{cases} \left(\frac{V}{m} \right)$; $\Delta \vec{E}(R_1) = 375 \left(\frac{V}{m} \right)$ e $\Delta \vec{E}(R_2) = -25 \left(\frac{V}{m} \right)$

R. 4-c) $Q_1 = 16.7 \text{ (pC)}$ e $Q_2 = -10 \text{ (pC)}$

R. 4-d) $C = 3.33 \text{ (pF)}$

Probl. 5) Um condensador de placas paralelas tem uma área $A = 0.1 \text{ m}^2$ e uma distância entre placas de $d = 3 \text{ mm}$. A meio no seu interior está uma placa de nylon de espessura $s = 1 \text{ mm}$. A constante dielétrica relativa do nylon é $\epsilon_r = 3.4$, e suporta um campo eléctrico máximo de $14 \times 10^6 \frac{V}{m}$. A constante dielétrica relativa do ar é $\epsilon_r = 1.00059 \sim 1$ e suporta um campo eléctrico máximo de $3 \times 10^6 \frac{V}{m}$. A carga no condensador é $Q = 1.5 \times 10^{-8} \text{ C}$.



Condensador Plano com dielétrico de ar+nylon+ar.

- Calcule o campo eléctrico no ar \vec{E}_{ar} e no nylon \vec{E}_{ny} dentro do condensador. Determine a partir daí as densidades de carga de polarização no nylon.

- b) Qual é a capacidade C do condensador?
- c) Qual é a energia U necessária para carregar o condensador e qual a energia armazenada no campo elétrico final?
- d) Qual é a maior carga que esse condensador pode ter nas armaduras sem correr riscos de uma descarga?
- e) Estando o condensador em circuito aberto, qual é a tensão V_{ar} entre as armaduras quando a placa de nylon é retirada? Como se compara à tensão V_{ny} com a placa de nylon?
- f) Qual é o trabalho \mathcal{W} que é preciso efectuar para retirar essa placa de nylon?

Respostas:

R. 5-a) $\vec{E}_{ny} = 4.989 \times 10^3 \vec{n}_+$ $\left(\frac{V}{m}\right)$ e $\vec{E}_{ar} = 16.964 \times 10^3 \vec{n}_+$ $\left(\frac{V}{m}\right)$

R. 5-b) $C = 3.85 \times 10^{-1}$ (nF)

R. 5-c) $U = 2.92 \times 10^{-7}$ (J)

R. 5-d) $Q_{rot} = 42 \times 10^{-6}$ (C)

R. 5-e) $V_{ar} = 50.89$ (V) > $V_{ny} = 38.92$ (V)

R. 5-f) $\mathcal{W} = 8.98 \times 10^{-8}$ (J)