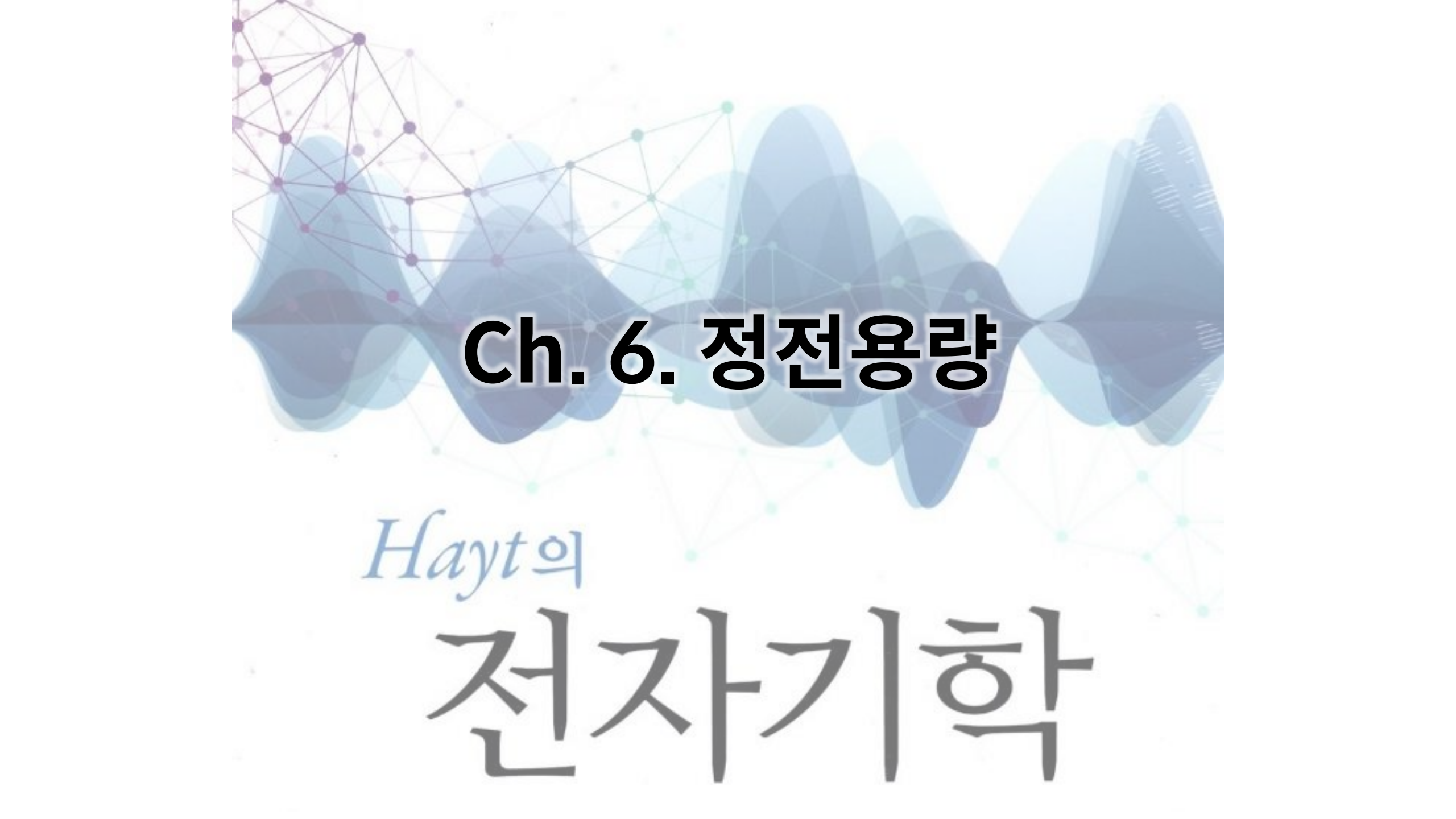




Ch. 6. 정전용량

*Hayt*의

전자기학

6장. 정전용량 (Capacitance)

- 커패시터(capacitor) : 에너지를 저장하는 장치
축적된 전하량 또는 저장된 전계와 관련

6.1 정전용량의 정의

6.2 평행판 커패시터

6.3 정전용량의 여러 가지 예

6.4 두 평행도선의 정전용량

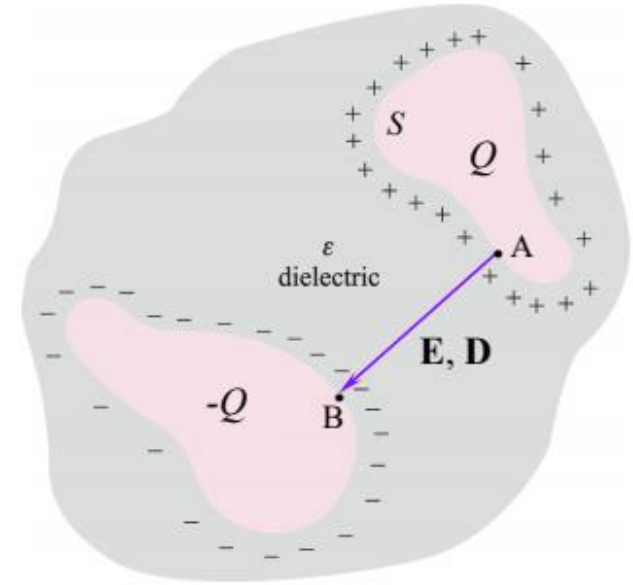
6.5 2차원 문제에서 정전용량을 추정하기 위한 전계 그림의 사용

6.6 포와송 및 라플라스 방정식

6.7 라플라스 방정식 해의 예

6.1 정전용량의 정의

- 정전용량 개요 (그림 참고)
 - 총 전하량이 0인 두 개의 도체계
 - 전하는 표면에만 분포
 - 전계는 도체 표면에 수직
 - 각 도체는 등전위면



- 정전용량 C (Capacitance) : + 도체가 갖는 전하의 크기와 두 도체 사이의 전위차와의 비

$$C = \frac{Q}{V_0} = \frac{\int_S \epsilon \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}}{-\int_-^+ \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L}} \quad [F = C/V] \text{ (farad, 패러드)}$$

- 전위차나 전하량의 값에 무관
 - ∴ 전하밀도 ↑ → 전속밀도 or 전계세기 ↑ → 전위차 ↑
- 도체의 기하학적 치수와 유전율에 의해서만 결정

6.2 평행판 커패시터

- 평행판 커패시터의 용량

➤ 도체의 표면전하밀도가 $\pm\rho_S$, 동일한 무한 평행도체판이 간격 d 만큼 떨어져 있는 도체계

❖ 도체의 경계조건 (5.4절) : $\mathbf{D} \cdot \mathbf{n}_S = \rho_S$

❖ 아래도체판 : $\mathbf{D} \cdot \mathbf{n}_S = \mathbf{D} \cdot \mathbf{a}_z = \rho_S \rightarrow \mathbf{D} = \rho_S \mathbf{a}_z$

❖ 위도체판 : $\mathbf{D} \cdot \mathbf{n}_S = \mathbf{D} \cdot (-\mathbf{a}_z) = -\rho_S \rightarrow \mathbf{D} = \rho_S \mathbf{a}_z$

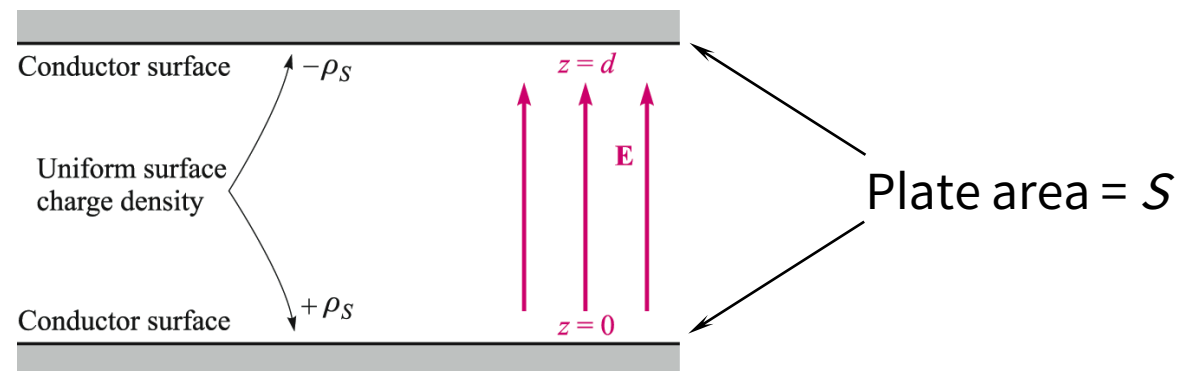
$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{D}}{\epsilon} = \frac{\rho_S}{\epsilon} \mathbf{a}_z$$

❖ 도체판 사이의 전위차

$$V_0 = - \int_u^l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = - \int_d^0 \frac{\rho_S}{\epsilon} dz = \frac{\rho_S}{\epsilon} d$$

❖ + 도체판의 전하량 : $Q = \rho_S S$

❖ 정전용량 $C = \frac{Q}{V_0} = \frac{\epsilon S}{d}$



6.2 평행판 커패시터

- 예제 6.1) $\epsilon_r = 6$, $S = 10[inch^2]$, $d = 0.01[inch]$ 인 평행판 커패시터의 정전용량

$$C = \frac{\epsilon S}{d}$$

$$\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0 = 6 \times 8.854 \times 10^{-12}$$

$$S = 10[inch^2] = 10[inch^2] \times \frac{(0.0254[m])^2}{(1[inch])^2} = 10 \times 0.0254^2 [m^2]$$

$$d = 0.01[inch] = 0.01[inch] \times \frac{0.0254[m]}{1[inch]} = 0.01 \times 0.0254 [m]$$

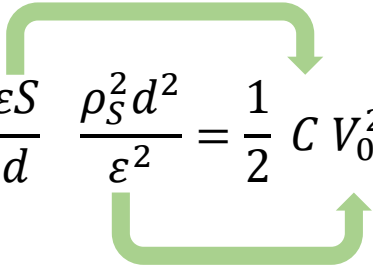
$$\begin{aligned} C &= \frac{\epsilon S}{d} = \frac{6 \times 8.854 \times 10^{-12} \times 10 \times 0.0254^2}{0.01 \times 0.0254} = 6 \times 8.854 \times 0.0254 \times 10^{-9} \\ &= 1.349 \times 10^{-9} = 1.349 [nF] \end{aligned}$$

6.2 평행판 커패시터

- 커패시터에 저장되는 총 에너지

$$W_E = \frac{1}{2} C V_0^2$$

$$W_E = \int_{vol} \frac{1}{2} \mathbf{D} \cdot \mathbf{E} dv$$

$$W_E = \frac{1}{2} \int_{vol} \epsilon E^2 dv = \frac{1}{2} \int_S \int_0^d \frac{\epsilon \rho_S^2}{\epsilon^2} dz dS = \frac{1}{2} \frac{\rho_S^2}{\epsilon} S d = \frac{1}{2} \frac{\epsilon S}{d} \frac{\rho_S^2 d^2}{\epsilon^2} = \frac{1}{2} C V_0^2$$


6.3 정전용량의 여러 가지 예

- 동축케이블

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\rho_L L}{\frac{\rho_L}{2\pi\epsilon} \ln \frac{b}{a}} = \frac{2\pi\epsilon L}{\ln \left(\frac{b}{a} \right)}$$

- 구형 커패시터

$$E_r = \frac{Q}{4\pi\epsilon r^2}, \quad V_{ab} = \frac{Q}{4\pi\epsilon} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

$$C = \frac{Q}{V_{ab}} = \frac{4\pi\epsilon}{\frac{1}{a} - \frac{1}{b}}$$

