麦克斯韦位移电流假说

位移电流 (displacement current) 变化的电场可以等效成一种电流，叫做位移电流。通过电场中某一截面的位移电流等于通过该截面的电位移通量的时间变化率.

$$I_{\mathrm{d}}=\frac{\mathrm{d}\Phi_D}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}(DS)}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}(\sigma S)}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$$

位移电流密度(density of displacement current)等于电位移矢量对时间的变化率。即：

$$\vec{j}_d=\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

位移电流强度为：

$$I_d=\int\vec{j}_d\cdot d\vec{S}=\int\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{S}=\frac{\partial}{\partial t}\int\vec{D}\cdot d\vec{S}=\frac{\partial\Phi_D}{\partial t}$$

全电流定律

对任何电路, 全电流总是连续的. 为此，麦克斯韦将安培定理推广至非稳恒情况

$$I_{全}=I_c+I_d=\int_S \vec{J}_c\cdot d\vec{S}+\int_S \vec{J}_d\cdot d\vec{S}=\int_S(\vec{J}_c+\frac{\partial\vec{D}}{\partial t})\cdot d\vec{S}$$

全电流连续性方程 $\oint_S(\vec{J}_c+\vec{J}_d)\cdot d\vec{S}=0$

麦克斯韦认为：磁场中沿任意闭合回路磁场强度的环流应等于此闭合回路所围住的全电流。这就是全电流的安培环路定律。即：

普遍的安培定理 $\oint_L \vec{H}\cdot\mathrm{d}\vec{l}=I_c+I_d=\int_S \vec{J}\cdot\mathrm{d}\vec{S}+\int_S\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$

积分形式的麦克斯韦方程组

$$\oint_S \vec{D}\cdot \mathrm{d}\vec{s} = \int_V \rho \mathrm{d}V = \sum q$$

$$\oint_L \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

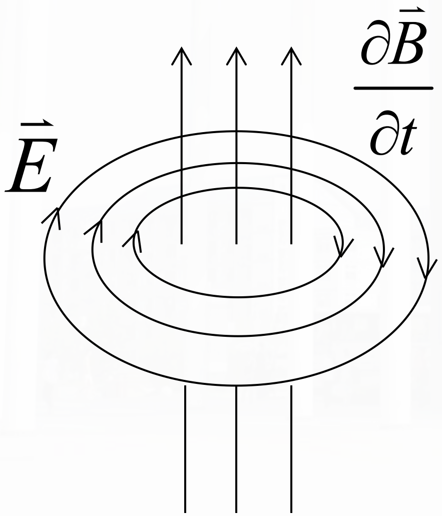
$$\oint_S \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = 0$$

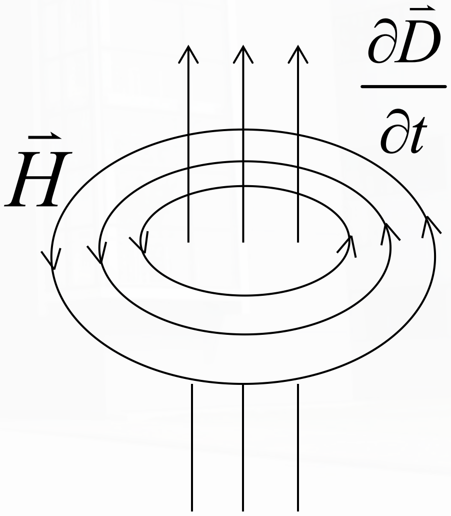
$$\oint_L \vec{H}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \int_S (\vec{J}_0 + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t})\cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

中心思想是：变化的电场在其周围产生磁场；变化的磁场激发涡旋电场

$$\oint_{(L)} \vec{H}\cdot d\vec{l} = \iint_{(S)} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\cdot d\vec{s} \quad \overset{\text{对称}}{\Leftrightarrow} \quad \oint_{(L)} \vec{E}\cdot d\vec{l} = -\iint_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}\cdot d\vec{s}$$

涡旋电场+位移电流预言电磁波的存在





8.1-1 一平行板电容器的两极板都是半径为5.0 cm 的圆导体片，在充电时，其中电场强度的变化率为$\frac{\mathrm{d}E}{\mathrm{d}t}=1.0\times10^{12}\mathrm{V/(m\cdot s)}$．求：

（1）两极板间的位移电流；

（2）极板边缘的磁感应强度。

解：（1）$I=\frac{\partial D}{\partial t}\cdot S=\varepsilon_0\frac{\partial E}{\partial t}\cdot\pi R^2$

$$=8.85\times10^{-12}\times1.0\times10^{12}\times\pi\times(5.0\times10^{-2})^2\mathrm{A}=7.0\times10^{-2}\mathrm{A}.$$

（2）$2\pi rH=\frac{\partial D}{\partial t}\cdot S=\varepsilon_0\frac{\partial E}{\partial t}\cdot\pi R^2$，

$$B=\mu_0H=\mu_0\cdot\frac{\varepsilon_0}{2\pi r}\frac{\partial E}{\partial t}\cdot\pi R^2=\frac{\varepsilon_0\mu_0}{2}r\frac{\partial E}{\partial t}$$

$$=\left(\frac{1}{2}\times8.85\times10^{-12}\times4\pi\times10^{-7}\times5.0\times10^{-2}\times1.0\times10^{12}\right)\mathrm{T}=2.8\times10^{-7}\mathrm{T}.$$