

Vlny v plazmatu s magnetickým polem:

Pro řešení Maxwellových rovnic potřebujeme znát vztah mezi intenzitou elektrického pole a hustotou proudu, který řešíme ve vnějším magnetickém poli \vec{B}_0 působícím ve směru \vec{z}_0 :

$$\begin{aligned} m\dot{\vec{v}} &= -e\vec{E} - m\vec{v}\nu - e(\vec{v} \times \vec{B}_0) \\ m\frac{d\vec{j}}{dt} &= ne^2\vec{E} - m\nu\vec{j} - e(\vec{j} \times \vec{B}_0) \\ \vec{E} &= \frac{m}{ne^2}(\nu + i\omega)\vec{j} + \frac{1}{ne}(\vec{j} \times \vec{B}_0) \\ \vec{E} &= \frac{\nu + i\omega}{\varepsilon_0\omega_{pe}^2}\vec{j} + \frac{\omega_{ce}}{\varepsilon_0\omega_{pe}^2}(\vec{j} \times \vec{z}_0) \end{aligned}$$

Maxwellovy rovnice potom vedou na

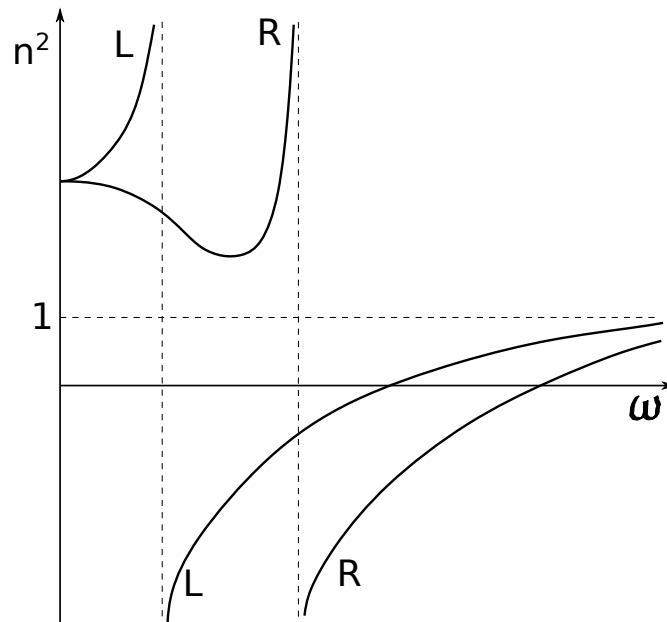
$$\begin{aligned} \vec{\nabla} \times \vec{B} &= \mu_0\vec{j} \\ \vec{\nabla} \times \vec{E} &= -i\omega\vec{B} \\ \vec{E} &= c^2 \frac{\nu + i\omega}{\omega_{pe}^2} \vec{\nabla} \times \vec{B} + c^2 \frac{\omega_{ce}}{\omega_{pe}^2} [(\vec{\nabla} \times \vec{B}) \times \vec{z}_0] \\ -i\omega\vec{B} &= c^2 \frac{\nu + i\omega}{\omega_{pe}^2} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) + c^2 \frac{\omega_{ce}}{\omega_{pe}^2} \vec{\nabla} \times [(\vec{\nabla} \times \vec{B}) \times \vec{z}_0] \\ i\omega\vec{B} &= -c^2 \frac{\nu + i\omega}{\omega_{pe}^2} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) + ic^2 \frac{\omega_{ce}}{\omega_{pe}^2} k_z \vec{\nabla} \times \vec{B} \\ 0 &= c^2 \frac{\omega - i\nu}{\omega_{pe}^2} \vec{\nabla} \times (\vec{\nabla} \times \vec{B}) - c^2 \frac{\omega_{ce}}{\omega_{pe}^2} k_z \vec{\nabla} \times \vec{B} + \omega\vec{B} \end{aligned}$$

Poslední rovnici lze přepsat na

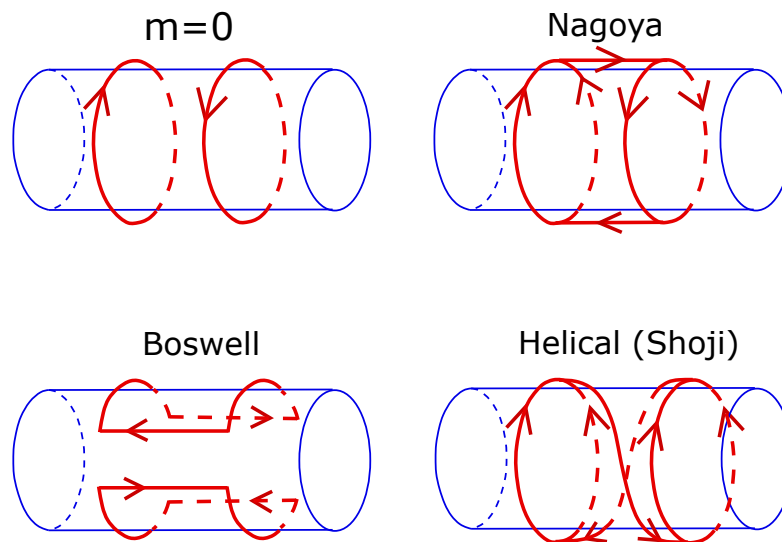
$$\begin{aligned} (k_1 - \vec{\nabla} \times) (k_2 - \vec{\nabla} \times) \vec{B} &= 0 \\ \frac{\omega - i\nu}{\omega_{ce}} k^2 - k_z k + \frac{\mu_0 n e \omega}{B} &= 0 \\ \text{pro } \omega_{ce} \gg \omega, \nu: \quad k_z k &\approx \frac{\mu_0 n e \omega}{B} \\ \text{index lomu pro } \nu \gg \omega: \quad \left(\frac{ck}{\omega}\right)^2 &\approx \frac{\omega_{pe}^2}{\omega(\omega_{ce} \cos \vartheta - \omega)} \end{aligned}$$

Pro vlny s $\vec{k} \parallel \vec{B}_0$:

$$\begin{aligned} n_r^2 &= 1 + \frac{\omega_{pe}^2}{\omega\omega_{ce} \left(1 + \frac{\omega_{ci}}{\omega} - \frac{\omega}{\omega_{ce}}\right)} \\ n_l^2 &= 1 - \frac{\omega_{pe}^2}{\omega\omega_{ce} \left(1 - \frac{\omega_{ci}}{\omega} + \frac{\omega}{\omega_{ce}}\right)} \end{aligned}$$



Typy antén:



Výhody:

- vysoká koncentrace elektronů ($10^{17} - 10^{20} \text{ m}^{-3}$)
- vysoká efektivita
- relativně nízké B_0 ($\sim 5 \text{ mT}$)
- bez vnitřních elektrod
- možnost nezávislého řízení předpětí na vzorku

Využití:

- leptání a depozice
- iontové pohony