

Topic 1

March 23, 2023

1 MOKE 的光学部分讨论

MOKE(Magneto-optic Kerr effect) 是一种探测铁磁磁化的有效光学方法. 其原理可以从 Maxwell 方程开始谈起

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \vec{E} &= \rho/\varepsilon \\ \nabla \times \vec{E} &= -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \\ \nabla \times \vec{B} &= 0 \\ \nabla \times \vec{B} &= \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}\end{aligned}\tag{1}$$

在固体中对于外加光场 (电磁场) 有 Ohm's law:

$$J_i = \sigma_{ij}(\omega) E_j\tag{2}$$

考虑单模光场

$$\vec{E} = E_0 e^{i\vec{q}\cdot\vec{r} - i\omega t}\tag{3}$$

1.1 推导决定光在物质中的传播方程

结合电动力学中电磁波传播一节的知识, 推导

$$\vec{M} \cdot \vec{E} = 0\tag{4}$$

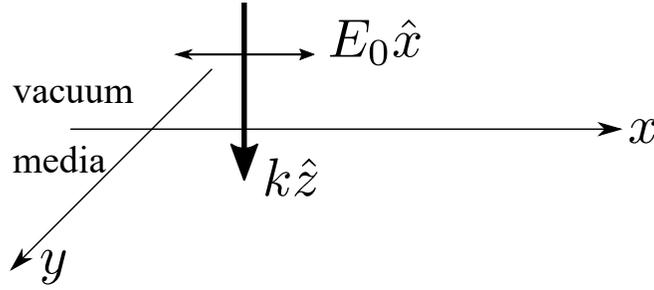
1.2 考虑

考虑固体材料电导率,

$$\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_0 & \sigma_1 & 0 \\ -\sigma_1 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{pmatrix}$$

折射率满足 $q = n\omega/c$. 求折射率 n 及传播方程 (4) 相应的本征矢, 且论证其与旋光相关.

1.3 MOKE 的特征信号



求反射光中

$$\eta = \frac{|E_R|^2 - |E_L|^2}{|E_r|^2}$$

其中 E_L , E_R 分别是左, 右旋光电场强度, E_r 为反射总电场强度.

2 联系微观物理

考虑微观模型

$$\hat{H} = t(\sigma_x k_x + \sigma_y k_y) + (\Delta + \lambda k_z^2) \sigma_z$$

令 $t = 1$, $\Delta = 0.5$, $\lambda = 0.25$. 选择一个频率, 如 $\omega = 1.5$. Fermi 面在能隙之中.

2.1 电导计算

利用线性响应公式

$$\sigma_{\mu\nu}(\mathbf{q} \rightarrow 0, \omega) = \frac{ie^2}{\hbar} \int [d\mathbf{k}] \sum_{n \neq n'} \frac{[\langle n | v_\mu | n' \rangle \langle n' | v_\nu | n \rangle] (f_n - f_{n'})}{[E_{n'} - E_n] [\hbar\omega - E_n + E_{n'} + i\epsilon]}$$

$\mu = x, y$. 其中 v_μ 是 μ 方向上的速度算符, $|n\rangle$ 和 $|n'\rangle$ 都是 H 的本征态, $f_n = f(E_n)$ 是 n 能级的 Fermi 分布函数, ϵ 是一个为了避免发散的极小值 (自取). 计算电导 $\sigma_{xx}(\omega)$, $\sigma_{xy}(\omega)$ 的表达式.

2.2 MOKE 特征信号

计算 η , 证明该材料有 MOKE.