

電子

群速度 $\boldsymbol{v}_e = \frac{\partial \omega}{\partial \boldsymbol{k}}$, エネルギー $\boldsymbol{\mathcal{E}}(\boldsymbol{k}) = \hbar \omega(\boldsymbol{k})$, 外力 $\frac{d\boldsymbol{k}}{dt} = \frac{\boldsymbol{F}}{\hbar}$, $\boldsymbol{k}(t) = \frac{\boldsymbol{F}}{\hbar}t + \boldsymbol{k}(0)$ 有効質量 $\frac{d\boldsymbol{v}_e}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \boldsymbol{\mathcal{E}}}{\partial \boldsymbol{k}} \frac{1}{\hbar} \right) = \frac{1}{\hbar} \frac{\partial^2 \boldsymbol{\mathcal{E}}}{\partial k_i \partial k_j} \frac{dk_j}{dt} = \frac{1}{\hbar^2} \frac{\partial^2 \boldsymbol{\mathcal{E}}}{\partial k_i \partial k_j} \boldsymbol{F} = \left(\frac{\boldsymbol{F}}{m^*} \right)_{ij}$ $\boldsymbol{\mathcal{E}}$ - k グラフで曲率高い方が軽くて速い。 3 p D