

4 Energy Loss の実験に関連する量

日立中研 渡 辺 宏

入射電子が momentum $\hbar k$, energy $\hbar\omega$ を電子の集団に与えて, 散乱してゆく。単位時間あたりの確率は

$$W(k, \omega) = \frac{2\pi}{\hbar^2} \left(\frac{4\pi e^2}{k^2}\right)^2 \sum_n |(\rho_k)_{no}|^2 \delta(\omega - \omega_{no})$$

と書けるが, \sum_n の項を dynamic form factor と呼ぶ。

$$S(k, \omega) = \sum_n |(\rho_k)_{no}|^2 \delta(\omega - \omega_{no})$$

一方,
$$W(k, \omega) = -\frac{8\pi e^2}{\hbar k^2} \text{Im} \frac{1}{\epsilon(k, \omega)}$$

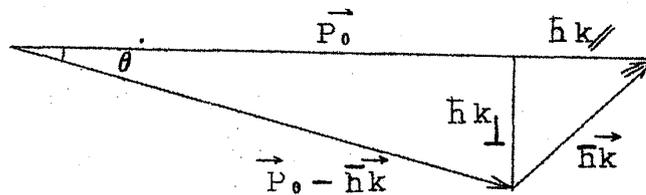
Loss function
$$= \text{Im} \frac{1}{\epsilon(k, \omega)} = \frac{4\pi^2 e^2}{\hbar k^2} S(k, \omega)$$

plasmon の場合には

$$S(k, \omega) = \frac{\hbar\omega_p k^2}{8\pi e^2} \delta(\omega - \omega_p)$$

但し, ω_p は $\epsilon_1(k, \omega_p) = 0$ を満たす。すなわち分散関係

$$\omega_p = \omega_{p0} + \frac{3}{10} k^2 \frac{v_F^2}{\omega_{p0}} + \dots$$



momentum の関係

$$\hbar^2 (k_{\parallel}^2 + k_{\perp}^2) = \hbar^2 k^2$$

$$\hbar k_{\parallel} = p_0 \cdot Q_E$$

$$\hbar k_{\perp} = P_0 \cdot \theta$$

$$\therefore \hbar k = P_0 (\theta^2 + \theta_E^2)$$

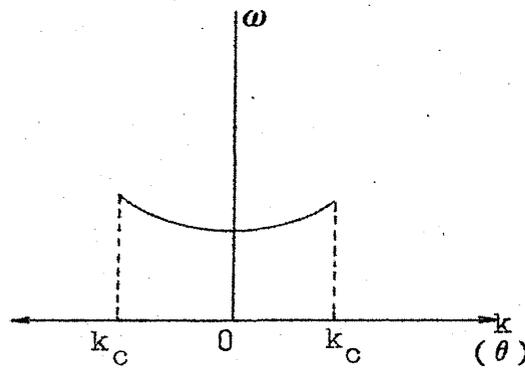
Momentum-Energy の関係

$$\frac{(\hbar k \cdot F_0)}{m} - \frac{\hbar^2 k^2}{2m} = \hbar \omega_p$$

これらの関係から

$$W_{\text{plasmon}}(k, \omega) \sim \frac{\theta_E}{\theta^2 + \theta_E^2} \delta(\omega - \omega_p) \quad (\text{次頁の図参照})$$

$$S_{\text{plasmon}}(k, \omega) \sim \hbar \omega_p P_0 (\theta^2 + \theta_E^2) \delta(\omega - \omega_p)$$



differential cross section

$$\frac{d(n\sigma)}{d\Omega} = \frac{1}{2\pi a_0} \frac{\theta_E}{\theta^2 + \theta_E^2} \bar{G}^1(\theta)$$

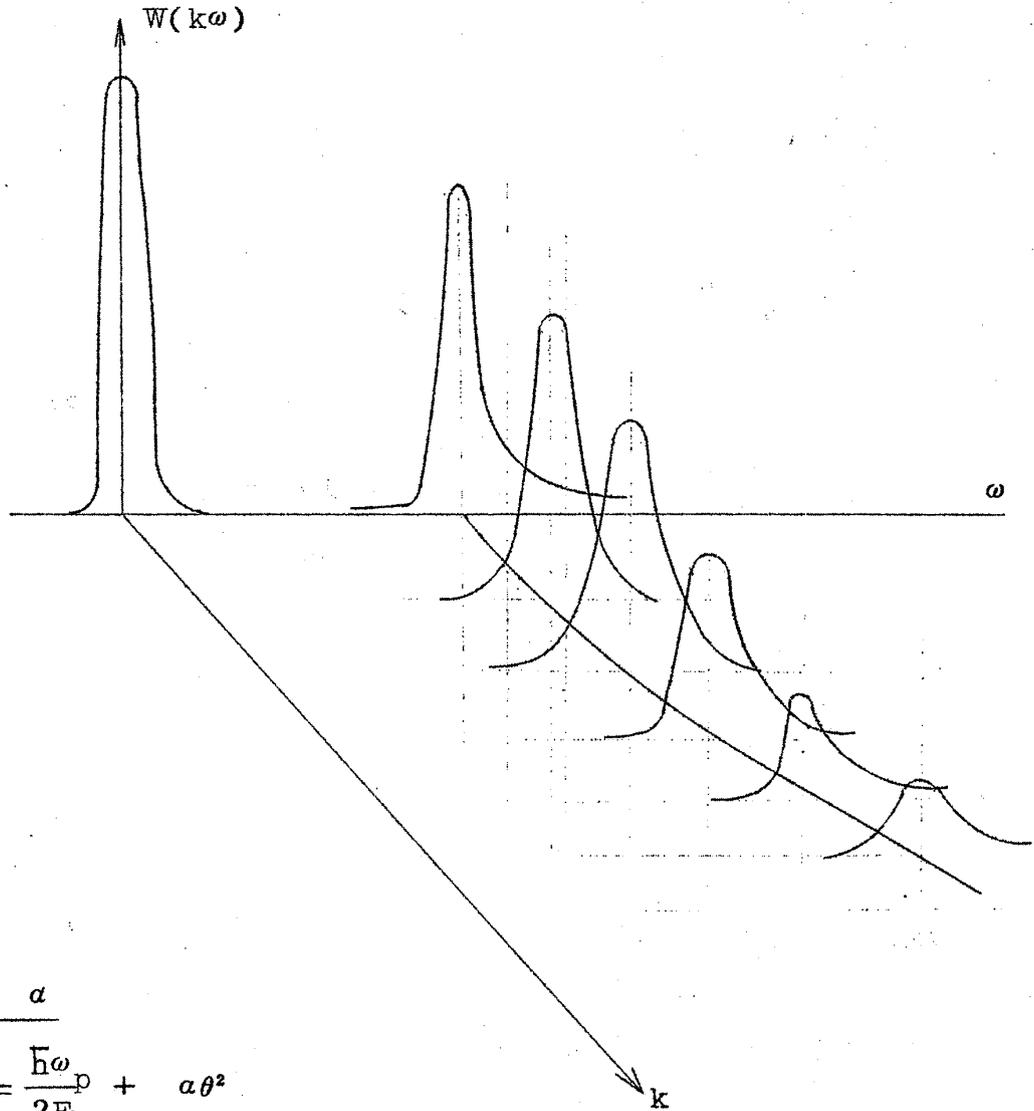
total cross section

$$n\sigma_0 = \frac{\theta_E}{a_0} \ell_n \frac{\theta_c}{\theta_E}$$

mean free path

$$\lambda = \frac{1}{na_0} = \frac{a_0}{\theta_E \times \ell_n \frac{\theta_c}{\theta_E}}$$

Energy Loss の実験に関連する量



実験結果

分散係数 a

$$\frac{\hbar\omega}{2E_0} = \frac{\hbar\omega_p}{2E_0} + a\theta^2$$

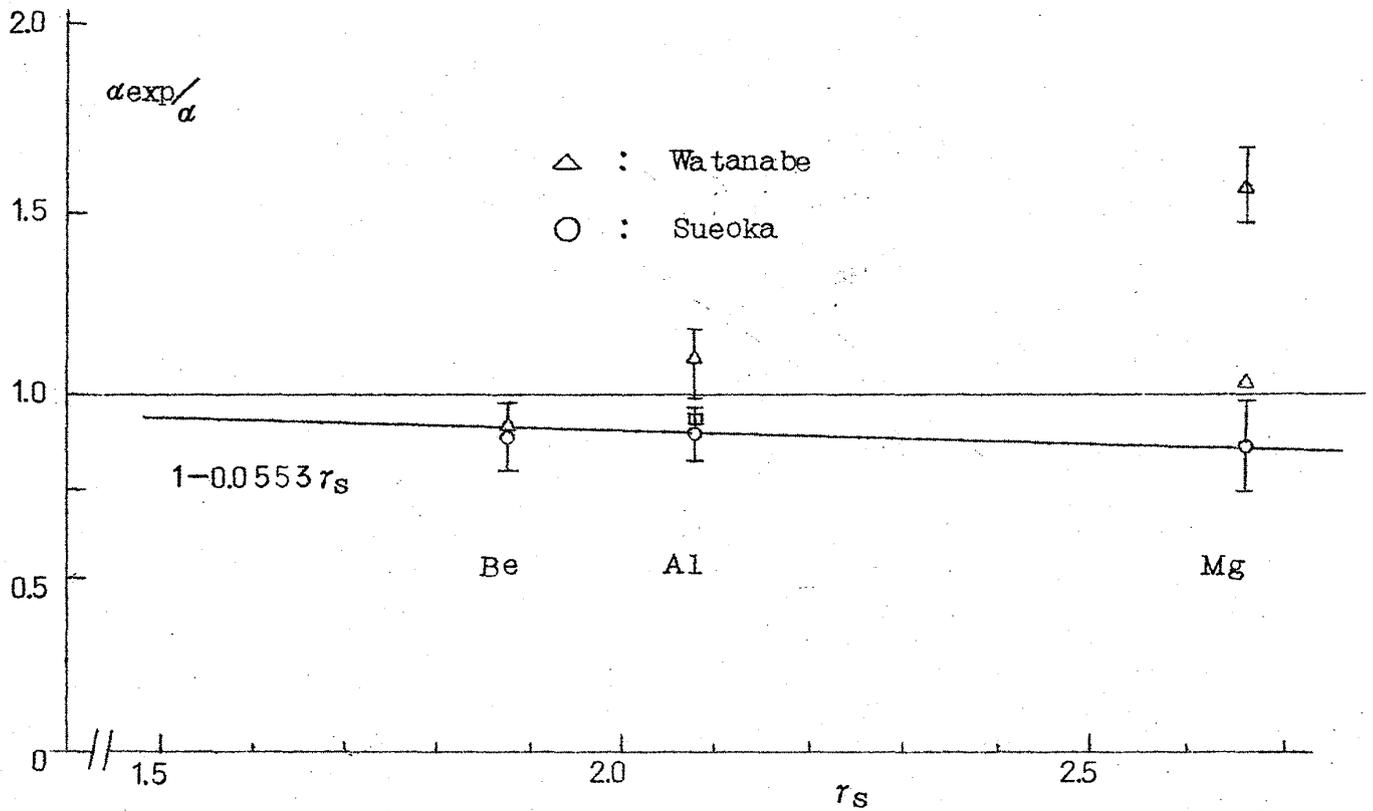
$$a = \frac{3}{5} \times \frac{\frac{1}{2}m v_F^2}{\hbar\omega_p}$$

v_F : Fermi velocity

electron exchange を考慮に入れた Kanazawa らの計算 (Prog.Theoret Phys. 23 ('60) 426) ではこの a は

$$a' = a (1 - 0.0553 r_s)$$

で置き換える。但し, $\frac{4\pi}{3}(r_s a_0)^3 = \frac{1}{n}$



寿命 τ

$$\frac{2\Gamma}{\Delta E} = \frac{1}{\omega_p \tau}$$

Al $\Gamma_1 \sim 0.6 \text{ eV}$

$\Delta E \sim 148 \text{ eV}$

$\tau \sim 11 \times 10^{-15} \text{ sec}$

Cut-off angle

Pines : $k_c = 0.353\sqrt{r_s} \cdot k_F$

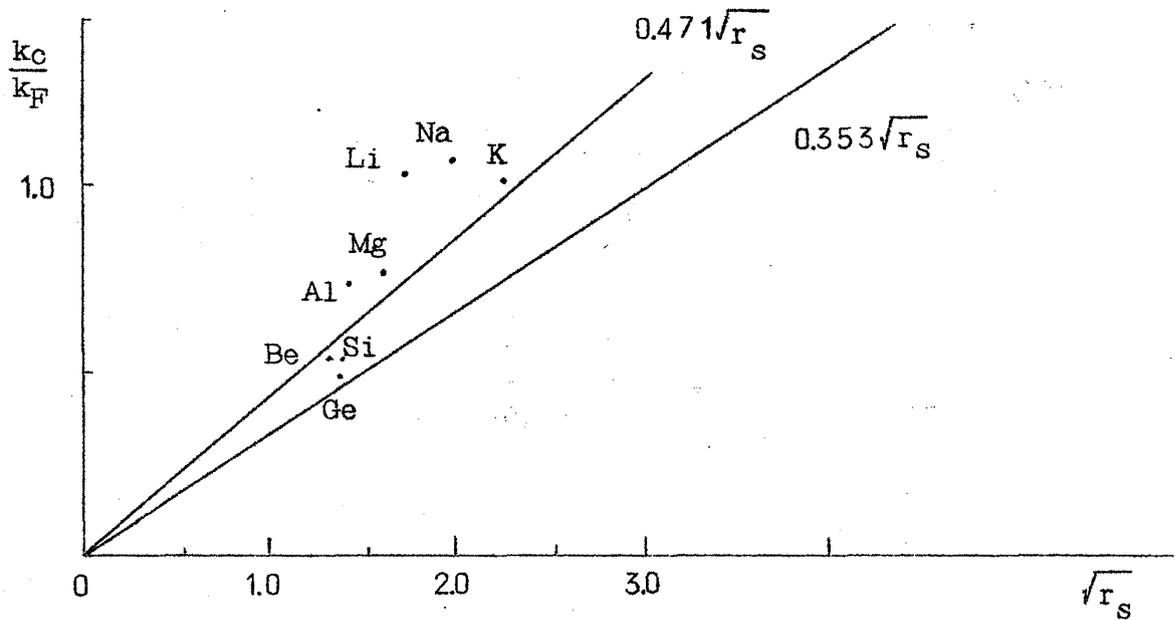
(Rev. Mod. Phys. 28 ('56) 184)

Ferrell : $k_c = 0.471\sqrt{r_s} \cdot k_F$

(Phys. Rev. 107 (57) 450)

$k_c \text{ obs}/k_F$ と $\sqrt{r_s}$ を画いてみると図のようになる。

Energy Loss の実験に関連する量



Differential or ss section

Al では absolute value の測定まで行なわれている。

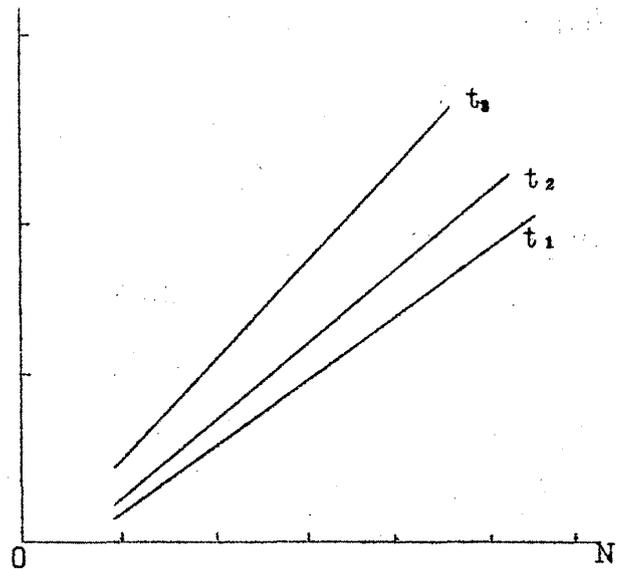
$G^{-1}(\theta)$ を考慮に入れると良い一致を示す。

Mean free path

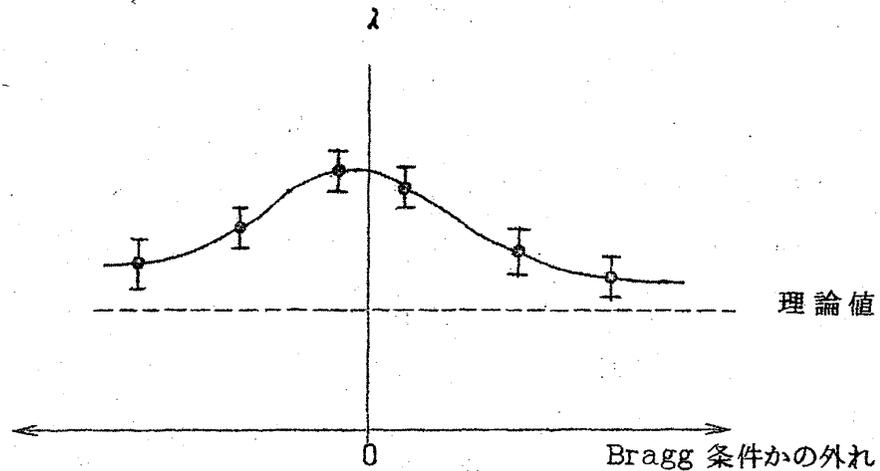
N 回散乱電子の強度

$$P_N\left(\frac{t}{\lambda}\right) = \frac{1}{N!} \left(\frac{t}{\lambda}\right)^N e^{-t/\lambda}$$

$\ln N! P_N$



- 図の直線の傾きから求める。
- 実験値は常に理論値より大き目に出る。
- 結晶の方位によって λ が変化する。



- 加速電圧への依存性は傾向的によく一致する。

5 Phonon Magnon について

原 研 浜 口 由 和

1. Introduction

Neutron の inelastic scattering, quasi-elastic scattering を利用しての研究の対象は大別すると次の4つとなる。

- 固体の dynamics—格子振動 (拡散)
- 液体 (気体) の dynamis—分子内運動, 拡散 collective motion
- 磁性体の spin collective motion—spin wave
- “ dispersive motion—spin diffusion etc.

thermal neutron の energy, transmission 等から考えて上記の性質の研究が可能であることは旧くから指摘されて居り van Hone の理論を始めとして多くの理論的研究は行われてきたのであるが, 実験の方は 1953 年 Brockhouse が格子振動の観測に成功, Lowde, Liste が白色中性子を用いて spin wave の観測に成功しておりながら中性子源の弱さの為に, 測定を可