

# 低速イオン，原子散乱分光による表面解析

梅澤 憲 司

大阪府立大学高等教育推進機構 ☎ 599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

(2016年11月15日受付；2017年2月21日掲載決定)

## Surface Structural Analysis Using Low Energy Ion and Atom Scattering

Kenji UMEZAWA

Osaka Prefecture University, 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8531

(Received November 15, 2016 ; Accepted February 21, 2017)

Low energy ion scattering spectroscopy is a powerful tool for the analysis of the topmost surface composition and structure. Low energy atom scattering spectroscopy is a quite useful tool for the analysis of the topmost insulator surfaces, as well. Because the primary beams of low energy atom scattering are electrically neutral. This report provides some of the basic principles relating to the interaction between low energy particles (ions/atoms) and topmost surfaces. Due to the large amount of research carried out in this field, selected materials are shown in this report.

KEYWORDS : low energy ion scattering, low energy atom scattering, surface structural analysis

### 1. はじめに

低速イオン散乱 (LEIS) は、用いるイオンのエネルギーが 5 keV 以下と低いために、表面最上層の原子で散乱される割合が大きい。入射エネルギーが低いため散乱断面積が大きいことや散乱の際に高確率で試料中の電子を捕まえて中性化されるために表面の深層部に侵入し多重散乱されたイオンが再び表面外に飛び出してくるときには中性化されている。LEIS は固体表面第 1 層から第 3 層に最も敏感な分析法として用いられる。半導体、金属表面の研究において有効な手段である<sup>1-10)</sup>。

次に、低速原子ビーム散乱 (LEAS) は、用いるエネルギーは、LEIS と同じであるが、電気的に中性な原子ビームをプローブとして用いるため、絶縁体の表面構造解析に有効な手段である<sup>11-14)</sup>。いずれの場合も、固体表面第 1 層から第 3 層の原子配列を知ることができる。低速イオン、原子散乱は、衝突断面積が不明なため、高速イオン散乱 (MeV 領域) と異なり、定量性は乏しい。しかし、固体表面第 1 層から第 3 層の表面構造解析に適した分析手法の一つといえる。

### 2. 低速散乱の基礎的事項

静止している原子 A (原子番号:  $Z_1$ , 質量:  $M_1$ ) にイオン B (原子番号:  $Z_2$ , 質量:  $M_2$ ) がエネルギー  $E_0$  で入射することにより角度  $\theta$  (散乱角) だけ散乱されるものとする。原子とイオンの衝突の際には電子の寄与がほぼないので、相互作用ポテンシャルはクーロンポテンシャル

$$V(r) = Z_1 Z_2 e^2 / r \quad (1)$$

で表すことができる。 $r$  はイオン・原子間距離、 $e$  は素電荷である。衝突パラメータ  $p$  と散乱角  $\theta$  は一義的であり

$$\tan \frac{\theta}{2} = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{2E_0 p} = \frac{b}{2p} \quad (2)$$

で与えられる。ここで  $b$  は衝突径 (Collision diameter) と呼ばれ、イオンと原子との最近接距離に相当する。低速イオン散乱で用いられるポテンシャルとして、

① ZBL (Ziegler-Biersack-Littmark) ポテンシャル

$$V(r) = \frac{Z_1 Z_2 e^2}{r} \phi\left(\frac{r}{a}\right) \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \phi(x) = & 0.1818e^{-3.2x} + 0.5099e^{-0.9423x} + 0.2802e^{-0.4029x} \\ & + 0.02817e^{-0.2016x} \end{aligned} \quad (4)$$