

用語解説(48)

『電子分光法 (AES, XPS) を用いた 表面の定量 (2)』

田中 彰博

アルバック・ファイ(株)
〒253 茅ヶ崎市萩園 2500

装置函数*

電子分光の装置も、他の分光装置と同じようにいろいろの特性をもっている。このような特性を表わす言葉として装置函数という言葉が用いられる。前回¹⁾は装置の各段階に分けた4つの函数(前段応答函数 $H(E)$, 分光応答函数 $A(E)$, 検出応答函数 $D(E)$, 変換応答函数 $E(E)$)について解説した。

装置函数の内容に関しては、つぎの3つの用語がある。

- ① 装置のエネルギー対感度特性
- ② 装置のインパルス信号に対する応答
- ③ 装置における応答の総称

今回は、これら3つの用語について詳しく述べる。

① 装置のエネルギー対感度特性

電子分光装置は、測定される電子のエネルギーが変わるときに一定の感度を示すとは限らず、一般にはそれぞれの装置に応じて特有のエネルギー依存性を示す。この装置に依存した特有のエネルギー依存性(エネルギー感度特性)を装置函数²⁾と呼ぶ。

ここで仮想的にエネルギーに対して一定の強度分布をもつスペクトルを考える。このスペクトルを測定した結果は装置に特有のエネルギーに対する感度の依存性を表わす。第一の意味での装置函数は、この依存性と同じものである。

ちなみに、この装置函数は、検出信号量を図1のようにして考える場合に、方程式(1)において、函数 t_i と記した分光器の透過効率に対応している。

図1は、試料の励起と信号の検出についての原理図である。試料表面から深さ z の位置に存在する体積素片

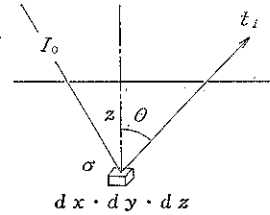


図1 試料の励起と信号の検出についての原理。

$dx \cdot dy \cdot dz$ を入力信号 I_0 で励起する。複数の元素が存在している場合には、元素によって励起される確率(励起断面積) σ は異なっている。さらに、電子で励起を行うような場合には後方散乱のような現象が影響を及ぼして励起効率が元素ごとに変化する。このようにして決まる励起効率が B である。この空間には検出しようとする元素 E が、密度 n_0 で存在している。信号の脱出深さを λ , 試料法線に対する信号の取り出し角を θ とする。分光器の総合検出効率 [$D(E)$ を含んでいる] を t_i , 検出信号量を dI とすれば、 dI は方程式(1)で表わされる。

$$dI = I_0 \sigma B n_0 dx dy dz \exp\left(-\frac{z}{\lambda \cos \theta}\right) t_i \quad (1)$$

t_i の実測

以前にはまったく前段のレンズ系をもたない半球型の電子分光器もかなり利用されていた。こうした装置では、分光器に向かって電子銃から一定の電流を投入し、この電子銃からの電流を測定することによって直接にこの函数を測定することが可能であった。

しかし、最近の半球型をした電子分光器では、前段に収束レンズ系を設けて、このレンズ系を用いて阻止電位を効かせることが多い。このような場合には、全体としての分光器の透過率は試料から発生する信号の取り込まれる立体角を測定面積で積分した項によって決まる。そのため、あらかじめ送り込まれる信号の方向が決められている電子銃からの電流だけでは装置函数の測定を行うことが容易ではなくなっている。

② 装置のインパルス応答特性

通常の電気回路の入出力におけるインパルスは時間領域における(横軸が時間の次元をもつ)デルタ関数を意味する。これに対して分光装置表現におけるインパルスとしてはエネルギー領域における(横軸がエネルギーの次元をもつ)デルタ関数を用いる。

入力信号としてデルタ関数(もしくはデルタ関数として近似できる十分に鋭い信号)を与えたときに、出力される信号が装置のインパルス応答(特性)すなわち装置

* 電子分光法 (AES, XPS) を用いた表面の定量 (1) に引き続き、関数のうちで特に入出力関係(信号の変換)を表わすものを函数と記述している。

TECHNICAL TERMS (48)

関数³⁾である。たとえばエネルギー分解能は、この装置関数(応答関数)の幅を特徴づける数値として定義される。

測定されるスペクトルの形状は、試料から発生している関数形とこのインパルス応答で表わされる装置関数を畳み込んだ(コンボリューション演算を行った)関数となり、この関数は(2)式で表わされる。

$$M(E) = \int_{-\infty}^{\infty} a(\xi)m(E-\xi)d\xi \quad (2)$$

ここで、 E はエネルギー値であり、 ξ はエネルギー領域で積分するための積分変数である。 $M(E)$ は実測されたスペクトルの関数、 $m(E)$ は試料から発生しているスペクトルであるが、これから測定される関数、 $a(E)$ はインパルス信号に対する応答を表わす装置関数である。

このとき、装置関数に確率分布としての性格を与える場合には全エネルギー領域にわたっての装置関数の積分は1に規格化される[方程式(3)]。

$$\int_{-\infty}^{\infty} a(E)dE=1 \quad (3)$$

一方感度特性を含めて装置関数として扱う場合には同じ積分が装置のエネルギー感度特性を表わす。このエネルギー感度特性は①に述べた装置関数と一致している。

③ 装置における応答の総称

分光における装置の応答全体を総称して装置関数とい

うこともある。たとえば、分光系に何らかの故障があった場合などには「装置関数に異常があった」などと表現することもある。その例として、外部から強い磁場が試料付近に働いている場合には、4つの関数 H , A , D , E のうち特に H が影響を受けて変形しやすい。このような場合の関数の変形も「装置関数の変化(異常)」として表現することができる。

同じようにして、分光器が同心(同軸)ではなかったり、分光器端で電場の補正が不十分であったり、検出スリットがずれていたり、検出器の位置が中心になかったりしている場合も、デザインと比較するときには「装置関数に異常がある」ということができる。

さらに、関数の変化全体にも装置関数という表現を用いることがある。この場合の装置関数という表現は、数学的に厳密な表現をする場合には「関数(函数)から関数(函数)への写像」というべき性質のものである。

文 献

- 1) 田中彰博: 表面科学 **12**, 197 (1991). 用語解説.
- 2) 広川吉之助: ふんせき **1987-3**, 170 (1987), M. F. Ebel, H. Ebel, A. Jablonski and K. Hirokawa: Spectrochim. Acta, **37B**, 461 (1982).
- 3) 南 茂夫: 機器分析のためのコンピュータ入門(講談社サイエンステック, 1982).