オージェ電子分光法における装置感度のエネルギー特性に関するラウンドロビン[†]

吉武 道子・吉原 一紘・VAMAS-SCA-JAPAN

金属材料技術研究所 305 つくば市千現 1-2-1

(1994 年 2 月 21 日受付, 1994 年 5 月 18 日掲載決定)

Round Robin on the Energy Dependence of Sensitivity in Auger Electron Spectroscopy

Michiko YOSHITAKE, Kazuhiro YOSHIHARA and VAMAS-SCA-JAPAN

National Research Institute for Metals
1-2-1, Sengen, Tsukuba, Ibaraki 305

(Received February 21, 1994 : Accepted May 18, 1994)

For the first step toward sharing the Auger spectra obtained by using different types of instruments, the round robin on the energy dependence of sensitivity of Auger electron spectrometer has been made. Participants, who use many different types of commercially available instruments, obtained a wide range of spectra of copper. Each spectrum was transferred to the Common Data Processing System. The energy dependence of each instrument was evaluated by the comparison of the spectrum with the 'standard' spectrum registered in the System. It became clear that the energy dependence of the sensitivity of the instruments which use CMA as an energy analyzer is explained mainly as the reflection of the energy dependence of electron multiplier. As a result, it is concluded that the energy dependence of sensitivity of the instruments is well explained by simulating the process of the cascade of secondary electron emission.

1. はじめに

従来は微分ピーク高さとで定量を行っていたオージェ電子分光法も、検出感度の向上やコンピュータ制御によって積分形のスペクトルをデジタルデータとして積算して取り込めるようになり、スペクトル取得後にいろいろなデータ処理を行うようになってきた。その中でも最近では、ピークの高さや面積だけでなくスペクトル形状全体を用いてより多くの情報を引き出す試みが盛んになっている。また、スペクトルデータをデータベース化して、別の装置で取得されたスペクトルを参照できるようにしようという動きもある。

スペクトル形状を解析したり、異なる装置で取得され

たスペクトルを参照したりするには、それぞれの装置の特性がわかっていなくてはならない。1982 年のヴェルサイユサミットにより「先端材料の評価に関する国際共同研究」、通称 VAMAS プロジェクトが発足した。このプロジェクトの表面化学分析部門では、装置の特性を調べる方法¹⁻³⁾や装置の特性を調べるための標準となるスペクトルの取得^{1,4-6)}、異なる装置で取得されたスペクトルを共通でデータ処理するための環境^{7,8)}など、装置の特性に関係するさまざまな検討が行われてきた。

このような動きに対応して、デジタルデータとして利用可能な標準スペクトルが供給されるようになった。この標準スペクトルを用いると、個々のオージェ電子分光 (AES) 装置における感度のエネルギー特性を知ることができる。本報告は、ラウンドロビンを通して、装置特性に関する上記のさまざまな検討結果を統合しようと

[†] 第 13 回表面科学講演大会 (1993 年 11 月 30 日~12 月 2 日)にて発表

するものである。さらに、装置感度のエネルギー特性が示す物理的意味を把握して、感度特性補正法を実際にスペクトル形状の解析やスペクトルデータベースへ役立てる第一歩とすることを目指している。

2. 装置特性の記述

試料から発生する電子のエネルギー分布を「真」のスペクトルと呼ぶことにする。この電子が、エネルギー分析器・電子検出器・電気回路を介して「観測される」スペクトルとなるまでには、スペクトルは種々の変形を受け、「真」のスペクトルと「観測される」スペクトルの形状は一般的には一致しない。スペクトルの変形の受け方は装置ごとに異なっている。簡単のために端的な表現をすれば、スペクトルが受けた変形は、エネルギー軸・強度軸・エネルギー分解能の三要素に分解できる。物理的には、要素の一つが独立して寄与するようなスペクトル変形は存在しないが、近似としてそれぞれの要素を独立に扱うこととする。すなわち、「真」のスペクトルにおけるエネルギー軸と「観測される」スペクトルにおけるエネルギー軸との間に変換係数が存在すると考え、強度軸・エネルギー分解能に対してもそれぞれ同様な変換係数を考えたうえで、三つの変換係数を独立であるとして扱う。「真」のスペクトルが「観測される」スペクトルに変形される過程を模式的に Fig. 1 に示した。

エネルギー軸の変換係数については、エネルギーの基準値や校正方法についていくつかの報告がある⁹⁻¹¹⁾。エネルギー分解能については、VAMAS-SCA の日本グループで検討を始めたところである。ここでは強度軸の変換係数、特にそのエネルギー依存性について検討を行う。

「真」のスペクトルを $n(E)$ 、「観測される」スペクトルを $N(E)$ とし、スペクトルを変形させる要因として磁場の影響 $H(E)$ 、エネルギー分析器の影響 $T(E)$ 、電子検出器の影響 $D(E)$ 、電気回路の影響 $F(E)$ を考える。 $N(E)$ は $n(E)$ に $H(E)$ 、 $T(E)$ 、 $D(E)$ 、 $F(E)$ をコンボリューション演算したものとして表わされるが、各要因が独立して扱えると近似すると次式のように表わされる¹²⁾。

$$N(E) = H(E) \cdot T(E) \cdot D(E) \cdot F(E) \cdot n(E) \quad (1)$$

$H(E)$ は、電子線源として磁場収束型の電子銃を用いている場合には、電子銃からの漏洩磁場として影響を与える。電子銃からの漏洩磁場による影響については詳しい検討がなされている^{13,14)}。後に示すように、今回の結果では磁場収束型の装置かどうかを特徴的に示す特性曲線は得られなかったため、今回の検討では近似として磁場の影響は無視することにした。

$T(E)$ は厳密には取り込み立体角や分析面積などの項

Fig. 1 The transformation process of 'true' spectrum.

が入ったものになるが、ここではエネルギー依存性だけに注目して、FRR モード ($\Delta E/E = \text{一定}$) では出射スリット幅が固定されている場合、電子検出系にはいる電子の数はエネルギー分解能 ΔE に比例するとして、 $T(E) = E$ とすることとした。ただし、エネルギー分析器が正常に FRR モードで作動しているかどうかの確認を行ったうえで実験を行った。

$D(E)$ は電子検出系すなわち電子増倍管のエネルギー特性を表わし、後に明らかになるように、今回の検討における強度軸のエネルギー依存性の主な要因となっている。

$F(E)$ はパルスカウンタ計測での数え落としや同軸ケーブルでの電磁ノイズなどを表わす項である。パルスカウンタ計測での数え落としは、ラウンドロビン条件の節で述べるように、数え落としのない領域を調べたうえで実験を行っているので影響は無視することができ、また、ケーブルでの電磁ノイズのエネルギー依存性などはその影響を無視できるとして扱った。

(1)式は、いくつかの点で正しいコンボリューション演算の式とはなっていない。たとえば、 $F(E)$ は電子計測器系の出力の関数で直接的にはエネルギーの関数ではないし、コンボリューションの演算順序を交換すると成立しない。したがって、実際にコンボリューション演算を行って $N(E)$ から $n(E)$ を導き出す場合には注意を要する。しかしながら (1)式は、Fig. 1 と対比して「真」のスペクトル $n(E)$ が変形を受けて「観測される」スペクトル $N(E)$ となる過程を、順を追ってわかりやすく記述している。

3. 標準スペクトル

各装置の強度軸のエネルギー依存性を調べるためには標準となるスペクトルが必要である。ここでは名古屋工業大学の後藤教授らにより開発・製作された CMA タイプの標準オージェ電子分光器^{5,6)}により取得されたスペクトルを標準スペクトルとした。標準オージェ電子分光器は、装置特性の記述の項であげた種々の要素を詳細に

検討したうえで製作されている。

この分光器では、磁場の影響を除去するため、試料は磁気遮蔽円筒中に挿入して測定を行うようになっている。またエネルギー分析器の内壁やメッシュに衝突した電子により発生する2次電子が検出器に取り込まれないよう、内円筒と外円筒の半径の比や表面処理に工夫が施してある。ただし、FRRモード($\Delta E/E = \text{一定}$)では出射スリット幅が固定されている場合、電子検出系に入る電子の数はエネルギー分解能に比例するという2節で述べた特性は標準分光器といえども有しており、 $T(E)$ のエネルギー依存性は、 $T(E) = E$ と考えられる。電子検出器としては電子増倍管ではなくファラデーカップを用いており、検出感度のエネルギー依存性がないようにしてある。ファラデーカップからの電流を同軸ケーブルを用いず、直接エレクトロメータに接続することにより $F(E)$ を1とする配慮もなされている。

このCMA型標準オージェ電子分光器の詳細については文献に述べられているが、著者らが知る限り、この装置で取得されたスペクトルが唯一、標準をめざして設計・製作された装置で取得されかつデジタルベースで公開されているものである。本報告で標準スペクトルとして上に述べたCMA型標準オージェ電子分光器により取得されたスペクトルを採用した理由は、以下の3点をすべて満たしているからである。

1. 標準をめざして設計・製作された装置で取得されたスペクトルである。
2. 理想状況からのズレが定量的に評価されている。
3. スペクトルがデジタルデータ⁹⁾としてだれでも利用できるよう公開されている。

4. ラウンドロビン条件

いろいろな機関のさまざまな装置の特性を把握する方法を探るラウンドロビンとして、各機関で取得された純銅のワイドスキャンスペクトルを標準スペクトルと比較した。各機関でスペクトルを取得するときの実験条件はTable 1に示したとおりで、アルゴンイオンスパッタに

より清浄化した表面を加速電圧 5 keV の電子で励起して出てくる電子のエネルギーを 0~2000 eV の範囲にわたり、 $\Delta E/E = \text{一定}$ の条件下で測定した。エネルギー分析器にCMAを用いている場合には、電子放出強度の角度依存性の影響¹⁵⁾が小さくなるよう、試料法線とCMAの軸に角度をもたせて、いろいろな角度で放出される電子の平均となるようにした。その他、測定に当たって各機関では、以下の点に注意してラウンドロビンを行った。4.1~4.3に示されるFig. 2~4は当研究所の例である。

4.1 パルスカウント計測における数え落とし

1次電子ビーム電流を変えながら、CuLMMのピーク位置に当たる914 eVのカウント数を数え、Fig. 2に示すように1次電子ビーム電流を横軸に、914 eVでのカウント数を縦軸にプロットする。低電流領域のデータ点を直線で結ぶと原点を通ることを確認し、高電流領域での数え落としによる直線からのずれをつぎのように見積もる。明らかに直線からずれてきたとわかるときのカウント数を N_s 、そのとき直線に載っていたとしたら得られるはずのカウント数を N_t とすると、

$$x = (N_t - N_s) / N_t \times 100$$

上の式で x は直線からのずれを%で表わしたものである。この x を用いて(2)式より、パルスカウント計測の不感時間 τ を求める。

$$-N_s \tau = \ln(1 - x/100) \quad (2)$$

求められた τ の値を用いて、 $x=2$ のときの N_s の値、すなわち数え落としが2%になるカウント数 N_M を計算する。スペクトルを取得する場合には、カウント数が N_M より少ない範囲で測定した。

4.2 電子増倍管に印可する電圧

電子増倍管に印可する電圧を変えながら、CuMNNのピーク位置に当たる56 eVのカウント数を数え、Fig. 3に示すように印可電圧を横軸に、56 eVでのカウント数を縦軸にプロットする。図よりカウント数がほぼ飽和する電圧を求め、スペクトルを取得する場合にはその電圧を印可して測定した。

Table 1 Round robin conditions

Specimen	pure Cu sputter cleaned by 1 keV argon until the Auger signal intensity of contaminants becomes less than 1%
Geometry	CMA: the angle between the axis of CMA and the surface normal is about 30 degrees CHA: the angle between the axis of CHA and the surface normal is about 45 degrees
Measurement	5 keV of primary electron beam 0~2000 eV energy range scan 1 eV per step $\Delta E/E = \text{const. mode}$

Fig. 2 The determination of the linear range in a pulse counting system.

Fig. 3 The determination of electron multiplier voltage.

4.3 FRR モード ($\Delta E/E = \text{一定}$) のチェック

1次電子ビームの加速エネルギーを変えて弾性散乱ピークの半値幅を測り、Fig. 4 に示すように加速エネルギーを横軸に、弾性散乱ピークの半値幅を縦軸にプロットする。加速エネルギーを変えると電子ビームの位置やフォーカス状態が変わり、加速エネルギーを変えるたびにビームの最適化を行わないと、Fig. 4 に示したような直線からのずれの少ないデータは得られない。理想的には、熱による電子のエネルギー幅の効果が現れてくる、半値幅が 2 eV ぐらいまでは直線には合はずである。加速エネルギーが高い場合には、加速エネルギーの変化によるビーム位置やフォーカス状態の変化は少ない。加速エネルギーごとにビームを最適化して測定することは、必ずしもすべてのラウンドロビン参加機関で行うことができなかったため、ビーム位置やフォーカス状態の変化の少ない 1000~2000 eV の範囲でデータ点を直線で結び、直線が原点を通ることを確認した。

5. 装置の感度特性

各機関の装置付属のコンピュータに記録されたスペクトルデータを、IBM または NEC のパーソナルコンピ

Fig. 4 The relation between primary electron voltage and FWHM of the elastic peak. The inset shows how FWHM is taken.

Fig. 5 Auger spectra of pure Cu obtained by institute AB and by the 'standard' spectrometer.

ュータに転送し、共通データ処理環境で扱えるようにした。以下に示すスペクトルはすべて共通データ処理環境下で処理されたものである。Fig. 5 に市販装置で測定した Cu のワイドスペクトル (記号 AB と付記してあるもの) を標準スペクトルと比較して示した。縦軸のスケールはそれぞれのスペクトルで異なっているが、どちらも強度ゼロを原点に取ってある。400 eV 付近と 2000 eV 付近の強度を比べると、AB では 2000 eV の強度は 400 eV の約 3 倍であるが、標準スペクトルでは 2000 eV の強度は 400 eV の 4 倍以上である。すなわち AB の装置は標準の感度特性に比べて、400 eV 付近の感度が高いことがわかる。感度のエネルギー依存性を定量的に扱うために、AB のスペクトルを標準スペクトルで除算を行う。Fig. 6 がその計算結果であり、AB の装置の標準オージェ電子分光器に対する感度特性を示している。

ラウンドロビンにより各機関で取得された Cu のワイ

Fig. 6 The resulted data of the division of the spectrum of AB in Fig. 5 by the 'standard' spectrum, which shows the energy dependence of sensitivity of the analyzer of AB to the 'standard' spectrometer.

ドスペクトルを標準スペクトルで除算したものを Fig. 7 に示した。図中にアルファベット 2 文字で示したのはラウンドロビン参加機関の記号である。AB, BT, CB, BY, CH, CJ, AC, BB, AS, BF, BJ, BE は製造メーカー①の装置で取得されたスペクトルにより得られた感度特性, AJ, AU, BI, BP, CI は製造メーカー②の装置で取得されたスペクトルにより得られた感度特性, CT は製造メーカー③の装置で取得されたスペクトルにより得られた感度特性である。同一の製造メーカーの装置でも種々のモデル型式を含んでいる。CT のみ半球型アナライザーをエネルギー分析器として用いており、ほかは CMA を用いている。CMA で測定されたものは、どの機関の感度特性とも類似の曲線になっていることがわかる。

6. 考 察

Fig. 7 の CMA で測定されたものの感度特性は、2 次電子増倍管のエネルギー感度特性¹⁶⁾に非常に類似している。これは (1) 式で、標準スペクトルと比較した場合に $D(E)$ の項がおもに効いていることを示している。すなわち、磁場の影響 $H(E)$ や電気回路の影響 $F(E)$ があまり大きくなく、エネルギー分析器の影響が $T(E)=E$ の関係からあまりずれていないと考えてよい。そこで、2 次電子増倍管における 2 次電子放出率を基に、検出感度の相対的エネルギー特性をシミュレートすることを試みた。

6.1 パルスカウント計測とアナログ計測の特徴

まず、電子増倍管を用いて電子をカウントする方法には大きく分けてパルスカウント法とアナログ法の二つがある。電子増倍管の壁面にエネルギー分析された電子が入射すると 2 次電子が放出される。入射電子は電子増倍管に印可されている電圧に対して加速されないが、電子増倍管の壁面から放出された 2 次電子のエネルギーはこ

の電圧により影響を受ける。印可電圧は増倍管壁面の電気抵抗に対してリニアに分配されており、放出された 2 次電子にかかる電圧がどれだけかはいまいにはわからないが、平均的に百数十 eV であろうと推定されている¹⁸⁾。放出された 2 次電子はこの電圧により電子増倍管の出口方向に 100 eV 程度で加速されて電子増倍管壁面に衝突し新たに 2 次電子が発生する。このような壁面への衝突とそれによる 2 次電子の発生が短時間の間に何段も起こり、 $10^5 \sim 10^8$ 個の電子がパルス状に出力される。しきい値を設定して、それよりも多い電子が出力された場合には 1 個とカウントする、という方式がパルスカウント法である。 $10^5 \sim 10^8$ 個に増倍された電子を電流などの積算量として取り出す方式がアナログ法である。

6.2 検出感度のシミュレーション

エネルギー E の電子が 2 次電子増倍管の壁面に当たって、平均的に $\delta(E)$ 個の 2 次電子を放出するとする。このとき n 個の 2 次電子が放出される確率 $P(n, \delta(E))$ はつぎのように表わされる。

$$P(n, \delta(E)) = \exp(-\delta(E)) \cdot \frac{\delta(E)^n}{n!} \quad (3)$$

したがって電子が放出されない確率、すなわち $n=0$ で、本来カウントされるべきシグナルが消失してしまう確率は (4) 式のように表わされる。

$$P(0, \delta(E)) = \exp(-\delta(E)) \quad (4)$$

パルスカウント法では、はじめに検出器に入ってきた電子が増幅さえされれば増幅率が 10^5 だろうが 10^8 だろうが 1 と数えるので、2 次電子放出率のエネルギー依存性が直接に検出感度のエネルギー依存性にはならない。しかし (4) 式のように増幅されない確率があるので、そのエネルギー依存性が検出感度のエネルギー依存性となる。増幅されない確率は増幅の過程の各段階で存在し、最終的に次式のように表わすことができる¹⁷⁾。

$$\begin{aligned} \text{検出効率} &= 1 - (\text{一段目の消失}) - (\text{二段目の消失}) \\ &\quad - (\text{三段目の消失}) - \dots \end{aligned} \quad (5)$$

この式を、(3) および (4) 式を用いて δ の関数として表わすと、増幅過程の i 段目で n 個の 2 次電子を放出する確率を $P_{ni}, \delta(E(i \text{ 段目}))$ を δ_i とし、つぎのようになる。

一段目の消失:

$$P_{01} = e^{-\delta_1} \quad (6)$$

二段目の消失:

$$\begin{aligned} P_{11} \cdot P_{02} + P_{21} \cdot P_{02} + P_{31} \cdot P_{02} + \dots \\ = e^{-\delta_1} \cdot (\exp(\delta_1 P_{02}) - 1) \equiv e^{-\delta_1} \cdot S_1 \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、

$$S_i = \exp(\delta_i P_{0i+1}) - 1 \quad (8)$$

三段目の消失:

Fig. 7 The results of the round robin on the energy dependence of sensitivity.
Upper case letters indicate the institutes.

$$\begin{aligned}
 &P_{11}(P_{12} \cdot P_{03} + P_{22} \cdot P_{03}^2 + P_{32} \cdot P_{03}^3 + \dots) \\
 &+ P_{21}(P_{12} \cdot P_{03} + P_{22} \cdot P_{03}^2 + P_{32} \cdot P_{03}^3 + \dots)^2 + \dots \\
 &= e^{-\delta_1} \cdot (\exp(\delta_1 P_{02} S_2) - 1) \quad (9)
 \end{aligned}$$

四段目以降も同様に計算できる。

アナログ法では、電子の増幅率そのものが検出感度と

なるので、検出感度は2次電子放出率のエネルギー依存性を直接に反映したものになり、次式のように表わされる。

$$\text{検出感度} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \delta_3 \cdot \delta_4 \cdots \quad (10)$$

2次電子増倍管の2次電子放出率 δ のエネルギー依存

性については検討がなされており、つぎのような経験式が提案されている¹⁸⁾。

$$\frac{\delta}{\delta_M} = \frac{1 - \exp(-1.35Z)}{0.755Z^{0.35}} \quad (11)$$

ただし、 Z は次式で表わされる。

$$Z = \frac{1.3544 E}{E_M} \quad (12)$$

ここで、 E は2次電子増倍管の壁面に衝突する電子のエネルギー、 δ_M は2次電子増倍管の2次電子放出率が最大となるエネルギー E_M での2次電子放出率である。

さて、検出器にはじめに入ってくる電子のエネルギー E (一段目) は 0~2000 eV 程度まで広い値を取るのに対し、2次電子増倍管の壁面から放出される2次電子のエネルギー分布はたかだか数十 eV までである。増倍管のどこで発生した2次電子も、6.1 で述べたように百数十 eV 程度の電圧により増倍管出口に向かって加速されるので、 E (二段目) 以降は $\delta(E)$ の値はほぼ同じであると近似し、この値を δ_a とする。

$$\delta_2 \sim \delta_3 \sim \delta_4 \sim \dots \equiv \delta_a \quad (13)$$

パルスカウントの場合、(5)式に(6),(7),(8),(9),(13)式をいれると検出感度は δ_1 と δ_a で表わされる。アナログの場合は、(10)式に(13)式を入れると、検出感度は(14)式のように表わされる。

$$\text{検出感度} = \delta_1 \cdot \delta_a^m \quad (14)$$

ただし、ここで m は一段目以降の増幅の段数である。以上の結果から、検出感度のエネルギー依存性は δ_1 のエネルギー依存性で表わされることになり、(11)式の δ を δ_1 とすれば計算できる。

パラメータとして $\delta_M = 2.0$, $E_M = 220$ eV, $\delta = 2.0$, $m = 25$ を用いて検出感度のエネルギー依存性を計算したものが Fig. 8 である。パルスカウントの場合は、実際に計算してみると、三段目の消失まで計算すれば1%以下の精度が得られることがわかったので、三段目の消失までを計算した。Fig. 8 の曲線は、Fig. 7 に示した装

Fig. 8 Examples of calculated energy dependence of electron multiplier sensitivity with the following parameters: $\delta_M = 2.0$, $E_M = 220$ eV, $\delta_a = 2.0$, $m = 25$.

置感度のエネルギー特性曲線と非常に似ていることがわかる。また、同じパラメータを用いてもパルスカウントモードとアナログモードとは異なっており、アナログモードのほうがエネルギー依存性大きい。

ここで用いたパラメータは2次電子増倍管の特性を表わすものであり、装置特性を表わす Fig. 7 の曲線を上管の検出感度の式で表わすことができれば、2次電子増倍の劣化状態を知ることできる。すなわち装置の健康状態のチェックとして用いることができると考えられる。

上記の方法が、装置感度のエネルギー依存性を評価する方法として確立し、上で示されたパラメータをそれぞれの装置特性として記録することが一般化することによって、異なる装置で取得されたスペクトルデータを参照したりそれらを用いてスペクトル解析を行ったりできるようになる。

7. ま と め

オージェ電子分光法における装置感度のエネルギー依存性に関するラウンドロビンを、純銅のワイドスキャンスペクトルを用いて、種々の市販装置を有する多くの機関の参加を得て行った。各機関で取得されたスペクトルを共通データ処理環境にデータ転送し、共通データ処理環境に登録されている標準スペクトルを用いて、各装置の感度のエネルギー特性を比較した。その結果、CMAをエネルギー分析器として用いている装置の感度は電子検出系として用いている電子増倍管のエネルギー特性を主に反映しており、装置感度のエネルギー特性は2次電子増幅過程をシミュレートすることによって説明できることが明らかになった。本報告で提案した装置感度のエネルギー特性の評価方法をいろいろな装置に適用することで、ある装置で取得されたスペクトルを別の装置で取得されたスペクトルを解析するのに利用するといった共通データ処理の基盤ができる。さらに、装置の健康状態の診断法や共通データ処理向きの装置仕様など、電子分光法全体の定量精度の向上や解析手法の高度化に大きな寄与をすると期待できる。

謝 辞

当研究所のデータは、国際協力事業団の援助により当研究所に滞在された韓国標準研究所の金慶中氏が取得されたもので、彼の注意深い測定とその努力に深く感謝いたします。また、ラウンドロビンには Table 2 にあげた方々に参加していただきました。共通データ処理環境へのデータ転送など、まだ解決すべき問題が残っているため、参加をいただいた機関すべてのデータを Fig. 7 にのせることができませんでしたが、ラウンドロビンに

Table 2 The list of round robin participants

Symbol	Institute	Name
AB	Nat. Res. Inst. Metals	K. Yoshihara M. Yoshitake
AC	Electrotech. Lab.	S. Ichimura
AG	Nagoya Inst. Tech.	K. Goto
AI	Tohoku Univ.	H. Hirokawa H. Matsuta
AJ	Nat. Inst. Meter. Chem. Res.	I. Kojima
AN	Matsushita Techno-research	T. Ohmura J. Samizo
AQ	NKK Corp.	M. Nagoshi
AS	Foundation for Promotion of Material Science and Technology of Japan	N. Suyama M. Tonokawa H. Kasamura
AT	NTT	Y. Homma M. Suzuki
AU	Japan Energy Corp.	S. Tanuma T. Ogiwara
BB	Mitsubishi Materials Corp.	M. Koizumi
BE	Nissan ARC, Ltd.	Y. Shichi
BF	Mitsui Petrochemical Ind. Ltd.	K. Shiozawa
BI	Denki Kagaku Kogyo Co., Ltd.	Y. Furukawa Y. Takeuchi
BJ	Kanagawa High-Technology Foundation	M. Furuya M. Suzuki
BM	Casio Computer Co., Ltd.	M. Yamaguchi
BO	Kobelco Res. Inst. Inc.	K. Sasakawa
BP	Nippon Denso	N. Sakakibara
BT	Konica	S. Iwamaru
BU	Fuji Electric	H. Orikasa
BY	Ricoh	T. Shiga M. Kaneko
CB	Kokan Kiesoku K.K.	T. Sakurada
CD	Tokyo Inst. Tech.	K. Takahashi
CF	MFG. Co., Ltd.	H. Noguchi
CH	Mitsumi Electric Co., Ltd.	S. Watanabe S. Sakaguchi
CI	Kyocera Corp.	M. Watarai
CJ	Fujitsu Ltd.	M. Nakamura
CO	Teijin Ltd.	H. Hara
CT	Seiko-Epson	H. Nanjin A. Kawauchi

参加いただいた方々に感謝いたします。

文 献

- 1) M. P. Seah and G. C. Smith: Surf. Interface Anal. **15**, 751 (1990).
- 2) M. P. Seah and G. C. Smith: Surf. Interface Anal. **17**, 855 (1991).
- 3) M. P. Seah: Surf. Interface Anal. **20**, 243 (1993).
- 4) G. C. Smith and M. P. Seah: Surf. Interface Anal. **16**, 144 (1990).
- 5) 後藤敬典, 岩田弘, 境悠治: 真空 **31**, 906 (1988).
- 6) K. Goto, N. Sakakibara and Y. Sakai: Microbeam Analysis **2**, 123 (1993).
- 7) K. Yoshihara, M. Yoshitake and VAMAS-SCA Community: Surf. Interface Anal. **18**, 724 (1992).
- 8) K. Yoshihara and M. Yoshitake: J. Vac. Sci. Tech. in press.
- 9) M. P. Seah, G. C. Smith and M. T. Anthony: Surf. Interface Anal. **15**, 293 (1990).
- 10) M. T. Anthony and M. P. Seah: Surf. Interface Anal. **6**, 95 (1984).
- 11) 藤田大介, 吉原一紘: 表面科学 **14**, 429 (1993).
- 12) M. P. Seah and G. C. Smith: Surf. Interface Anal. **12**, 105 (1989).
- 13) 表面化学分析作業部会報告: “オージェ電子分光法の定量化” (科学技術庁振興調整費研究成果報告書, 1989).
- 14) P. H. Holloway and D. M. Holloway: Surf. Sci. **66**, 635 (1977).
- 15) G. C. Smith and M. P. Seah: Surf. Interface Anal. **14**, 823 (1989).
- 16) F. Bordoni: Nucl. Instrum. Methods **97**, 405 (1971).
- 17) M. P. Seah: J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **50**, 137 (1990).
- 18) R. G. Lye and A. J. Dekker: Phys. Rev. **107**, 977 (1957).