

アルバックファイ PHI5000 VersaProbe

Part 1 測定プログラム「Phi Summitt」マニュアル

東京大学工学系研究科 総合研究機構 ナノ工学研究センター X線実験室

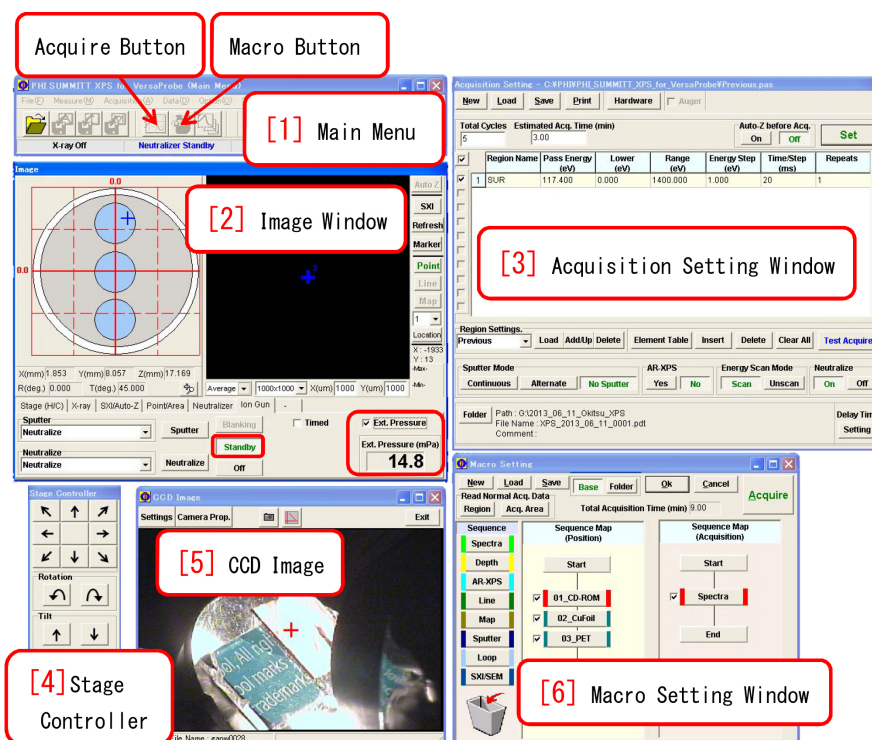


図0 マクロモードでの測定画面

PHI 5000 VersaProbe による光電子分光分析測定は、測定用ソフトウェア「Phi Summitt」で行う。このマニュアルでは「Phi Summitt」の使い方を記述する。測定途中で解析用ソフトウェア「MultiPak」を使うこともあるので、一部「MultiPak」の使い方についても記述する。

上の図0は、左上「[1] Main Menu」上の「Macro Button」をクリックすることにより立ち上がった画面である。ただし、「[5] CCD Image Window」は、デスクトップにある「CCD Image アイコン」をクリックして、独立に立ち上げる。

左上「[1] Main Menu」の「Acquire Button」をクリックした場合、通常測定モードが立ち上がる。この場合、「[6] Macro Setting Window」は表示されない。通常測定モードで、測定するサンプルのポジションに名前をつけて登録する。「[3] Acquisition Setting Window」右上の「Close ボタン」(上の図では表示されていない)をクリックして閉じたあと、「Macro Button」をクリックし、「[6] Macro Setting Window」で自動測定をセットする。赤色の文字で記述した、位置登録前の §1.1.6 [p.3] の手順、自動測定前の §2.2 [p.10] の手順は、必ず実行しなければならない。

測定中は「[2] Image Window」の「Ion Gun タブ」で、「Ext.Pressure チェックボックス」からチェックを外す。測定終了後「Standby ボタン」がクリックされ緑色になった状態で、「Ext.Pressure チェックボックス」にチェックを入れ、Ext.Pressure の値が、2～3分程度で 15mPa 程度になることを確認する。

付録 A [p.26] では、標準の Al 線源ではなく、Mg または Zr の X線源を使う方法を記述する。

目次

第 1 章	基本設定と位置合わせ	1
1.1	基本設定	1
1.1.1	Ion Gun タブの確認	1
1.1.2	Neutralizer タブの設定	1
1.1.3	Point/Area タブの設定	2
1.1.4	SXI/Auto-Z タブの設定	2
1.1.5	X-ray タブの設定	2
1.1.6	Stage(H/C) タブの設定	3
1.2	Auto-Z	3
1.3	SXI	4
第 2 章	スペクトル測定	5
2.1	通常の (マクロを使わない) スペクトル測定	5
2.1.1	サーベイスペクトル測定の設定	5
2.1.2	サーベイスペクトルの測定	6
2.1.3	サーベイスペクトルの解析	7
2.1.3.1	データの読み込み	7
2.1.3.2	ピークのアサイン	7
2.1.4	ナロウスペクトル測定の設定	8
2.1.5	ナロウスペクトルの測定	9
2.1.6	ナロウスペクトルの解析	9
2.1.6.1	データの読み込み	9
2.1.6.2	データの解析	9
2.1.6.3	定量分析	10
2.2	マクロを使ったスペクトル測定	10
2.2.1	マクロモード立ち上げの前提条件	11
2.2.2	マクロモードの立ち上げと初期設定	11
2.2.3	測定 Position の設定	11
2.2.4	登録した Position の選択	11
2.2.5	測定メニューの選択	12
2.2.6	測定条件の設定	12
2.2.7	マクロ設定の完了と測定スタート	12

2.2.8	マクロによるサーベイスpekトルの解析	13
2.2.9	マクロによるナロウスpekトルの設定	13
2.2.10	マクロによるナロウスpekトルの解析	13
第3章	スパッタリングpekトル測定	14
3.1	スパッタリングpekトル測定の概要	14
3.2	通常の (マクロを使わない) スパッタリングpekトル測定	14
3.2.1	Image Window 加速電圧の設定	14
3.2.2	Image Window その他の設定	14
3.2.3	Acquisition Setting Window の設定	15
3.2.4	スパッタリング測定を開始と終了	15
3.2.5	データの解析	16
3.3	マクロを使ったスパッタリングpekトル測定	16
3.3.1	通常モードの終了とマクロモードの立ち上げ	16
3.3.2	マクロのリセットと新しいマクロの設定	16
3.3.3	スパッタリングpekトル測定の設定	16
3.3.4	Image Window 加速電圧の設定	16
3.3.5	Image Window その他の設定	16
3.3.6	Acquisition Setting Window の設定	16
3.3.7	スパッタリング測定を開始と終了	17
3.3.8	データの解析	17
第4章	マッピング測定	18
4.1	マッピング測定概要	18
4.2	通常の (マクロを使わない) マッピング測定	18
4.2.1	光電子pekトルの確認	18
4.2.2	イメージウィンドウでの設定	19
4.2.3	Acquisition Setting ウィンドウでの設定	19
4.2.4	マッピング測定の実行	21
4.2.5	複数ピークの同時マッピング	21
4.3	マクロモードでのマッピング測定	22
第5章	角度分解pekトル測定 (AR-XPS)	23
5.1	角度分解pekトル測定 (AR-XPS) の概要	23
5.2	角度分解pekトル測定 (AR-XPS) に使えるサンプルホルダー	23
5.3	通常の (マクロを使わない) 角度分解pekトル測定 (AR-XPS)	24
5.4	マクロを使った角度分解pekトル測定 (AR-XPS)	24
付録 A	Mg&Zr X線源による分光測定	26
A.1	Mg&Zr X線源による分光測定注意点	26
A.2	Mg&Zr X線源による分光測定概要	26
A.3	X線源の選択	26

A.4	サンプルステージの高さ調整 (Auto-Z)	27
A.5	スペクトル測定のセット	27
A.6	Mg X線源による測定例	27
A.7	Zr X線源による測定例	28
A.8	Mg&Zr X線源による測定における注意事項	29
A.9	Mg&Zr X線源による測定の終了	29
索引		31

目次

0	マクロモードでの測定画面	i
1.1	測定を始める前の設定確認	1
1.2	サンプルステージ位置の登録	2
1.3	Auto-Z 実行画面	3
1.4	SXI 実行画面	4
2.1	サーベイスキャン設定 (その 1)	5
2.2	サーベイスキャン設定 (その 2)	5
2.3	サーベイスペクトル測定中の画面	6
2.4	MultiPak ファイル選択画面	6
2.5	MultiPak ファイル選択画面	7
2.6	左クリック&ドラッグしてエネルギー領域を選択する	8
2.7	右クリックしたままドラッグしてピークの候補を表示させる	8
2.8	ナロウスペクトルの設定画面 (その 1)	8
2.9	ナロウスペクトルの設定画面 (その 2)	8
2.10	ナロウスペクトル測定中の画面	9
2.11	ナロウスペクトルを読み込んだところ	9
2.12	ナロウスペクトルを拡大表示したところ	10
2.13	マクロ設定ウィンドウ初期画面	10
2.14	マクロ設定ウィンドウ (Position Setting #1)	11
2.15	マクロ設定ウィンドウ (Position Setting #2)	11
2.16	次の Position の設定	11
2.17	マクロ設定ウィンドウ (測定の設定)	12
2.18	Acquisition Setting Window	12
2.19	マクロ測定設定完了画面	13
3.1	Image Window 「Ion Gun タブ」が開かれている	14
3.2	Acquisition Setting Window 「Alternative ボタン」がクリックされている	14
3.3	スパッタリング測定中に表示される画面	15
3.4	Macro Setting Window. 「01」の場所に対して Spectra 測定をセット	16
3.5	Macro Setting Window. 「01」の場所に対してスパッタリング測定をセット	16
3.6	Macro Setting Window. マクロを組み終わったところ	17
4.1	Si2p のスペクトル。左は SiO ₂ , 右は単体 Si のピーク	18

4.2	イメージウィンドウで MAP モードを選択	18
4.3	Acquisition setting window での設定	19
4.4	単体 Si の分布マップ (Image Viewer)	20
4.5	単体 Si のスペクトル (Spectral Viewer)	20
4.6	SiO ₂ の分布マップ (Image Viewer)	20
4.7	SiO ₂ のスペクトル (Spectral Viewer)	20
4.8	Acquisition setting window での設定	21
4.9	単体 Si と SiO ₂ の分布マップ (Image Viewer)	21
4.10	単体 Si のスペクトル (Spectral Viewer)	21
4.11	マクロモードによるマッピングの設定	22
5.1	Si2p のスペクトル。左は SiO ₂ , 右は単体 Si のピーク	23
5.2	「Position ボタン」をドラッグ&ドロップする	24
5.3	「Position1 ボタン」を右クリックしたところ	24
5.4	Stage Setting ウィンドウ	25
5.5	「AR-XPS ボタン」をドラッグ&ドロップする	25
A.1	Mg&Zr X線源をスライドインさせたところ	26
A.2	Mg&Zr X線源をスライドインさせたところ	26
A.3	イメージウィンドウで, X-ray タブを開いたところ。(a) 通常のアルミニウム線源, (b) Mg 線源および (c) Zr 線源が, 選択されている	27
A.4	メインメニュー。マグネシウム線源からの X線が ON になったところ	27
A.5	マグネシウムないしはジルコニウム線源が ON になると (a) 暗かったメインチェンバーの中が (b) フィラメントの光で明るくなる	27
A.6	マグネシウムの X線源で測定された SiO ₂ サンプルに対する光電子スペクトル	28
A.7	メインメニュー。ジルコニウム線源からの X線が ON になったところ	28
A.8	ジルコニウムの X線源で測定された SiO ₂ サンプルに対する光電子スペクトル	28
A.9	Mg および Zr の X線源を使い終わったら, 必ず図 A.1 の状態からこの図の状態へと戻す	29

第 1 章

基本設定と位置合わせ

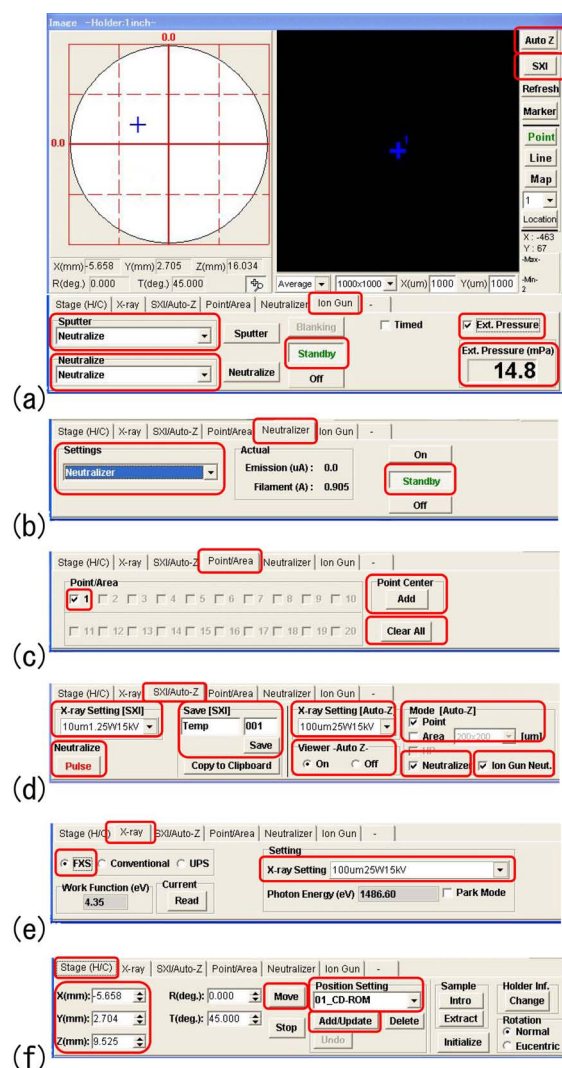


図 1.1 測定を始める前の設定確認

1.1 基本設定

1.1.1 Ion Gun タブの確認

図 1.1(a) は、Image Window で、「Ion Gun タブ」をクリックして開いたところである。Ar イオンガンの設定をすでに終えている場合、「Sputter」

および「Neutralize」のプルダウンメニューは、いずれも Neutralize になっていなければならない。また図 1.1(a) 中央下の「Standby ボタン」がクリックされて緑色に表示されていなければならない。

絶縁体試料における光電子分光測定では、試料表面から光電子が飛び出すことにより試料表面がプラスに帯電する。Neutralize(帯電中和)は、この電荷を取り去ることにより、光電子ピークが左側(高エネルギー側)にシフトするのを防ぐために行われる。

帯電中和に、低速電子銃だけではなく、プラス電荷の低速 Ar イオン銃を併用するのが、PHI5000 VersaProbe の特徴のひとつである。絶縁体試料では、X線照射部分の周囲がマイナスに帯電する。これは、X線ビームより大きい帯電中和用電子ビームによる。プラズマ状になった低速 Ar イオンと低速電子によりプラスとマイナスの電荷の両方を中和するわけである。

測定中は、図 1.1(a) 右の「Ext.Pressure チェックボックス」からチェックを外す。測定終了後「Standby ボタン」をクリックし緑色にして(すでにそうならいたらそのまま)2 ~ 3 分程度で 15mPa 程度の値を示すことを確認する。Ext.Pressure の値が著しく小さい場合は、Ar ボンベの残量が少なくなっている可能性があるため、その旨、装置管理者(沖津; 27470, 090-2203-8789)まで連絡を下さい。

1.1.2 Neutralizer タブの設定

図 1.1(b) は、Image Window で、「Neutralizer タブ」をクリックして開いたところである。この

タブを開くと、低速電子銃による帯電中和に関する設定ができる。「Settings プルダウンメニュー」には、Neutralizer が設定され、図 1.1(b) [p.1] 右下の「Standby ボタン」がクリックされて緑色に表示されていなければならない。

1.1.3 Point/Area タブの設定

図 1.1(c) [p.1] は、Image Window で、「Point/Area タブ」をクリックして開いたところである。「Clear All ボタン」をクリックすると「1」のチェックボックスにチェックが入る。この設定では、図 1.1(a) [p.1] の黒い画面中央の「1」と記された十字線の場所のみを測定する。図 1.1(c) [p.1] 右の「Point Center Add ボタン」をクリックして、黒い画面中央に更に十字線を追加し、これをクリック&ドラッグすることにより、複数の測定点を指定することもできる。

1.1.4 SXI/Auto-Z タブの設定

図 1.1(d) [p.1] は、Image Window で、「SXI/Auto-Z タブ」をクリックして開いたところである。SXI(Scanning X-ray Imaging) は、バインディングエネルギーがおよそ 1400eV の光電子によるスキャンイメージを得る測定である。Auto-Z は、バインディングエネルギーがおよそ 530eV の光電子によりサンプルステージの高さを自動調整する機能である。これらを行うためのボタンは、図 1.1(a) [p.1] 右上にある。

図 1.1(d) [p.1] 左半分で SXI に関する設定を、右半分で Auto-Z に関する設定を行う。以下、図 1.1(d) [p.1] の左の項目から順に、記述する。

「X-ray Setting [SXI] プルダウンメニュー」では、SXI を行う際の X 線焦点サイズが設定できる。SXI はイメージングなので、高い解像度を得るには、10 ~ 20 μm の小さな焦点サイズを設定する。「Neutralize ボタン」をクリックして Pulse(赤い文字) に設定し、SXI の際に、パルス状の帯電中和を行う設定にする。SXI のイメージは、名前と番号を付けて「Save ボタン」をクリックすることにより保存できる。自動的に保存されるわけではないので注意を要する。

Auto-Z に関しては、図 1.1(d) [p.1] 中央やや右の「X-ray Setting [Auto-Z] プルダウンメニュー」

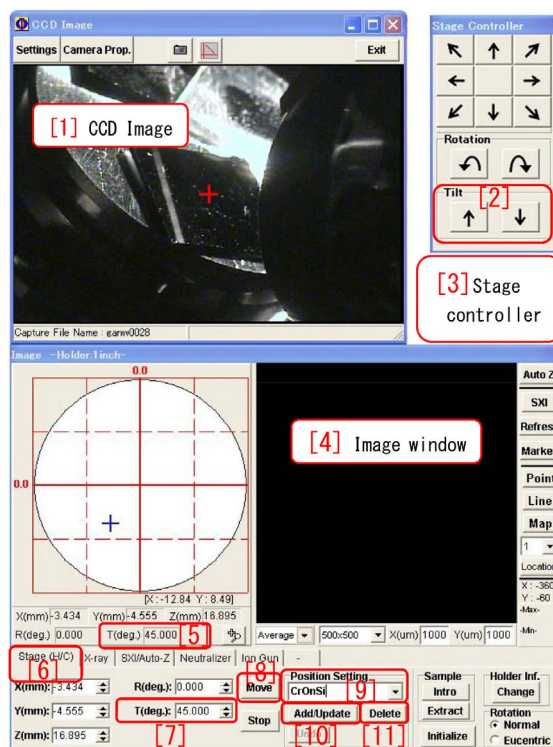


図 1.2 サンプルステージ位置の登録

で、Auto-Z を行う際の X 線の焦点サイズを設定できる。特別な事情がない限り、最大焦点サイズの「100um25W15kV」が推奨される。「HP-100um100W20kV」は原則として使ってはならない。これの下に「Viewer Auto-Z ラジオボタン」は、OFF にチェックを入れると、図 1.3 のグラフが表示されなくなるが、通常は、ON にチェックを入れてグラフを表示させる。「Mode [Auto-Z]」は、通常 Point にチェックを入れる。「Neutralizer」と「Ion Gun Neut.」のチェックボックスにチェックを入れて、帯電中和を行う設定にする。

1.1.5 X-ray タブの設定

図 1.1(e) [p.1] は、Image Window で、「X-ray タブ」をクリックして開いたところである。このタブを開くと、本測定を行う際の設定ができる。左の X 線源の設定では、必ず FXS[Focused X-ray Scanning; Al K α 線 (1486.6eV)] を用いる設定にする。右の「X-ray Setting プルダウンメニュー」では、本測定で用いる X 線の焦点サイズを選択できる。通常のスpekトル測定では、最大の焦点サイズ (100um25W15kV) を設定す

るのが一般的である。HP-100um100W20kV は、さらにX線強度が強いのだが、トラブルが起こることがあるので、原則として使ってはならない。

単に一点または複数の点でスペクトル測定を行うモードが Point モード図 1.1(a) ([p.1] 右で、「Point」のモードが選択されて緑色に表示されている) だが、Mapping や Line 測定 (図 1.1(a) [p.1] 右で「Point ボタン」の下にこれらのボタンがある) など、位置分解能を要求する測定では、10 ~ 20 μ m の小さな焦点サイズを選択する。

以上は、標準X線源である Al $K\alpha$ 線 (1486.6 eV) を使う際の設定だが、Mg $K\alpha$ 線 (1253.4 eV) ないしは Zr $K\alpha$ 線 (2042.4 eV) を使う場合は、付録 A [p.26] を参照。

1.1.6 Stage(H/C) タブの設定

図 1.1(f) [p.1] は、Image Window で、いちばん左の「Stage(H/C) タブ」をクリックして開いたところである。

図 1.2 左下の「X,Y,Z(mm) 表示ボックス」に数値を入力して、中央下の「[8] Move ボタン」をクリックすることにより、サンプルステージを移動させることができる。

またステージ位置は、図 1.2 「[4] Image window」中央の「[9] Position Setting プルダウンメニュー」で任意の名前をつけ、その下の「[10] Add/Update ボタン」をクリックすることにより登録することができる。前のユーザーが登録したポジションは、「[10] Add/Update ボタン」の右隣にある「[11] Delete ボタン」で消去することが推奨される。

図 1.2 で、「[7] T(deg.)」を 45.0 に設定し、「[8] Move」をクリックして「T(deg.) [5]」が 45.0 \pm 0.1 になることを確認する。「[7] T(deg.)」がグレー表示で数値をタイプできないときは、図 1.2 「[2] Tilt ボタン」をクリックして同様にする。このあと実験終了まで「[2] Tilt ボタン」はクリックしてはならない。

「[9] Position Setting プルダウンメニュー」で、登録したステージ位置を選択し、中央の「[8] Move ボタン」をクリックすることにより、その場所へサンプルステージを移動させることができる。

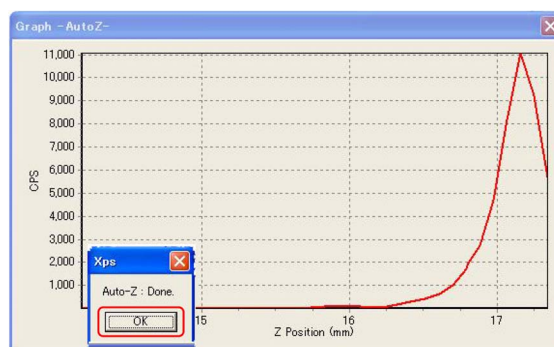


図 1.3 Auto-Z 実行画面

1.2 Auto-Z

Auto-Z は、サンプルステージを自動的に最適な高さに設定する機能である。

設定に関しては、図 1.1(d) [p.1] の右半分を参照しながら §1.1.4 の記述にしたがって、行う。

図 1.1(a) [p.1] 右上の「Auto-Z ボタン」をクリックして Auto-Z を始めると、図 1.3 のようなグラフが表示される。

まず、サンプルの厚さを t mm としたとき、 $(14.5 - t)$ mm 程度の値を Z(mm) に設定して図 1.2 「[8] Move ボタン」をクリックすることにより、サンプルステージを上昇させる。図 1.2 「[1] CCD Image」中央の十字線がサンプルのポジションに来るように「[3] Stage controller」の矢印ボタンをクリックしてサンプルステージを移動させる。図 1.2 「[4] Image window」右上の「Auto-Z ボタン」をクリックして、Auto-Z の実行によりサンプルステージの高さを合わせる。終わると図 1.3 右下のようなメッセージが表示されるので、「OK ボタン」をクリックする。

Auto-Z を行ったあと、図 1.2 「[1] CCD Image」中央の十字線は、X線照射位置にある。図 1.2 「[3] Stage controller」で X,Y 方向の位置を合わせたあと、再び Auto-Z を実行して X線照射位置にサンプル位置を合わせる。

ここで、§1.1.6 に記述したように、サンプル位置に名前をつけて登録する。

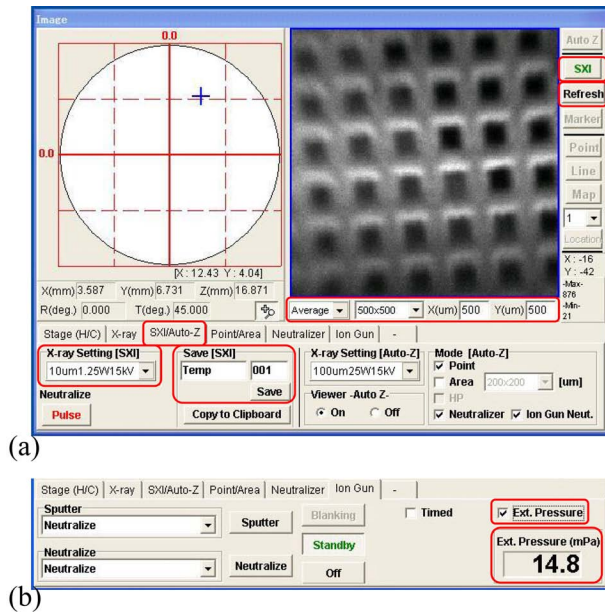


図 1.4 SXI 実行画面

1.3 SXI

SXI(Scanning X-ray Imaging) は、バインディングエネルギーおよそ 1400eV (すなわち運動エネルギーがほぼゼロ) の電子により試料表面のイメージングを行う機能である。

詳細設定に関しては、図 1.1(d) [p.1] の左半分を参照しながら、§1.1.4 [p.2] の記述にしたがって行う。

図 1.4 の SXI は、銅のメッシュを試料として用いて得られている。SXI は、自動的に保存されない。この像を保存するには、図 1.1(d) [p.1] 「SXI/Auto-Z」タブを開いて、中央下の Save[SXI] の赤枠の中で ファイルのヘッダーと番号を指定して「Save ボタン」をクリックする。保存先のフォルダーは、表紙、図 0 「[3] Acquisition Setting window」左下の「Folder ボタン」をクリックして設定されている必要がある。

図 1.4 のディスプレイウィンドウ下の赤い枠

の中に、「Average」「500×500」と表示されたプルダウンメニューと、「X(um)」「Y(um)」のテキストボックスがある。

「Average」は、光電子イメージを積算してゆくモードだが、これを「Fast」または「Slow」に変えると 1 秒ないしは 2 秒ごとにイメージをリフレッシュするモードになる。これらのモードは、ノイズが多くあまり推奨できない。

「500×500」と表示されたプルダウンメニューと「X(um)」「Y(um)」の値は一致していなければならない。一致していない場合は、「500×500」と表示されたプルダウンメニューから、設定を選び直す必要がある。これは、SXI(Scanning X-ray Imaging) の視野の大きさである。

SXI 実行中に光電子像表示画面内の任意の位置をクリックしてから「SXI ボタン」の下の「Refresh ボタン」をクリックすると、クリックした位置が画面中央になるようにサンプルステージが移動し、その位置を中心とした画像が表示される。

「1400×1400」(μm) の視野を選択した場合、中央付近が横方向に白っぽく、上下が黒っぽい画像が得られる。集光器兼モノクロメーターには回転楕円体状に湾曲させた SiO_2 の結晶が用いられている。モノクロメーターの散乱面 (Plane of incidence) は図 1.4 の縦方向 (Y 方向) に平行である。図 1.4 の上 (Y がプラス) に集光する X 線は SiO_2 結晶によるブラッグ反射角が大きく、下 (Y がマイナス) に集光する X 線はその逆である。したがって、図 1.4 の上では、Al $K\alpha$ 線 (1486.6eV) よりやや低エネルギーの、下ではやや高エネルギーの X 線により励起された電子による像を見ていることになる。Al $K\alpha$ 線は 1486.6eV をピークに持ち、このエネルギーからはずれると強度は低下する。SXI の視野が大きくなると上下が暗くなるという現象は、モノクロメーターの「色収差」によるものであり、本質的なシグナルではないことに注意を要する。

第2章

スペクトル測定

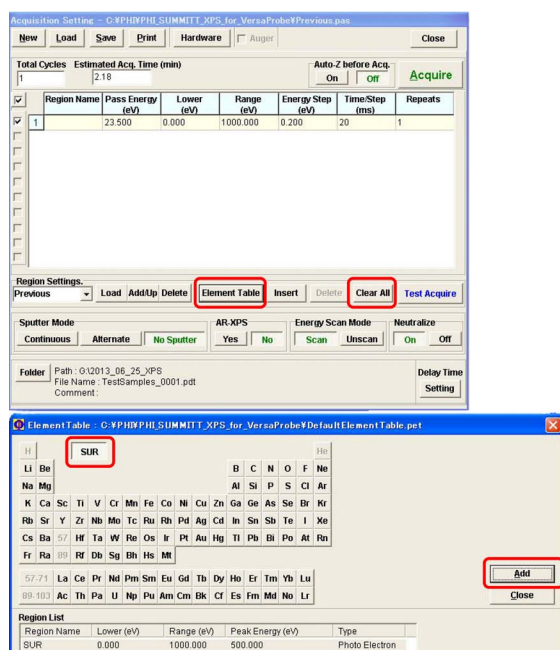


図 2.1 サーベイスキャン設定 (その 1)

2.1 通常の (マクロを使わない) スペクトル測定

2.1.1 サーベイスペクトル測定の設定

図 2.1 は、広いエネルギー範囲の光電子スペクトル測定 (サーベイスキャン) を行う設定の仕方を示している。図 2.1 中央右の「Clear All ボタン」をクリックして最初の設定をすべてクリアしてから、中央の「Element Table ボタン」をクリックすると、図 2.1 下の周期律表が開く。「SUR ボタン」(Survey ボタン) がデフォルトで選ばれているので、そのまま右下の「Add ボタン」その下の「Close ボタン」の順にクリックすることにより、サーベイスキャンを設定することができる。

図 2.2 は、サーベイスキャンの測定スケジュール

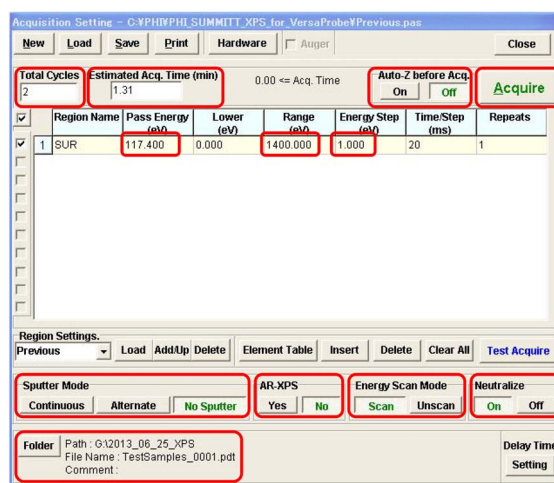


図 2.2 サーベイスキャン設定 (その 2)

ルをデフォルトの値から、変更したところである。赤枠で囲った項目を左上から順に記述する。

「Total Cycles」は、表示された測定を 2 度繰り返すことを意味し、「Estimated Acq. Time(min)」は、これに 1.31 分を要することを示している。「Auto-Z before Acq.」は Off になっており、測定の前に Auto-Z を行わない設定である。「Acquire ボタン」は、これをクリックすることにより、測定を開始する。

「Pass Energy」は、球形二重電極間の中心を飛行する電子の運動エネルギーで、117.4eV は、サーベイスキャンの場合に推奨される値である。「Range(eV)」はエネルギースキャン範囲である。デフォルトでは、1000eV になっているが、電子の励起に用いる Al $K\alpha$ 線の光子エネルギーが 1486.6eV であることから、これより僅かに小さい 1400eV に設定し直している。「Energy Step」は、デフォルトでは 0.2eV なのだが、Pass Energy

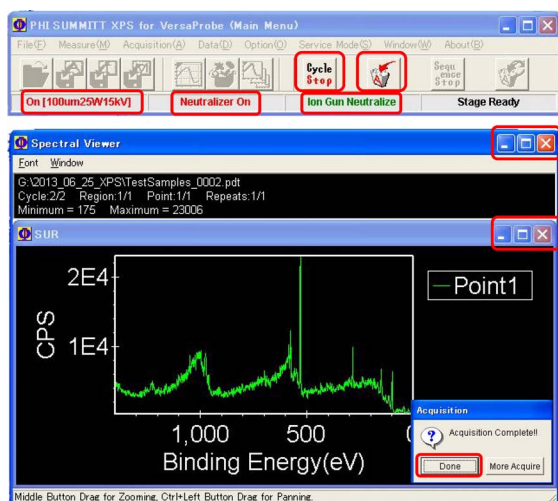


図 2.3 サーベイスペクトル測定中の画面

の 1/100 ~ 1/200 程度が推奨されるので、1.0eV に設定してある。

2.2 [p.5] 「Sputter Mode」は「No Sputter」で、スパッターをしない、「AR-XPS」(試料表面の傾き角を変えて測定するモード)は「No」で、これを行わない、「Energy Scan Mode」は、球形二重電極に飛び込む前の電子に対してかける減速電圧を固定「Unscan」せずに変える「Scan」する設定、「Neutralize」(帯電中和)は「Yes」で、これを行うモードになっている。「Neutralize」を Off にして絶縁体試料を測定すると、光電子ピークが著しく左にシフトする。時間があるときに試してみるとよい。金属などの試料でも、表面に酸化膜が付いていて「Neutralize」を Off にして測定すると光電子ピークが左にシフトしている場合がある。「Neutralize」を Off にして本測定を行う場合は、「Neutralize」を On にした場合とスペクトルの位置に横方向のシフトがないことを確認してから行うことが推奨される。

2.2 [p.5] 「Folder ボタン」をクリックすることにより、データを格納するフォルダーを設定する。USB メモリーを差すと、G: パーティションとして認識される。ハードディスク内ないしは USB メモリーの中にフォルダーを作り、これを指定する。ファイル名の先頭の文字列とファイル番号の開始ナンバーを指定する。ファイル番号は、1 測定ごとにひとつずつ増えてゆく。

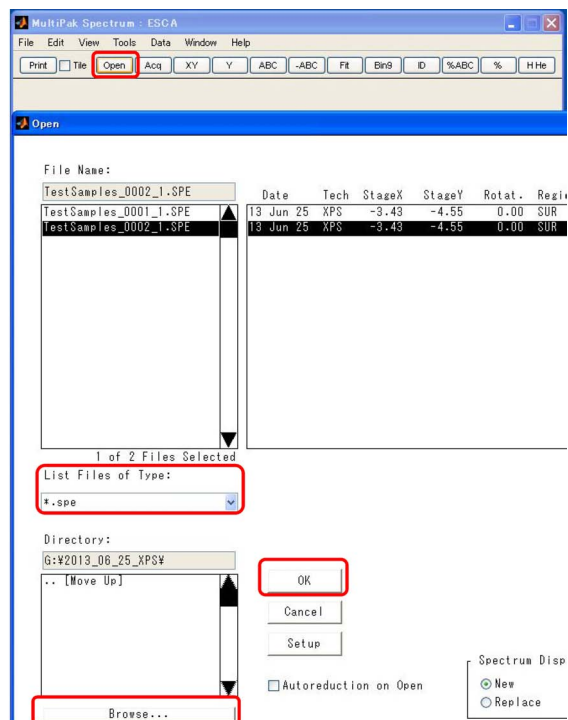


図 2.4 MultiPak ファイル選択画面

2.1.2 サーベイスペクトルの測定

図 2.2 [p.5] 右上の「Acquire ボタン」をクリックするとサーベイスキャンが始まり図 2.3 のような画面が表示される。上は「Main Menu」下は「Spectral Viewer」である。赤枠で囲った項目を上から順に説明する。

「Cycle Stop ボタン」は、現在測定中の測定サイクルを終了したらそこまでのデータを保存して終了するときをクリックする。「A ボタン」(Abort ボタン)は、直ちに測定をストップし、データを破棄するときをクリックする。

「On [100um25W15kV]」「Neutralizer On」「Ion Gun Neutralize」は、それぞれ、X線 ON とその電圧および電流値、電子による帯電中和が行われていること、Ar イオンガンによる帯電中和が行われていること、を表示している。

図 2.3 「Spectral Viewer」の右上のボタンは、最大化と最小化は有効だが、「×」をクリックしてこの画面を閉じることはできない。

測定が終わったら、図 2.3 右下のようなメッセージウィンドウが表示されるので、「Done ボタン」をクリックする。

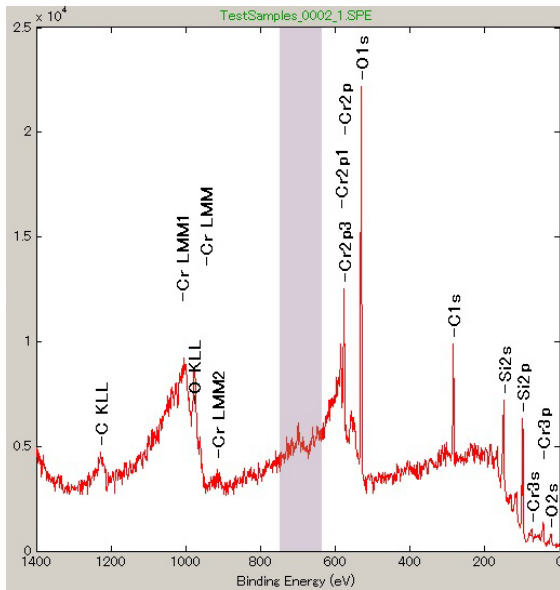


図 2.6 左クリック&ドラッグしてエネルギー領域を選択する

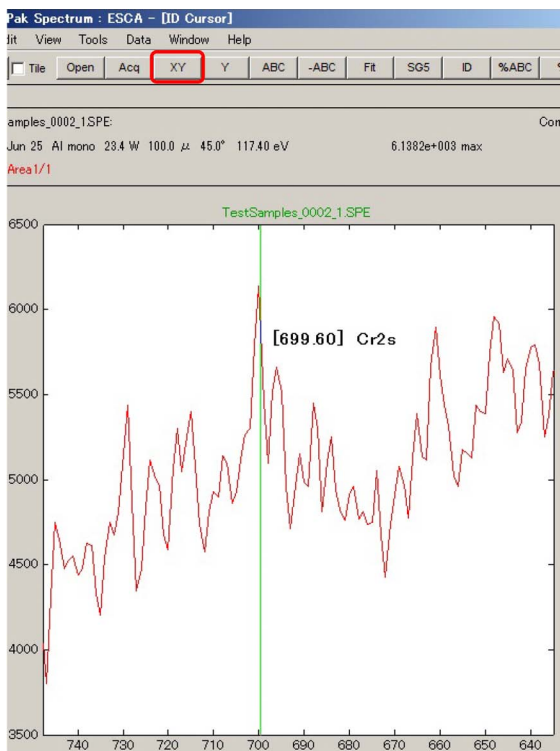


図 2.7 右クリックしたままドラッグしてピークの候補を表示させる

右クリックしたまま左右にドラッグするとピークの候補が次々に表示される。699.6eV のところに、Cr2s のピークが見つかった。図 2.7 上の方の「XY ボタン」をクリックすると元のスケールに戻り、図 2.5 [p.7] が表示される。

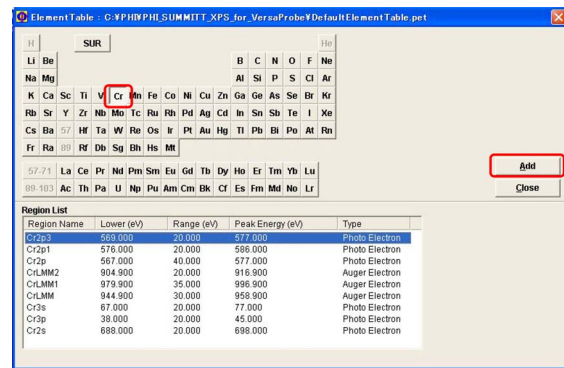


図 2.8 ナROWSPEクトルの設定画面 (その 1)

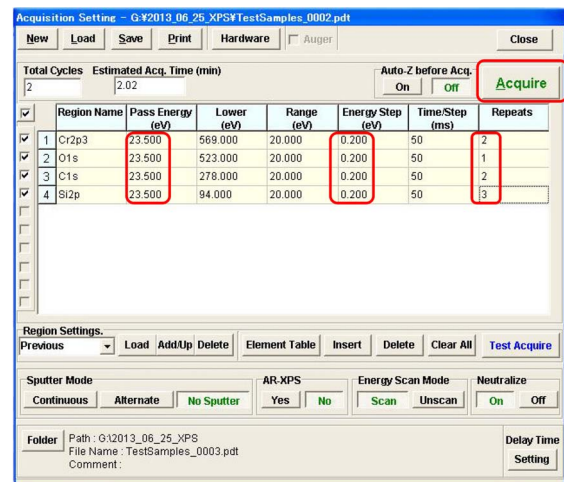


図 2.9 ナROWSPEクトルの設定画面 (その 2)

後者のマウスを右クリックするやり方は、ピーク近傍にたくさんのピークの候補が表示されるので、MultiPak の操作に慣れてくると、こちらの方がピークアサインがしやすくなる。

2.1.4 ナROWSPEクトル測定の設定

図 2.5 [p.7] のように得られたサーベイスペクトルを参考にして、ナROWSPEクトルの測定をセットする。図 2.1 [p.5] 中央の「Element Table ボタン」をクリックして図 2.8 の周期律表を表示させる。元素のボタンをクリックすると左下に光電子とオージェ電子の一覧が、ピーク強度が大きい順に表示される。どれかひとつを選んで右の「Add ボタン」をクリックする。測定するエネルギー領域の数だけこれを繰り返したあと、「Add ボタン」の下に「Close ボタン」をクリックする。

図 2.9 は、上記の操作で設定されたナROWSPE

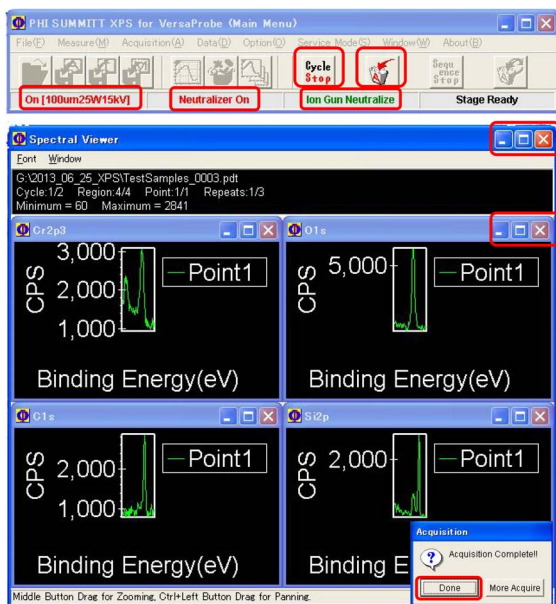


図 2.10 ナロウスペクトル測定中の画面

クトル測定のスケジュールである。「Pass Energy」は、23.5eV に設定されており、サーベイスキャンのときの値 (117.4eV) よりも小さくなっている。「Energy Step」は、「Pass Energy」の 1/100 ~ 1/200 程度が推奨され、適正な値 0.2eV(デフォルト値) が設定されている。

電子分光のための二重球形電極の、収束した電子が飛び込む側を球形電極の「北極」とすると「南極」付近のポジションに 16 チャンネルの電子検出器が配置されている。この検出器のチャンネルは、北極と南極を貫く「地軸」の方向に並んでいる。これは電子のエネルギー広がり (ΔE) の方向であり、 ΔE の値は「Pass Energy」に比例する。 ΔE が小さい方がエネルギー分解能は高くなるのだが、当然エネルギーの取り込み幅が小さくなるため、エネルギー分解能と電子収量はトレードオフの関係にある。サーベイスキャンでは電子の収量を大きくするために大きな「Pass Energy」を、ナロウスキャンではエネルギー分解能を高くするために小さな「Pass Energy」を設定するわけである。「Pass Energy」の数値の右端をクリックするとプルダウンメニューが現れ、さらに小さな、或いは大きな「Pass Energy」を選ぶことも可能である。

図 2.9 一番右の「Repeats」の値は、デフォ

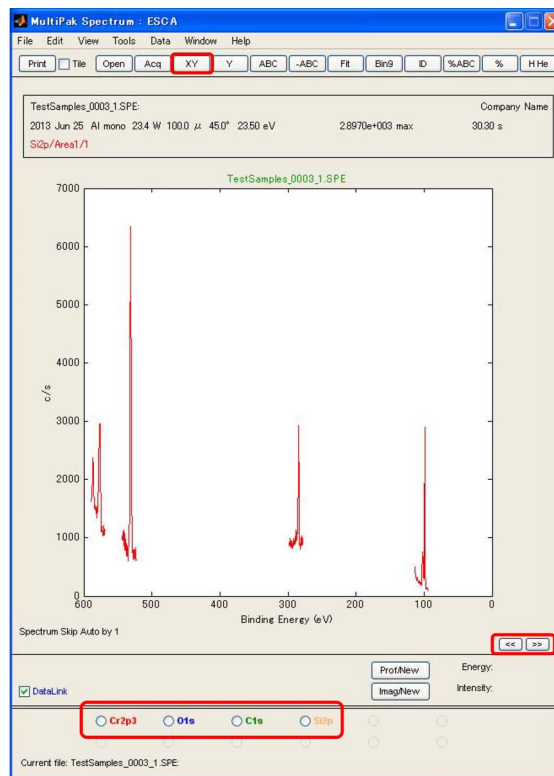


図 2.11 ナロウスペクトルを読み込んだところ

トでは 1 だが、サーベイスキャンで得られた電子収量に応じて、「Repeats」の値を設定し直してある。

2.1.5 ナロウスペクトルの測定

図 2.9 右上の「Acquire ボタン」をクリックすると測定が始まり、図 2.10 のような画面が表示される。赤枠で囲った項目については、図 2.3 [p.6] と同様である。§2.1.2 [p.6] を参照。

2.1.6 ナロウスペクトルの解析

2.1.6.1 データの読み込み

測定データの読み込みについては、図 2.4 [p.6] と §2.1.3 [p.7] の最初の節「データの読み込み」の記述を参照。

2.1.6.2 データの解析

図 2.11 は、測定したナロウスペクトルを読み込んだところである。複数のスペクトルデータファイルを読み込んだ場合は、図 2.11 右下の「<<」「>>」のボタンをクリックすることにより、ひとつ前ないしはひとつ後のデータファイルに表示を切り替えることができる。

図 2.11 下のラジオボタンをクリックすること

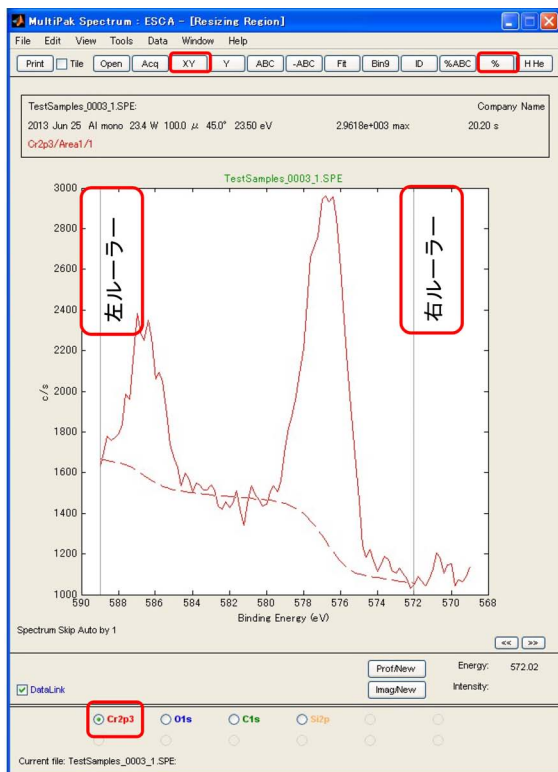


図 2.12 ナロウスペクトルを拡大表示したところ

により、それぞれのスペクトル領域を拡大表示することができる。図 2.12 は、Cr2p3 近傍のスペクトル領域を拡大表示したところである。左上の「XY ボタン」をクリックするか、あるいはチェックが入っているピーク名のラジオボタンをアンチェックすると図 2.11 [p.9] のような元のスケールでの表示に戻ることができる。

2.1.6.3 定量分析

図 2.12 のスペクトル表示領域の中に、縦のライン「左バー」「右バー」があるが、これを左クリックし、左右にドラッグすると図のように赤い破線が表示される。この破線は、解析ソフトウェア「MultiPak」が認識しているスペクトルのバックグラウンドである。「左バー」「右バー」を左クリック&ドラッグすることによりバックグラウンドが最も確からしくなるように調整する。

図 2.12 「Cr2p3」以外の「O1s」「C1s」「Si2p」のラジオボタンをクリックして同様にバックグラウンドを調整した後、図 2.12 右上の「% ボタン」をクリックするとウィンドウズの「メモ帳」が立ち上がり Cr, O, C, Si の元素組成比 (モル分率)

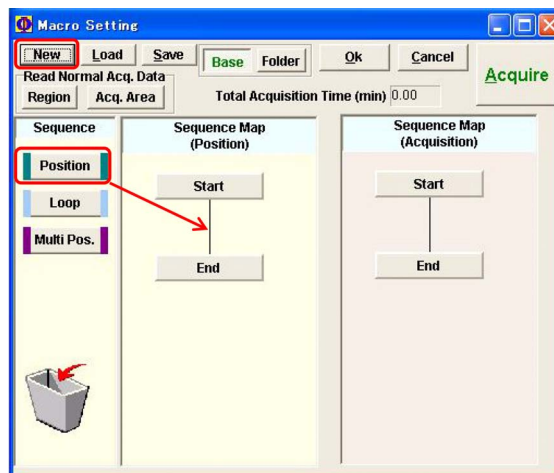


図 2.13 マクロ設定ウィンドウ初期画面

が表示される。「% ボタン」の左にある「%ABC ボタン」をクリックすると元素組成比をスペクトル表示領域の右上に表示させることができる。表示された文字は、左クリックしてスペクトル表示領域の枠外にドラッグ&ドロップすることにより消去することができる。

ただし、XPS(光電子分光) は、このような元素の定量分析を必ずしも得意とはしない。元素組成比が 1 : 2 程度という結果が表示されても、1 : 2(±0.1) 程度の誤差を含むことを念頭に置いて定量分析を行う。XPS が最も威力を発揮するのは、図 2.12 に表示されるスペクトルピークの横方向 (結合エネルギー) のシフト測定による、表面付近 (深さ 10nm 以内) にある元素に対する化学結合状態の分析である。

ひとつの元素に対してふたつ以上のピークを測定した場合の定量分析については、Part 2 マニュアルの §1.1.3 [p.2] を参照。

2.2 マクロを使ったスペクトル測定

PHI 5000 VersaProbe コントロール用プログラム「Phi Summitt」にはマクロ機能があり、ユーザーはこれを使って多くの測定点に対して、自動測定を行うことができる。

通常モードで登録したすべての場所について、3~5 回程度のサーベイスキャンをマクロで設定し、すべての場所が正しく登録されていることを確認してから、本測定をセットする。

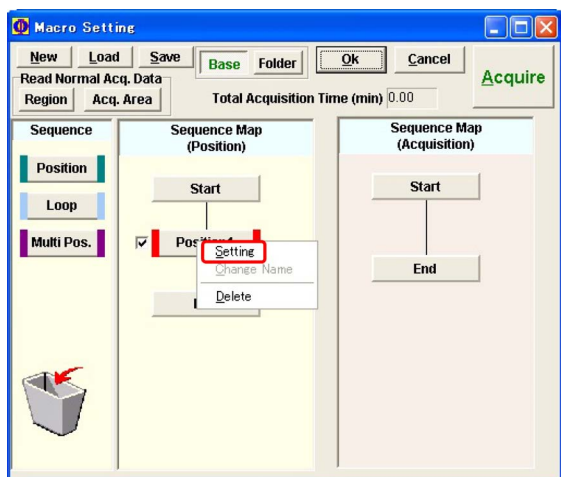


図 2.14 マクロ設定ウィンドウ (Position Setting #1)

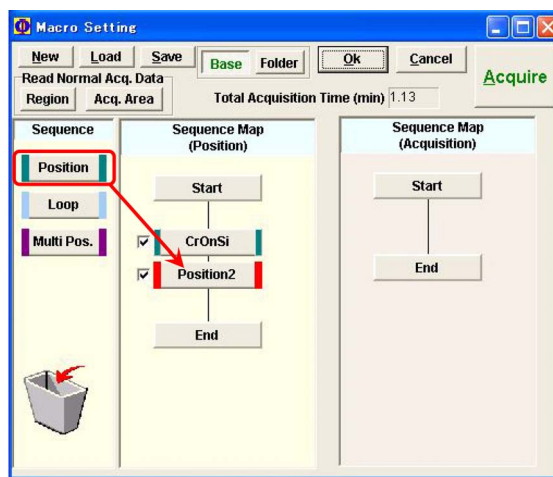


図 2.16 次の Position の設定

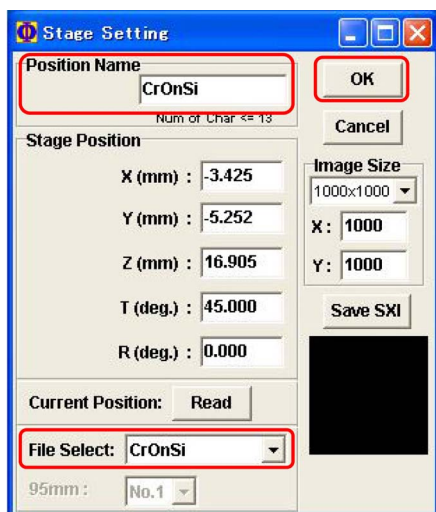


図 2.15 マクロ設定ウィンドウ (Position Setting #2)

2.2.1 マクロモード立ち上げの前提条件

すべての測定点の位置は、図 1.2 [p.2] を参照しながら §1.1.6 [p.3] の記述に従って、通常測定モードで登録されている必要がある。表紙、図 0, マクロ測定モードの「[2] Image Window」でも位置の登録ができるが、これは避けるべきである。位置が正しく登録されず、測定に失敗する。

マクロモードを立ち上げる前に、通常測定モードは、図 2.2 [p.5] 右上の「Acquire ボタン」の上にある「Close ボタン」をクリックして閉じられている必要がある。「Close ボタン」をクリックすると、表紙、図 0 の「[2] Image Window」 「[3]

Acquisition Setting Window」 「[4] Stage Controller」と同様なウィンドウが 3 つとも閉じられる。

2.2.2 マクロモードの立ち上げと初期設定

表紙、図 0 は、図 0 左上の「[1] Main Menu」にある「Macro Button」をクリックしてマクロ測定モードを立ち上げたところである。「[6] Macro Setting Window」が立ち上がるが、多くの場合、前のユーザーの設定が残っている。図 2.13 左上の「New ボタン」をクリックして「Sequence Map(Position) 領域」と「Sequence Map (Acquisition) 領域」の「Start」と「End」の間に何も表示されていない状態にする。

2.2.3 測定 Position の設定

次に、図 2.13 左の「Sequence 領域」から「Position」を左クリックして「Sequence Map (Position) 領域」にドラッグ&ドロップする。

2 番目以降の「Position」は、図 2.16 のように「Sequence Map (Position)」に登録された一番下の「Position 名」と「End」の間を左クリックして、そこに左の「Sequence 領域」の「Position」をドラッグ&ドロップする。

2.2.4 登録した Position の選択

図 2.14 のように「Position ボタン」を右クリックして出てきたメニューから「Setting」を左クリックして選択する。

図 2.15 のウィンドウが立ち上がるので、下の「File Select プルダウンメニュー」から、§1.1.6

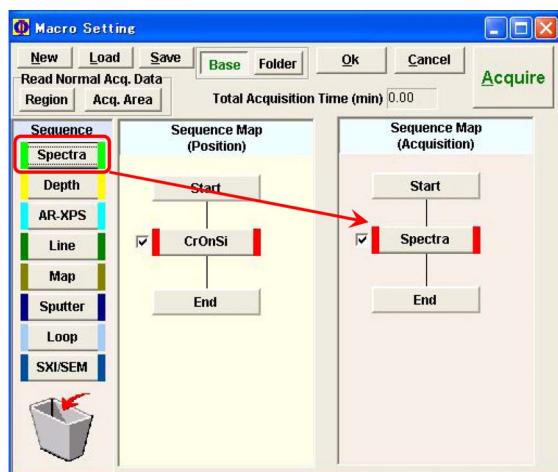


図 2.17 マクロ設定ウィンドウ (測定の設定)

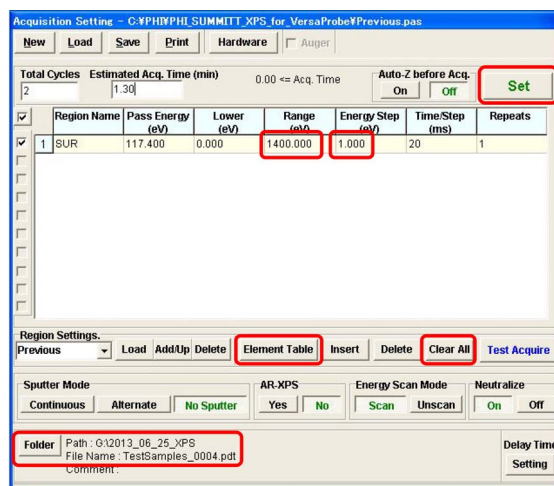


図 2.18 Acquisition Setting Window

[p.3] の記述に従って登録してある場所を選択する。図 2.15 左上の「Position Name テキストボックス」に下の「File Select プルダウンメニュー」と同じ Position 名が表示されていることを確認して、右上の「OK ボタン」をクリックする。

2.2.5 測定メニューの選択

図 2.14 [p.11] 右の「Sequence Map (Acquisition) 領域」の「Start」と「End」の間を左クリックすると図左の「Sequence 領域」に図 2.17 のように、測定メニューが表示される。左上の「Spectra」を左クリックし図 2.17 に矢印で示したように、「Sequence Map(Acquisition) 領域」にドラッグ&ドロップする。

2.2.6 測定条件の設定

図 2.17 でドラッグ&ドロップした「Spectra ボタン」を左クリックする (反応するのに 2 ~ 3 秒程度かかる)。次に、表紙図 0 「[2] Image Window」 「[3] Acquisition Setting Window」の設定を行う。

「[2] Image Window」の設定は、通常測定と同じく、図 1.1 [p.1] を参照しながら §1.1 [p.1] の記述に従って行う。ただし、図 1.1(f) [p.1] 中央の「Position Setting プルダウンメニュー」は変える必要はない。測定位置は §2.2.4 [p.11] すでに設定されているからである。

表紙、図 0 「[3] Acquisition Setting Window」の設定は、図 2.18 のようにサーベイスペクトルを設定する。

図 2.18 左下の「Folder ボタン」をクリックし

てエクスプローラーを表示させ、ファイルを保存するフォルダーを選択または作成し、ファイル名の Prefix とスタート番号を設定する。図 2.18 右や下の「Clear All ボタン」をクリックして設定をクリアした後、中央下の「Element Table ボタン」をクリックする。Element Table ウィンドウでは「SUR ボタン」(Survey ボタン) がデフォルトでクリックされているので、そのまま「Add ボタン」「Close ボタン」の順にクリックします。図 2.18 は、サーベイスペクトルの測定スケジュールですが、「Range(eV)」をデフォルトの 1000eV から 1400eV に変更してある。Al K α 線の光子エネルギーは 1486.6eV なので、これ以下の Range(eV) は有効である。「Energy Step(eV)」は、デフォルトでは 0.2eV だが「Pass Energy(eV)」の 1/100 程度の 1.0eV に変更してある。

2.2.7 マクロ設定の完了と測定スタート

以下、§2.2.3 [p.11] ~ §2.2.6 を測定点の数だけ繰り返す。多くの場合、表紙、図 0 「[2] Image Window」の設定は変える必要はなく、また「[3] Acquisition Setting Window」も Survey Scan の設定もそのまま、図 2.18 右上の「Set ボタン」をクリックするだけで問題ない。

図 2.19 は、登録してある 3 つの測定 Point に対するマクロ設定を完了したところである。この設定は、図左上の「Save ボタン」をクリックする

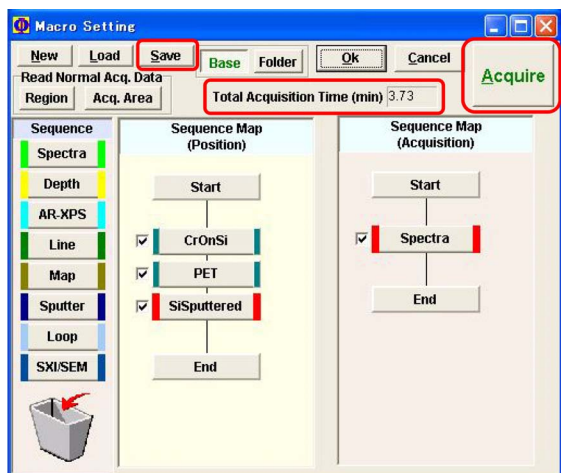


図 2.19 マクロ測定設定完了画面

ことにより名前を付けて保存することができ、左隣の「Load ボタン」のクリックにより呼び出すことができる。

図 2.19 上には、マクロ測定にかかる時間 [Total Acquisition Time(min)] が表示される。2.19 右上の「Acquire ボタン」をクリックすることによりマクロ測定がスタートする。

2.2.8 マクロによるサーベイスpekトルの解析

解析用ソフトウェア「MultiPak」を用いて §2.1.3 [p.7] の記述と同様にサーベイスpekトルを解析することができる。サーベイスpekトルのピークをアサインしてナロウスpekトル測定の作戦を立てることが推奨される。

2.2.9 マクロによるナロウスpekトルの設定

ナロウスpekトルの設定は、サーベイスpekトルのマクロ設定を改造することにより行うことができる。

図 2.19 の画面で、「Sequence Map (Position) 領域」の「CrOnSi ボタン」を左クリックするとボタンの両端が赤くなる。次に「Sequence Map (Acquisition) 領域」の「Spectra ボタン」を左クリックする。§2.1.4 [p.8] の記述に従って、ナロウスpekトルの測定スケジュールを設定する。

以下、同様にして、「PET ボタン」「SiSputtered ボタン」を左クリックすることにより上と同様にpekトル測定スケジュールを設定した測定 Point の数だけ設定してゆく。

多くの場合、これが本測定になるので、図 2.19 の上に表示される「Total Acquisition Time(min)」を参考にし装置の利用予約をした残り時間と相談しながら、ナロウスキャンの設定を行う。

2.2.10 マクロによるナロウスpekトルの解析

マクロによるナロウスpekトルの解析は、通常測定と同様、§2.1.6 [p.9] の記述に従って行うことができる。

さらに高度な解析については、Part 2 マニュアルを参照。

第3章

スパッタリングスペクトル測定

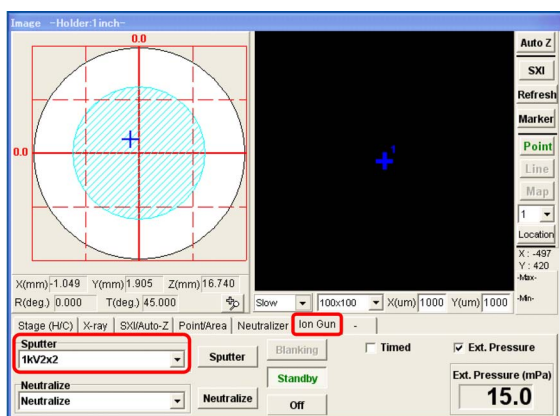


図 3.1 Image Window 「Ion Gun タブ」が開かれている

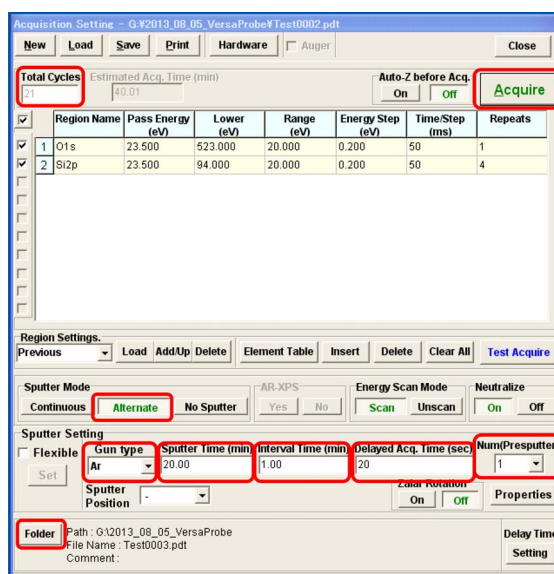


図 3.2 Acquisition Setting Window 「Alternative ボタン」がクリックされている

3.1 スパッタリングスペクトル測定の概要

PHI5000 VersaProbe には Ar イオン照射によるスパッタリング機能がある。Ar イオンにより試料表面をたたきわけであり、当然ながら破壊測定となる。スパッタリングの目的は主に 2 つで、ひとつは元素組成の試料表面からの深さ依存性測定、もうひとつは特定元素の化学状態の深さ依存性測定である。

スパッタリングレートは、4kV 2×2 のモードで、SiO₂ に対しておよそ 25nm / min である。この値は、調整の度ごとに変わるので、あくまでも目安である。2×2 は、イオンビームを 2×2mm の範囲でスキャンしながらスパッタすることを意味する。スパッタリングレートは、加速電圧にほぼ比例する。物質によってスパッタリングレートが異なることに注意を要する。

3.2 通常の (マクロを使わない) スパッタリングスペクトル測定

3.2.1 Image Window 加速電圧の設定

図 3.1 はイメージウィンドウで「Ion Gun タブ」を開き「Sputter プルダウンメニュー」から 1kV2×2 のモードを選択したところである (スパッタリングを行わない場合の設定は Neutarlize である)。

Ar イオンの加速電圧は、500V2×2, 1kV2×2, 2kV2×2, 3kV2×2, 4kV2×2 の中から選択することができる。

3.2.2 Image Window その他の設定

イメージウィンドウのその他の設定については、§1.1 [p.1] の記述を参照。

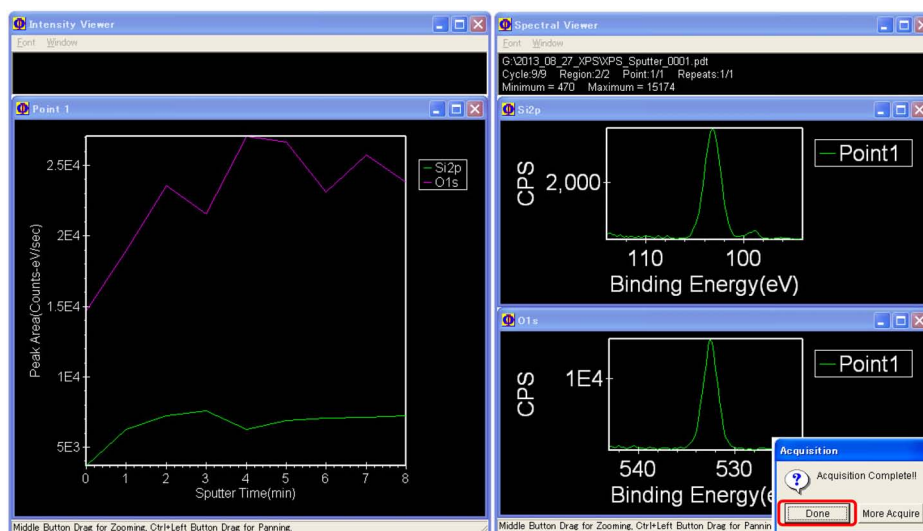


図 3.3 スパッタリング測定中に表示される画面

3.2.3 Acquisition Setting Window の設定

図 3.2 は、Acquisition Setting ウィンドウ左下の「Sputter Mode」で「Alternate」（スパッタとスペクトル測定を替わるがわる繰り返すモード）を選択したところである。「No Sputter」のモードでは表示されていない「Sputter Setting」のメニューが下に表示されている。「Gun type プルダウンメニュー」では Ar のみが選択できる。「Sputter Time (min)」、「Interval Time (min)」、「Delayed Acq. Time (sec)」のテキストボックスには、トータルのスパッタリング時間、1 回あたりのスパッタリング時間、スパッタを終えてから測定を始めるまでの待ち時間が、それぞれ表示されている。「Num(Presputter) プルダウンメニュー」では、スパッターを始める前の測定回数を 0, 1, 2 から、選択することができ、通常は 1 を設定する。「Interval Time (min)」が、1.00 に設定されており「Sputter Time (min)」が、20.00 に設定されているので、20 回スパッタと測定を繰り返すが、「Num(Presputter)」が 1 なので、図 3.2 Acquisition Setting ウィンドウ左上の「Total Cycles テキストボックス」には 21 の値が表示されている。スパッタ回数は「Total Cycles テキストボックス」に直接値を入力するか、「Sputter Time (min)」の値を変更するかで設定する。

3.2.4 スパッタリング測定の開始と終了

図 3.2 右上の「Acquire ボタン」をクリックするとスパッタリングスペクトル測定が始まり、図 3.3 のような画面が表示される。右側に表示されているのが、スペクトルウィンドウである。図 3.2 で指定した O1s と C1s のスペクトルが表示されている。左側には、O1s と C1s の積分強度がスパッタリング時間の関数として表示される。測定データは、「pro」の拡張子のデータファイルとして、図 3.2 左下「Folder ボタン」のクリックで指定されたフォルダーに保存される。

測定が終了すると図 3.3 右下のように「Acquisition Complete」のメッセージが表示される。次の操作を行うには、「Done ボタン」をクリックする。

測定中は、図 1.1(a) [p.1] の「Ext.Pressure チェックボックス」からチェックを外す。スパッタリング中にこれにチェックを入れると Ext.Pressure の値が 15mPa より著しく小さくなる場合があるが異常ではない。ただし測定終了後、図 1.1(a) [p.1] の「Standby ボタン」をクリックし緑色にして 2～3 分程度で 15mPa 程度の値を示すことを確認する。Ext.Pressure の値が著しく小さい場合は、Ar ボンベの残量が少なくなっている可能性があるため、その旨、装置管理者（沖津; 27470, 090-2203-8789）まで連絡を下

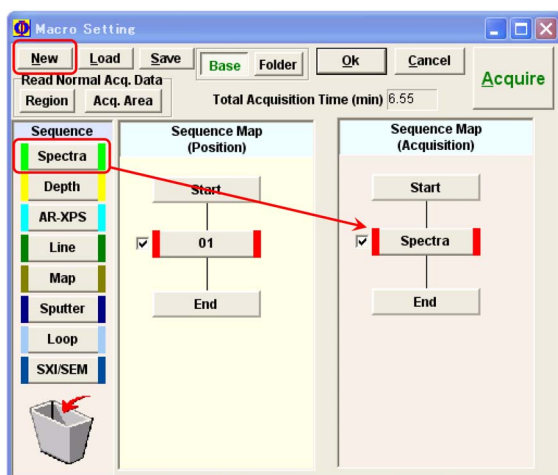


図 3.4 Macro Setting Window。「01」の場所に対して Spectra 測定をセット

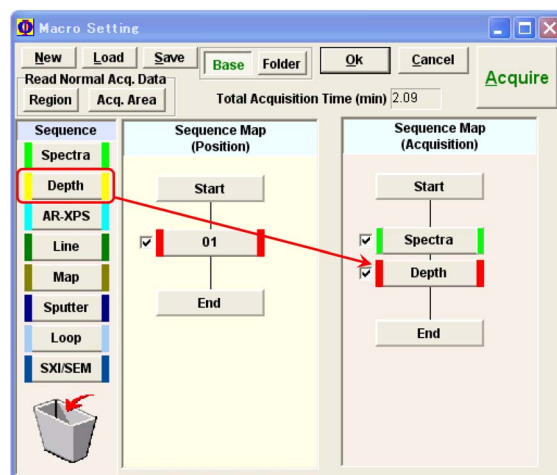


図 3.5 Macro Setting Window。「01」の場所に対してスパッタリング測定をセット

さい。

3.2.5 データの解析

測定データの解析については、Part 2 マニュアル (解析マニュアル) の第 2 章を参照。

3.3 マクロを使ったスパッタリングスペクトル測定

3.3.1 通常モードの終了とマクロモードの立ち上げ

図 3.2 右上の「Close ボタン」をクリックすると、通常測定 of Image Window (図 3.1), Acquisition Setting Window (図 3.2 [p.14]) および Stage Controller のウィンドウが閉じる。そのあと、このマニュアルの表紙、図 0 左上「[1] Main Menu」の「Macro Button」をクリックすると、同じく図 0 の「[2] Image Wwindow」「[3] Acquisition Setting Window」「[4] Stage Controller」「[6] Macro Setting Window」が立ち上がる。

3.3.2 マクロのリセットと新しいマクロの設定

多くの場合、前のユーザーのマクロ設定が残っているので、図 3.4 左上の「New ボタン」をクリックしてこれをリセットする。

図 3.4 は、「01」という名前で登録した場所にスペクトル測定をセットしたところである。セットの仕方については、§2.2 [p.10] の記述を参照。

3.3.3 スパッタリングスペクトル測定のセット

図 3.5 は、マクロセッティングウィンドウ右の Sequence Map (Acquisition) のフィールドに、図 3.5 左の Sequence フィールドから「Depth」をドラッグ&ドロップしたところである。Sequence Map (Acquisition) フィールドの「Depth ボタン」を左クリックすると (反応に 2 ~ 3 秒かかる) スパッタリングスペクトル測定の設定ができるようになる。

3.3.4 Image Window 加速電圧の設定

図 3.1[p.14] は、通常測定 of Image Window だが、マクロ測定でも同様なウィンドウが表示される。図 3.1[p.14] では、「Ion Gun タブ」がクリックされ開かれている。スパッタリングをしない測定では、図 3.1 左下の「Sputter プルダウンメニュー」から「Neutralize」を選択するのだが、スパッタリング測定をするときはイオン銃の加速電圧を選択する。これについては、§3.2.1 [p.14] の記述を参照。

3.3.5 Image Window その他の設定

イメージウィンドウのその他の設定については、§1.1 [p.1] の記述を参照。

3.3.6 Acquisition Setting Window の設定

Acquisition Setting Window の設定については、(マクロを使わない) 通常測定と同様である。§3.2.3 [p.15] の記述を参照。

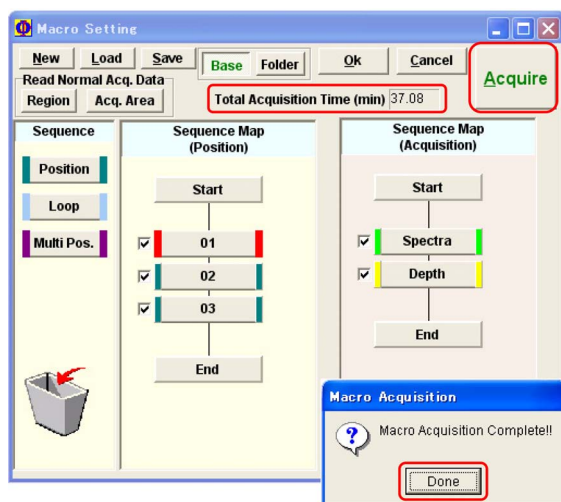


図 3.6 Macro Setting Window。マクロを組み終わったところ

3.3.7 スパッタリング測定の開始と終了

図 3.6 は、登録した場所「01」「02」「03」についてマクロの設定を組み終えたところである。図 3.6 中央上の「Total Acquisition Time (min) テキストボックス」に、予想される測定時間が表示される。自分の持ち時間と相談しながら、設定内容の変更などを行うとよい。「01」「02」「03」などの場所ボタンの左、および「Spectra」「Depth」などの測定内容ボタンの左のチェックボックスからチェックを外すとその測定を行わないようにできる。マクロを使った測定は、図 3.6 右上の「Acquire

ボタン」をクリックすることによりスタートする。

測定中は、「01」「02」「03」などの場所のボタンの両サイド、および「Spectra」「Depth」などの測定内容のボタンの両サイドが赤くなることにより、現在行われている測定を知ることができる。また、スパッタリング測定が行われているときには、図 3.3 [p.15] のようなウィンドウが表示される。

測定中は、図 1.1(a) [p.1] の「Ext.Pressure チェックボックス」からチェックを外す。スパッタリング中にこれにチェックを入れると Ext.Pressure の値が 15mPa より著しく小さくなる場合があるが異常ではない。

測定が終了すると図 3.6 右下のようなメッセージが表示されるので、「Done ボタン」をクリックする。

測定終了後、図 1.1(a) [p.1] の「Standby ボタン」をクリックし緑色にして 2～3 分程度で 15mPa 程度の値を示すことを確認する。Ext.Pressure の値が著しく小さい場合は、Ar ボンベの残量が少なくなっている可能性があるため、その旨、装置管理者（沖津; 27470, 090-2203-8789）まで連絡を下さい。

3.3.8 データの解析

測定データの解析については、Part 2 マニュアル（解析マニュアル）の第 2 章を参照。

第4章

マッピング測定

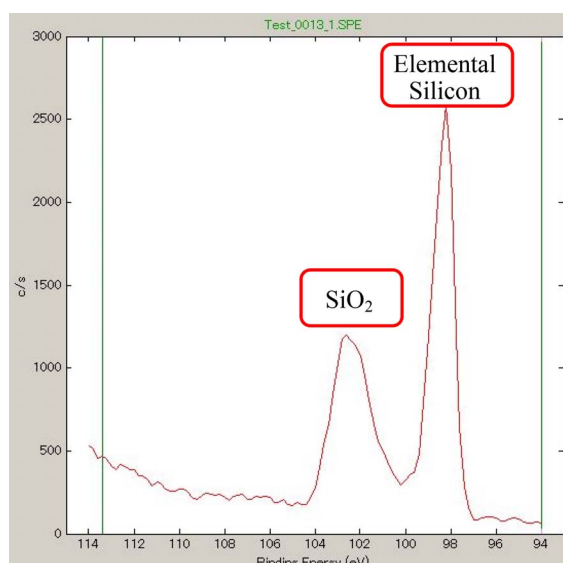


図 4.1 Si_{2p} のスペクトル。左は SiO₂、右は単体 Si のピーク

4.1 マッピング測定の概要

PHI5000 VersaProbe にはマッピング測定の機能がある。マッピングとは、特定のエネルギー範囲の光電子を放出する元素の分布図を取得する測定モードである。試料表面における特定の元素の分布や、特定元素の特定の化学結合状態の分布を、取得することができる。

SXI(Scanning X-ray Imaging) は、バインディングエネルギーおよそ 1400eV、すなわち試料から飛び出したときに運動エネルギーがゼロに近い電子を広いエネルギー範囲で(すなわち大きなパスエネルギーで)検出して像を得ている。このため比較的高速(1Hz程度)にイメージが得られる。マッピングは、特定の範囲のエネルギーを持った光電子を狭いエネルギー範囲で(すなわち小さな

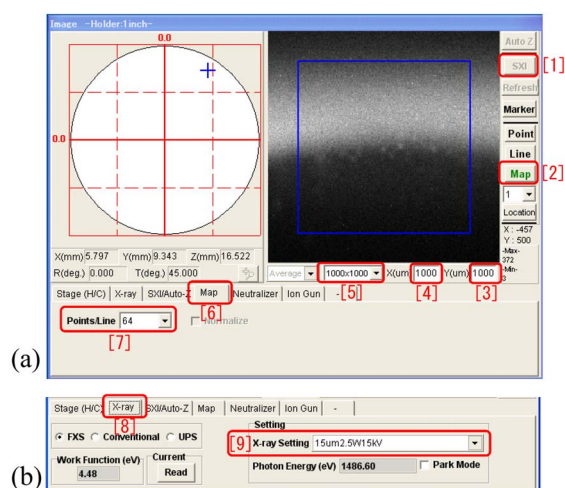


図 4.2 イメージウィンドウで MAP モードを選択

パスエネルギーで) 検出するため、像が得られるスピードは SXI と比較してはるかに遅くなる。

4.2 通常の(マクロを使わない)マッピング測定

4.2.1 光電子スペクトルの確認

図 4.1 はパスエネルギー 23.5eV で取得した Si_{2p} の光電子スペクトルである。表面に SiO₂ の酸化皮膜がついた Si 結晶を Ar スパッタすることにより、酸化皮膜を半ば削り取った試料を用いており、SiO₂ のピーク(左)と Si 単体のピーク(右)の両方が観測されている。§4.2.2-§4.2.4 [p.21] で、SiO₂ からの光電子と Si 単体からの光電子によってそれぞれの状態の Si をマッピングする方法を、§4.2.5 [p.21] で、SiO₂ と単体 Si からの光電子を同時にマッピングする方法について記述する。

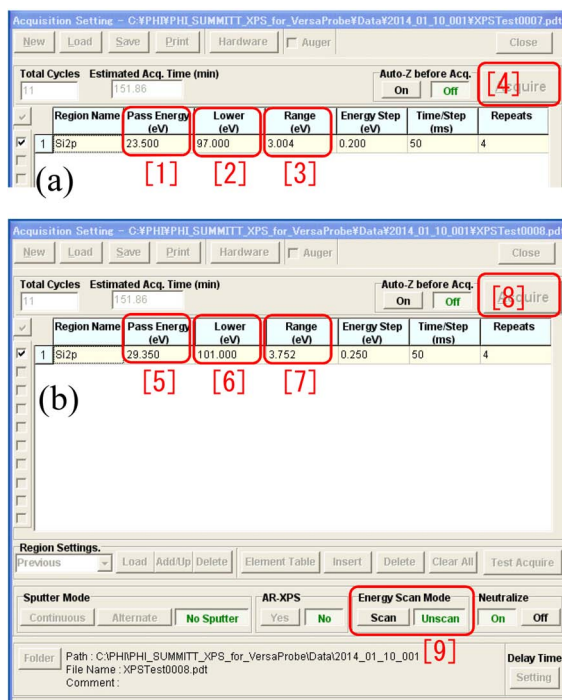


図 4.3 Acquisition setting window での設定

4.2.2 イメージウィンドウでの設定

図 4.2(a) は SXI (Scanning X-ray Imaging) を実行したあと、「[1] SXI ボタン」を再度クリックしてこれを止め、「[2] MAP ボタン」をクリックしたところである。「[3]」「[4]」「[5]」は、画像表示領域のサイズで、「[3]」「[4]」の数値と「[5] プルダウンメニュー」の数値は一致してはならない。もし一致していなかったら、「[2] MAP ボタン」のクリックにより MAP モードを終了し、「[5] プルダウンメニュー」から視野のサイズを選び直してから、SXI を再実行する必要がある。図 4.2(a) に表示されている SXI イメージは、SiO₂ 酸化皮膜で覆われた領域 (上) と、スパッタリングにより単体 Si を露出させた部分 (下) の境目付近で得られている。

図 4.2(a) 画像表示ウィンドウの青い枠を右クリックするとマッピング領域の広さを数値で指定することができる。

図 4.2(a) 「[6] MAP タブ」をクリックすると「[7] Points/Line プルダウンメニュー」が表示され、ピクセル数を選択できる。ピクセル数は、最大で 256 までを選択できる。図 4.2(a) の設定の

場合、マッピング領域を 64 × 64 (図 4.2 「[7]」) の解像度で、測定することになる。

図 4.2(b) は、「[8] X-ray タブ」をクリックして開いたところだが、「[9] X-ray Setting プルダウンメニュー」では、十分な解像度の光電子マップを得るため必要とする解像度に応じた焦点サイズが選択されていないなければならない。

4.2.3 Acquisition Setting ウィンドウでの設定

図 4.3 は、マッピング測定を行うにあたっての Acquisition Setting ウィンドウの設定を示している。(a),(b) は、それぞれ、図 4.1 の Si 単体および SiO₂ 酸化皮膜からの光電子によるマッピングを行うための設定である。(b) の右下「[9] Energy Scan Mode」では、Unscan がクリックされ選択されている。

次の 3 つの段落で、球形アナライザーで分光される光電子の運動について記述し、アナライザーが球形であることの合理性について説明する。

光電子分光装置では、試料表面から飛び出してきた光電子に減速電場を印加することにより、運動エネルギーを Pass Energy 付近まで減速してやり、電子ディテクターで検出しカウントしている。電子アナライザーの球形二重電極に印加された電場により飛行軌道が曲げられ、Pass Energy 付近の運動エネルギーを持った電子だけが、電子ディテクターに飛び込む。減速された電子は、まず、球形二重電極の内側のプラス極と外側のマイナス極の中間に、電子レンズで集光される。この集光点を球の「北極」とすると、16 チャンネルの電子ディテクターは、「南極」付近の位置に、「地軸」方向に並べられている。Pass Energy をさらに正確に言うと、ちょうど「南極」の位置にあるディテクターで検出される電子の運動エネルギーである。Pass Energy より大きな運動エネルギーを持った電子は「南極」より外側のチャンネルで、小さな運動エネルギーを持った電子は「南極」より内側のチャンネルで検出される。すなわち電子ディテクターに飛び込む電子の運動エネルギーは、ある一定のエネルギー幅 ΔE を持っている。

ところで、球形二重電極の間を飛行する電子の運動を記述するのは意外に簡単である。電極の間

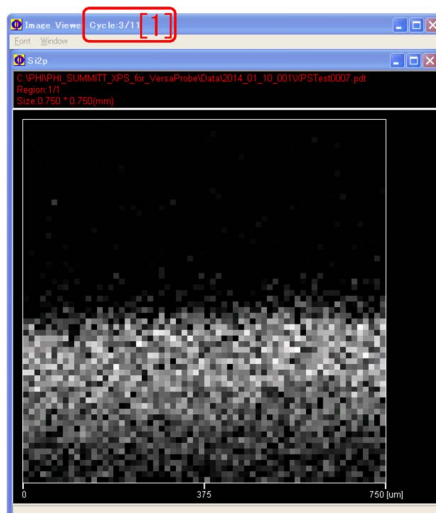


図 4.4 単体 Si の分布マップ (Image Viewer)

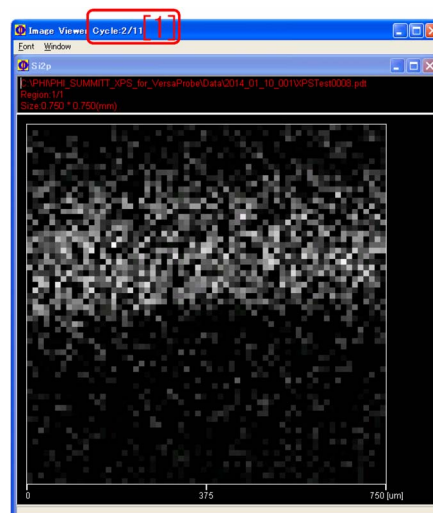
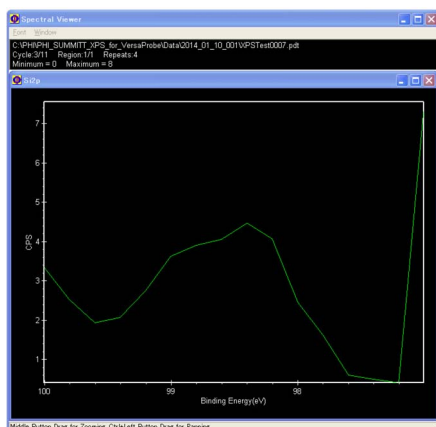
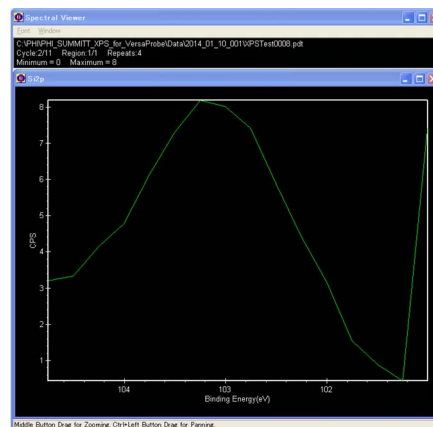
図 4.6 SiO₂ の分布マップ (Image Viewer)

図 4.5 単体 Si のスペクトル (Spectral Viewer)

図 4.7 SiO₂ のスペクトル (Spectral Viewer)

の電場は、球の中心への法線方向を向いているので、球の中心に仮想的なプラス電荷を置いたのと等価であり、電子の運動は、太陽の周りを周回する惑星と同じように記述される。したがって、アナライザー内での電子の運動には、ケプラーの法則が成立する。大きな Pass Energy は、重い「太陽」の周りを「惑星」が速い速度で、小さな Pass Energy は、軽い「太陽」の周りを「惑星」がゆっくりと、運動することを意味する。この考察に基づいて計算すると、電子ディテクターで検出される電子の運動エネルギー幅 ΔE は、Pass Energy に比例することがわかる。

さらに、二重電極が球形であるが故に「北極」に集光された電子は、どの「経度」の経路を飛行

しても「南極」に到達する。角度発散がある電子ビームを分光するのに、電極が球形であることは、きわめて合理的なのである。

さて、マッピングの設定に話を戻す。Scan のモードは、光電子に印加する減速電場を変えて分光測定を行うのに対して、図 4.3(b) [p.19] の下、「[9] Energy Scan Mode」で設定されている Unscan のモードは、減速電場を一定にして、電子ディテクターの持つ 16 チャンネルだけで分光を行うモードである。マッピングでは、Unscan モードを選択することが多いのだが、Scan モードでも行える。この場合、図 4.3 [p.19] 「[2]」 「[6]」の Lower(eV) は、数値をタイピングして設定し、図 4.3 [p.19] 「[3]」 「[7]」の Range(eV) は、

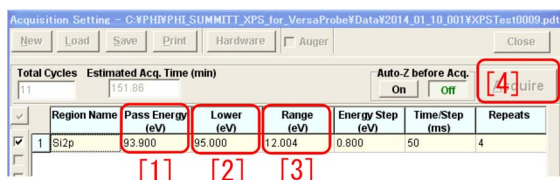


図 4.8 Acquisition setting window での設定

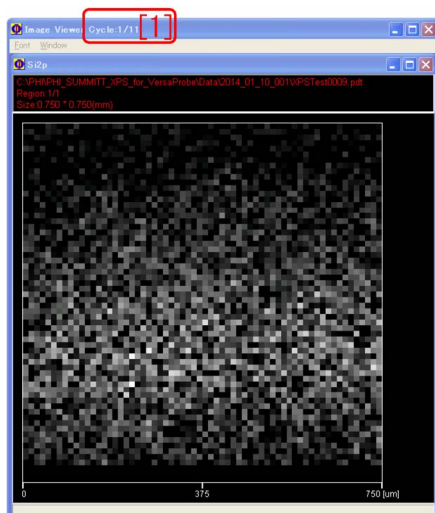
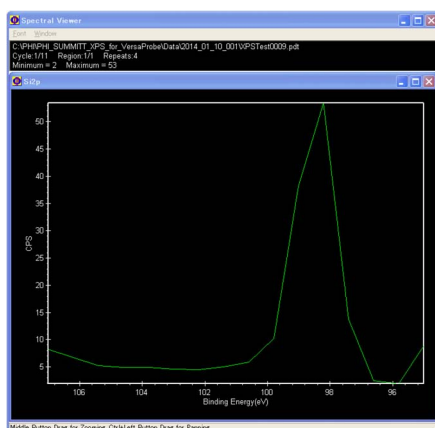
図 4.9 単体 Si と SiO₂ の分布マップ (Image Viewer)

図 4.10 単体 Si のスペクトル (Spectral Viewer)

「[1]」「[5]」の Pass Energy (eV) をプルダウンメニューから選択して変更することにより、設定する。図 4.3 (a),(b) [p.19] の設定が、それぞれ、図 4.1 [p.18] に見られる Si 単体および SiO₂ のピーク範囲をカバーしていることに注目すべきである。

4.2.4 マッピング測定の実行

図 4.3 [p.19] 右上「[4]」ないしは「[8]」の Acquire ボタンをクリックすることにより、測定を開始することができる。

図 4.3(a) [p.19] の設定で測定を始めると図 4.4 と図 4.5 が表示される。図 4.4 は、試料表面における単体 Si の分布図で、左右のラインスキャンを上から下へと繰り返すことにより表示される。図 4.4 左上「Cycle 3/11 [1]」は、11 サイクルセットした測定の 3 サイクル目を実行中であることを示している。図 4.5 は測定中のラインにおける 16 チャンネルのスペクトルである。一番右端に大きな光電子収量が観察されるが、これは装置調整の都合によるもので、本質的なシグナルではない。

同様に、図 4.3(b) [p.19] の設定で測定を始めると図 4.6 と図 4.7 が表示される。図 4.4 と図 4.6 とでは、コントラストが反転していることがわかる。図 4.6 左上「Cycle 2/11 [1]」は、11 サイクルセットした測定の 2 サイクル目を実行中であることを示している。

図 4.4 の下、および図 4.6 の上の部分が暗くなっているが、これは、モノクロメーターの色収差によるもので、本質的なシグナルではない。これについては、§1.3 [p.4] を参照。

マッピングデータの解析と処理については、Part 2 マニュアル第 3 章を参照。

4.2.5 複数ピークの同時マッピング

図 4.8 は、図 4.1 [p.18] の SiO₂ と単体 Si 両方からの光電子によるマッピング測定を設定したところである。下半分の設定は、図 4.3(b) [p.19] と同じである。「[1]」「[2]」「[3]」の設定も図 4.3 [p.19] と同様に行う。§4.2.3 [p.19] の記述を参照。

図 4.8 右の「[4] Acquire ボタン」をクリックして測定を開始する。測定中は、図 4.9 と図 4.10 が表示される。図 4.9 では、Si 単体と SiO₂ の両方からの光電子を取り込んでいるので、中央を境にした明瞭なコントラストは見られない。図 4.9 の測定は図の最下部付近まで来ているので、図 4.10 [p.21] には、単体 Si のピークのみが観察される。

この測定方法によって取得したマッピングデータから、解析ソフトウェア MultiPak を用いて、

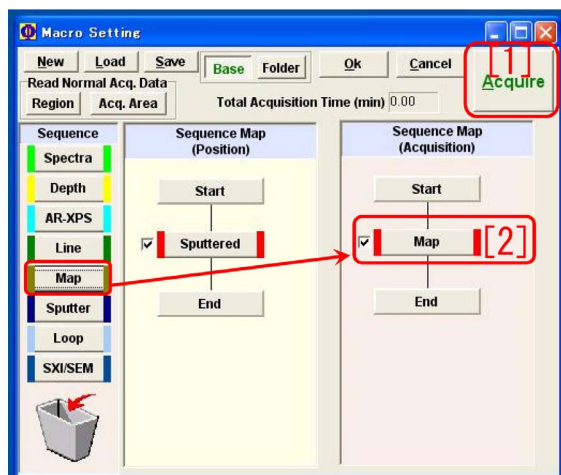


図 4.11 マクロモードによるマッピングの設定

Si 単体と SiO₂ のマップを抽出することができる。これについては、Part 2 マニュアル第 3 章を参照。

4.3 マクロモードでのマッピング測定

マクロモードの立ち上げ方は、スペクトル測定と同様である。§2.2 [p.10] の記述を参照。

図 4.11 は、「Sputtered」の名前で登録した位置に対して、マッピング測定を設定したところである。位置の登録は、マクロモードではなく、必ず通常測定モードで行う。

図 4.11 「Map ボタン [2]」を左クリックして、測定の設定を行う。ボタンをクリックしてから反応するまでやや時間がかかる。マクロモードでも、通常測定モードと同様、イメージウィンドウと「Acquisition Setting Window」が表示されている。

イメージウィンドウは、図 4.2 [p.18] のように設定する。図 4.2(b) [p.18] 「[9] X-ray Setting プルダウンメニュー」で必要な解像度に応じた焦点サイズを選択するのを忘れないようにする。

「Acquisition Setting Window」は、§4.2.3 [p.19] の記述を参照して図 4.3 [p.19] のように設定する。

図 4.11 右上「[1] Acquire ボタン」を左クリックして測定をスタートできる。

第5章

角度分解スペクトル測定 (AR-XPS)

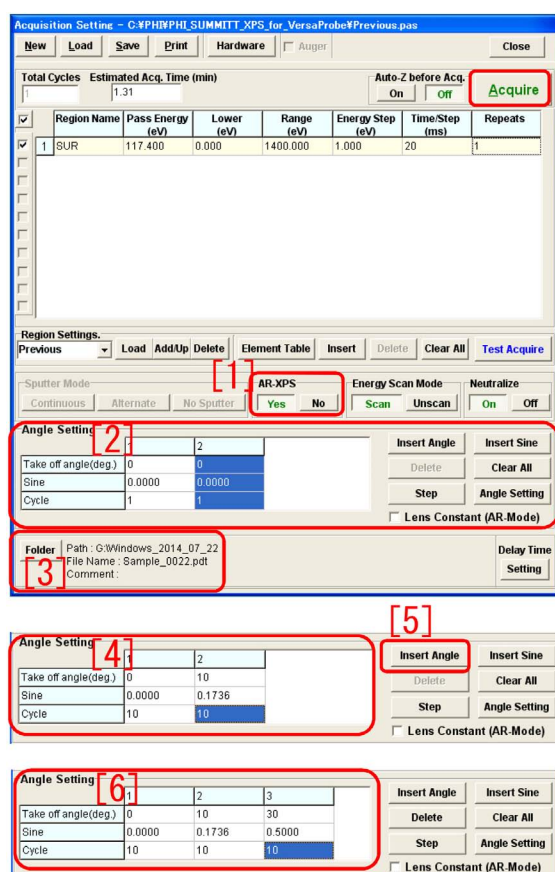


図 5.1 Si2p のスペクトル。左は SiO₂, 右は単体 Si のピーク

5.1 角度分解スペクトル測定 (AR-XPS) の概要

PHI5000 VersaProbe には角度分解スペクトル測定 (AR-XPS) の機能がある。AR-XPS とは、サンプルステージのティルトアングルを変化させて光電子スペクトルを取得する測定モードである。

電子アナライザーの電子取り込み口の方向は水平から 45° 傾いている。サンプルステージをティルトさせると電子アナライザーに飛び込む光電子の試料表面からの飛び出し角度 (Take off angle) を変えることができる。飛び出し角度が小さいと、光電子は表面に到達するまでに試料中の長い距離を飛行する必要がある。光電子が試料の中を飛行できる距離を l (≈ 数 nm) とし、飛び出し角度 (Takeoff angle) を θ_{to} とすると、表面から $l \sin(\theta_{to})$ までの深さから放出された光電子だけが電子アナライザーで検出されることになる。 $\sin(\theta_{to})$ が小さくても検出される光電子は表面ごく近傍の原子から放出されたもので、 $\sin(\theta_{to})$ の値が大きくなってはじめて検出される光電子は比較的深くにある原子から放出されたものである。このことから、元素あるいは元素の化学状態の深さ分布を、定性的ではあるものの非破壊で行うことができる。

5.2 角度分解スペクトル測定 (AR-XPS) に使えるサンプルホルダー

角度分解スペクトル測定 (AR-XPS) に使えるサンプルホルダーは、AR-XPS 用ホルダーと 1 インチホルダーである。AR-XPS 用ホルダーは、使い方が特殊なので、Part 0 マニュアルの付録 A を、必ず熟読した上で使わなければならない。1 インチホルダーは、位置の座標 Y が $-4.0 < Y < -2.0$ の範囲のみで使うことができる。座標 Y の値は、イメージウィンドウの左下の「Stage(H/C) タブ」をクリックすると図 1.2 [p.2] 左下のように表示される。

5.3 通常の (マクロを使わない) 角度分解スペクトル測定 (AR-XPS)

図 5.1 [p.23] は、Acquisition Setting ウィンドウにおける AR-XPS の設定の仕方を示している。

「[1] AR-XPS ボタン」の [Yes] をクリックして緑色にすると「[2] Angle Setting ウィンドウ」が開く。「Angle Setting」では、最初はふたつの角度だけが入力可能になっている。ここで「[3] Folder ボタン」をクリックしてデータを保存するフォルダーとファイル名の Prefix が指定されている必要がある。

図 5.1 [p.23] 「[4] Angle Setting」で、飛び出し角「Take off angle」と測定サイクル数「Cycle」の数値をダブルクリックすると、値を変えることができる。「Sine」は上述の $\sin(\theta_{to})$ の値で、「Take off angle」の設定値に連動する。2 番目の設定値の色が図 5.1 [p.23] 「[4]」のように青くなった状態で「[5] Insert Angle ボタン」をクリックすると「[6]」のように 3 番目の設定値を入力することができる。これを繰り返すことにより測定条件を設定したあと、図 5.1 [p.23] 右上の「Acquire ボタン」をクリックして測定を開始する。測定データは「*.ang」のファイル名で保存される。

5.4 マクロを使った角度分解スペクトル測定 (AR-XPS)

マクロの設定は、スペクトル測定やスパッタリングスペクトル測定と基本的には同様である。通常モードで位置が登録されていなければならない。マクロモードで位置を登録すると、正しく動作しない。マクロモードを終了するには、図 5.1 [p.23] 右上の「Acquire ボタン」の上にある「Close ボタン」をクリックする。この冊子の表紙、図 0 の左上の「Acquire ボタン」のとなりの「Macro ボタン」をクリックすると Macro モードを立ち上げることができる。

図 5.2 はマクロモードで表示されるマクロセッティングウィンドウで、左の「Sequence フィールド」から中央の「Sequence Map (Position) フィールド」の「Start」と「End」の間に「Position ボ

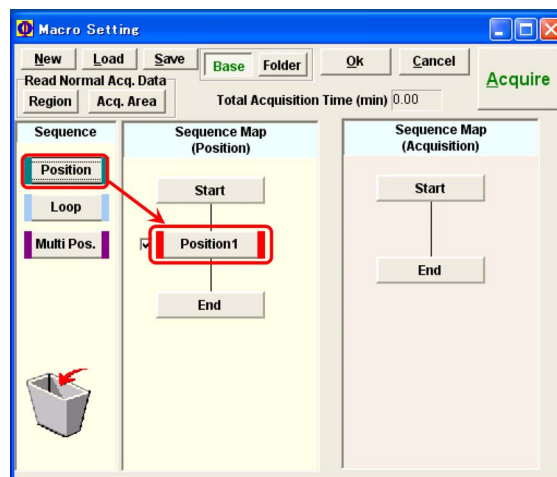


図 5.2 「Position ボタン」をドラッグ&ドロップする

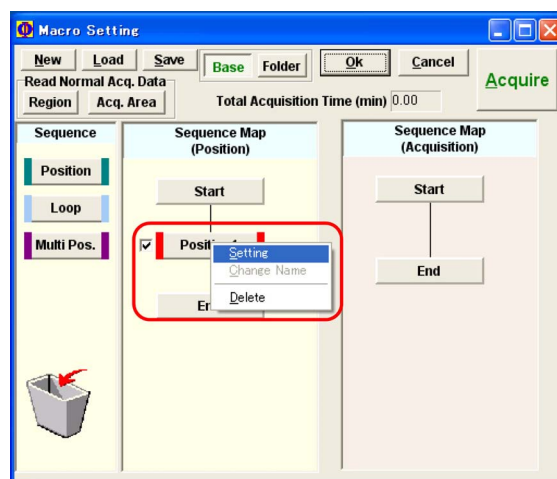


図 5.3 「Position1 ボタン」を右クリックしたところ

タン」をドラッグ&ドロップしたところである。

ドロップした「Position1 ボタン」を右クリックすると図 5.3 が表示される。「Setting」をクリックすると図 5.4 が表示される。左下の「[3] File Select プルダウンメニュー」から登録した場所を選択して「[1] Position Name」にこれが反映されることを確認する。このとき、もしサンプルホルダーが 1 インチであれば、「[2] Y(mm)」の数値は $-0.4 < Y < -0.2$ でなければならない。図 5.4 右上の「OK ボタン」のクリックで測定位置を確定する。

図 5.5 右の「Sequence Map (Acquisition) フ

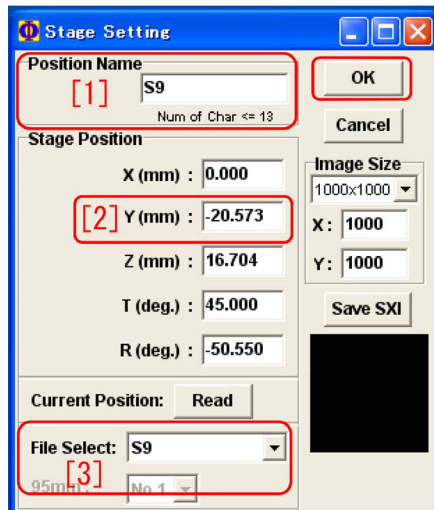


図 5.4 Stage Setting ウィンドウ

フィールド」の「Start」と「End」の間をクリックすると左の「Sequence フィールド」が図のようになるので「AR-XPS ボタン」をドラッグ&ドロップする。

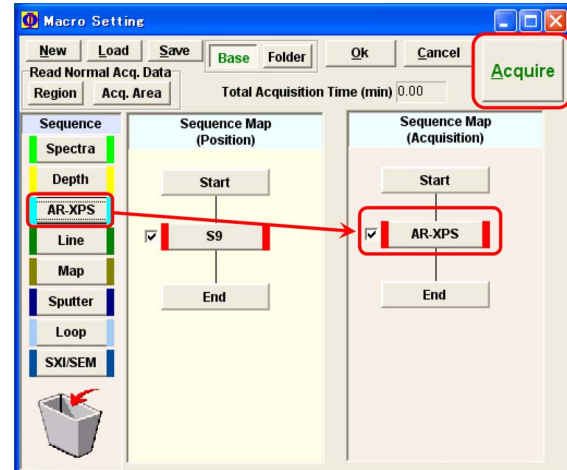


図 5.5 「AR-XPS ボタン」をドラッグ&ドロップする

ドロップした「AR-XPS ボタン」を左クリックしたあと、イメージウィンドウの設定を確認する (図 1.1[p.1] 参照)。そのあと通常測定と同じく §5.3 の記述に従い図 5.1 [p.23] のような AR-XPS のスケジュールを設定する。

付録 A

Mg&Zr X線源による分光測定

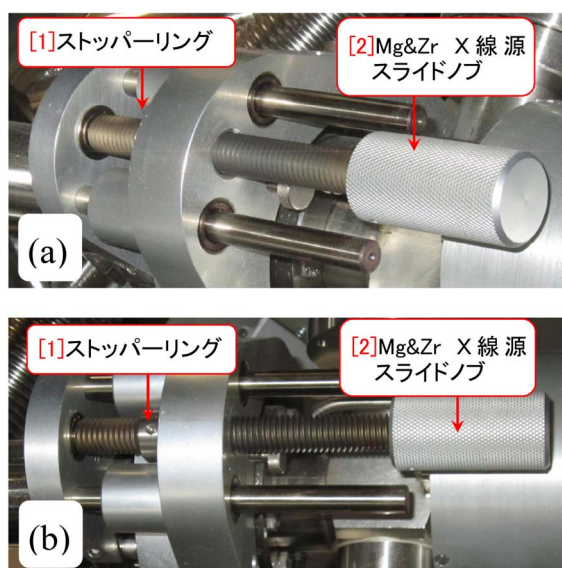


図 A.1 Mg&Zr X線源をスライドインさせたところ

A.1 Mg&Zr X線源による分光測定の注意点

Mg&Zr X線源による分光測定を行うには、Part 0 マニュアルの付録 F を熟読し、図 A.1 および図 A.2 の様になっていることを確認してから実験を行う。使えるサンプルホルダーは1インチホルダーのみである。

A.2 Mg&Zr X線源による分光測定の概要

PHI5000 VersaProbe には、モノクロメーター兼集光器で単色化した Al $K\alpha$ 線 (1486.6 eV) のほかに、モノクロメーター無しの Mg $K\alpha$ 線 (1253.4 eV) と Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) の X線源が備えられている。スペクトロスコピーだけが可能



図 A.2 Mg&Zr X線源をスライドインさせたところ

である。

多くの元素を含むサンプルを測定したときには、光電子ピークとオージェ電子ピークが重なることがある。これを回避するために、Al と Zr の X線源が備えられている。

A.3 X線源の選択

図 A.3 は、イメージウィンドウで X-ray タブを開いたところである。図 A.3(a) では、「FXS」ラジオボタンにチェックが入っており、モノクロメーター付きの Al X線源が選択されているが、図 A.3(b), (c) では、「Conventional」ラジオボタンがチェックされ、図 A.3(b) では Anode#1(Mg 線源) が、図 A.3(c) では Anode#2(Zr 線源) が選択されている。Mg 線源、Zr 線源の出力はいずれも、15kV、400W で使わなければならない。一番右の「Off」ボタンが緑になった状態で、スペクトル測定をセットすることができる。

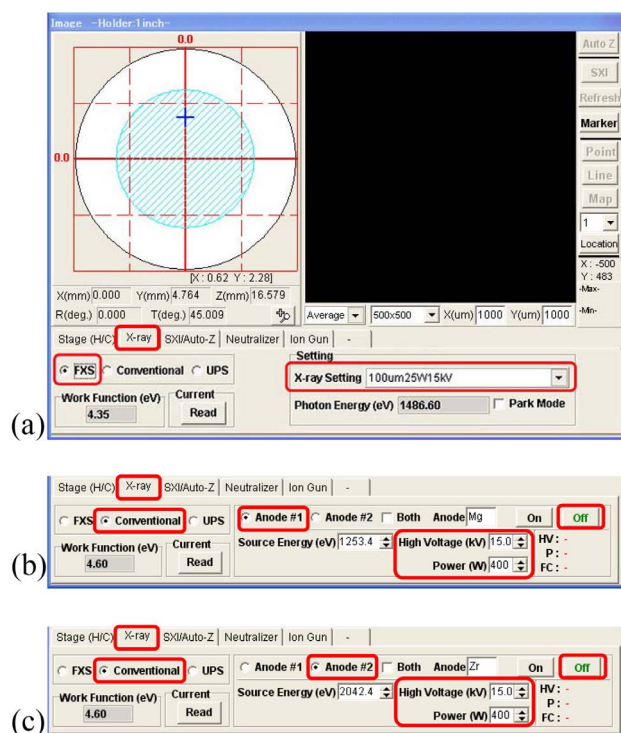


図 A.3 イメージウィンドウで、X-ray タブを開いたところ。(a) 通常のアルミニウム線源、(b) Mg 線源および (c) Zr 線源が、選択されている



図 A.4 メインメニュー。マグネシウム線源からのX線が ON になったところ

A.4 サンプルステージの高さ調整 (Auto-Z)

サンプルステージの高さ調整は、Al 線源によって、Al 線源を用いる場合と同様、図 A.3 イメージウィンドウ右上の「Auto-Z」ボタンをクリックすることによって行える。§1.1.4 [p.2] に記述した設定を行い、§1.2 [p.3] に記述した手順で実行する。

A.5 スペクトル測定のセット

光電子スペクトルの測定は、Al の X 線源と同様、マクロ機能を使わない測定に関しては §2.1



図 A.5 マグネシウムないしはジルコニウム線源が ON になると (a) 暗かったメインチェンバーの中が (b) フィラメントの光で明るくなる

[p.5] を参照して、マクロを使った自動測定は §2.2 [p.10] を参照して、行う。

A.6 Mg X線源による測定例

図 A.4 は Mg X線源によるスペクトル測定が始まったときのメインメニューの表示である。図 A.4 左のように Mg 線源が ON になっていることが示されている。Mg 線源が ON になると同時に、真空チェンバーを覗いている CCD カメラのイメージが、図 A.5(a) の状態から、図 A.5(b) のように明るくなる。これは、フィラメントの発光によるものである。

Mg X線源によって、表面に 25nm の酸化膜を持ったシリコン単結晶基板に対して行った光電子スペクトル (サーベイスキャン) を、図 A.6 [p.28] に示す。

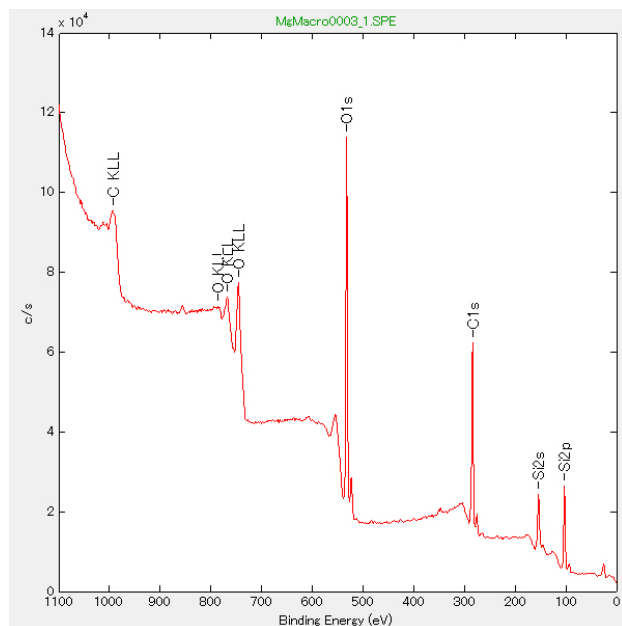


図 A.6 マグネシウムの X 線源で測定された SiO₂ サンプルに対する光電子スペクトル

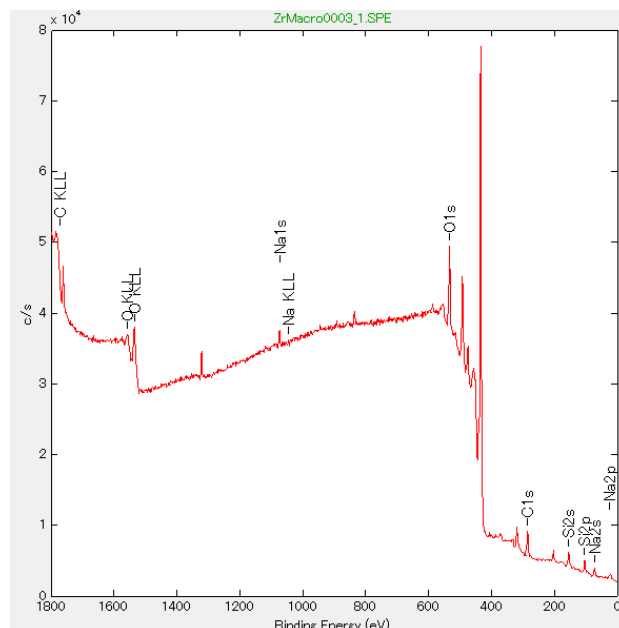


図 A.8 ジルコニウムの X 線源で測定された SiO₂ サンプルに対する光電子スペクトル



図 A.7 メインメニュー。ジルコニウム線源からの X 線が ON になったところ

A.7 Zr X線源による測定例

図 A.7 は Zr X線源によるスペクトル測定が始まったときのメインメニューの表示である。図 A.7 左のように Zr 線源が ON になっていることが示されている。Zr 線源が ON になると同時に、真空チェンバーを覗いている CCD カメラのイメージが、図 A.5(a) [p.27] の状態から、図 A.5(b) [p.27] のように明るくなる。Mg 線源と同様、フィラメントの発光によるものである。

Zr X線源によって、表面に 25nm の酸化膜を持ったシリコン単結晶基板に対して行った光電子スペクトル(サーベイスキャン)を、図 A.8 に示す。炭素と酸素によるオージェ電子のピークエネルギーが、Mg 線源の場合(図 A.6)と、Zr 線源の場合(図 A.8)とで、大きく異なることに注意を要する。電子の結合エネルギー E_B は、励起 X

線の光子エネルギー $h\nu$ と、測定された電子の運動エネルギーから、 $E_B = h\nu - E_V$ の式で評価される。オージェ電子の場合にもこの式が適用され、「見かけ上の結合エネルギー」 E_B が評価されることになる。光電子の放出により電子準位に空孔が生じると、上の準位の電子がこの準位に遷移する。遷移によるエネルギー差がフォトンの形で放出するのが蛍光 X 線で、電子から別の電子にエネルギーが直接渡されてはじき出されてくるのがオージェ電子である。オージェ電子の運動エネルギー E_V は、励起 X 線の光子エネルギーに依存しないため、「見かけ上の結合エネルギー」 E_B は、励起 X 線の光子エネルギー $h\nu$ の変化により変わるようになるのである。

Zr X線源は開発されてからの歴史が浅く、これによる光電子スペクトル測定には、いくつかの制限と注意事項がある。

サーベイスキャンのエネルギー範囲は、Zr 線源の場合、1800eV~0eV 程度が推奨されるが、「Range Error」のメッセージが出て設定できないことがある。この場合は、図 A.3(b) [p.27] のように一旦 Mg の線源に変更したあとデフォルトサーベイスキャンのエネルギーレンジを設定

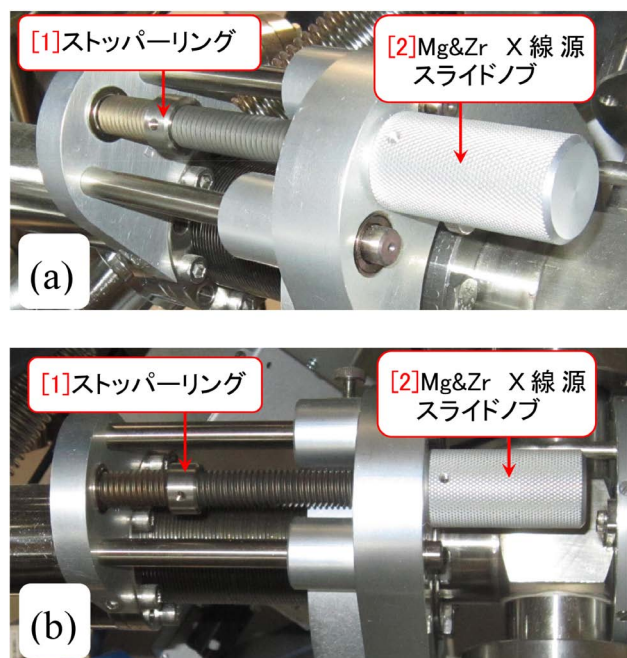


図 A.9 Mg および Zr の X 線源を使い終わったら、必ず図 A.1 の状態からこの図の状態へと戻す

し、そのあと図 A.3(c) [p.27] のように Zr の線源に設定し直してから、設定されているエネルギーレンジなどのパラメーターを設定し直すとうまくいく。

また、特定のピークを狙ったナロウスキャンを設定する場合、450eV 以下 (右の領域) の低エネルギー領域が設定できないことがある。

図 A.8 で、400eV 付近に、アサインされていない大きなピークが見られるが、これは、Si KLL のオージェ電子によるピークである。シリコンの K 準位の電子は、Al $K\alpha$ 線 (1486.7 eV) や Mg $K\alpha$ 線 (1253.4 eV) では励起できないのだが、Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) を使うと励起することができ、Si KLL のオージェ電子が観測されるのである。ちなみに、Si KLL オージェ電子のピーク位置はシリコンの化学状態に対して敏感だとの報告がある。また、Al KLL のオージェ電子も、Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) を使った場合、観測されることがある。NIST のデータベース (Part2 マニュアルの付録 C 参照) などで、Si KLL ないしは Al KLL オージェ電子の運動エネルギーを検索し、ピークアサインを行う必要がある。

解析ソフト MultiPak が、ジルコニウム線源にまだ十分対応していないため、スペクトルの解析は簡単ではない。逆に言えば、Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) による光電子分光の歴史が浅い分、ユーザー自身がこの X 線源による光電子およびオージェ電子分光の領域を開拓できる魅力的な線源であるともいえる。

A.8 Mg&Zr X線源による測定における注意事項

Mg&Zr X線源は、モノクロメーターを備えていないため、解析にあたって注意すべき点がある。

まず第 1 に、Zr の線源を選択した場合、わずかながら、Mg $K\alpha$ 線を照射することになるので、これによる光電子ピークが見られることがある。一般に、Mg $K\alpha$ 線に対する光電子ピークの感度は、Zr $L\alpha$ 線と比較して、一桁近く高いため、照射する Mg $K\alpha$ 線が弱くても、比較的大きなゴーストピークが見られる場合がある。Mg $K\alpha$ 線 (1253.4 eV) と Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) のエネルギー差は 789 eV なので、メインピークから 789 eV 高エネルギー側にピークが観測された場合、Mg $K\alpha$ 線によるゴーストピークであることを疑うべきである。

また、Zr $L\beta$ 線は、Zr $L\alpha$ 線より 82eV エネルギーが高いため、Zr $L\alpha$ 線によるメインピークの 82eV 低エネルギー側に Zr $L\beta$ 線のサブピークが出てくる。

Mg $K\alpha$ 線 (1253.4 eV) を選択した場合にも、Zr $L\alpha$ 線 (2042.4 eV) が、わずかながら照射されることになる。しかし上記のように、Zr $L\alpha$ 線に対する光電子ピークの感度は、Mg $K\alpha$ 線と比較して一桁近く低いため、Zr $L\alpha$ 線によるゴーストピークが観測されることは、あまりない。

A.9 Mg&Zr X線源による測定の終了

Mg&Zr X線源は、図 A.1 [p.26] のように X 線源をスライドインして使うことができるが、使い終わったあとは、図 A.9 「[2] Mg&Zr X線源スライドノブ」を時計回りに回転させて必ず

図 A.9 [p.29] の状態に戻さなければならない。

以上

索引

記号/数字

	10, 11
Al	
$K\alpha$ 線の光子エネルギーは 1486.6eV	12
ΔE は Pass Energy に比例	9
*.lin	
ライン測定データ	7
*.map	
マッピングデータ	7
*.pro	
スパッタリング測定データ	7
*.sxi	
SXI イメージデータ	7
[<<] ボタン	9
[>>] ボタン	9
%ABC ボタン	10
% ボタン	10
12 ポイントの Bold(太字) で表示	7
(14.5 - t)mm 程度の値を Z(mm) に設定	3

A

Acquire ボタン	i, 5, 6, 9, 13, 15, 17
Acquisition complete	15
Acquisition Setting Window	12, 16
の設定	15
Acquisition setting window	18
Acquisition Setting Window の設定	16
Add/Update ボタン	3
Add ボタン	5, 8, 12
Al	
$K\alpha$ 線の光子エネルギーは 1486.6eV	2, 5
Al $K\alpha$ 線	3, 26
Alternative ボタン	14
Apply All ボタン	7
Ar	
イオンガンによる帯電中和	6
イオンガンの設定	1
低速イオン銃	1
ポンベの残量	1, 15, 17
AR-XPS	6, 23-25
No	6
AR-XPS ボタン	25
Auto-Z	2, 3
実行画面	3
に関する設定	2
のグラフ	3
ボタン	3
を行う際の X線の焦点サイズを設定	2
中央の十字線は X線照射位置にある	3
Auto-Z before Acq.	5
Average	
イメージを積算	4
Average プルダウンメニュー	4
A ボタン (Abort ボタン)	6

B

Browse ボタン	7
------------	---

C

CCD Image	
Window	i
アイコン	i
Clear All ボタン	2, 5, 12
Close ボタン	5, 8, 12, 16
Cycle Stop ボタン	6

D

Delete ボタン	3
Depth	16, 17
Depth ボタン	16
Done ボタン	6

E

Element Table ウィンドウ	7, 12
Element Table ボタン	5, 8, 12
Energy Scan Mode	6
Scan	6
Unscan	6
Energy Step	5, 9
Estimated Acq. Time(min)	5
Exit ボタン	7
Ext.Pressure	
チェックボックス	i
の値	i, 1, 15, 17

F

Fast	
1 秒ごとにイメージをリフレッシュ	4
File Select プルダウンメニュー	12
Folder ボタン	4, 6, 12, 15
FXS[Focused X-ray Scanning]	2

G

G: パーティション	
USB メモリー	6

H

HP-100um100W20kV は原則として使わないでください	2
----------------------------------	---

I

ID ボタン	
ピークの自動アサイン	7
Image Window	i, 1, 2, 12
加速電圧の設定	14, 16
その他の設定	14, 16
Ion Gun Neut. のチェックボックス	2
Ion Gun Neutralize	6
Ion Gun タブ	i, 1, 14-17
Ion Gun タブの確認	1

L

Line 測定	3
List Files of Type プルダウンメニュー	7
Load ボタン	13

M	
Macro Button	i
Macro Setting Window	i, 11
Main Menu	i, 6
Mapping	
の解像度	19
ピクセル数の選択	19
領域の広さの指定	19
Mapping 測定	3
MAP モード	18
Mg $K\alpha$ 線	3, 26
Mg&Zr X線源による分光測定	26
Mg X線源による分光測定	26
Move ボタン	3
MultiPak	
アイコン	7
解析用ソフトウェア	i, 7, 13
が持っているデータベースと照合	7
ファイル選択画面	6
N	
Neutralize	1, 6, 16
Off	6
Yes	6
プルダウンメニュー	1
ボタン	2
Neutralizer On	6
Neutralizer タブ	1
Neutralizer のチェックボックス	2
New ボタン	11, 16
O	
On [100um25W15kV]	6
Open ボタン	7
P	
Part 2 マニュアル	
解析マニュアル	13, 16, 17, 21, 22
Pass Energy	5, 6, 9, 19
Peak	7
Phi Summitt	i, 10
Point Center Add ボタン	2
Point/Area タブ	2
Point モード	3
Position Name テキストボックス	12
Position Setting プルダウンメニュー	3, 12
R	
Range(eV)	5
Repeats	9
S	
Save[SXI]	4
Save ボタン	4, 13
Save ボタンのクリックにより保存	2
Sequence Map (Acquisition)	11
Sequence Map (Acquisition) 領域	12
Sequence Map (Acquisition) のフィールド	16
Sequence Map (Acquisition) 領域	12, 13
Sequence Map (Position)	11
Sequence Map (Position) 領域	11, 13
Sequence 領域	11
Settings プルダウンメニュー	2
Set ボタン	12
Si2p のスペクトル	18
SiO ₂ のピーク	18
Si 単体のピーク	18
Slow	
2 秒ごとにイメージをリフレッシュ	4
Spectra	17
Spectral Viewer	6
Spectral ウィンドウ	7
Sputter Mode	6, 15
Alternate	15
No Sputter	6, 15
Sputter プルダウンメニュー	1, 16
Stage Controller	16
Stage Setting ウィンドウ	24
Stage(H/C) タブ	3
Standby ボタン	1, 2
Start と End の間を左クリック	11, 12
SUR ボタン	5, 12
SXI	4
Scanning X-ray Imaging	2, 18
クリックした位置が画面中央になるようにサンプル	
ページが移動	4
実行画面	3
上下が黒っぽい画像	4
に関する設定	2
の色収差	4
の視野の大きさ	4
は自動的に保存されません	4
を行う際のX線焦点サイズ	2
SXI/Auto-Z タブ	2, 4
T	
Takeoff angle	23
Tools メニュー	
Annotate	7
Total Acquisition Time (min) テキストボックス	17
Total Acquisition Time(min)	
マクロ測定にかかる時間	13
Total Cycles	5
U	
USB メモリー	
G: パーティション	6
V	
Viewer Auto-Z ラジオボタン	2
X	
X(um) テキストボックス	4
X,Y,Z(mm) 表示ボックス	3
X-ray Setting [SXI] プルダウンメニュー	2
X-ray Setting プルダウンメニュー	2
X-ray タブ	2
XY ボタン	8, 10
Y	
Y(um) テキストボックス	4
Z	
Zr $K\alpha$ 線	3
Zr $L\alpha$ 線	26
Zr X線源による分光測定	26
あ	
アルゴン	
イオンガンの設定	1
低速イオン銃	1
を帯電中和に併用	1
ボンベの残量	1, 15, 17
アルミニウム	
$K\alpha$ 線の光子エネルギーは 1486.6eV	12
イオン銃の加速電圧	16

位置分解能	3	Gun type プルダウンメニュー	15
イメージウィンドウ	18, 24	Interval Time (min)	15
エネルギーの取り込み幅	9	Num(Presputter) プルダウンメニュー	15
エネルギー分解能と電子収量はトレードオフの関係	9	Sputter Time (min)	15
オージェ電子	26, 28	Total Cycles テキストボックス	15
か		機能	14
解析マニュアル		元素組成の深さ依存性測定	14
Part 2 マニュアル	17, 21, 22	スペクトル測定	14
解析用ソフトウェア		スペクトル測定の概要	14
MultiPak	7, 13	測定の開始と終了	15, 17
角度分解スペクトル測定	23	測定をセット	16
基本設定	1	マクロを使ったスペクトル測定	16
基本設定と位置合わせ	1	モード	14
球形二重電極	19	レート	14
の合理性	19	は加速電圧にほぼ比例	14
ケプラーの法則	20	スペクトル測定	5
元素記号を2度クリック	7	絶縁体試料	1
元素組成比	10	装置管理者	
元素の定量分析	10	の電話番号	1, 15, 17
光電子		測定 Position の設定	11
分光のための二重球形電極	9	測定スケジュール	5
イメージを積算	4	測定内容のボタンの両サイドが赤くなる	17
サーベイスキャン	5	た	
サーベイススペクトル測定	5	帯電	1
スペクトル測定	5	帯電中和	1
通常の (マクロを使わない) スペクトル測定	5	を行う設定	2
とオージェ電子の一覧	8	高い解像度を得るには小さな焦点サイズを設定	2
バインディングエネルギーがおよそ 1400eV の光電子	2	通常の (マクロを使わない) スペクトル測定	5
バインディングエネルギーがおよそ 530eV の光電子	2	通常モード	i
ピーク		通常モードの終了	16
が帯電により著しく左にシフト	6	低速電子銃	1
のシフト	1	低速電子銃による帯電中和	2
分光測定	1	データの解析	16
光電子スペクトルの確認	18	データの読み込み	7, 9
さ		電子収量とエネルギー分解能はトレードオフの関係	9
サーベイスキャン	5	同時に複数のデータファイルを選択	7
サーベイスキャン設定 (その 2)	5	な	
サーベイススペクトル		ナロウスキャン	
を参考にしてナロウススペクトルの測定をセット	8	の設定は残り時間と相談	13
測定中の画面	6	ナロウススペクトル	
の解析	7	の測定をサーベイススペクトルを参考にしてセット	8
の測定	5, 6	測定中の画面	9
最大の焦点サイズ		測定スケジュール	9
100um25W15kV	2	の解析	9
サンプル		の設定画面 (その 1)	8
ステージ		の設定画面 (その 2)	8
位置に名前をつけて登録	i, 2, 3	の測定	9
の移動	3	を拡大表示したところ	10
の高さを自動調整	2, 3	を読み込んだところ	9
絶縁体試料	1	は	
自動測定		パスエネルギー	19
マクロ	10	バックグラウンドの調整	10
十字線	2	パルス状の帯電中和 (SXI)	2
SXI でクリック&ドラッグした場所を十字線の位置に		ピークのアサイン	7
持ってくる	2	ピークの自動アサイン	
光学 CCD 中央の十字線	3	ID ボタン	7
を追加	2	ピーク名のラジオボタンをアンチェック	10
スキャンイメージ	2	左クリック&ドラッグしてエネルギー領域を選択	8
スパッタリング		左バー	10
元素の化学状態の深さ依存性測定	14	非破壊	23
スペクトル測定		表面付近 (深さ 10nm 以内) にある元素に対する化学結合状	
Alternative ボタン	14	態の分析	10
測定中に表示される画面	14	ファイル	
マクロを使わない通常の測定	14	の Prefix とスタート番号を設定	12
Ar イオンによる破壊測定	14	を保存するフォルダーを選択または作成	12
Delayed Acq. Time (sec)	15		

のヘッダーと番号を指定	4	での位置の登録は避ける	11
番号の開始ナンバー	6	立ち上げの前提条件	11
番号は1測定ごとにひとつずつ増える	6	での測定画面	i
名の先頭の文字列	6	の立ち上げ	16
名を [Shift] キーを押しながらクリック	7	を組み終わったところ	17
名を選択	7	を使ったスパッタリングスペクトル測定	16
複数の測定点を指定	2	を使ったスペクトル測定	10
保存先のフォルダー	4	マクロセッティングウィンドウ	24
ま		マッピング	
マクロ		マクロを使った測定	22
設定の完了と測定スタート	12	マクロを使わない通常の測定	18
測定にかかる時間 Total Acquisition Time(min)	13	の解像度	19
を使ったマッピング測定	22	ピクセル数の選択	19
を使わない通常のスパッタリングスペクトル測定	14	領域の広さの指定	19
を使わない通常のマッピング測定	18	マッピング測定	18
新しいマクロのセット	16	マッピング測定測定の概要	18
設定ウィンドウ (Position Setting #1)	10	見かけ上の結合エネルギー	28
設定ウィンドウ (測定の設定)	12	右クリックしたまま左右にドラッグ	8
設定ウィンドウ初期画面	10	右バー	10
セッティングウィンドウ	16	モノクロメーター	
測定がスタート	13	SiO ₂ の湾曲結晶	4
測定設定完了画面	12	集光器兼モノクロメーター	4
による自動測定	10	の色収差	4, 21
によるナロウスペクトルの解析	13	の散乱面	4
のリセット	16	わ	
モード	i	惑星の運動	20