

# 光電子分光装置 A C - 2 オプション フェルミ準位測定器 F A C - 2 取扱説明書

- ・ 本器をご使用になる前に、必ずこの説明書をお読み下さい。
- ・ お取り扱い、説明書に記載の通りに行ってください。
- ・ 説明書に記載以外の誤ったご使用をされますと、本器の故障の原因となります。
- ・ 本器は制御機器ではありませんので、本器の外部信号出力を利用して他の機器の制御に使用することは固くお断り致します。
- ・ 誤ったご使用による事故、指定サービス会社以外での改造や、指定外部品での修理の場合は、品質保証の対象になりませんのでご注意ください。
- ・ 誤使用、他目的使用による事故は、当社は補償を負いかねます。

# 目次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1 . はじめに               | 2  |
| 2 . 各部名称と機能            | 2  |
| 2-1.全体                 | 2  |
| 2-1-1.装置正面             | 2  |
| 2-1-2.装置側面             | 2  |
| 2-1-3.測定部正面            | 3  |
| 2-1-4.電極近傍拡大図          | 3  |
| 2-2.正面パネル              | 4  |
| 2-3.背面パネル              | 4  |
| 2-4.基準サンプルと基準サンプル・ホルダー | 5  |
| 3 . 設置                 | 6  |
| 4 . 測定                 | 7  |
| 4-1.準備                 | 7  |
| 4-2.装置の校正              | 8  |
| 4-3.フェルミ準位の測定          | 10 |
| 4-4.測定の終了              | 11 |
| 5 . 保守                 |    |
| 6 . 装置原理               | 12 |
| 6-1.接触電位差              | 12 |
| 6-2.ケルビンプローブ           | 13 |
| 6-3.フェルミ準位の測定          | 13 |
| 7 . 仕様                 | 14 |
| 8 . 付属品                | 14 |

## 1. はじめに

FAC-2をお買い上げ頂きありがとうございます。

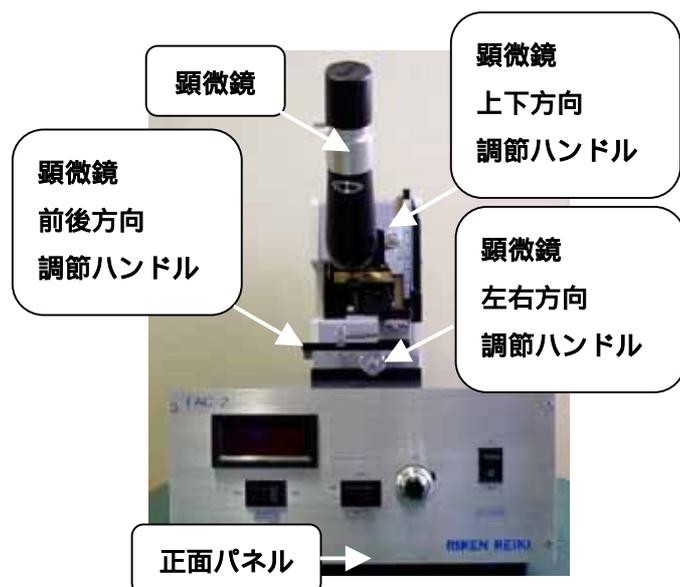
FAC-2は表面分析装置AC-2のオプションであり、AC-2と併用することにより、固体のフェルミ準位のエネルギーを測定する装置です。

本取扱説明書を良くお読みの上ご使用下さい。

## 2. 各部名称と機能

### 2-1. 全体

#### 2-1-1. 装置正面



#### 顕微鏡

サンプルと電極との間隔をみる時に用います。

倍率は20倍です。

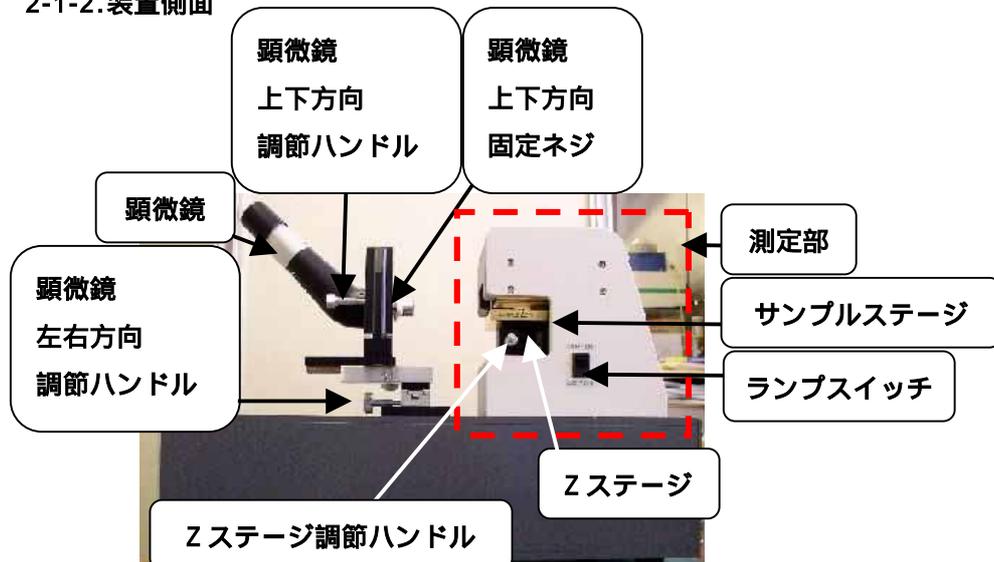
視野内の目盛(レチクル)は10目盛が約0.5[mm]です。

光軸の調整は調節ハンドルで行います。

#### 正面パネル

操作時に使用します。詳細は2-2.正面パネルを参照して下さい。

#### 2-1-2. 装置側面



#### 測定部(点線内)

プローブ、サンプルステージ、Zステージ、ランプ等が内蔵されています。

詳細は2-1-3.測定部正面を参照して下さい。

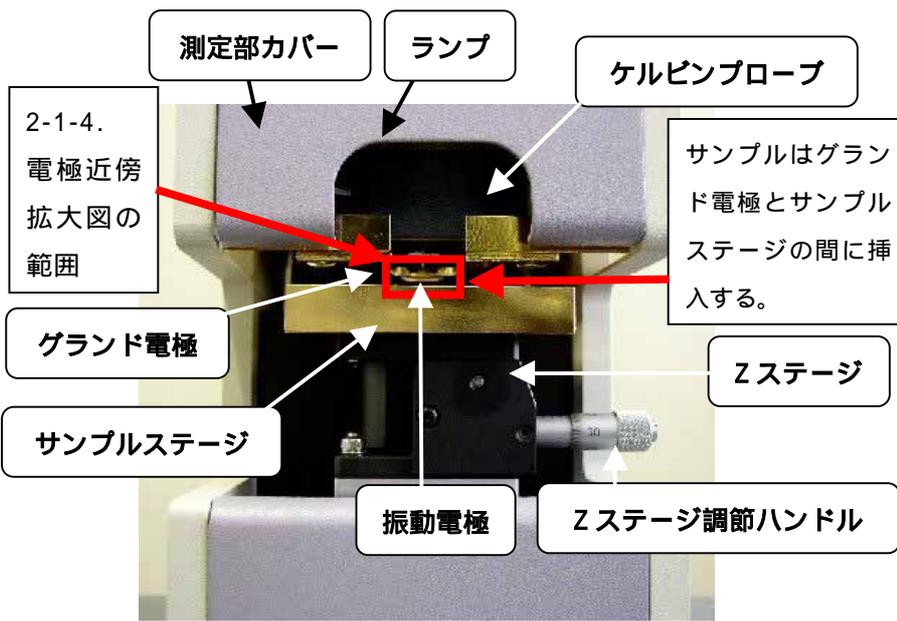
#### ランプスイッチ

振動電極周辺の照明用ランプのスイッチです。ランプは本体とは別電源(単三乾電池)になっています。

#### 背面パネル

電源ケーブルコネクタ、OUT PUT 端子、ヒューズ等があります。詳細は2-3.背面パネルを参照して下さい。

### 2-1-3. 測定部正面



#### 測定部カバー

測定部のカバーです。

#### ランプ

振動電極周辺の照明です。

#### ケルビンプローブ

サンプルの接触電位差を測定します。

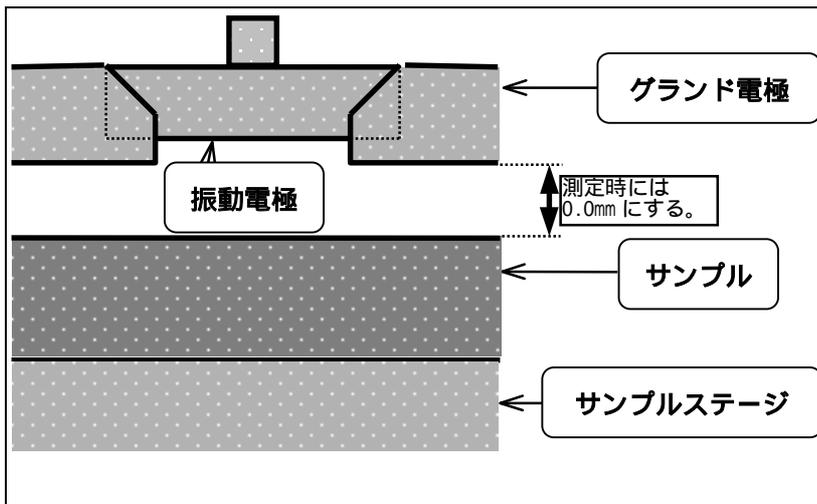
#### Zステージ

サンプルステージを上下させます。

#### Zステージ調節ハンドル

Zステージの高さを調節します。0.1[mm]までの目盛がついています。

### 2-1-4. 電極近傍拡大図



#### グランド電極

サンプルをサンプルステージとの間に挟み込み、グランド電位に接地します。また、振動電極の静止位置とサンプルとの距離を一定に保ちます。

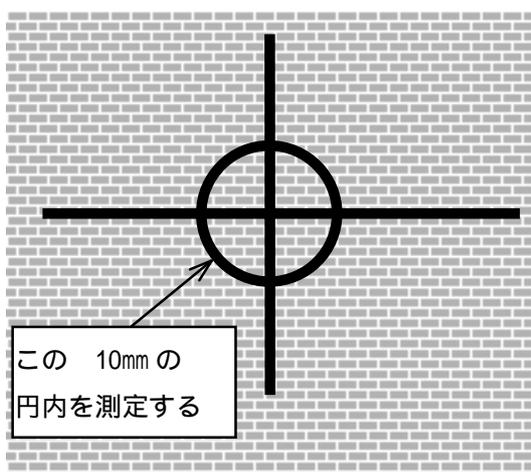
#### 振動電極

測定時に振動します。

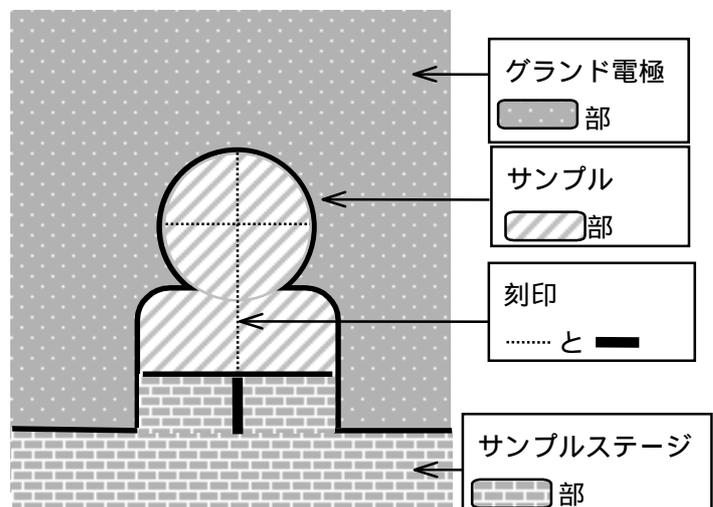
#### サンプルステージ

測定時にサンプルを乗せます。中央に測定位置(十字線と10[mm]の円)が刻印されています。

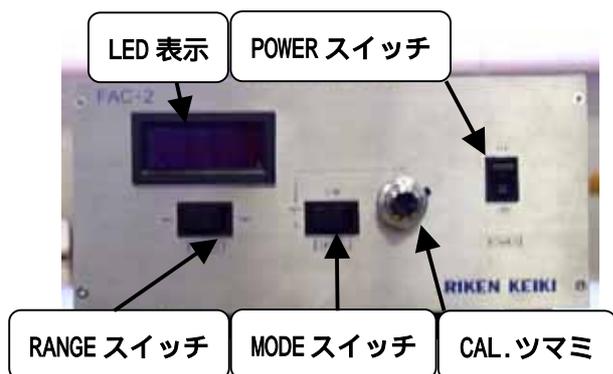
#### サンプルステージ中央の測定位置の刻印



#### 上側から見たグランド電極、サンプル、サンプルステージ



## 2-2.正面パネル



### LED 表示

測定時にフェルミ準位を表示します。

### RANGE スイッチ

入力範囲を切り替えます。

10V

フェルミ準位の測定時に使用します。

100V

AC - 2 で絶縁物を測定する際にサンプルの帯電圧を測定するために使用します。

### MODE スイッチ

測定モードを切り替えます

WF + モード

フェルミ準位測定モードです。CAL.ツマミによりLEDの表示値が変わります。

CPD モード

接触電位差を測定するモードです。

- モード

帯電圧を測定する時のモードです。CAL.ツマミによりLEDの表示値が変わります。

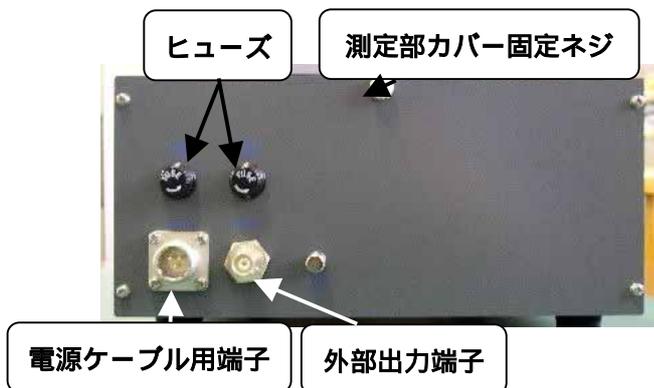
### CAL.ツマミ

フェルミ準位測定のため、装置の校正をする場合に用います。

### POWER スイッチ

電源スイッチです。ONで動作状態になり、LED表示に数字が表示されます。またOFFで停止状態となります。

## 2-3.背面パネル



### ヒューズ

0.5Aのヒューズが入っています。

### 測定部カバー固定ネジ

測定部のカバーを固定するネジです。

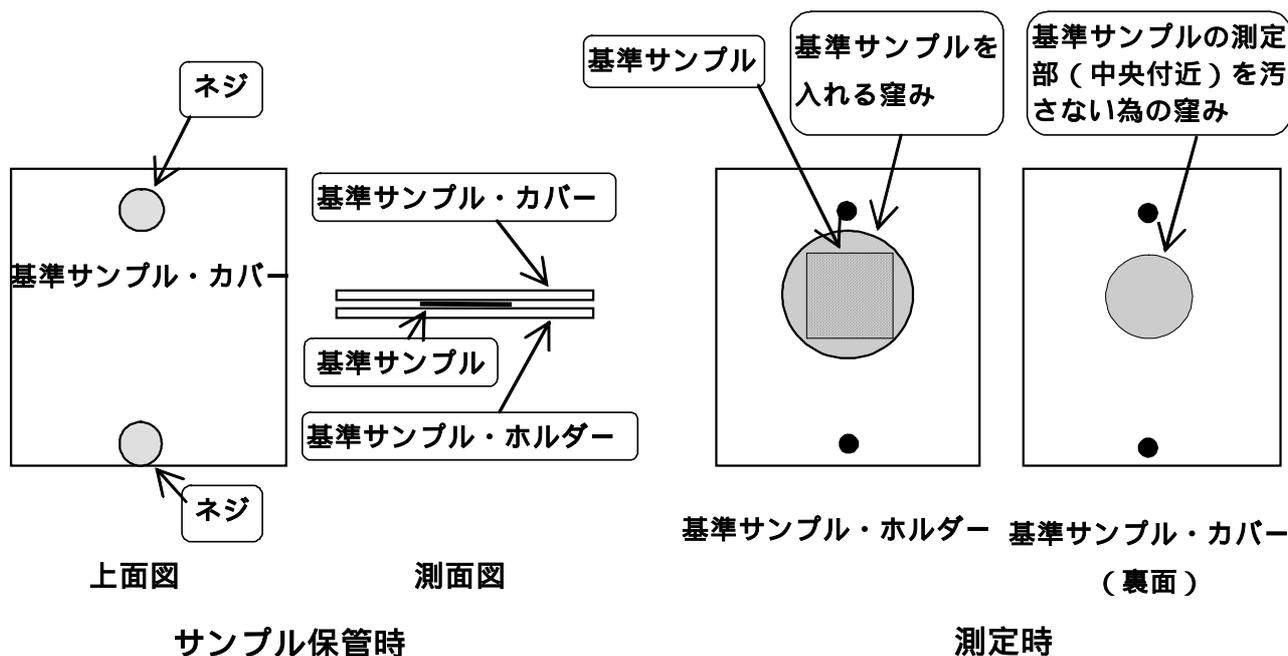
### 電源ケーブル用端子

電源ケーブル用の端子です。電源電圧は100V 50/60Hzです。また、アースは必ず取って下さい。

### 外部出力端子

測定値を電圧として、外部に出力します。出力値はフェルミ準位1[eV]当たり1[V]となります。

## 2-4. 基準サンプルと基準サンプル・ホルダー



### 基準サンプル

大きさ 20×20mm 厚さ 0.2mm の金板です。装置の校正に使用します。取扱いは必ず付属のピンセットを用いて行い、測定面を汚さない様にして下さい。測定面にほこり等が付着した場合、ブロー等で吹き飛ばして下さい。

(吐く息は湿度を含んでいるので、フェルミ準位を変化させる可能性が有ります。)

### 基準サンプル・ホルダー

F A C - 2 の校正を行う時と基準サンプルを保管する時に使用します。基準サンプルは窪みの中に、測定面を上にして設置して下さい。

### 基準サンプル・カバー

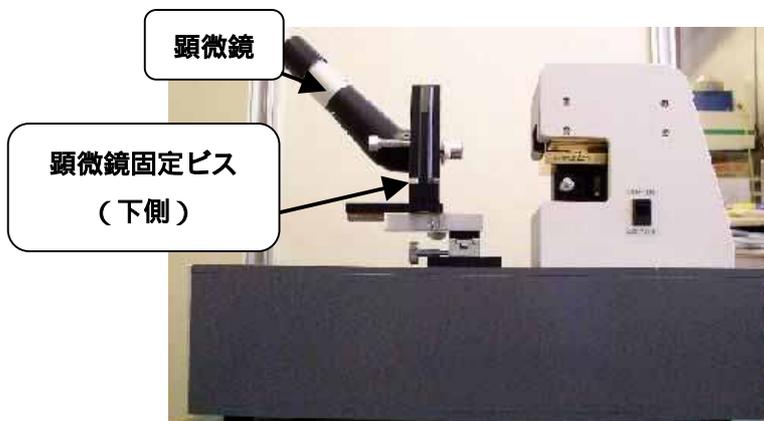
基準サンプルを保管する時に使用します。基準サンプルの中央部がホルダーに接して汚れない様に窪みがあります。基準サンプルに相対する裏面は汚さないようにして下さい。

### 3 . 設置

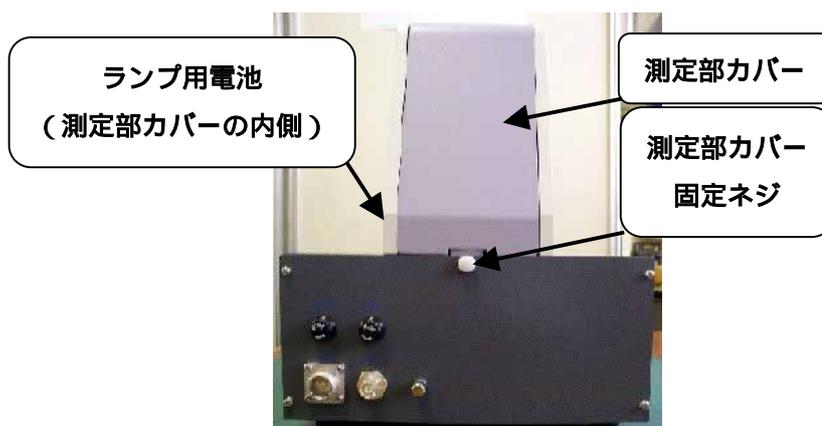
本体の脇から底を持って、本体を箱から取り出して下さい。本体は実験机の上などの振動の少ない安定で平坦な場所に置いて下さい。

付属品を取り出し、8 . 付属品を参照しながら確認してください。

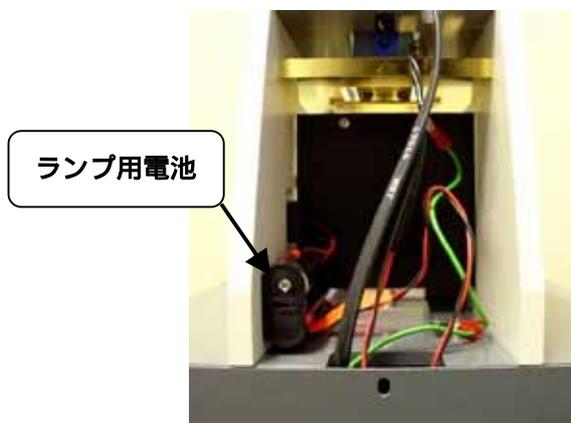
納入時、顕微鏡が上下逆に梱包されています。顕微鏡固定ビスを緩め顕微鏡を図の様に直して下さい。



ランプ用の単三乾電池を入れます。先ず、固定ネジを取り外します。次に測定部カバーを取り外します。



電池ケースの(Spring)側に電池のマイナスを合わせて、電池ケースに電池を入れます。



測定部カバーを閉じネジで固定します。

## 4. 測定

### 4-1. 準備

POWER スイッチが OFF になっている事を確認して下さい。

正面パネル



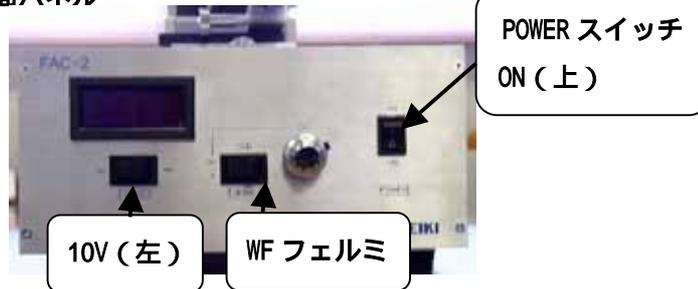
電源ケーブルを取り付け AC 100V 50/60Hz のコンセントに差し込んで下さい。

背面パネル



POWER スイッチを ON にして下さい。次に RANGE スイッチを 10V に、MODE スイッチを WF+ にして下さい。

正面パネル



30 分以上暖機して下さい。

AC - 2 を立ち上げて下さい。

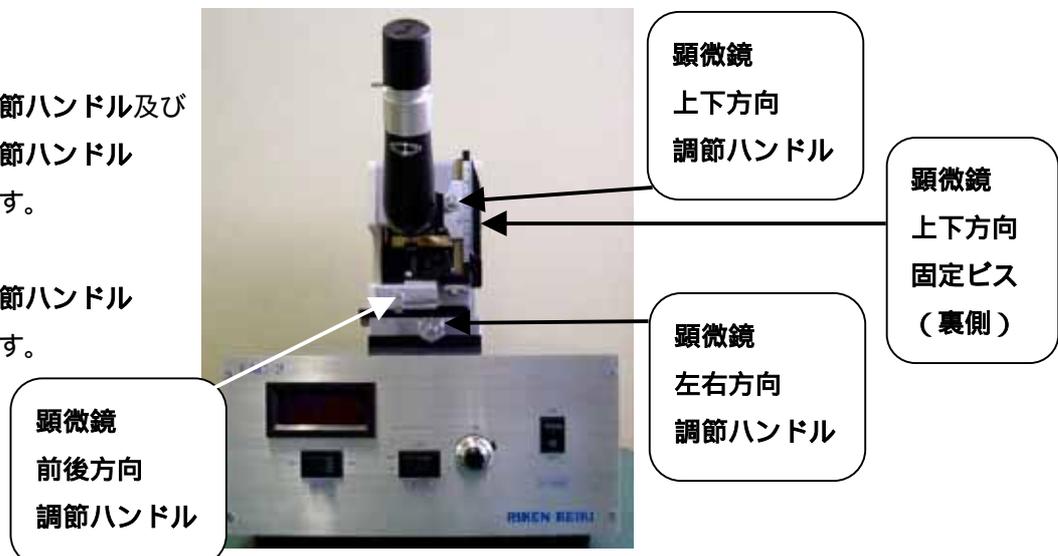
顕微鏡のステージにより光軸を電極近傍が見える様に調節し、上下方向を固定ビスで固定してください。

視野は

顕微鏡上下方向調節ハンドル及び  
顕微鏡左右方向調節ハンドル  
を用いて調節します。

焦点は

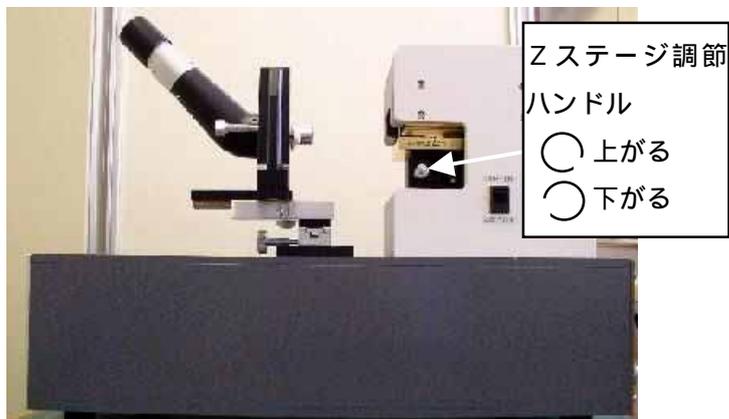
顕微鏡前後方向調節ハンドル  
を用いて調節します。



## 4-2. 装置の校正

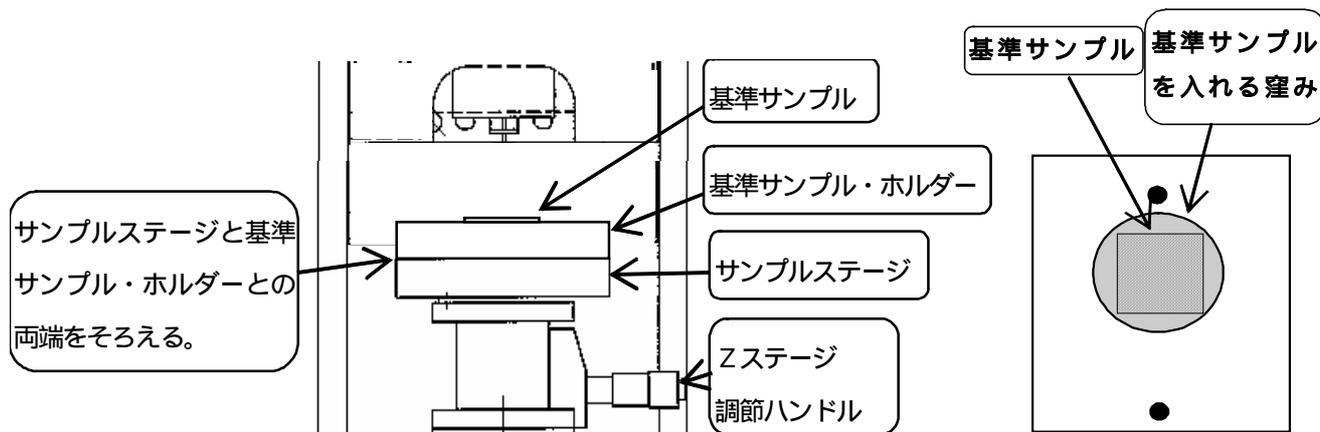
AC - 2 を用いて基準サンプル（金板）の仕事関数  $\phi_{Au}$  を測定します。仕事関数の測定は、AC - 2 取扱説明書を参照して下さい。尚、この時は、ホルダーからピンセットを用いて取り出して、仕事関数を測定して下さい。

Z ステージを下げます。



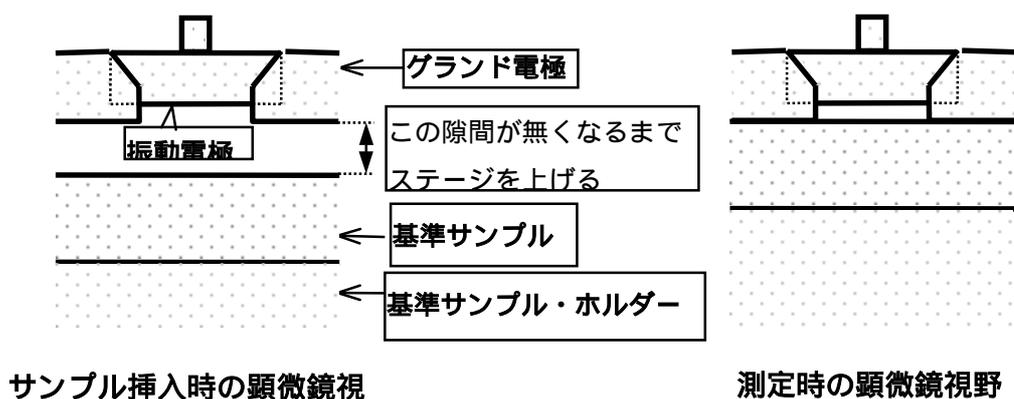
基準サンプルを、仕事関数を測定した面（測定面）を上にしてホルダーに設置してサンプルステージに乗せてください。

この時、ホルダーは突き当たるまで奥に入れ、両端はサンプルステージに合わせて下さい。



基準サンプル・ホルダー

顕微鏡で確認しながらグラウンド電極に基準サンプルが突き当たるまで Z ステージを上へ上げます。



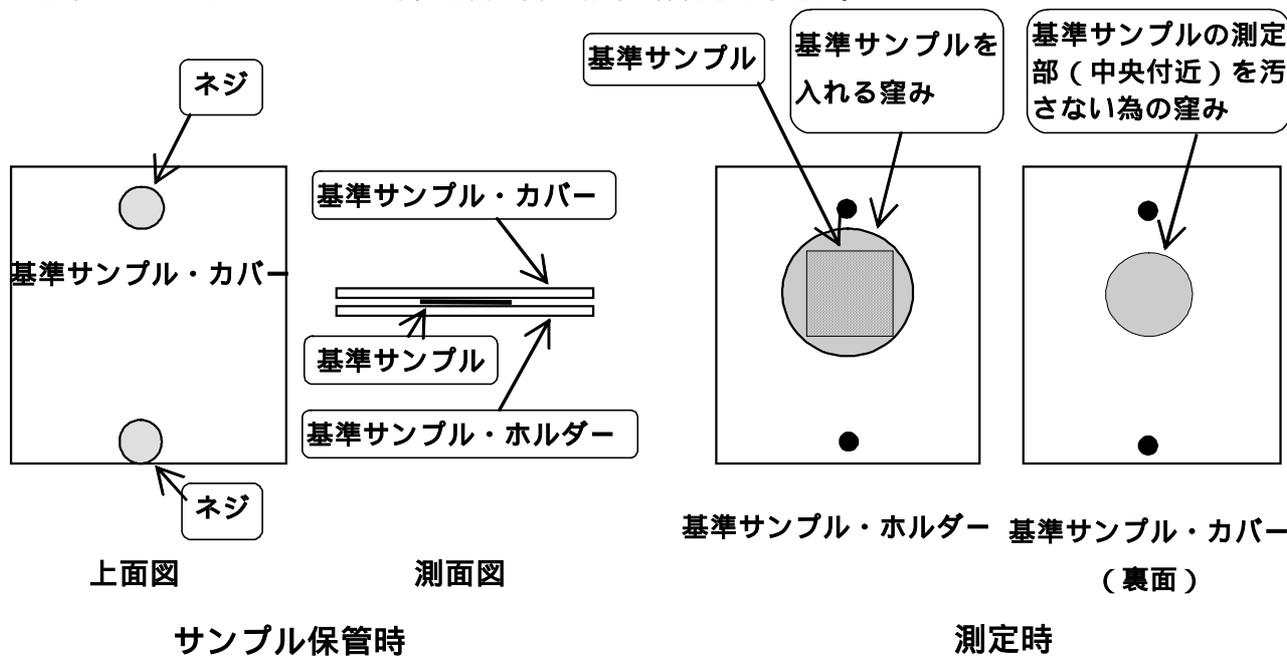
LED の数値が  $-_{Au}$  (  $_{Au}$  の符号をマイナスにした値 ) を表示するように CAL. ツマミを調節します。



ステージを下げ、基準サンプル・ホルダーごと基準サンプルを取り出します。

基準サンプルが基準サンプル・ホルダー上の窪みに入っている事を確認して下さい。次に、基準サンプルを動かさないように基準サンプルカバーを真上から静かにのせ、ネジで固定して下さい。

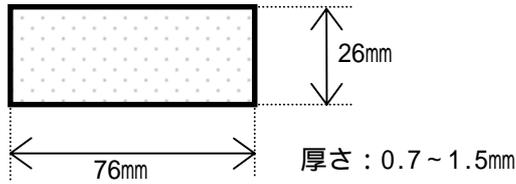
基準サンプルはデシケーター等、湿度の低い場所に保管して下さい。



### 4-3. フェルミ準位の測定

測定サンプルを規定の形状に形成します。

推奨形状



#### 注意

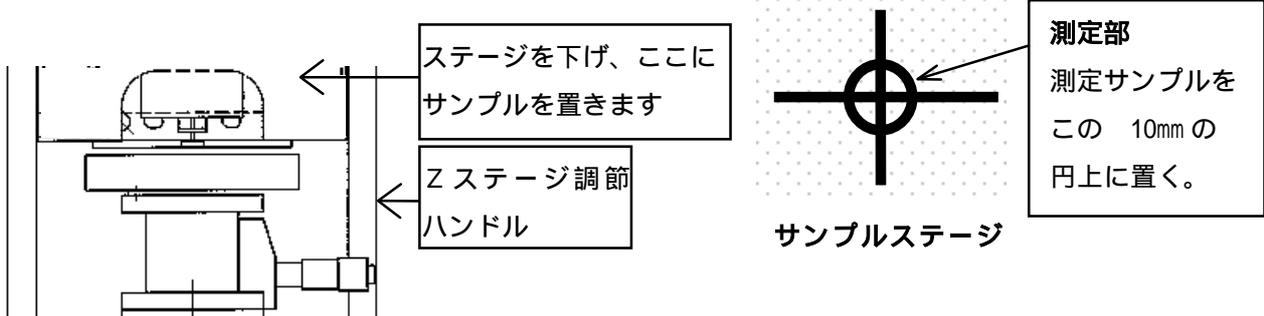
76×26mm以下のサンプルは電極を破損する恐れがある為測定しないで下さい。

厚さが5mm以上あるサンプルはステージを破損する恐れがある為測定しないで下さい。

サンプル表面が平坦なサンプル以外は電極を破損する恐れがある為測定しないで下さい。

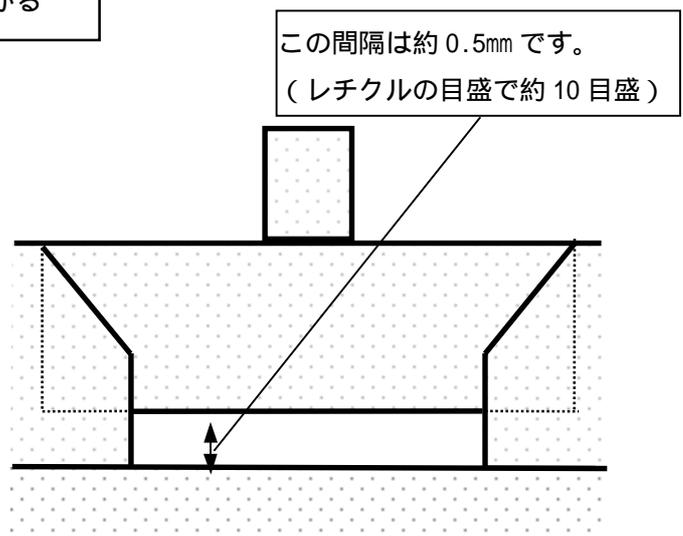
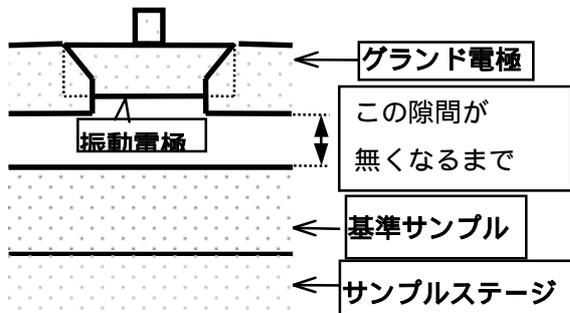
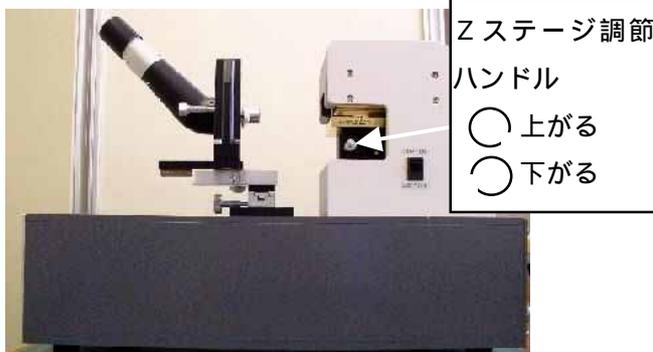
測定サンプル上に粒子状のゴミが無い事を確認してください。ゴミがあった場合はブロワーで吹き飛ばして下さい。

測定サンプルを、測定面を上にした状態で、ステージに乗せます。



測定サンプルの測定部位がステージの中央の測定部に来るように、測定サンプルの位置を調節します。

顕微鏡を覗きながら、測定サンプルが突き当たるまでZステージを上を上げます。たとえば、小型、平板状ではない、柔らかい等、変則なサンプルを測定する場合は振動電極にサンプルが接触しないように注意して下さい。尚、サンプルが振動電極に衝突した場合、すぐにステージを下げ、校正をやり直して下さい。



#### サンプル挿入時の顕微鏡視

この時、測定サンプルのフェルミ準位がLEDに表示されます。

ステージを下げ、測定サンプルを取り出します。

#### 測定時の顕微鏡視野(拡大図)

#### 4-4.測定を終了

サンプルが入っている場合は取出します。

ランプが点灯している場合は、ランプスイッチを OFF にします。

POWER スイッチを OFF にします。

電源ケーブルをコンセントから抜きます。

ソフトカバーをかけて湿度や温度差、ほこり等の少ない室内に保管します。

基準サンプル (Au 板) はサンプル・ホルダーに入れて、デシケーターの内部などの低湿度の安定した環境で保管して下さい。

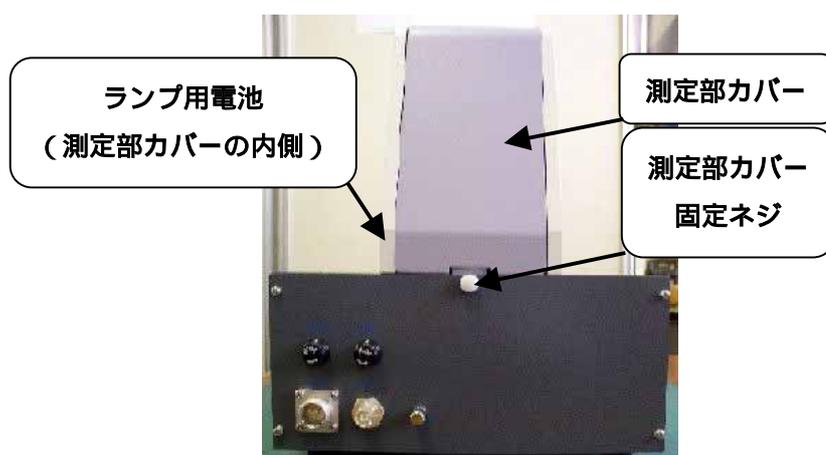
### 5 . 保守

**注意：感電の恐れがあります。**

**保守作業は電源ケーブルを AC コンセントより抜いて行って下さい。**

#### 5-1 . 照明用ランプの電池交換

背面パネル上部の測定部カバー固定ネジを取り外し、カバーを上方に引き上げて取り外して下さい。



単三電池 2 本を交換して下さい。

#### 5-2 . 外側の清掃

装置の外側は柔らかい布で乾拭きして下さい。水、洗剤、溶剤などは測定に影響を及ぼす事が有りますので、使用しないで下さい。

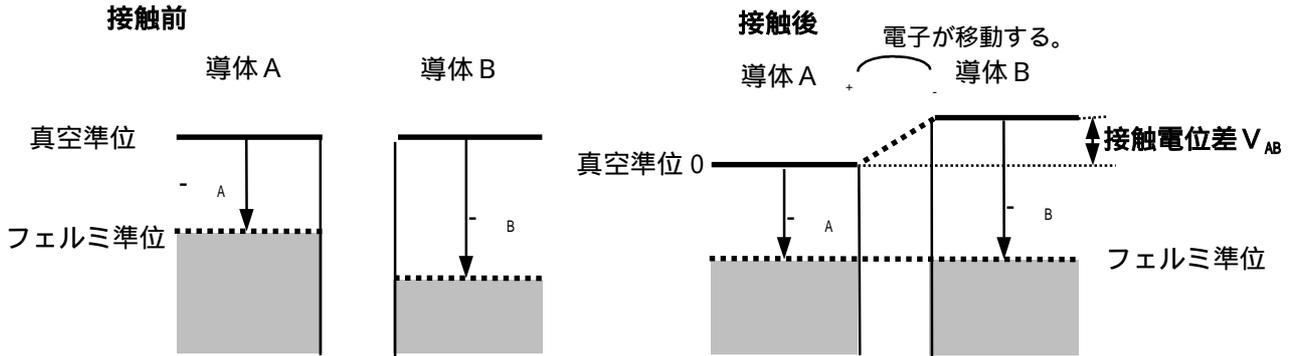
## 6 . 原理

固体のフェルミ準位を測定する一般的な方法の一つにケルビン法があります。この方法はケルビンプローブと呼ばれる電位差計により接触電位差を測定し、この値よりフェルミ準位を求めます。

本項では接触電位差、ケルビンプローブ、フェルミ準位の測定について説明します。

### 6-1.接触電位差

異なる導体を接触させると導体間で両者のフェルミ準位が一致するまで電荷の移動が起こります。平行状態では、導体のフェルミ準位の差を電荷で割った分の電位差が発生します。この電位差が接触電位差です。この様子をバンド図で示します。



接触電位差  $V_{AB}$  は次式により表されます。

$$V_{AB} = \frac{\phi_B - \phi_A}{e} \quad (e: \text{電荷}) \quad \text{式 1}$$

$V_{AB}$  は電圧ですが、単位を eV とするとエネルギー量と一致するので、便宜上エネルギーと見なして

$$V_{AB} = - (\phi_B - \phi_A) \quad \text{式 2}$$

と書けます。

従って、 $V_{AB}$  と  $\phi_A$  が測定できれば、 $\phi_B$  を求めることができます。

## 6-2.ケルビンプローブ

ケルビンプローブは接触電位差を測定できる電位計です。

異種の導体 A, B を図のように電氣的に導通しコンデンサーの両極として用います。電氣的に導通したことにより、コンデンサーの電極間には導体 A, B のフェルミ準位の差に起因する接触電位差  $V_{AB}$  が発生します。従ってコンデンサーにはコンデンサーの静電容量  $C$  に比例する電氣量が貯えられます。

更に、外部が  $V_E$  の電位差を与えれば、この時コンデンサーに貯えられる電氣量  $Q$  は次式で表されます。

$$Q = C ( V_{AB} + V_E ) \quad \text{式 3}$$

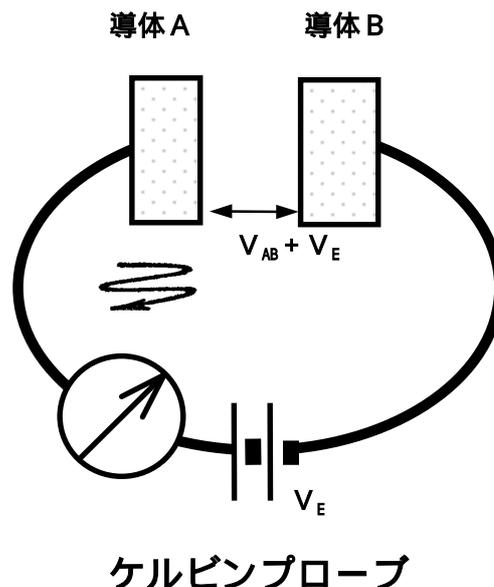
さて、コンデンサーの静電容量は両極、すなわち導体 A, B 間の距離に反比例します。

従って、導体 A を機械的に振動させれば、個々の電極に貯えられる電氣量が変動する為に、導線には交流電流が発生します。

この交流電流は  $V_{AB} + V_E = 0$  の時には消滅します。

従って、導線を通る交流電流が消滅するように  $V_E$  が印可されるようにフィードバックをかけ、交流電流が消滅した時の  $V_E$  を測定すれば、接触電位差が測定できます。

F A C - 2 では、振動する電極を基準電極とし、この電位を 0 V とした時のサンプルの電位を測定します



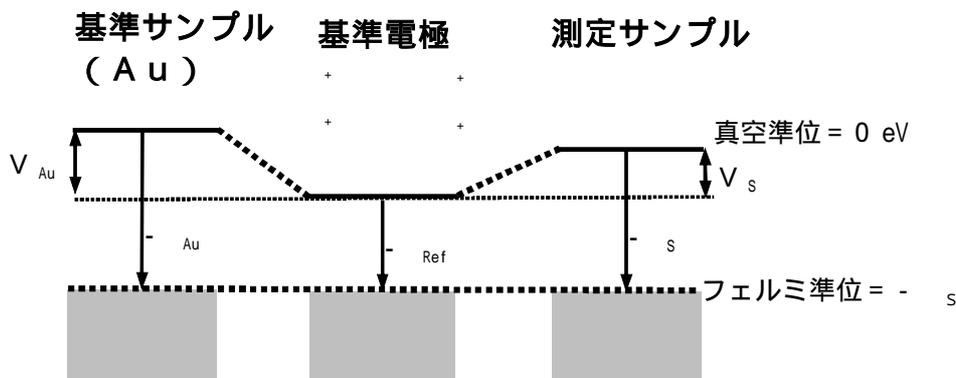
## 6-3.フェルミ準位の測定

ケルビンプローブを用いてフェルミ準位を測定する為には、基準電極のフェルミ準位をまず測定しなければなりません。

基準電極のフェルミ準位は真空準位より基準電極の仕事関数  $\phi_{Ref}$  だけ低い位置にあります。従って A C - 2 を用いて直接  $\phi_{Ref}$  を測定する方法が考えられます。

しかし、この方法は作業上面倒なので、実際には、基準サンプルを用います。

図のような記号で基準サンプル、基準電極、測定サンプルの接触電位差及び仕事関数を示します。



式 2 を用いて図の基準電極と基準サンプルとの接触電位差  $V_{Au}$  を基準電極の仕事関数  $\phi_{Ref}$  と基準サンプルの仕事関数  $\phi_{Au}$  とで表わすと、

$$V_{Au} = - ( \phi_{Au} - \phi_{Ref} ) \quad \text{式 4}$$

また、測定サンプルと基準電極との接触電位差  $V_s$  を基準電極の仕事関数  $\phi_{Ref}$  と測定サンプルの仕事関数  $\phi_s$  とで表すと、

$$V_s = -(\phi_s - \phi_{Ref}) \quad \text{式 5}$$

これらの式より測定サンプルのフェルミ準位は真空準位を 0 eV として次式で表されます。

$$\phi_s = V_s - \phi_{Au} - V_{CAL} \quad \text{式 6}$$

サンプルをケルビンプローブで測定するばあいの測定値は  $V_s$  です。しかし、測定上はサンプルのフェルミ準位  $\phi_s$  を表示した方が便利です。そこで、FAC-2 は、校正電源を内蔵し、この電源の電圧を  $\phi_{Ref}$  に調節する事によりフェルミ準位が表示できる様になっています。

FAC-2 の表示値 X は校正電源の電圧を  $V_{CAL}$  とすると次式で表されます。

$$X = V_s + V_{CAL} \quad \text{式 7}$$

サンプルとして基準サンプル (Au) を用いると表示値 X は

$$X = V_{Au} + V_{CAL} \quad \text{式 8}$$

4-2. 装置の校正において、基準サンプル測定時の表示値を  $\phi_{Au}$  に調節した時の  $V_{CAL}$  は

$$X = \phi_{Au} = V_{Au} + V_{CAL} \quad \text{式 9}$$

$$V_{CAL} = \phi_{Au} - V_{Au} \quad \text{式 10}$$

校正後のサンプル測定時の表示値は式 7 に式 10 を代入して式 6 と比較すると、

$$\begin{aligned} X &= V_s - \phi_{Au} - V_{Au} \\ &= \phi_s \end{aligned}$$

となります。従って、基準サンプルによる校正を行えば、FAC-2 でサンプルのフェルミ準位のエネルギーを直接読み取る事ができます。

## 7.仕様

測定方式：ケルビン法

測定エネルギー範囲：3.4 ~ 6.2eV (仕事関数が 5eV の基準サンプルで校正した場合。)

測定時間：10 秒以下

繰返し再現性：±0.02eV 以下

使用温度範囲：10 ~ 35

使用湿度範囲：60%RH 以下

電源：AC100V 50/60Hz

寸法：224(W) × 315(H) × 369(D)mm (標準寸法。H 及び D は顕微鏡位置により変動します。)

重量：約 12kg

## 8.付属品

|             |   |              |   |
|-------------|---|--------------|---|
| 取扱説明書       | 1 | 単三乾電池 (ランプ用) | 2 |
| 保証書         | 1 | ヒューズ         | 1 |
| ソフトカバー      | 1 | ステージクリーニング棒  | 1 |
| 顕微鏡キャップ     | 1 | 電源ケーブル       | 1 |
| 基準サンプル      | 1 |              |   |
| 基準サンプル・ホルダー | 1 |              |   |
| ピンセット       | 1 |              |   |

# 保証規定

- 1 . 取扱説明書等に従った正常な使用状態で故障した場合は、お買い上げの日から1年間無料で修理いたします。
  
- 2 . 保証期間内でも次の場合には有料修理とさせていただきます。
  - (1) 誤ったご使用及びお取り扱いの不注意による故障。
  - (2) 弊社及び弊社サービス代理店以外で修理又は改造された場合の故障及び損傷。
  - (3) お買い上げ後の輸送、移動、落下、保管上の不備などによる故障及び損傷。
  - (4) 火災、地震、水害、その他の天災地変等の外部要因による故障及び損傷。
  - (5) 接続している他の機器に起因して生じた故障。
  - (6) 故障の原因が本製品以外にある場合。
  - (7) 指定外の使用条件でご使用された場合に生じた故障及び損傷。
  - (8) 消耗部品(電池・センサー等)及び付属品の交換。
  - (9) 保証書のご提示がない場合。
  - (10) 保証期間内の無料修理でも遠隔地への出張修理を行った場合は、出張旅費(実費)を申し受けます。  
但し有料修理の場合、技術料、交換部品代、運賃、又は出張旅費(実費)を含む諸掛り等の費用は、お客様のご負担とさせていただきます。
  - (11) 本製品の外部信号出力を利用して、他の機器の制御に使用された場合等、他の目的にご使用になり生じた故障及び損傷、またこれに起因する損害(付随的損害等)の補償はいたしません。
  - (12) 保証期間の内外を問わず本製品をご使用することによって生じたいかなる事故及び損害の補償はいたしません。補償は製品及び部品の交換の保証範囲に限ります。
  - (13) 保証書は日本国内においてのみ有効です。  
補修用性能部品の保有期間は、製造打ち切り後7年です。

# 本社・営業所

理研計器本社 〒174-8744 東京都板橋区小豆沢2-7-6

|         |                     |
|---------|---------------------|
| 本社営業第1部 | TEL(03)3966-1111(代) |
| 本社営業第2部 | TEL(03)3966-1114(代) |
| 札幌営業所   | TEL(011)733-7505(代) |
| 仙台営業所   | TEL(022)261-1666(代) |
| 水戸営業所   | TEL(029)248-6151(代) |
| 埼玉営業所   | TEL(048)548-8711(代) |
| 千葉営業所   | TEL(043)214-3565(代) |
| 多摩営業所   | TEL(042)397-6813(代) |
| 神奈川営業所  | TEL(044)355-8631(代) |
| 厚木営業所   | TEL(0463)92-6971(代) |
| 浜松営業所   | TEL(053)437-9421(代) |
| 名古屋営業所  | TEL(052)411-3636(代) |
| 四日市営業所  | TEL(0593)33-7221(代) |
| 金沢営業所   | TEL(076)226-8247(代) |
| 大阪営業所   | TEL(06)6350-5871(代) |
| 神戸営業所   | TEL(078)261-3031(代) |
| 広島営業所   | TEL(082)875-4151(代) |
| 福岡営業所   | TEL(092)691-6372(代) |
| 熊本営業所   | TEL(096)242-5522(代) |

鶴岡営業所  
水島営業所  
徳山営業所

新潟営業所  
四国営業所  
大分営業所