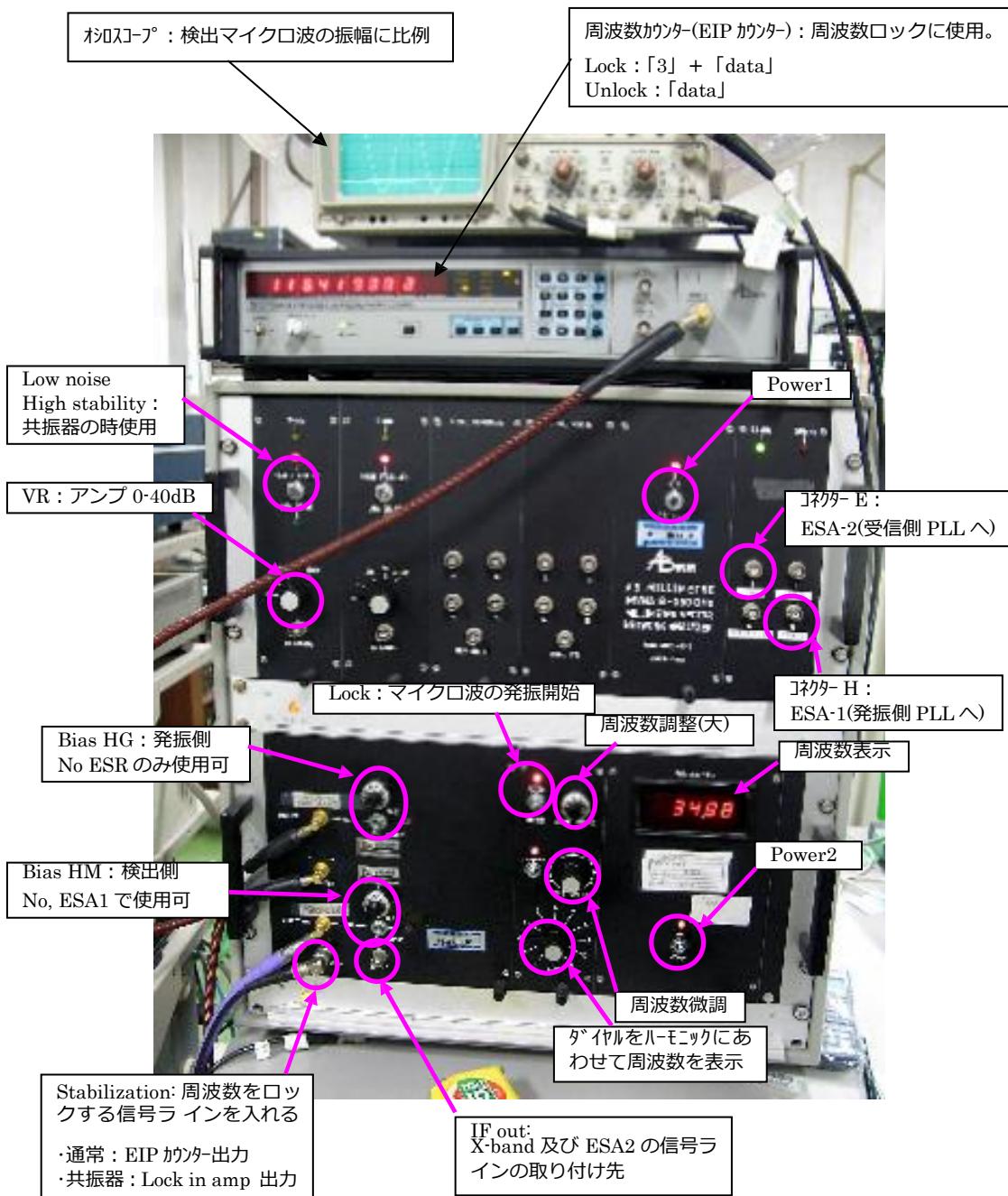


# ABmm による ESR 測定のためのマニュアル

## 目 次

0 .ABmm 本体と各端子の名称.....	1
1. No ESR.....	2
1-1 測定周波数の決定.....	2
1-2 測定のセットアップ(配線).....	2
1-3 PC での制御 .....	3
2. ESR1 .....	4
2-1 測定周波数の決定.....	4
2-2 測定のセットアップ .....	4
2-3 PC での制御(プログラムが立ち上がっているとして。) .....	5
3. ESR2 .....	7
3-1 測定周波数の決定.....	7
3-2 測定のセットアップ .....	7
3-3 PC での制御 .....	7
4. 磁場 Sweep .....	10
4-1 周波数のロック .....	10
4-2 Sweep の設定 .....	10
4-3 超伝導磁石の制御.....	10
4-4 データセーブ .....	11
4-5 周波数ロック解除.....	11
(5)周波数 Sweep .....	12
5-1 Sweep の設定 .....	12
6.共振器を用いた測定 .....	13
6-1 共振周波数の調整.....	13
6-2 ロックインアンプの起動.....	13

## 0 .ABmm 本体及びその周辺機器の説明



## 1. No ESR

このセッティングでは、ABmm 本体内部にある YIG 発振器(8-18 GHz)の遅倍波を用いて検波を行う。そのために、ハーモニックジェネレーター(HG)とハーモニックミキサー(HM)を用いる。X-band はミキサーのみを使用。

### 1-1 測定周波数の決定

どの測定周波数で測定を行うかを決定する。No ESA では以下の周波数帯の測定が可能である。8-18 GHz の遅倍波を用いるので、その倍数が harmonic N にあたる。

#### [測定周波数と harmonic N]

- X-band (8-18 GHz, harmonic N = 1)
- K-band (16-26.5 GHz, harmonic N = 2)
- Q-band (29-51 GHz, harmonic N = 3)
- V-band (47-72 GHz, harmonic N = 4)
- W-band (70-72 GHz, harmonic N = 4, 72-91 GHz, harmonic N = 5,  
91-110 GHz, harmonic N = 6)
- D-band (123-142 GHz, harmonic N = 8, これ以上も出るが、ESA 1 の方が高出力)

1-2 測定のセットアップ(配線) 以下の図に示すようにケーブルを配線する。ケーブルをつなぐ際は、静電気で素子をいためないように専用のリストバンドを用いて必ずアースを取って作業を行うこと。

#### [セットアップの様子]



### 1-3 PC での制御

ケーブルの配線が終わったら、測定機器の電源を入れて、PC により制御を行う。

(1)オシロスコープ、周波数カウンター(EIP カウンター)、ABmm 本体上部の電源を ON にする。

(2)ABmm 用のパソコンの電源を入れる。立ち上がったらディスクトップに置いてある測定プログラムのショートカット「MVNA」をダブルクリック。

(3)出てきたメニューで、No ESA と測定に必要な harmonic N を入力。

(4)右クリックでメニューを表示 ⇒ [Io config] ⇒ [receiver tuner] とたどり、設定メニューを表示。

(5)この画面で、No ESA にチェック。Single or dual frequency の選択(Major, Major+miner)。harmonic N の選択。(Major + miner)を選んだ場合は、N とmを入力する。以上を行い、一番下にある"set harmonic" をチェックして"OK"を押す。

(6)メニューを表示して、[front panel]を選択

(7)出てきた画面で、測定周波数を入力し適当な場所にカーソルを持っていき、左クリック。出てきた表示を確認して"OK"を押す。(harmonic が測定周波数に対応しているかを確認すること。違っていた場合は、receiver tuner の設定をもう一度やり直す。)

(8)画面中央左の"external"にチェックを入れて、"counter" にチェックが入っていることを確認して"OK"を押す。そして"go"を押して動作を確認する。

(9)ABmm 本体の下段のバイアスの電源が両方 OFF になっていることを確認後、ABmm 下段の電源を ON にする。中央の「Lock」を押して、LED が点灯したらマイクロ波の発振が行われる。オシロスコープには検出されたマイクロ波の振幅に比例した出力が表示。

(10)No ESA の場合のみ出力が弱いときは、HG,HM の「Bias」を ON にして良い。レバーを ON にして、ダイヤルを回して出力が強くなるところを探す。

(10)適当な強度でマイクロ波が検波できたら、実際の測定に移る。

⇒ 詳細は磁場 Sweep、周波数 Sweep を参照。

## 2. ESR1

このセッティングでは、発振側にガン発振器を用い、検出側には D-band の検出器を用いる。140GHz 程度から 300GHz 程度までの測定に用いる。実際のところは、ESR-2 で測定できない、140~240GHz までの測定に用いることが多い。

### 2-1 測定周波数の決定

測定周波数を決める。測定周波数と harmonic N(2 周波数の場合は m も)、Gunn/YIG の比及びハイパスフィルターの関係は一覧表になつてるので、それを参照すること。

### 2-2 測定のセットアップ

電源を入れる前に配線を行う。

(1)検出側は D-band のハーモニックミキサー(HM)を用いる。D-band の HM を ESA-2 の検出側についているホーンを利用してクライオスタッフへ固定する。ケーブルは紫のケーブルをつなぐ。

(2)発振側は、まず GunnA-1(83-101 GHz)か A-2(69-83 GHz)を測定周波数に応じて選択する。Gunn を取り付けた後ケーブルの配線を行う。ケーブルの配線は静電気に気をつけ必ず専用リストバンドを用いてアースを取って行うこと。

(3)制御 Box(Gunn の電源及びロック)の電源ケーブルをコンセントへ。

(4)ABmm 本体の YIG からの赤いケーブル(HG)を、発振器側の上部に取り付ける。

(5)制御 Box の「Gunn」端子と、Gunn 発振器を BNC ケーブルでつなぐ。

(6)制御 Box の「MIX MU」端子と、発振器側の Mix MU をつなぐ。

(7) 制御 Box の「Beat」端子とスペアナをつなぐ。制御 Box の「From H」端子と ABmm 本体の上部右側にある端子「H」をつなぐ。

(8)測定周波数に応じて、ハイパスフィルターを取り替える。

(9)導波管でクライオスタッフと発振器側を接続する。

以上で配線終わり。

## 2-3 PC での制御(プログラムが立ち上がっているとして。)

- (1)PC での制御の前に、発振器の調整を行う。Gunn A-1(A-2)の周波数と調整用マイクロメーターの値が記載されたシートを参考に、測定する周波数の基本波を調整する。例えば、200GHz の測定を行うのであれば、GunnA-1 を 100GHz になるように調整する。(この場合、Gunn/YIG = 6, harmonic N=12 となる。)
- (2)発振器側に取り付いているマイクロメーターは全てで 6 本ある。まず、Gunn 発振器に 2 本(F と Ba)付いており、これにより発振周波数を決める。また、残りの 4 本は Multi-harmonic multiplier に付いており、このうちの 2,3 を表に従い調整する。1,4 は出力を見ながら調整する。よって、「F, Ba, 2, 3」の 4 つのマイクロメーターをまず表に従い調整する。
- (3)制御 Box の PLL gain を表に従い合わせる。ここまでやってから PC の設定に移る。
- (4)右クリックでメニューを表示 ⇒ [Io config] ⇒ [receiver tuner] とたどり、設定メニューを表示。
- (5)この画面で、ESA-1 にチェック。Single or dual frequency の選択(Major, Major+minor)。harmonic N の選択。(Major + minor)を選んだ場合は、N とmを入力する。以上を行い、一番下にある"set harmonic" をチェックして"OK"を押す。
- (6)メニューを表示して、[front panel]を選択。
- (7)出てきた画面で、測定周波数を入力し適当な場所にカーソルを持っていき、左クリック。出てきた表示を確認して"OK"を押す。(harmonics が測定周波数に対応しているかを確認すること。違っていた場合は、receiver tuner の設定をもう一度やり直す。)
- (8)画面中央左の"external"にチェックを入れて、counter にチェックが入っていることを確認して"OK"を押す。そして"go"を押して動作を確認する。
- (9)ABmm 本体の下段の「Bias」の電源が両方 OFF になっていることを確認後、ABmm 下段の電源を ON にする。中央の「Lock」を押して、LED が点灯。PC 画面の周波数の値が測定周波数になるように周波数を調整する。もしくは、ABmm 本体に表示されている周波数を基本周波数に合わせる。

- (10)上記まで終わったら、発振側の制御 Box の電源を"ON"にする。電源を ON にするとスペアナにビートが検出される。
- (11)検出されたビートをスペアナの画面でなるべく左端になるように、Gunn のマイクロメーター「F」で調整を行う。ビートの位置によって制御 Box 前面の Outside – inside のランプが付くので、Inside に入ったときに、ロックダイヤルを 2 段階ゆっくり回す。
- (12)うまく発振がロックされ、マイクロ波が検波されるとオシロスコープにその出力が表示される。(当然 PC の画面上にも出力が dB 表示で現れる。)
- (13)後はなるべく出力が大きくなるように Multi-harmonic multiplier の「1,4」のマイクロメーターで調整し、場合によっては「2,3」も微調整して出力を大きくする。また、ABmm 本体の周波数も微調整すると出力が大きいところを見つけることもある。
- (14)出力が弱い場合は、ベクトルレシーバー(VR)の Gain を調整する(+10~+40dB)。
- (15)また、ESA-1 のセッティングでは、ABmm 本体の紫ケーブル側(HM)の「Bias」を ON にすることが出来る。(注意：赤いケーブルの方(HG)つまり Gunn 発振器側の「Bias」を ON にしてはいけない。)
- (16)適当な出力が得られたら測定へ移る。

⇒ 詳細は磁場 Sweep、周波数 Sweep を参照。

### 3. ESR2

このセッティングでは、発振側、受信側共に Gunn 発振器を用いる。240GHz 程度から 700GHz 程度までの測定に用いる。周波数が上がるほど、検出される出力は小さくなる。測定できるかどうかは、チューニングと測定試料の透過量による。

#### 3-1 測定周波数の決定

測定周波数を決める。測定周波数と harmonic N(Dual freq. の場合は m も)、Gunn/YIG の比及びハイパスフィルターの関係は一覧になつてるので、それを参照すること。

#### 3-2 測定のセットアップ

(1)発振側は ESR-1 のセッティングの通り。測定周波数に応じてハイパスフィルターの交換を忘れないこと。

(2)ESA-2 では検出側にも、Gunn 発振器を用いる。基本的には ESA-1 の発振側と同様な手順に従い各コネクターを接続。(①制御 Box の電源ケーブルをコンセントにさす。②赤いケーブルを上部に接続。③Gunn 端子同士を接続。④MIX SHM 端子同士を接続。⑤「Beat」端子とスペアナを接続する。⑥Abmm 本体の E 端子と制御 Box 「From E」端子を接続。)

(3)ただし、次の点が発振側と異なる。

- ①検出ラインのアンプと ABmm 本体の「IF out」を BNC で接続する。
- ②そのアンプをドライブするための電圧(15V)を、黄黒の線で接続。

(4)後は、導波管でクライオスタッフと接続する。

#### 3-3 PC での制御

(1)PC での制御の前に、Gunn 発振器の調整を行う。発振側、検出側の両 Gunn とも周波数と調整用マイクロメーターの値が記載されたシートを参考に、測定する周波数の基本波を調整する。

(2)発振器側に取り付いているマイクロメーターについての説明は、ESA-1 を参照に調節。検出側の Gunn 発振器も基本的には発振側と同様に調整。「F, Ba」で発振周波数を調整し、Multi-harmonic Mixer の「2,3」を表に従い調整する。「1,4」は出力を大きくするのに後で調整。

(3)検出側の制御 Box の PLL gain は常に 1000。また、フィルターも常に 246GHz。ここま

でやってから PC の設定に移る。

(4)右クリックでメニューを表示 ⇒ [Io config] ⇒ [receiver tuner] とたどり、設定メニューを表示。

(5)この画面で、ESA-2 にチェック。Single or dual frequency の選択(Major, Major+minor)。harmonic N の選択。(Major + minor)を選んだ場合は、N とmを入力する。以上を行い、一番下にある"set harmonic" をチェックして"OK"を押す。

(6)メニューを表示して、[front panel]を選択。

(7)出てきた画面で、測定周波数を入力し適当な場所にカーソルを持っていき、左クリック。出てきた表示を確認して"OK"を押す。(harmonics が測定周波数に対応しているかを確認すること。違っていた場合は、receiver tuner の設定をもう一度やり直す。)

(8)画面中央左の"external"にチェックを入れて、counter にチェックが入っていることを確認して"OK"を押す。そして"go"を押して動作を確認する。

(9)ABmm 本体の下段の「Bias」の電源が OFF になっていることを確認後、ABmm 下段の電源を ON にする。中央の「Lock」を押して、LED が点灯。PC 画面の周波数の値が測定周波数になるように周波数を調整する。もしくは、ABmm 本体に表示されている周波数を基本周波数に合わせる。

(10)上記まで終わったら、発振・検出の Gunn 制御 Box の電源を"ON"にする。電源を ON にするとスペアナにビートがそれぞれ検出される。

(11)検出されたビートをスペアナの画面でなるべく左端になるように、Gunn のマイクロメーター「F」で調整を行う。ビートの位置によって制御 Box 前面の Outside – inside のランプが付くので、Inside に入ったときに、ロックダイヤルを 2 段階ゆっくり回す。(発振、検出共に)

(12)うまく発振がロックされ、マイクロ波が検波されるとオシロスコープにその出力が表示される。(当然 PC の画面上にも出力が dB 表示で現れる。)

(13)後はなるべく出力が大きくなるように発振側の Multi-harmonic multiplier の「1,4」及び検出側の Multi-harmonic Mixer の「1,4」のマイクロメーターで調整し、場合によって

はそれぞれの「2,3」も微調整して出力を大きくする。また、Abmm 本体の周波数も微調整すると出力が大きいところを見つけられることもある。

(14)出力が弱い場合は、ベクトルレシーバー(VR)の Gain を調整する(+10～+40dB)。

(15) (注意：ESA 2 では「Bias」を使用できない。) (16) 適当な出力が得られたら測定へ移る。

⇒ 詳細は磁場 Sweep、周波数 Sweep を参照。

## 4. 磁場 Sweep

### 4-1 周波数のロック

(1)マイクロ波の出力を確認できたらまず、周波数ロックをする。

(2)周波数ロックは、EIP カウンターで「3」を押した後、「16773.2MHz」 or 「16.7732 GHz」などと入力してロックを行う。

### 4-2 Sweep の設定

(1)周波数ロック後、PC で メニュー ⇒ [Sweep] を選ぶ。

(2)現れたメニューの基本的に上から順々に設定していく。

(3)[Define sweeper type] ⇒ "Magnetic field"をチェック

(4)[Define sweeper param] ⇒磁場の範囲の設定、測定ポイント数の設定、周波数の設定を行い特に周波数の設定を行ったときに、[receiver tuner]で設定した harmonic になっているかを確認すること。

(5)上記までが終わったら、[New sweep with sweeper param and no base]を選び、コメントを適宜記載してデータを取得できる状態にする。

### 4-3 超伝導磁石の制御

(1)超伝導磁石の制御をする PC を立ち上げ、その中のプログラム「IPS Magnet control program2.vee」を立ち上げる。"remote and local"をクリック、続いて"Heater on or off"をクリック。超伝導磁石電源のヒーターランプ点灯を確認すること。

(2)"set point"をクリックして、"Start"を押す。出てきたダイアログに"set point"と"sweep rate"(最大 0.9 T/min)を入力すると、磁場の Sweep が開始される。ABmm のプログラムはデータ取得可能状態にセットしてあれば Sweep と同時にデータが取得され始める。

(3)セットポイントの磁場まで到達したら" Hold"を押す。

#### 4-4 データセーブ

(1) ABmm のプログラムに関しては、セットポイントまで到着したら、「S」を押して、プログラムを stop し、はじめに出てきたダイアログは"cancel"、次に出てくるダイアログは "OK"を選択する。2 番目のダイアログをキャンセルにするとデータがセーブされないので注意。

(2)測定データをセーブする。メニュー ⇒ [disk] ⇒ [export asc] ⇒ 適当なフォルダーに "file name.asc"で保存する。

(3)フォルダーを作るには、メニュー ⇒ [Dos] ⇒ [shell] ⇒ コマンドプロンプトで c:¥ ⇒ mkdir XXXXXX, (XXXXXX は任意のフォルダ名。通常は日付を使用。例えば、mkdir 090217)

(4)データセーブが終わったら、磁場を下げる。前述の手順で「Sweep」の設定をして、データを取り込める状態にする。

(15)超伝導磁石の制御プログラムに移る。磁場を 0T に 0.9T/min で下げるときは、"Zero"を押して"start"を押す。また任意の磁場にするには、"set point"で磁場を入力後"start"を押し、"set point"と"sweep rate"を入力する。

#### 4-5 周波数ロック解除

(16)磁場 Sweep が終わったら、EIP カウンターのロックを外す。「3」 + 「DATA」でロックの解除。

(17)他の周波数を変えるときは、周波数ロックの解除、(使用していれば、バイアス電源を OFF)、Gunn のロックの解除、制御 Box の電源を OFF の手順で行い、最後に ABmm 本体下段の電源を OFF にしてから行う。

(18)同様に実験を終了するときはも上記のように行い、ABmm測定プログラムを終了後、ABmm 上段の電源、周波数カウンターの電源、オシロスコープの電源と順番に OFF にする。

## (5)周波数 Sweep

共振器の共鳴周波数のチェックや、周波数応答を測定するときに用いる。

### 5-1 Sweep の設定

(1)マイクロ波の出力を確認後、フロントパネルのピリオドを"100"程度に設定する。

(2)メニュー ⇒ [Sweep] を選ぶ。 (3)現れたメニューの基

本的に上から順々に設定していく。 (4)[Define sweeper

type] ⇒ "frequency"をチェック

(4)[Define sweeper param] ⇒周波数の範囲の設定、測定ポイント数の設定、周波数の設定を行い特に周波数の設定を行ったときに、[receiver tuner]で設定した harmonic になっているかを確認すること。

(5)上記までが終わったら、[New sweep with sweeper param and no base]を選び、コメントを記載後、ABmm 本体下段の中央部のレバースイッチの"Manual"を解除する。画面のエラー表示で"OK"を押すと、周波数 Sweep が始まる。

## 6.共振器を用いた測定

共振器を用いた測定では、共振器の共振周波数に発振器の周波数を追随させるフィードバックをロックインアンプで行う。

### 6-1 共振周波数の調整

(1)周波数 Sweep で共振器の共振周波数を確認し、共振器のカップリングをアンダー気味に調整する。(Q-dip をベースから-20dB 程度の深さにし、位相が 180 度回らない程度に調整する。)

(2)フロントパネルに移り、その共振周波数周辺の周波数にマニュアルで調整する。共振周波数のところでは、振幅の減少と位相の回転がある。

(3)手動でなるべく振幅を小さくする。

### 6-2 ロックインアンプの起動

(1)ロックインアンプの電源を入れる。

(2)ロックインアンプに参照信号と信号ラインのケーブルをつなぐ。

①Ref input ⇔ ABmm 本体背面の 10.488MHz の端子

②Signal input ⇔ ABmm 本体背面の ch1 の出力

(3)ロックインアンプの測定レンジを 5V に設定する。(Time constant = 0.1 sec)

(4) 振幅が一番小さいところで、ロックインアンプ「Signal output」と ABmm 本体前面下部の「stabilize」を BNC で接続する。

(5)うまくロックがかかれば、振幅が小さいところで安定する。かかるないときは、ロックインアンプの位相を 90 度ずつ回して、ロックがかかるところを探す。それでもかかるないときは、一度 BNC を「stabilize」からはずし、もう一度共振周波数を確認する。そして、ロックインアンプの電源を一度切って再度立ち上げてみる。

(6)ロックがかかったら、ロックインアンプの測定レンジを少しずつ上げていく。そしてあげたびに、位相を微調整して振幅が最小になるようにオシロスコープの出力を見ながら調整する。

(7)大体 20mV レンジぐらいまでかかれば OK。その他の設定としてロックインアンプは、

Time constant = 0.1 sec にして、ABmm の Ch1 の設定を "High stability" に変更している。  
(通常は、"Low noise" に設定されている。)

(8) 後は、磁場 Sweep に従い ESR 測定を行う。



