

LMP-100SCAN 3.0 ソフトウェア 取扱説明書

Ver. 10931903-001-S01

承認	担当
■	■

ARIOS

アリオス株式会社
〒196-0021 東京都昭島市武蔵野 3-2-20
TEL042-546-4811 FAX042-546-4814
Email: info@arios.co.jp

目次

1. 注意事項	.....	3
2. 品名	.....	5
3. 概要	.....	5
4. 動作環境	.....	5
5. 機能	.....	5
6. 計測システム構成	.....	5
7. 画面説明	.....	7
8. 準備	.....	18
9. 操作方法	.....	21
10. プラズマに関する資料	.....	24
11. 参考文献	.....	25
12. トラブルシューティング	.....	26

1. 注意事項(必ずお読みください)



警告

取り扱いを誤った場合に、使用者が重大な傷害を負う危険が生じる事が想定されます。また、重大な物的損害が生じる事が想定されます。



以下の内容を守り、正しく御使用下さい。

①以下のような環境でのご使用は、お避けください。

- 直射日光のあたる場所や、周囲温度が「0～40℃」の範囲を超える場所。
- 相対湿度が「30%RH～85%RH」の範囲を超える場所や急激な温度変化により結露するような場所。
- 腐食性ガスや可燃性ガスの雰囲気中。
- 塵埃、鉄粉、塩分の多い場所。
- 水、油、薬品等のかかる恐れのある場所。

②本製品は人命や財産に影響が予想される設備や機器、高度な信頼性を必要とする設備や機器などへの組込みや制御等への使用は意図されておりません。これらの設備や機器等に本製品を使用し、人身事故、財産障害が生じても、一切の責任を負いません。

③計測システム全体の非常停止機構は付属しておりませんので、外部で構成してください。

④停電時には動作の状態がリセットされます。計測システムの停止が他の機器に影響を及ぼす場合には、外部に保護機構を設ける等の対策が必要です。

⑤計測器が電源入力中は、プローブ電極や計測器の出力端子等に触れないでください。故障や感電の恐れがあります。

⑥接続ケーブルに損傷がある場合は、直ちに電源を切って使用を停止し、修理を依頼してください。

⑦測定機器が故障と思われる現象(異音や過熱、発煙等)が発生した場合には、直ちに電源を切って使用を停止し、修理を依頼してください。

⑧本書の内容は万全を期しておりますが、万一ご不審な点や誤りなどお気づきのことがありましたら、お手数ですがアリオス株式会社までご連絡下さい。

⑨本製品の運用を理由とする損失、損害等の請求に関しましては、上記に関わらず一切の責任を負いかねますので、予めご了承願います。

⑩本製品が外国為替及び外国貿易管理法の規定により戦略物資または役務に該当する場合には、同法に基づく輸出許可、承認(又は、役務取引許可)が必要です。

⑪本書及びその内容により、またはそれに関連して発生した損害に対して一切責任を負いません。

⑫データの消失、利益の逸失、製品の使用から生じた損失や、付随的または結果的に生じた損害に対して、その損害が発生する可能性を通知されていた場合でも、一切の責任を負いません。

⑬著作権法に基づき、当社の事前の承諾なく、複製、記録、情報検索システム等への保存、配布を含め、本製品

の原版(オリジナル版)をいかなる手段によっても複製または転載することを禁止します。

⑭本書中に掲載しているシステム名及び製品名は、それぞれ各社の商標または登録商標です。

⑮パソコンは OS がクリーンインストールされ、正常に動作していることを前提とします。既にインストールされているソフトウェア、特殊なハードウェアが接続されている場合のトラブルについては責任を負いかねます。

ARIOS INC.© 2014 All Rights Reserved.

2. 品名

LMP-100SCAN 3.0 ソフトウェア

3. 概要

本ソフトウェアはラングミュアプローブにより、プラズマ密度などのプラズマパラメータとその分布を測定するものです。

4. 動作環境

- OS : Windows7 以降機種搭載
- CPU : Celeron 2GHz 以上(Core i3 3.3GHz 相当を推奨)
- メモリ : 1GB 以上
- HDD 空き容量 : 2GB 以上
- ポート : USB2.0 x2
- ディスプレイ解像度 : 1024 × 768 ピクセル以上

5. 機能

- プラズマ密度[個/cm³]
- 電子温度[eV]
- プラズマ電位[V]
- 飽和イオン電流[mA]
- 飽和電子電流[mA]
- 電子エネルギー分布関数[1/(eV・cm³)]
- 自動測定
- 測定点自動切換
- 最大測定点数 100 点(10×10)
- 3D 分布グラフ表示
- 電圧電流特性リアルタイムモニタ
- 電極面積設定
- データファイル出力(測定データ、解析データ)
- 日本語表記

6. 計測システム構成

- シングルプローブ(フィードスルー付き)、
またはマルチポイントプローブ(別途フィードスルーが必要となります)
- ソースメジャーユニット GS610(横河電機社製)、237、2400(ケースレー社製)、6243(ADCMT社製)
- ケーブル類
- 処理ソフトウェア LMP-100SCAN
- 多点切換ユニット(シングルプローブでは不要となります)
- GPIBコントローラ GPIB-USB-HS(日本ナショナルインスツルメンツ社製)
- パーソナルコンピューターPC(Windows搭載)

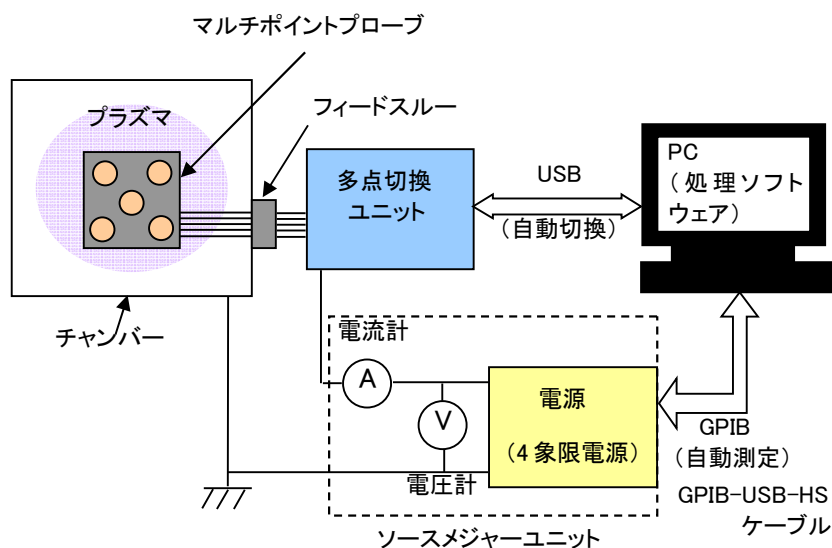


図 6-1 計測システム構成図(マルチポイントプローブ)

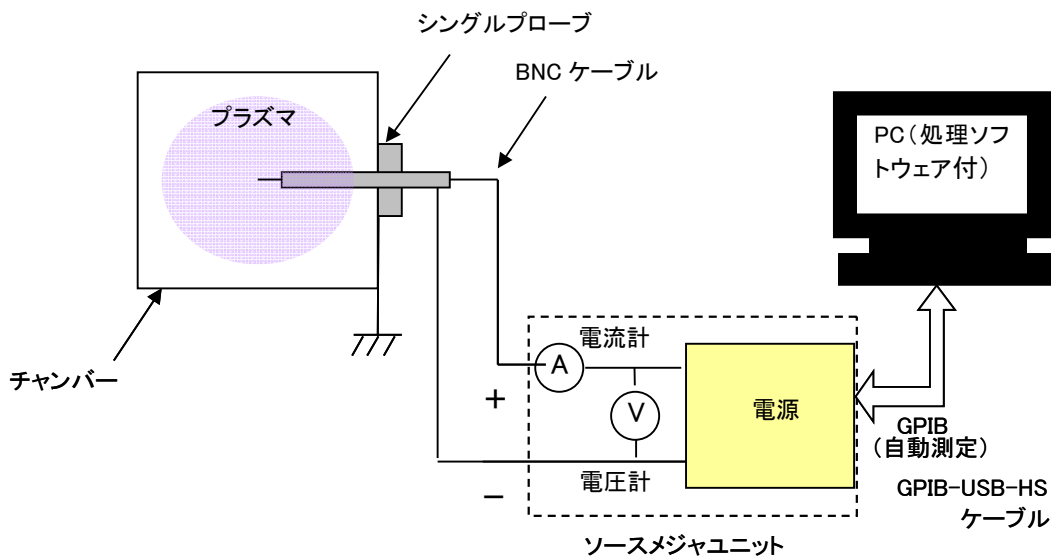


図 6-2 計測システム構成図(シングルプローブ)

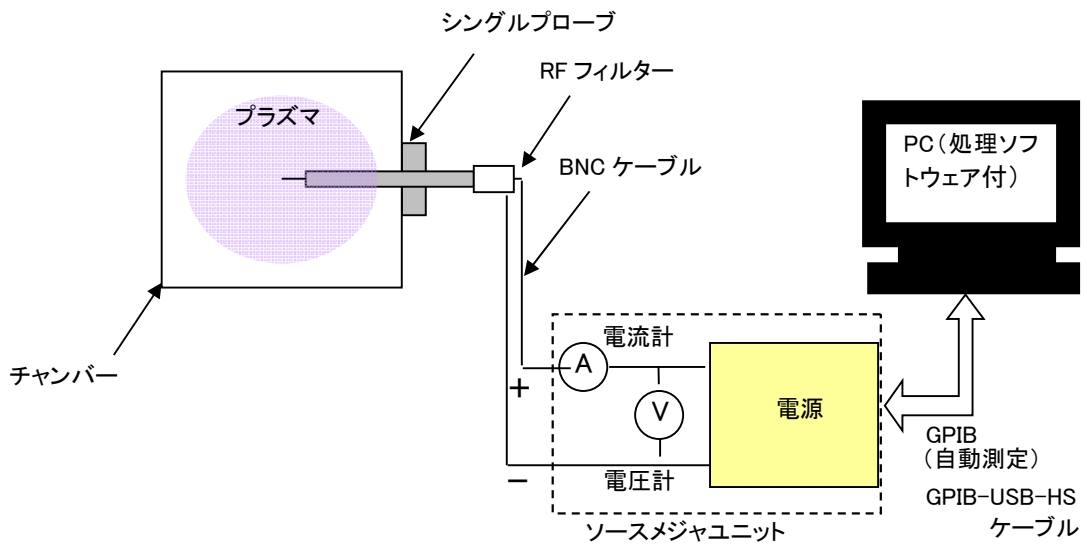


図 6-3 計測システム構成図(シングルプローブ[RF フィルター使用時])

7. 画面説明

7.1 測定設定

図 7-1 □内は測定についての設定を入力する部分です。

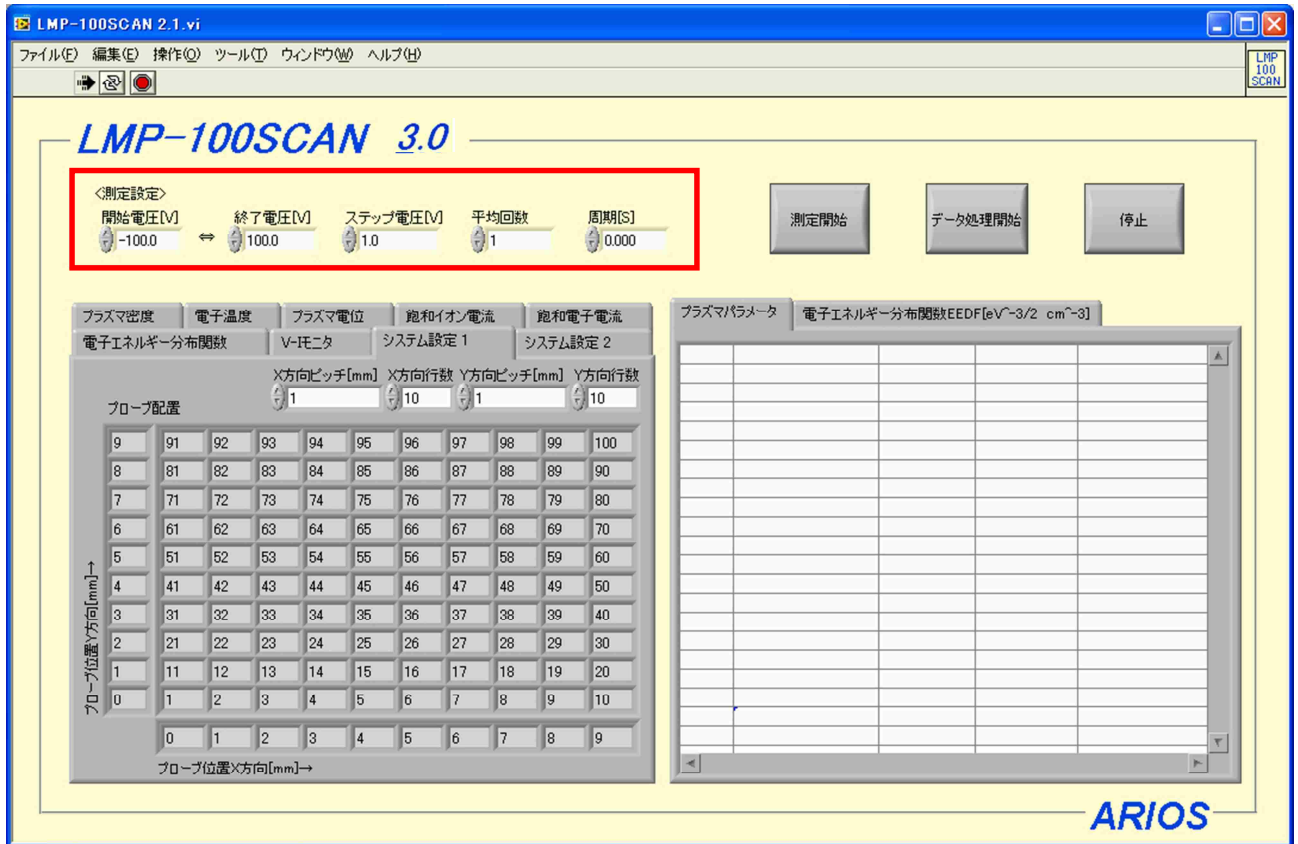


図 7-1 測定設定

Ⓐ 開始電圧

測定範囲の最小値を入力します。単位は[V]です。設定可能な最小値は-100 です。

Ⓑ 終了電圧

測定範囲の最大値を入力します。単位は[V]です。設定可能な最大値は100 です。

Ⓒ ステップ電圧

測定範囲で変化させる電圧の間隔を入力します。単位は[V]です。設定可能値は0.1～200です。
ステップ電圧は測定範囲を割り切れる値に設定して下さい。

Ⓓ 平均回数

平均値でデータを取得するときの繰り返し回数を入力します。単位は[回]です。
設定可能値は1、2、4、8、16、32です。

Ⓔ 周期

測定のサンプリング周期を間隔時間で入力します。単位は[sec]です。設定可能値は0～10です。

7.2 システム設定

図 7-2 のタブ制御器内「システム設定 1」と「システム設定 2」は、計測器、電極面積、プローブ配置、スキャン順序などの計測システムを設定する部分です。

※シングルプローブをご使用の場合もシステム設定を行なってください。

※シングルプローブでも多点測定を行うことは可能です。



図 7-2 システム設定

㊦ X 方向ピッチ

マルチポイントプローブを使用する場合、の電極間隔を入力します。

シングルプローブを使用する場合でも設定します。単位は[mm]です。設定可能な最小値は 1 です。

㊦ X 方向行数

マルチポイントプローブを使用する場合、プローブの X 方向(任意)で使用する行数を入力します。

シングルプローブを使用する場合でも設定します。単位は「行」です。設定可能値は 1~10 です。

㊦ Y 方向ピッチ

マルチポイントプローブを使用する場合、プローブの Y 方向(任意)の電極間隔を入力します。

シングルプローブを使用する場合でも設定します。単位は[mm]です。設定可能な最小値は 1 です。

㊦ Y 方向行数

マルチポイントプローブを使用する場合、プローブの Y 方向(任意)で使用する行数を入力します。

シングルプローブを使用する場合でも設定します。単位は「行」です。設定可能値は 1~10 です。

㊦ プローブ配置

㊦㊦で設定した条件より、自動的にプローブ電極番号を配置します。単位は[番]です。

㊦㊦で設定した条件より、自動的にプローブ位置 X 方向と Y 方向を表示します。単位は[mm]です。

例えば図 7-2 では、77 番プローブの位置座標は、原点 0 から X 方向に 6[mm]、Y 方向に 7[mm]の位置にあります。

シングルプローブ測定でも、設定した点数分連続して測定を行うことができます。

㊦ スキャン順序

マルチポイントプローブを測定する場合、プローブ電極ごとに測定する順番を入力します。単位は「番目」です。

㊦㊦で設定した条件より、自動的に升目を表示します。

「デフォルト」ボタンをクリックすると、プローブ電極番号順に測定するよう自動設定します。

升目は㊦のプローブ電極番号の升目に対応しており、図 7-2 ではプローブ電極番号順にスキャンすることになります。シングルプローブを使用する場合でも設定します。

㊸計測器

計測器を設定します。

ソースメジャーユニット GS610(横河電機社製)、237、2400(ケースレー社製)、6243(ADCMT社)を選択できます。

㊹電極面積

プローブの電極面積を入力します。単位は[mm²]です。

㊺設定読込

ボタンをクリックすると㊸で保存したファイルを読み込みます。

㊻設定保存

ボタンをクリックすると「システム設定 1」と「システム設定 2」の設定をファイルに保存します。

7.3 開始/停止ボタン

図 7-3 □内は測定やデータ処理などの開始/停止を行なう部分です。

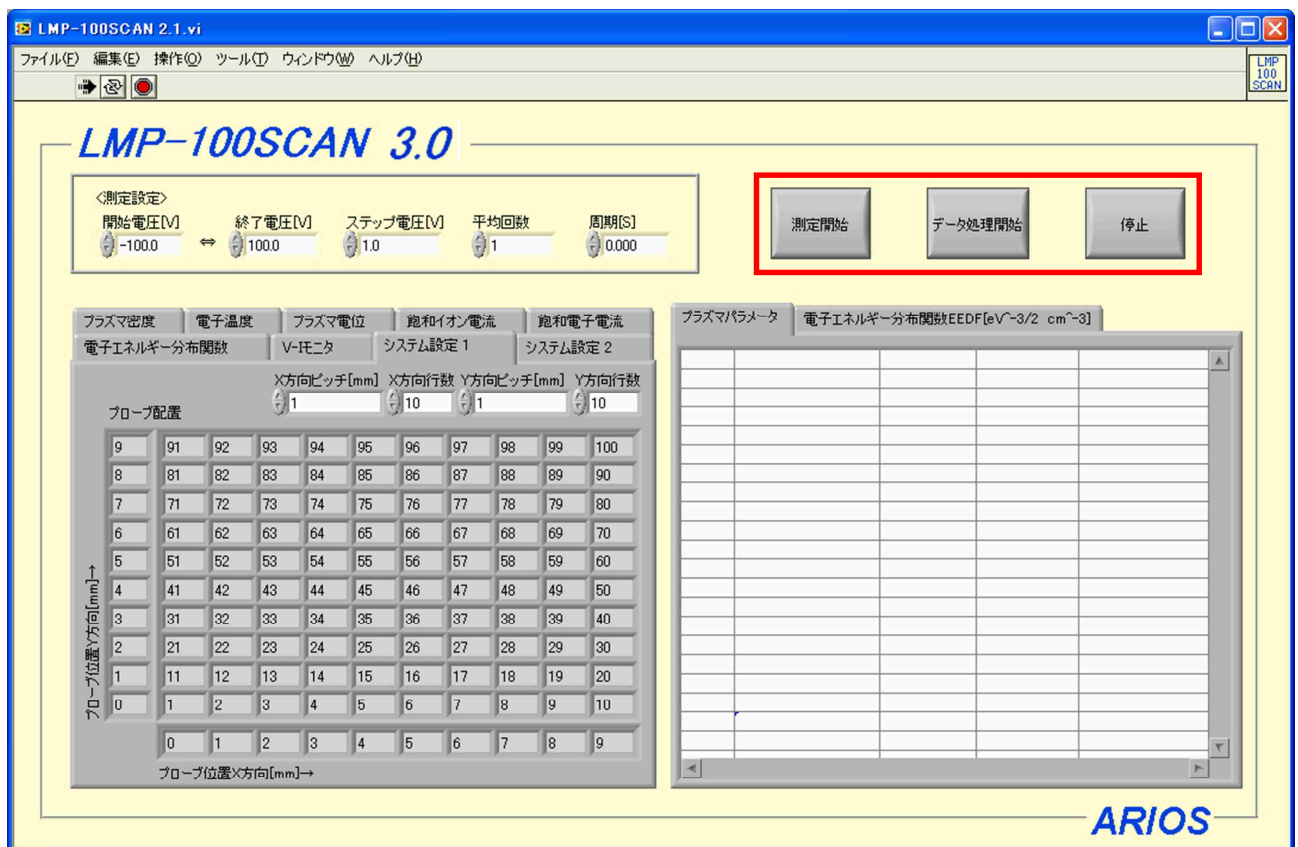


図 7-3 開始/停止ボタン

㊼測定開始

ボタンをクリックすると緑に点灯し、測定を開始します。再びクリックすると消灯し測定を停止します。測定終了後、任意の場所に測定データを保存することが出来ますが、データの名称に半角文字の“*”や“:”(コロン)を使用しないでください。

㊦データ処理開始

ボタンをクリックすると緑に点灯し、データ処理を開始します。
ボタンが緑に点灯中はデータ処理中なので、他の作業を行なうことは出来ません。

㊧停止

ボタンをクリックするとソフトを停止し、ウィンドウを閉じます。測定中やデータ処理中は無効です。

7.4 V-I モニタ

図 7-4 のタブ制御器内「V-I モニタ」は、測定中の電圧電流特性 V-I を測定点ごとにモニタする部分です。

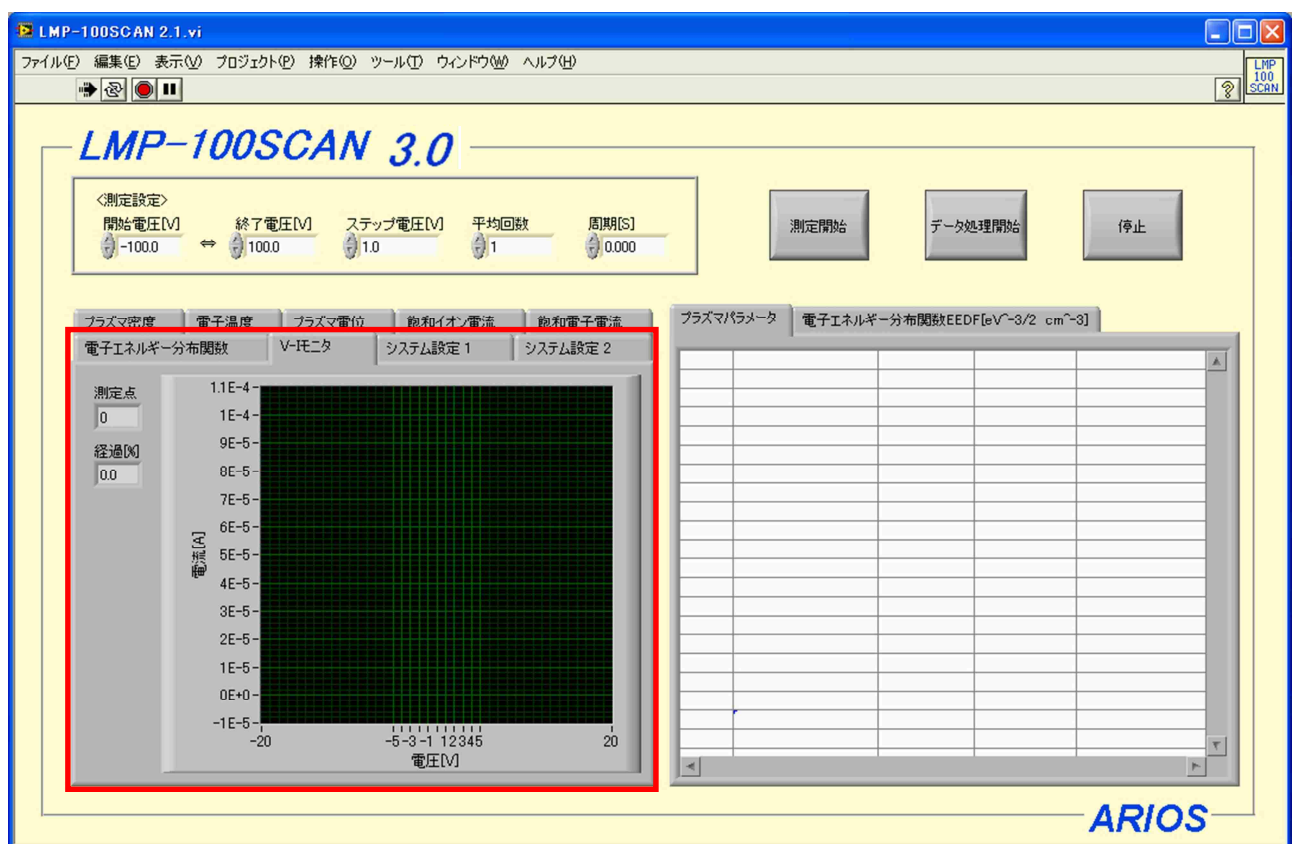


図 7-4 V-I モニタ

㊨測定点

測定中のプローブ電極番号を表示します。単位は[番]です。

㊩経過

全測定過程のうち、測定が終了した割合を表示します。単位は[%]です。

㊪V-I グラフ

測定中のプローブにおける電圧電流特性をモニタします。測定点ごとに更新されます。
横軸は電圧で単位は[V]、縦軸は電流で単位は[A]です。

7.5 3D グラフ

図 7-5 のタブ制御器内「プラズマ密度」、「電子温度」、「プラズマ電位」、「飽和イオン電流」、「飽和電子電流」は、マルチポイントラングミュアプローブで測定した場合の各プラズマパラメータの分布を 3D 表示する部分です。シングルプローブでは点、及び直線で確認することが可能です。

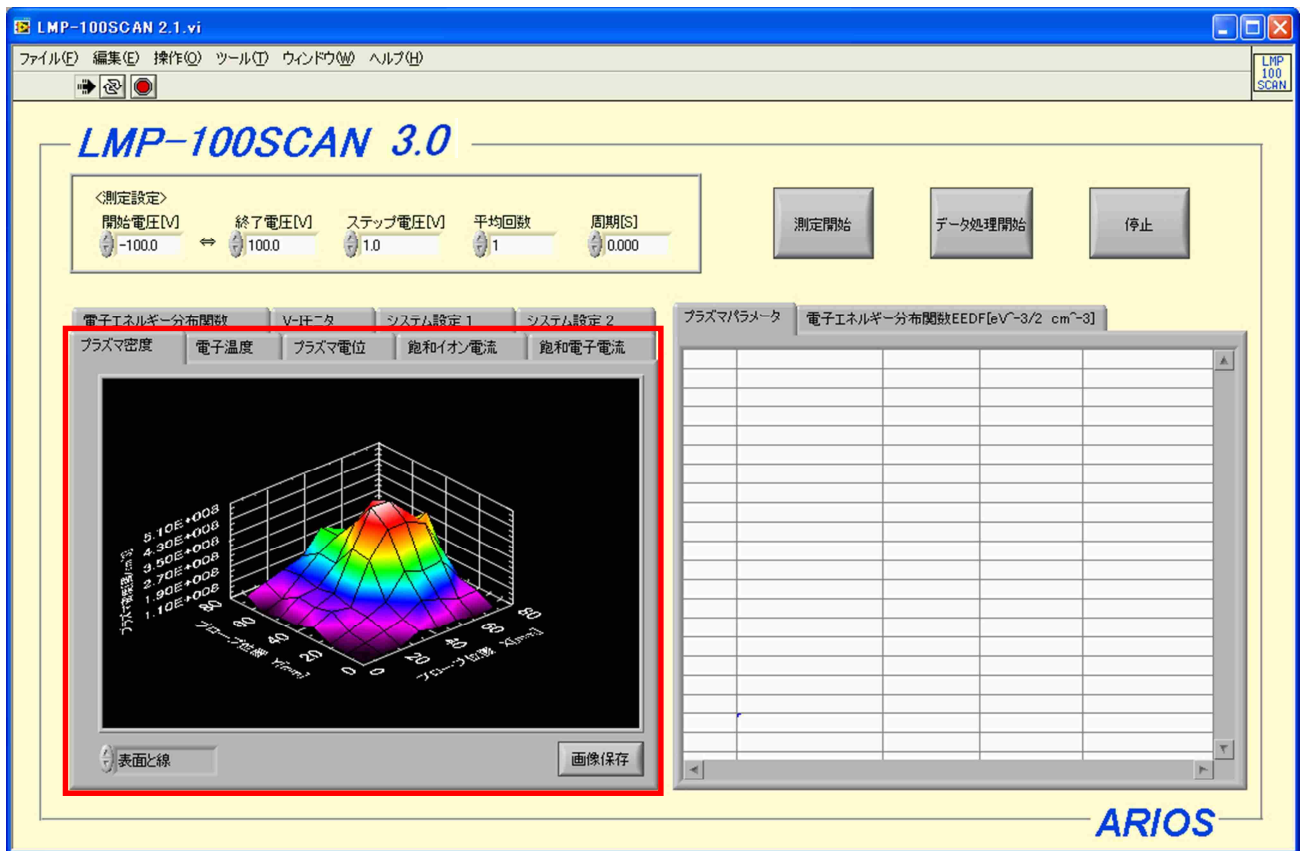


図 7-5 3D グラフ

① 3D グラフ

マルチポイントプローブで測定した場合、データ処理で算出したプラズマ密度、電子温度、プラズマ電位、飽和イオン電流、飽和電子電流の分布を 3D 表示します。

シングルプローブの場合、1 点のみ中心に表示しますが、図 7-5 のような分布としての表示はありません。

クリック+ドラッグでグラフを回転させることができます。

グラフの縦軸(プローブ位置 Y)と横軸(プローブ位置 X)における測定点の位置は④に対応し、単位は[mm]です。高軸は各プラズマパラメータで、単位は[mm]です。

② プロットスタイル

左の矢印をクリックすると①の表示方法を変更します。

③ 画像保存

ボタンをクリックすると、①の画像を JPG ファイルとして保存します。

7.6 電子エネルギー分布関数グラフ

図 7-6 のタブ制御器内「電子エネルギー分布関数」は、全測定点の電子エネルギー分布関数を表示する部分です。

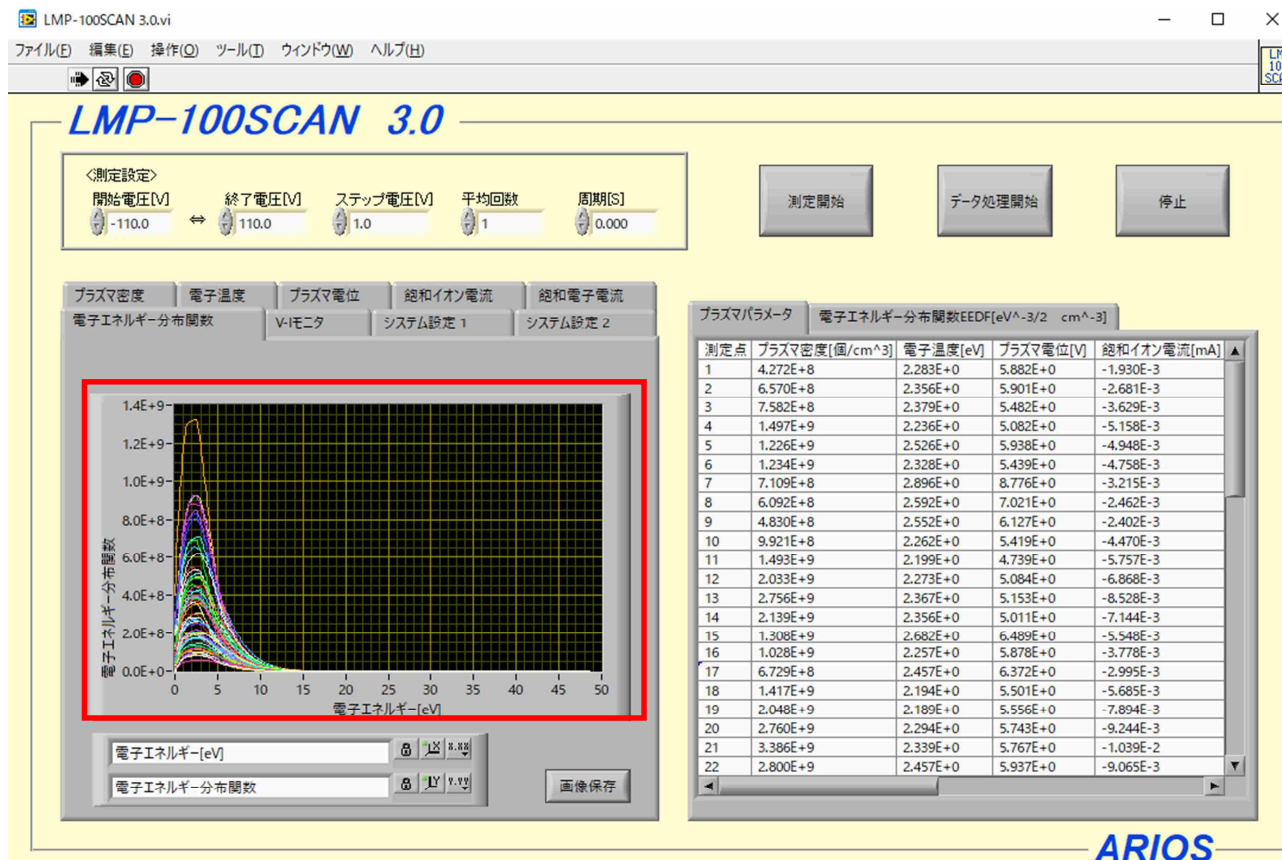


図 7-6 電子エネルギー分布関数

① 電子エネルギー分布関数グラフ

データ処理で算出した電子エネルギー分布関数を、全測定点分グラフ表示します。

横軸は電子エネルギーで単位は[eV]、縦軸は電子エネルギー分布関数で単位は、 $[1/(eV \cdot cm^3)]$ ※です。

② 画像保存

ボタンをクリックすると、①の画像を JPG ファイルとして保存します。

※EEDF は、指定領域の電子の個数を、各エネルギー毎に数え上げた関数です(挿絵参照)。

そのため、全エネルギー分の総和(=全エネルギーで積分)が、(指定領域)電子の個数=電子密度=プラズマ密度となります。このことから、その単位は[プラズマ密度/エネルギー]であり、 $[1/(eV \cdot cm^3)]$ となります。

文献によっては、 $[1/(eV^3/2cm^3)]$ が使われる事もありますが、これは正しくは、電流電圧曲線の 2 階微分(d^2I_e/dV^2)で得られる曲線に、係数を乗じた、EEDF と呼ばれる関数の単位です。

EEDF は、EEDF に \sqrt{E} を乗じたものとなるため、正しい単位は $[1/(eV \cdot cm^3)]$ となります。

なお、実験で得られる値は誤差が大きい(弊社のように一次データの平滑化を行わなければ、EEDF は綺麗な曲線になりません)、EEDF 自体を arbitrary unit(任意の値)と表現される事もあります。

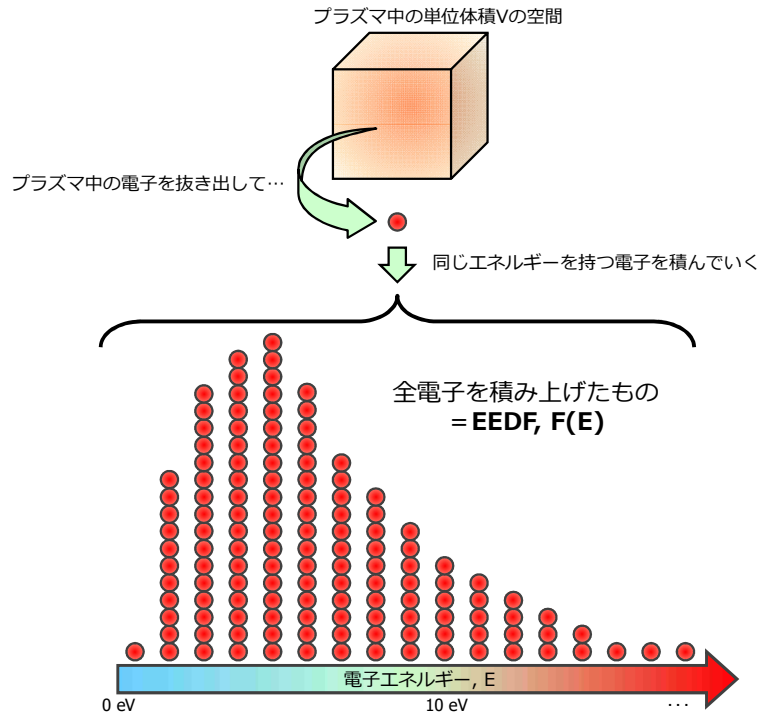


図 7-7 EEDF の物理的意味

7.7 表

図 7-7 のタブ制御器内「プラズマパラメータ」と「電子エネルギー分布関数 EEDF[1/(eV・cm³)]」は、全測定点の各プラズマパラメータと電子エネルギー分布関数を表に表示する部分です。

測定点	プラズマ密度 [個/cm ³]	電子温度 [eV]	プラズマ電位 [V]	飽和イオン電流 [mA]
1	3.396E+7	1.159E+0	2.449E+0	-2.183E-4
2	4.187E+7	1.099E+0	2.373E+0	-3.158E-4
3	5.116E+7	9.269E-1	2.297E+0	-4.199E-4
4	1.062E+8	8.055E-1	1.934E+0	-6.112E-4
5	7.615E+7	1.613E+0	4.030E+0	-5.897E-4
6	8.295E+7	1.846E+0	4.876E+0	-6.024E-4
7	5.025E+7	2.111E+0	5.876E+0	-3.939E-4
8	5.350E+7	1.175E+0	2.555E+0	-4.200E-4
9	3.335E+7	1.156E+0	2.379E+0	-2.681E-4
10	6.311E+7	8.199E-1	2.119E+0	-4.231E-4
11	1.072E+8	9.556E-1	2.229E+0	-6.296E-4
12	1.405E+8	1.093E+0	1.640E+0	-8.951E-4
13	2.112E+8	1.220E+0	1.645E+0	-1.111E-3
14	1.752E+8	1.379E+0	2.225E+0	-8.742E-4
15	1.269E+8	1.499E+0	2.699E+0	-8.470E-4
16	1.066E+8	1.166E+0	1.629E+0	-6.930E-4
17	4.755E+7	8.496E-1	2.225E+0	-3.356E-4
18	8.811E+7	9.473E-1	2.413E+0	-5.604E-4
19	1.615E+8	1.130E+0	2.083E+0	-9.312E-4
20	2.580E+8	1.270E+0	1.856E+0	-1.332E-3

電子エネルギー [eV]	1	2	3	4	5	6	7
0.000E+0	2.023E+2	1.072E+2	1.842E+2	2.751E+2	3.399E+2	1.771E+2	1.9
1.000E-1	1.539E+2	2.931E+2	3.454E+2	1.502E+2	4.761E+2	4.982E+2	5.5
2.000E-1	3.601E+2	5.057E+2	4.959E+2	3.244E+2	6.922E+2	8.759E+2	9.6
3.000E-1	5.772E+2	6.876E+2	5.933E+2	4.982E+2	9.454E+2	1.215E+2	1.3
4.010E-1	7.432E+2	7.860E+2	6.518E+2	6.198E+2	1.187E+2	1.426E+2	1.5
5.000E-1	8.157E+2	8.505E+2	7.054E+2	6.653E+2	1.369E+2	1.569E+2	1.6
6.000E-1	8.672E+2	9.070E+2	7.494E+2	6.997E+2	1.473E+2	1.693E+2	1.7
7.000E-1	9.103E+2	9.511E+2	7.791E+2	7.275E+2	1.558E+2	1.799E+2	1.8
8.000E-1	9.420E+2	9.781E+2	7.901E+2	7.472E+2	1.630E+2	1.887E+2	1.9
9.010E-1	9.591E+2	9.845E+2	7.906E+2	7.568E+2	1.688E+2	1.961E+2	2.0
1.000E+0	9.613E+2	9.844E+2	7.911E+2	7.565E+2	1.730E+2	2.026E+2	2.0
1.100E+0	9.611E+2	9.842E+2	7.914E+2	7.513E+2	1.761E+2	2.084E+2	2.0
1.200E+0	9.608E+2	9.838E+2	7.916E+2	7.426E+2	1.789E+2	2.134E+2	2.1
1.300E+0	9.602E+2	9.833E+2	7.917E+2	7.312E+2	1.812E+2	2.179E+2	2.1
1.401E+0	9.595E+2	9.820E+2	7.846E+2	7.180E+2	1.829E+2	2.202E+2	2.1
1.500E+0	9.566E+2	9.692E+2	7.668E+2	7.010E+2	1.837E+2	2.226E+2	2.1
1.600E+0	9.424E+2	9.445E+2	7.421E+2	6.730E+2	1.836E+2	2.247E+2	2.1
1.700E+0	9.186E+2	9.122E+2	7.140E+2	6.369E+2	1.828E+2	2.264E+2	2.1
1.800E+0	8.892E+2	8.771E+2	6.865E+2	5.964E+2	1.815E+2	2.275E+2	2.1

図 7-7 表

① プラズマパラメータ

データ処理で算出したプラズマパラメータの結果を表に表示します。
一番左の列に表示されている測定点の行ごとに、その点のプラズマパラメータが横並びに表示されます。パラメータの種類と単位は一番上の行に表示されています。

② 電子エネルギー分布関数 EEDF[1/(eV・cm³)]

データ処理で算出した電子エネルギー分布の結果を表に表示します。
一番左の列に表示されているのは電子エネルギーで、単位は[eV]です。
一番上の行に表示されている数字が測定点で、列ごとにその点の電子エネルギー分布関数が表示されます。

単位は $[1/(eV \cdot cm^3)]$ です。

7.8 プラズマパラメータ算出

測定点 1 点ずつのデータ処理をするウィンドウです。

図 7-8 のようにグラフ上に 2 直線を引き、プラズマ密度などのプラズマパラメータを算出します。データ処理に関する資料は「10.プラズマに関する資料」をご参照下さい。

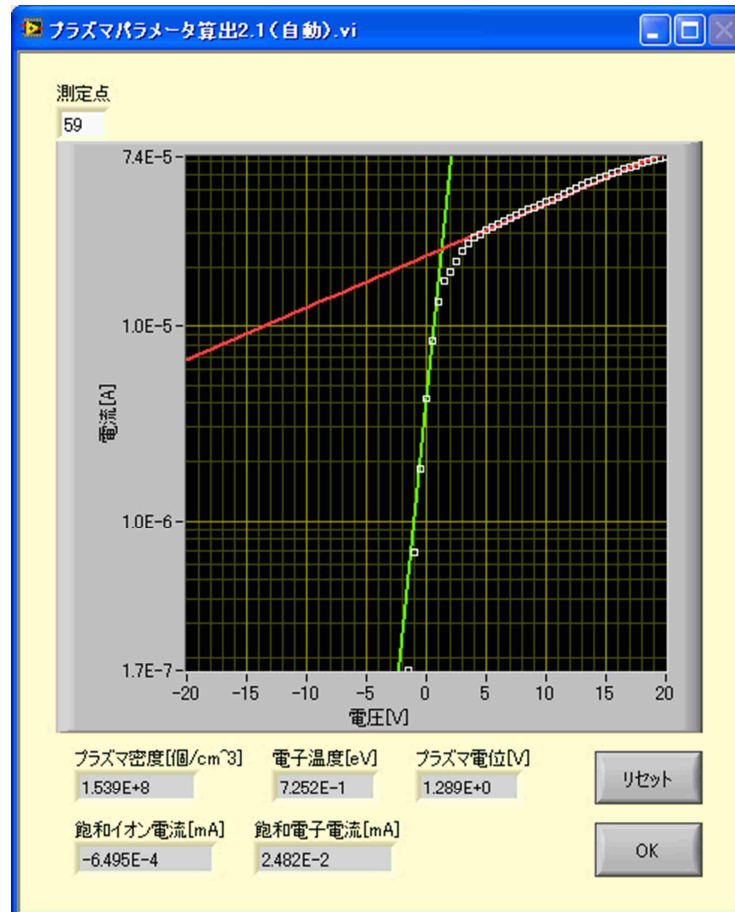


図 7-8 プラズマパラメータ算出

㉓測定点

データ処理をする測定点を表示します。

㉔semilog V-I グラフ

データ処理をする測定点の電圧電流特性を片対数グラフで表示します。横軸は電圧で単位は[V]、縦軸は電流で単位は「A」です。

㉕プラズマ密度

㉔グラフ上の 2 本の直線より算出したプラズマ密度を表示します。単位は $[個/cm^3]$ です。

㉖電子温度

㉔グラフ上の 2 本の直線より算出した電子温度を表示します。単位は[eV]です。

㉗プラズマ電位

㉔グラフ上の 2 本の直線より算出したプラズマ電位を表示します。単位は[V]です。

㉘飽和イオン電流

電圧電流特性より算出した飽和イオン電流を表示します。単位は[mA]です。

①飽和電子電流

④グラフ上の2本の直線より算出した飽和電子電流を表示します。単位は[mA]です。

①リセット

ボタンをクリックすると、自動検出した2本の直線を④グラフ上に引きます。

ⓀOK

ボタンをクリックすると、データ処理している測定点のプラズマパラメータを決定し、次の測定点のデータ処理作業へ移ります。

7.9 詳細確認

データ処理後に、2本の直線など処理の詳細を確認するウィンドウです。

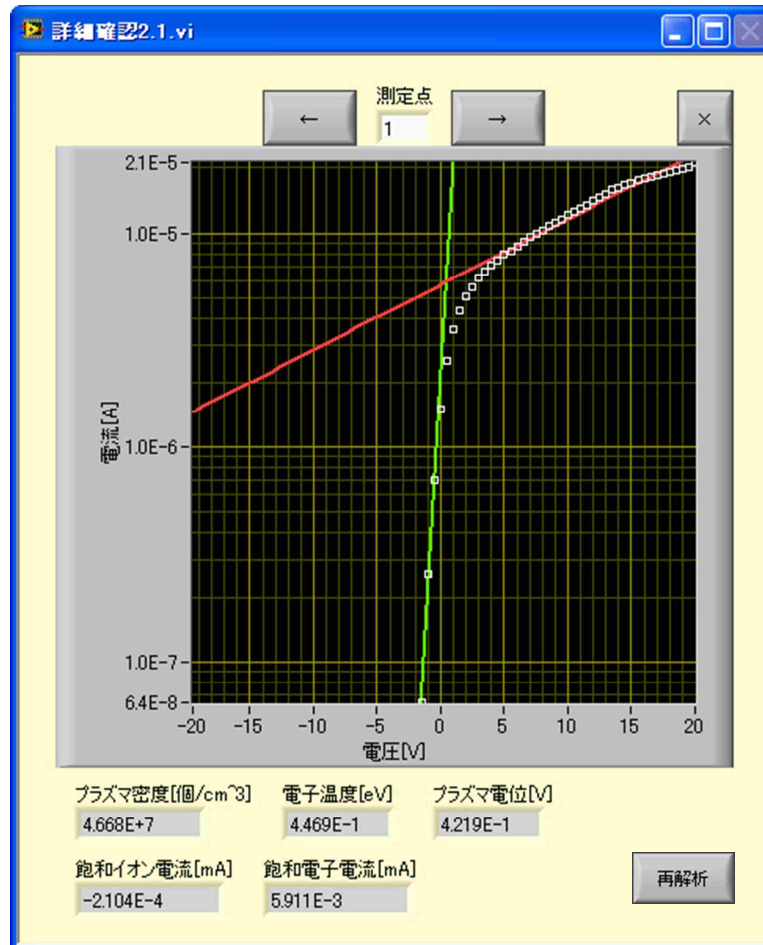


図 7-9 詳細確認

- ① ←
ボタンをクリックすると、(表示している測定点-1)の測定点の詳細確認作業へ移ります。
- ② →
ボタンをクリックすると、(表示している測定点+1)の測定点の詳細確認作業へ移ります。
- ③ 測定点
詳細確認をする測定点を表示します。確認したい測定点の数字を入力することもできます。
- ④ ×
確認が終わったら、ボタンをクリックしウィンドウを閉じて詳細確認作業を終了します。
- ⑤ semilog V-I グラフ
データ処理したときの④semilog V-I グラフを表示します。
横軸は電圧で単位は[V]、縦軸は電流で単位は「A」です。
- ⑥ プラズマ密度
データ処理後のプラズマ密度を表示します。単位は[個/cm³]です。
- ⑦ 電子温度

データ処理後の電子温度を表示します。単位は[eV]です。

⑨ プラズマ電位

データ処理後のプラズマ電位を表示します。単位は[V]です。

⑩ 飽和イオン電流

データ処理後の飽和イオン電流を表示します。単位は[mA]です。

⑪ 飽和電子電流

データ処理後の飽和電子電流を表示します。単位は[mA]です。

⑫ 再解析

解析データを確認中に再度解析を行いたい場合にクリックします。

7.8 プラズマパラメータ算出の画面に移行し、再度解析を行えます。

解析終了後にOKボタンをクリックすると、データを保存することができ、完了後に詳細確認画面へ戻ります。

8. 準備

8.1 NI-488.2 インストール

GCIB コントローラのデバイスドライバ「NI-488.2」を DVD からインストールします。

DVD 内の『NI4882_1850f1.zip』を解凍後に[setup.exe]を起動すると自動的にインストール開始の画面が出ますので、「ソフトウェアをインストール」をクリックして下さい。インストール途中のインストール項目の選択にて「NI-VISA」が選択されていることをご確認ください。

インストール後、パソコンに GCIB コントローラを接続したときに、「新しいハードウェアの検出ウィザード」が起動した場合は、インストール方法の「ソフトウェアを自動的にインストールする(推奨)」を選択し「次へ」をクリックします。インストール後、「完了」をクリックします。

※ デバイスドライバのバージョンが、取扱説明書と DVD で名称が異なっている場合がありますが DVD 内のドライバが最新版です。「ni4882 * * * *.exe」、「ni4882 * * * *.zip」

※ PC の環境によっても異なりますが、インストールが完了するまでの時間が 1 時間以上かかる場合があります。

8.2 NI-DAQmx インストール

自動直線型ラングミュアプローブで測定を行なう場合は、PROBE CONTROLLER に内蔵されているコントローラ USB-6509 のデバイスドライバ「NI-DAQmx」をインストールする必要があります。DVD からインストールします。

DVD 内の『NIDAQ1860f2.zip』解凍後に [setup.exe] を起動すると自動的にインストール開始の画面が出ますので、「ソフトウェアをインストール」をクリックして下さい。インストール途中にインストール項目の選択がありますが、デフォルト設定のままインストールします。

インストール後、パソコンと多点切換ユニットを接続したときに、「新しいハードウェアの検出ウィザード」が起動した場合は、インストール方法の「ソフトウェアを自動的にインストールする(推奨)」を選択し「次へ」をクリックします。インストール後、「完了」をクリックします。「USB-6 × × × Firmware Loader」が起動した場合も、「新しいハードウェアの検出ウィザード」と同様の手順でインストールします。

※ デバイスドライバのバージョンが、取扱説明書と DVD で名称が異なっている場合がありますが DVD 内のドライバが最新版です。、「NIDAQ * * * *.exe」、、「NIDAQ * * * *.zip」

※ PC の環境によっても異なりますが、インストールが完了するまでの時間が 1 時間以上かかる場合があります。

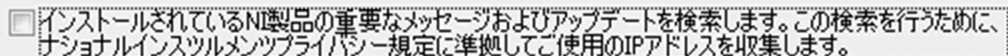
8.3 LabVIEW Run-Time インストール

本ソフトウェアを使用する際に必要なランタイムエンジンソフトウェアです。

DVD 内にある「LVRTE2018_f2Patchstd.exe」を起動し、インストールして下さい。

※ デバイスドライバのバージョンが、取扱説明書と DVD で名称が異なっている場合がありますが DVD 内のドライバが最新版ですので、「LVRTE * * * *.exe」をインストールして下さい。

※ 8.1～8.3 をインストールしている途中で、下記のメッセージが表示されますがチェックボックスのチェックを外して次へ進んで下さい。



インストールされているNI製品の重要なメッセージおよびアップデートを検索します。この検索を行うために、ナショナルインストールメンツプライバシー規定に準拠してご使用のIPアドレスを収集します。

8.2 計測器の設定

計測器のソースメジャーユニット GS610 または 237、2400、6243 とパソコンを GPIB コントローラで接続します。

計測器の電源ケーブルを接続し、電源を ON します。

8.1～8.3 のインストール後パソコンを再起動すると、デスクトップ上に「NI MAX[Measurement & Automation (以下 MAX)]」のショートカットが作成されますのでそこから MAX を起動して下さい。

※ デバイスドライバのバージョンなどがなどにより、以下の説明の図が多少異なっている場合があります。

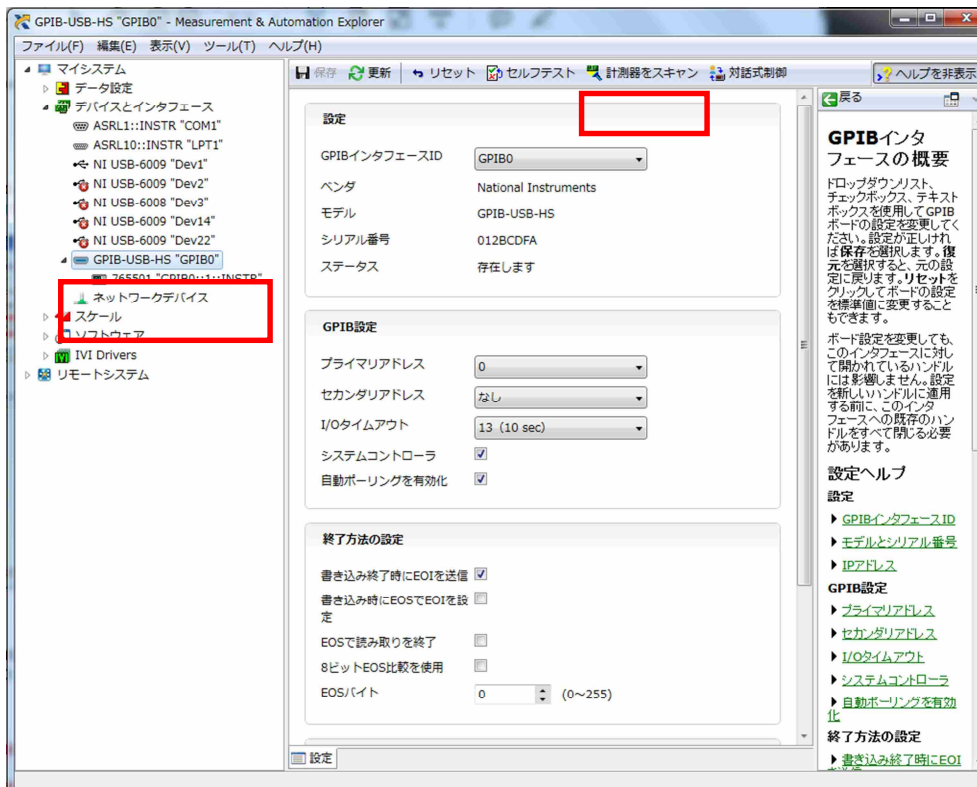


図 8-1 計測器の設定その1

図 8-1 のように「構成→マイシステム→デバイスとインターフェース→GPIB0(GPIB-USB-HS+)」となっていることを確認します。「GPIB0(GPIB-USB-HS)」を選択し、「計測器をスキャン」をクリックします。図 8-2 のように「765501」が検出されます。「765501」を選択し、「VISA プロパティ」のタブをクリックします。
 ※ 「765501」は GS610 でのナンバーです。他の機器では、ナンバーは異なります。

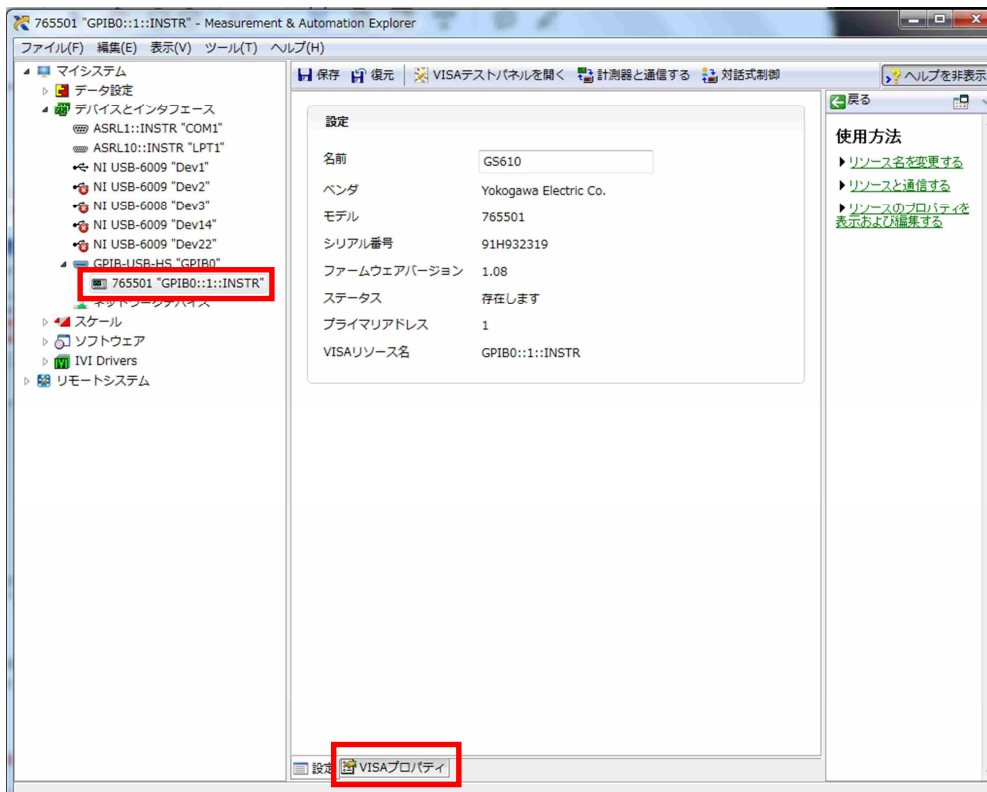


図 8-2 計測器の設定その2

図 8-3 のように「マイシステム上の VISA エイリアス(A)」に「GS610」または「237」、「2400」、「6243」を入力し、「保存」をクリックして計測器名を保存します。「MAX」のウィンドウを閉じます。

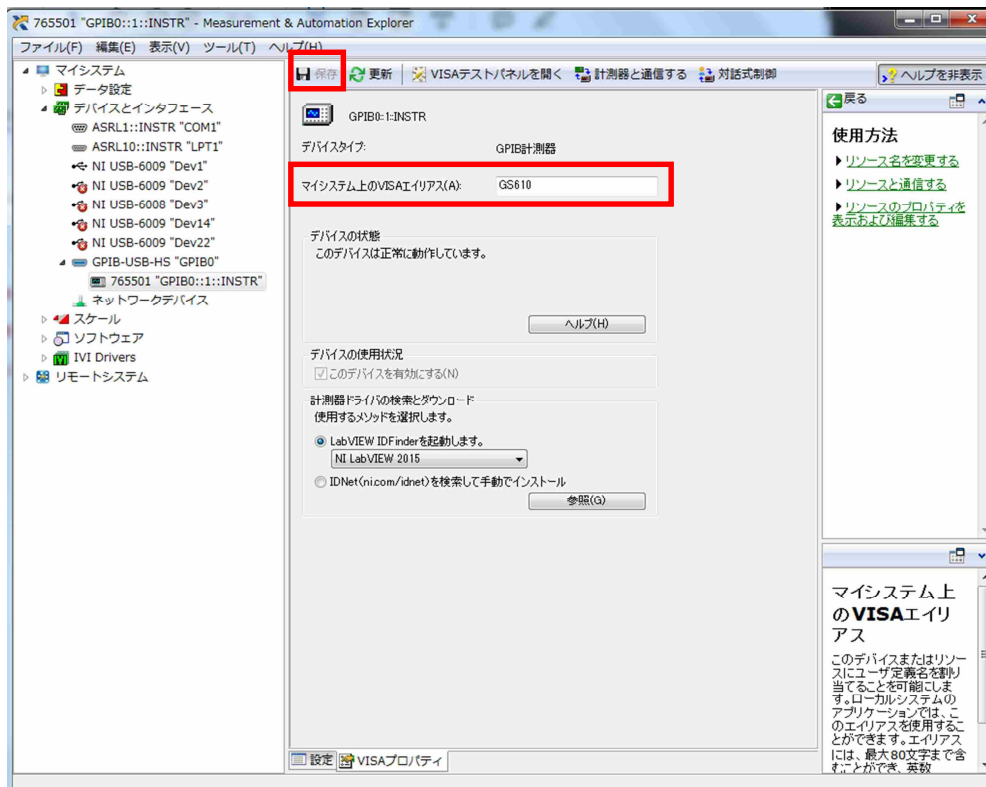


図 8-3 計測器の設定その3

8.3 LMP-100SCAN インストール

「LMP-100SCAN」の DVD 内にある「LMP-100SCAN ソフトウェア」のフォルダをパソコンの任意の場所に保存します。このとき、フォルダ内の「LMP-100SCAN 3.0 .exe」のショートカットをデスクトップ上に作成しておくことでソフト起動時に便利です。

- ※ 「LMP-100SCAN ソフトウェア」は、GPIB-USB-HS+ケーブルや多点切換ユニットのシリアルナンバーを設定してプロテクトとしております。
切換ユニットや GPIB ケーブルを複数使用している場合は、フォルダに記載している対応したソフトウェアをご使用ください。
異なったソフトウェアでは、正常に動作しない可能性があるのでご注意ください。

9. 操作方法

9.1 ソフトウェア起動準備

パソコンを起動し、 GPIB コントローラをパソコンに接続し、プローブ、電源も接続します。

9.2 ソフトウェア起動

8.5 で保存した「LMP-100SCAN.exe」をダブルクリックし、ソフトウェアを起動します。

図 9-1 のようなウィンドウが開きます。黒矢印はソフトが実行状態であることを示します。

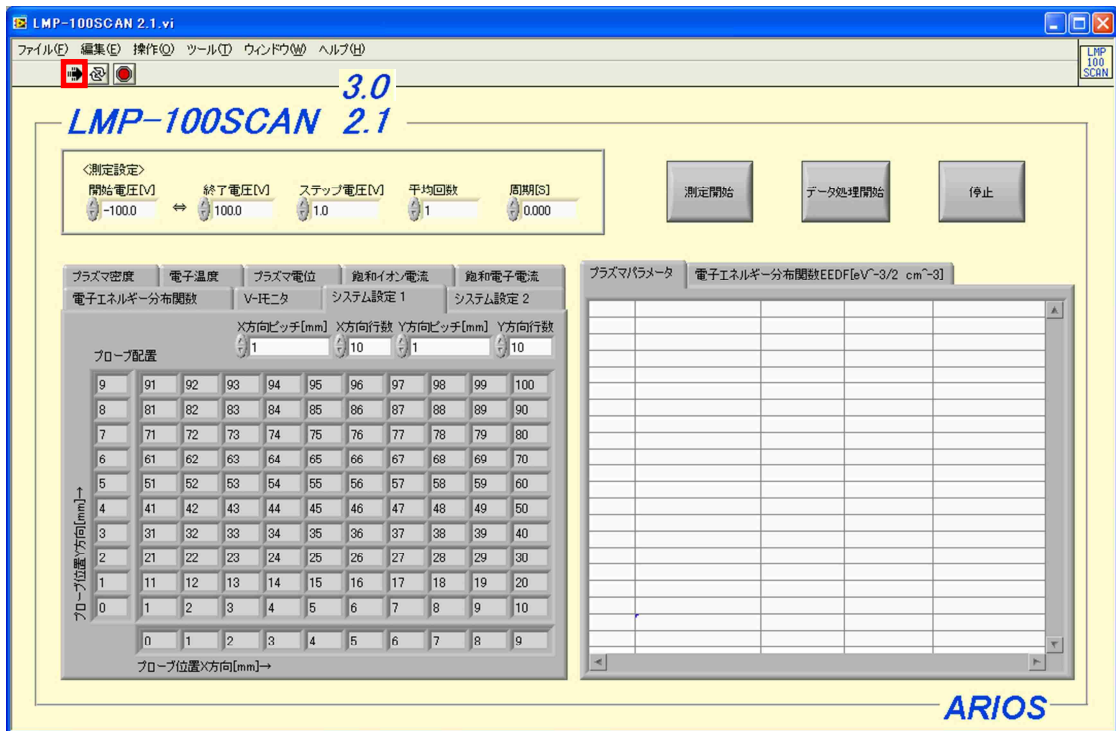


図 9-1 ソフトウェア起動

9.3 測定準備

測定をする場合は、図 6-1 を参考に配線し、全てのユニットの電源を ON します。

7.1 測定設定と 7.2 システム設定を参考にそれぞれ設定を入力します。

基本的には測定設定は取りあえずそのまま一度測定してみます。測定の様子を見て後で調整します。

システム設定1の⑨X 方向ピッチ⑩X 方向行数⑪Y 方向ピッチ⑫Y 方向行数はプローブに合わせて入力します。

システム設定 2 では特にスキャン順序に拘らなければ⑬スキャン順序の「デフォルト」ボタンをクリックし、

※シングルプローブを使用する場合もシステム設定のピッチ、行数の設定を行なってください。

⑭計測器は使用する計測器を選択し、⑮電極面積はプローブの電極面積を入力します。

9.4 測定

⑯測定開始ボタンをクリックすると測定が開始します。7.4V-I モニタにて測定の様子をモニタします。

※シングルプローブで多点切換ユニットを使用しないで多点測定を行う場合は、1 測定点が終了するごとに「プローブを次の測定点へ移動してください」とポップアップが表示されます。プローブ移動完了後に『OK』ボタンを押すと次の測定点での測定が開始します。

9.5 測定停止

測定が最後まで完了した場合は、「測定データファイルの保存先を選択して下さい」のダイアログを表示します。任意の保存先を選択し、測定データを保存して下さい。

また測定途中で停止する場合は、測定中に⑨測定中(停止)ボタンをクリックすると測定を停止し、「測定データファイルの保存先を選択して下さい」のダイアログを表示します。

任意の保存先を選択し、途中停止したところまでの測定データを保存またはキャンセルして下さい。

9.6 データ処理

⑩データ処理開始ボタンをクリックするとデータ処理を開始します。

図 9-2 のような「データ処理」ダイアログを表示します。「自動算出」または「手動算出」をクリックし選択します。

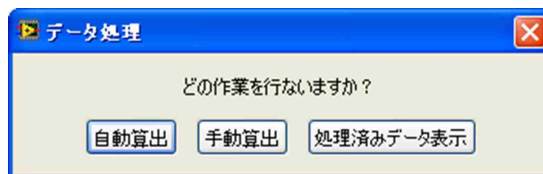


図 9-2 データ処理

「測定データファイルを選択して下さい」のダイアログを表示します。

データ処理する測定データファイルを選択して下さい。

「自動算出」を選択した場合には、図 9-3 のような「フィッティングの設定」のダイアログを表示します。

決定係数とは自動算出によるデータ処理での許可できる誤差の度合いです。通常、0.1~0.3を入力します。

自動算出で決定係数以上の誤差が生じた場合は、確認し手動で修正することができます。

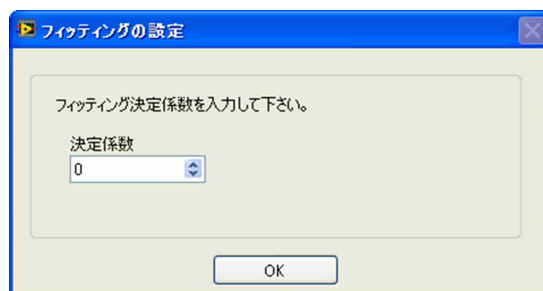


図 9-3 フィッティングの設定

図 9-4 のようなウィンドウが開きます。2本の直線を確認し、良ければ⑫OK ボタンをクリックします。

手動で修正する場合は、⑬semilog V-I グラフにカーソルを持っていくと鉛筆マークになりますので、

クリック+ドラッグで2本の直線を引きます。元の自動検出した直線に戻すには、⑭リセットボタンをクリックします。

データ処理に関する資料は「10.プラズマに関する資料」をご参照下さい。

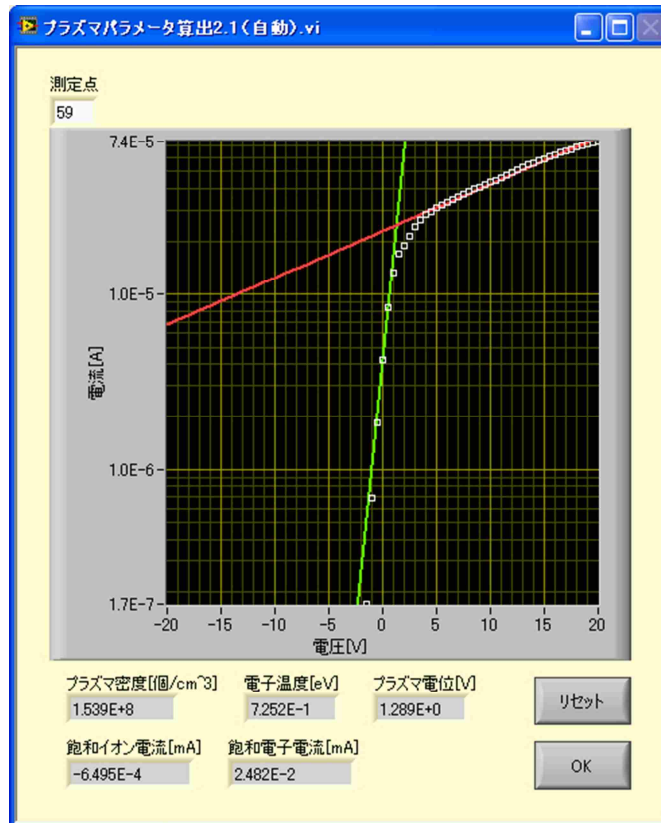


図 9-4 プラズマパラメータ算出

全測定点のデータ処理が終わったら、「処理したデータファイルの保存先を選択して下さい」のダイアログを表示します。任意の保存先を選択し、データ処理したファイルを保存して下さい。
保存後、データ処理結果を 7.5 3D グラフや 7.6 電子エネルギー分布関数グラフ、7.7 表などに表示します。

9.7 処理済みデータ確認

④データ処理開始ボタンをクリックすると処理済みデータの確認を開始します。

図 9-2 のような「データ処理」ダイアログを表示します。「処理済みデータ表示」をクリックし選択します。

図 9-5 のような「処理詳細を確認しますか？」というダイアグを表示します。「Yes」または「No」をクリックし選択します。「Yes」を選択した場合は 7.9 詳細確認を行ないます。

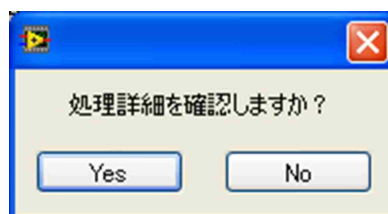


図 9-5 処理詳細

「処理済みデータファイルを選択して下さい」のダイアログを表示します。

確認する処理済みデータファイルを選択して下さい。

先程「Yes」を選択した場合は 7.9 詳細確認を行ないます。確認後、④×ボタンをクリックしウィンドウを閉じます。処理済みデータを 7.5 3D グラフや 7.6 電子エネルギー分布関数グラフ、7.7 表などに表示します。

9.8 ソフトウェア停止

作業が終わったら、計測器の電源を OFF します。

④停止ボタンをクリックし、ソフトウェアを停止します。

10. プラズマに関する資料

プローブをプラズマへ挿入し、電圧を変化させると、図 10-1 のような電流電圧特性が得られます。難しい話は抜きにして、データの解析方法をまとめます。詳細は、参考文献を参照してください。データは、イオン電流飽和領域、電子電流が電圧に対し指数関数で変化する領域(以下、指数関数領域)、電子電流飽和領域に分けて考えます。

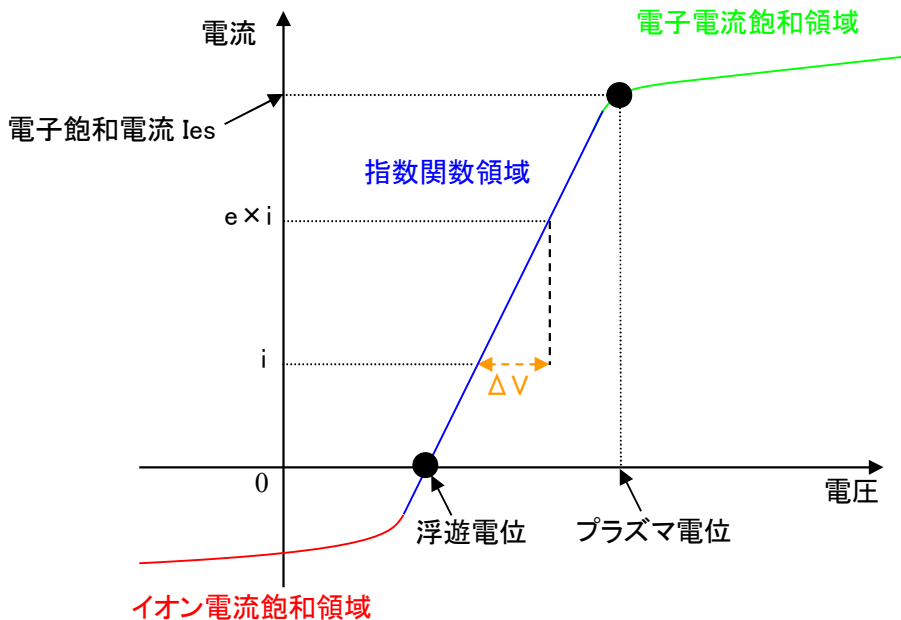


図10-1 ラングミュアプローブによる電流電圧特性

<浮遊電位>

プローブに流れ込むイオン電流と電子電流が等しくなり、電流が0となる電圧が浮遊電位です。イオンと電子の運動速度の違いから、プラズマが正の電圧にフローティングしていることを示しています。プローブ電極にシールド電極を被せている場合、浮遊電位は実際よりも低い電圧が観測されることがあります。

<プラズマ電位>

プローブ電圧を浮遊電位より次第に高くしていくと、イオン電流は次第に減少し、やがてプローブに到達するのは電子電流だけとなります。この境界の電圧をプラズマ電位または空間電位と言います。

<電子温度>

指数関数領域にある電流値 i をとり、その電流値が e 倍(約 2.7 倍)となる電圧の変化量を ΔV とすると、電子温度 T_e は $T_e = \Delta V [eV]$ となります。プロセス用プラズマ源の場合、数 eV になります。各領域の接合点では、状態の遷移に伴いカーブが理論値よりもずれることから、 i および $e \times i$ の設定位置により電子温度が変化します(電子エネルギー: EEDF 参照)。実際に電子温度を求める際には、図 7-8 のような電流値を底 e の対数とした片対数グラフを描き、指数関数領域の傾きから算出します。

<プラズマ密度>

上記の電子温度[eV]、電子飽和電流 I_{es} [mA] 及び電極の実効表面積 S [mm²]より、プラズマ密度[cm⁻³]は以下の式で求めることができます(参考文献 2 より)。プロセス用プラズマ源の場合、 $10^{10} \sim 10^{14}$ [cm⁻³]程度の値が得られます。

$$n_e = 3.73 \times 10^{10} \frac{I_{es}}{S \sqrt{T_e}}$$

マイクロ波イオン源における測定例を図 10-2 に示します。この例では、電子温度 3[eV]、プラズマ密度 10^{10} [cm⁻³]と算出されます。

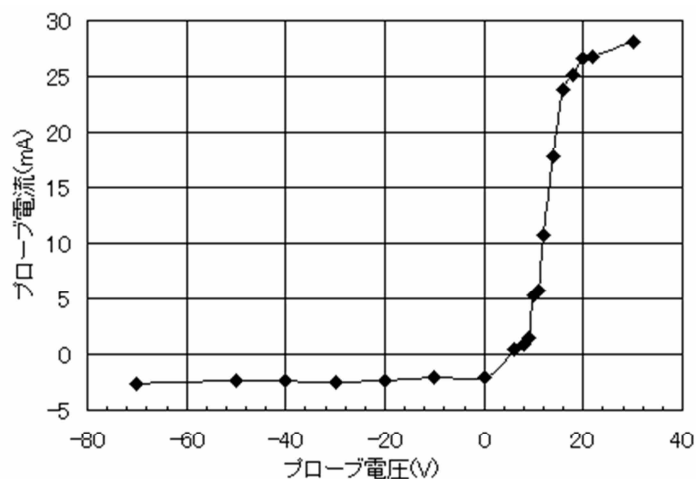


図 10-2 測定データその1

電子温度が高いプラズマの測定例を図 10-3 に示します。これはプラズマ源下約 50[mm]の発光が見られない位置で測定しました。電子電流飽和領域が判別しにくく、電圧が上昇していることがわかります。この例での電子電流飽和領域は、60[V]付近、15[mA]です。電子温度は 20[eV]、プラズマ密度 $5 \times 10^9[\text{cm}^{-3}]$ と算出されます。電子温度が高い場合は、それに伴い電子電流が飽和する電圧も上昇するので、プローブ電圧も高い電圧が必要になります。

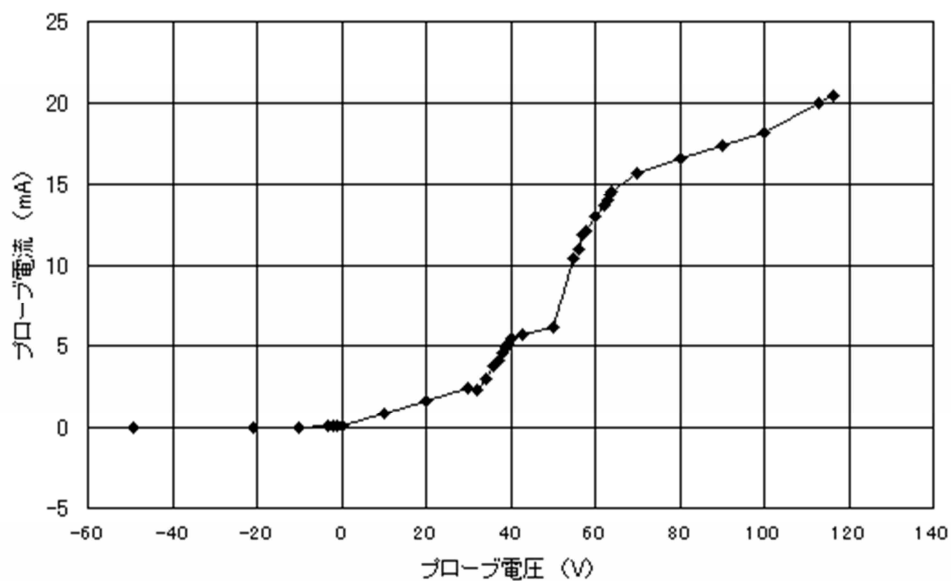


図 10-3 測定データその2

11. 参考文献

- 1) 赤崎正則、村岡克紀、渡辺征夫、蛭原健治 著「プラズマ工学の基礎」産業図書 1984 年
- 2) 石川順三 著「イオン源工学」アイオニクス株式会社
- 3) プラズマ・核融合学会 編「プラズマの生成と診断」コロナ社 2004 年
- 4) 提井信力 著「プラズマ基礎工学 増補版」内田老鶴圃 1997 年
- 5) 行村 建 著「EE Text 放電プラズマ工学」オーム社 2008 年

12. トラブルシューティング

- ① LMP-100SCAN3.0 ソフトウェアを起動したが、下記のように表示が出て強制的にソフトが終了してしまった。



→ ソフトウェアを起動するときには、パソコンに GPIB-USB-HS+ケーブルが接続されていないとソフトのプロテクトが働き、強制終了してしまいます。

マルチポイントプローブでの測定時は、P6 [図 6-1 計測システム構成図(マルチポイントプローブ)]を
シングルプローブでの測定時は、P7 [図 6-2 計測システム構成図(シングルプローブ)]をご確認の上、
配線を行ってください。

ソフトウェアを使用してデータの処理・解析を別室等で行う場合は、ソースメジャーユニットを接続する必要無く
パソコンに GPIB-USB-HS+ケーブルが接続されていれば行えます。

- ② 測定開始ボタンを押したが、プラズマ測定が開始されなかった。

→ P8. [7.2 システム設定] を確認して、測定条件を設定の上測定を開始してください。

※ システム設定 2 の設定を行わないと測定が開始しないか、開始してもすぐにデータ保存画面へ
移行してしまいます。

・スキャン順序 システム設定 1 で設定した測定箇所を測定する順番を設定します。
特に問題無ければ、“デフォルト” を押すと自動で番号順に並べます。

※ この順番が“0”となっている箇所は、測定を行わず飛ばしてしまいます。
全てが“0”の場合、測定開始直後にデータ保存画面へ移行してしまいます。

・計測器 測定に使用するソースメジャーユニットを選択してください。
使用する機器と異なっていると、測定開始出来ません。

- ③ システム設定 1、システム設定 2 を正しく設定したが、測定開始ボタンを押しても、プラズマ測定が開始されない。

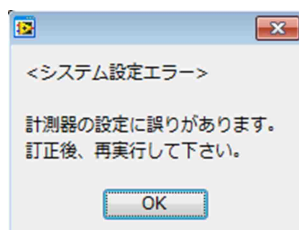
→ GPIB-USB-HS ケーブルがソースメジャーユニットに接続していますか。

→ ソースメジャーユニットの電源は入っていますか。

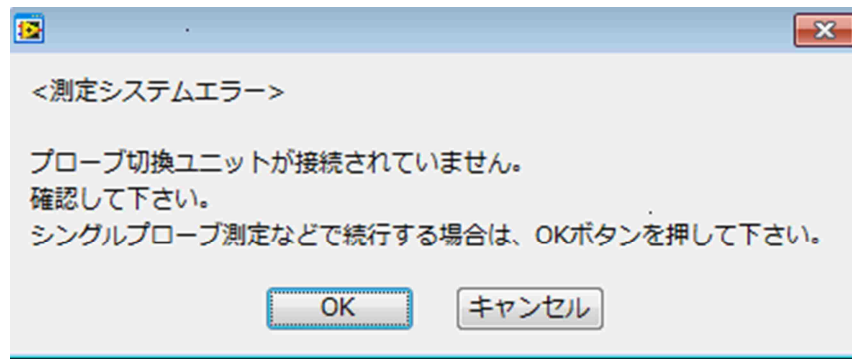
→ P18. [8.4 計測器の設定] を正しく行いましたか。

図 8-3 のように MAX 上の「マイシステム上の VISA エイリアス(A)」に使用するソースメジャーユニット名を入力
後、保存をお行わないと設定は反映されません。

・計測器を接続していない。・計測器の選択が使用機器と異なっている。・MAX 上で機器名の入力間違い。
があると、測定開始ボタンを押しても、下図の様に表示され測定が開始出来ません。



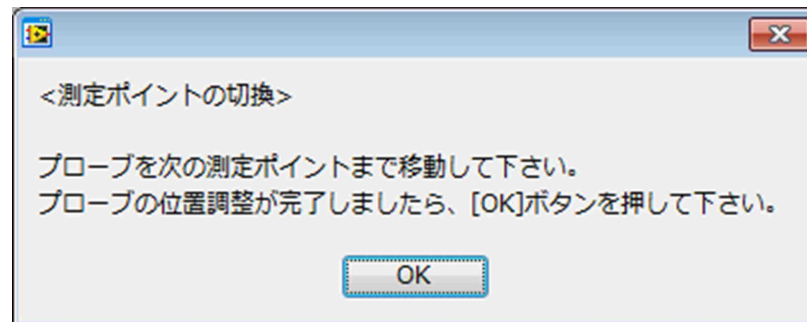
- ④ 全ての設定を正常に行った後、測定開始ボタンを押したら下記の様に表示された。



→ <測定システムエラー>と表記しておりますが、P5. [図 6-1 計測システム構成図(マルチポイントプローブ)] の構成でマルチポイントプローブ測定を行う場合に、多点切換ユニットが接続されていないエラーです。

多点切換ユニットを使用しないシングルプローブ測定では、OK ボタンを押すと測定が開始されます。

- ⑤ シングルプローブ測定で、測定点を 2 点以上で測定を開始したところ 1 点目の測定が終了した直後に下記の様に表示された。



→ この表示はシングルプローブでの測定時に、現在の測定点から次の測定点までプローブを移動するまで測定を待機していることを表示しています。

移動完了後に OK ボタンを押すと、再び測定が開始します。


- ⑥ 一つの測定点での測定が終了すると、V-I モニタにグラフが表示されるが、後でもう一度確認したい。


→ 申し訳ございませんが、V-I モニタは一つの測定点での測定が正常に行われていたかを確認するためのもので、後で再度確認を行うことは出来ません。

解析時に表示されているグラフは、縦軸の測定電流を対数とする、片対数グラフになっております。

- ⑦ データ処理を手動で行うときに、“赤”、“緑”の 2 直線を引く順番や測定データの曲線に重ねる箇所に決まりはあるのか。

→ 順番や箇所に指定はありません。P22. [9-6 データ処理] をご確認して解析作業を行ってください。ただし、直線を引く場合に測定結果の I-V 曲線から大幅にずれてしまうと、異なった解析結果になる可能性があるのご注意ください。

- ⑧ ソフトウェアを停止するときに、右上の  を押して終了したところ、次回起動時に正常にソフトが動作しなくなりました。

→ 本ソフトウェアを停止する場合は、必ず停止ボタンから終了してください。
間違って  で停止した場合は、パソコンを再起動してください。

このエリアは、操作しません。(最小化、最大化は操作可)



ソフトの停止は、停止ボタンを押してください。

- ⑨ プローブの電極や絶縁管を交換してから測定を行ったところ、以前と同じ条件なのに測定結果に大幅な誤差が生じた。

→ プローブ先端の電極露出長さは通常 1mm となっております。交換時などは先端部の長さ調整を行ってください。
先端露出部の長さを変更した場合は、露出している電極の表面積を計算してシステム設定 2 の“電極面積[mm²]”の欄に変更後の表面積を入力してください。

※ 電極面積は、測定結果誤差の要因の一つではありますが下記の可能性もあります。

- ・ 電極部に絶縁膜が付着した。
- ・ 電極部、絶縁管に導電膜が付着した。
- ・ 電極部がエッチングされ、削られてしまった。
- ・ 測定している装置内部の雰囲気に変化した。
- ・ ソースメジャーユニットの故障。

などが主な要因として考えられます。

※ 同条件で測定を行っていても、測定結果に 1～2 割程度の誤差が発生することがあります。

※ 付着した膜による誤差は、紙ヤスリ等で電極部を磨くことで改善することが可能です。

⑩ RF でプラズマ密度が低い状況で測定を行ったところ、イオン電流飽和領域が-側では無く、+側になってしまった。

→ プラズマ密度が7乗台~8乗台前半の低いプラズマ密度のRFプラズマの測定を行う場合に発生しております。

その状況でも、立ち上がりの指数関数領域と電子電流飽和領域からプラズマ密度を求めることは可能です。

RFフィルターを外すことで、イオン電流飽和領域が-側になることは確認出来ておりますが、相対的な結果になってしまいます。

〒196-0021
東京都昭島市武蔵野 3-2-20
アリオス株式会社
TEL:042-546-4811
FAX:042-546-4814
<http://www.arios.co.jp/>
info@arios.co.jp