

注) I-V測定部分は、「W32-B2900SOL4」を参照ください。

W32-B2900SOLBMS/SOLBMS2

キーサイト・テクノロジー

分光計器製光源用 太陽電池 分光感度/IPCE測定

使用できる機種 B2901A,B2902A,B2911A,B2912A

	品番	GP-IBボード	価格	動作環境
	W32-B2900SOLBMS-R	ラトックシステム製	970,000円	Windows Vista/7/8.1 (32,64bit) Excel 2007/2010 2013(32bit)
	W32-B2900SOLBMS-N	NI製		
バイアス光量 自動制御機能	W32-B2900SOLBMS2-R	ラトックシステム製	1,090,000円	
	W32-B2900SOLBMS2-N	NI製		

B2901A,B2902A,B2911A,B2912Aは、Keysight(旧Agilent) Technologies社の商標です。

機能

注)分光光源、バイアス光源、ソーラーシミュレータ側の機能により、本ソフトの全ての機能が実現できない場合があります。詳細は、それぞれの測定項目の説明部分を参照ください。

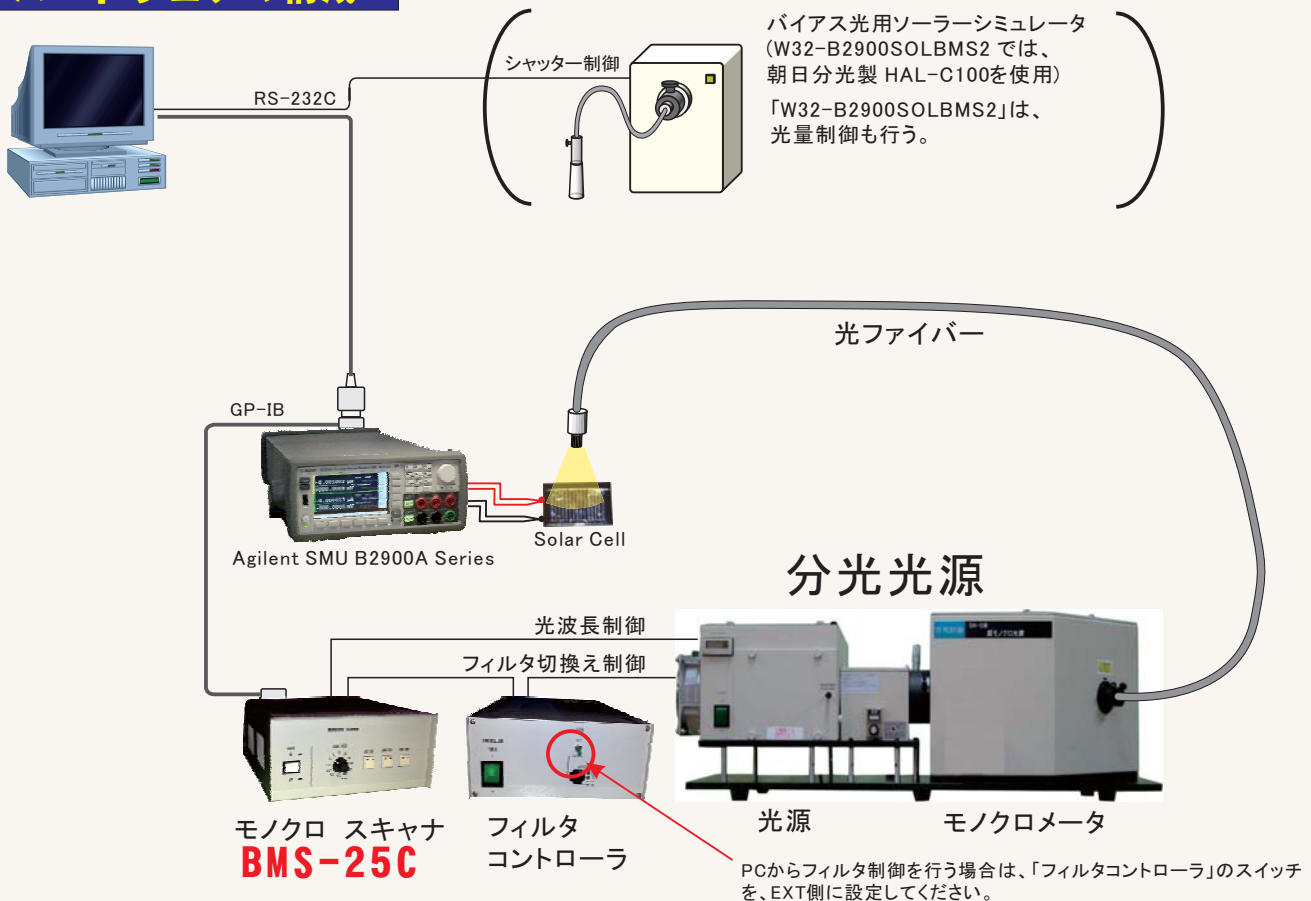
本ソフトは、太陽電池I-V測定システムを機能アップして、太陽電池の分光感度やIPCEの測定機能を追加しました。従来からのI-V測定機能は全て継承し、分光光源の制御機能を追加することにより、分光感度/IPCEの測定を可能にしました。

また、太陽電池セルの研究開発のための多様な計測方法にも対応しております。

- 1.波長別I-V測定と、その3D表示。
- 2.バイアス光を印加した分光感度/IPCE測定。
- 3.セル2個の同時測定。
- 4.ファイバー式分光光源を使用することにより、グローボックス内での測定が可能。
(以下は、W32-B2900SOLBMS2の機能です。)
- 6.ソーラーシミュレータの光量を変えながらのI-V測定。(光量可変機能付きソーラーシミュレータが必要)
- 7.バイアス光量を変えながらの分光感度/IPCE測定。(バイアス光量可変機能付き光源が必要)

本ソフトで分光感度の測定を行うためには、分光光源の「波長別光量値(mW/cm²)」のデータが必要になります。このデータの取得は、同梱の「光量校正アドイン」によって測定を行います。光量校正アドイン用操作マニュアルを参照ください。

ハードウェアの構成



本操作マニュアルは、別冊B2900A用I-V測定アドインの操作マニュアルとの併用を前提に記載されております。従いまして、I-V測定用操作マニュアルにすでに記載されている部分は省略されております。本マニュアルを参照いただく前に、事前に、I-V測定の操作マニュアルの熟読をお願いいたします。

操作説明の目次

● 分光感度/IPCEの測定手順	3
● バイアス光量を変更しながらの分光感度/IPCEの測定手順	7
● 分光感度/IPCE測定タイミングチャート	10
● 波長別I-V測定手順	11
● 波長別I-V測定のタイミングチャート	15
● ソーラーシミュレータの光量可変I-V測定手順	16
● ソーラーシミュレータの光量I-V測定タイミングチャート	18
● 手動でのバイアス光印加での測定	19
● バイアス光用光源の光量校正の方法	21
Appendix-1 バイアス光照射による分光感度測定 of 注意点	23

分光感度/IPCEの測定手順

1 分光感度/IPCE測定に必要な光量校正データの準備

分光感度/IPCE測定を行うためには、「光量校正アドイン」で測定した波長別光量データリストが必要です。このデータリストが、現在、測定しようとしているExcelシート上のどこかに入力されている必要があります。測定に必要なデータは、波長と光量の対データだけですから、「光量校正アドイン」で測定したデータそのままでも構いませんが、コピー&ペーストで現在のシートに入力して使用することもできます。(下図の赤枠)

光量校正アドインで測定したデータ例

測定波長	半値幅	経過時間(sec)	光波長(nm)	光量(mW/cm²)
390	25nm	4.056	390	0.08756
400		12.605	400	0.08568
410		22.62	410	0.08583
420		32.651	420	0.08577
430		41.278	430	0.08561
440		49.904	440	0.08565
450		57.923	450	0.08588
460		67.891	460	0.0843
470		76.548	470	0.08472
480		85.207	480	0.08548
490		93.741	490	0.08516
500		102.646	500	0.08512

光量校正アドインで測定したデータの、波長と光量がペアになっている、この赤枠部分だけを使用します。

2 分光光源連動モードに設定

I-V測定ソフトを、分光光源連動モードに変更します。(下図参照)

「機器の設定」ボタンをクリックし、機器設定画面の「分光光源」から分光光源の型式を選択すると、本ソフトは分光光源連動モードに設定されます。「No Use」を選択すると、分光光源は切離され、I-V測定モードに戻ります。

次に、分光感度を測定する波長位置を指定します。ここで指定した波長リストに従い分光感度の測定が行われます。

3 分光感度測定条件と分光光源通 試験

分光光源の型式を指定します。

波長の先頭セル位置を指定します。
 ・先頭セル位置にカーソルを置いて、先頭セル位置ボタンをクリックする。
 ・または、キー入力する。

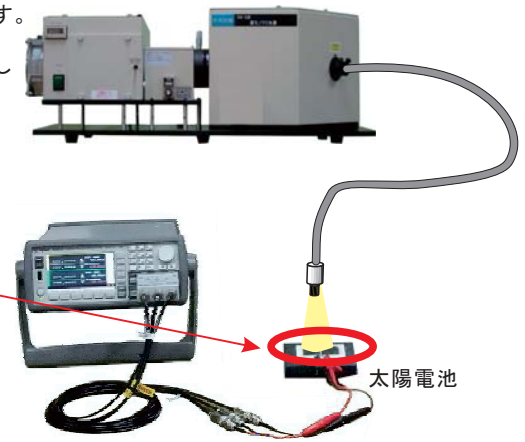
2chタイプのSMUで、2セルの同時測定の場合は、SMU2にチェックを付けます。

「詳細設」をクリックして、測定条件の設定、分光光源との通 試験を行います。ここで、光量校正アドインで測定した時の分光光源のレンズのフォーカスや高さ変更してはいけません。光量校正で使用した光パワーメータの光センサーと測定する太陽電池セルを入れ替えます。
 注) 分光光源の型式ごとに内容が異なりますから、型式別の後述の記載を参照ください。

分光光源との通 試験で、分光光源から光を照射して、太陽電池セルの位置を確定します。ここで重要なことは、光量校正アドインで使用した光センサーを取り除いて、そのセンサー位置と極力同じ位置にセルを置くことです。特に高さ方向のズレは測定誤差に大きく影響しますから、光センサーの表面と、セルの表面の高さは正確に合わせる必要があります。また、ベース電流を測定しない測定の場合は、暗箱/暗幕などで、周辺の灯りを遮断する必要があります。

ベース電流を毎回測定する測定では、周辺の灯りが安定していれば、灯りの遮断は、あまり気にする必要はありませんが、その明るさは、バイアス光として作用しますから、バイアス光の影響を受けるセルの場合は、やはり、周辺の灯りは遮断してください。

光センサーを太陽電池セルに置き換えます。置き換えるとき、高さ方向の位置合わせは、極力、正確に合わせる必要があります。



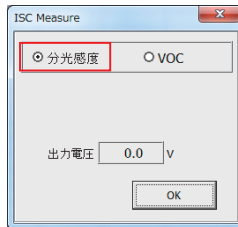
太陽電池

4 分光感度/IPCE測定モードに設定

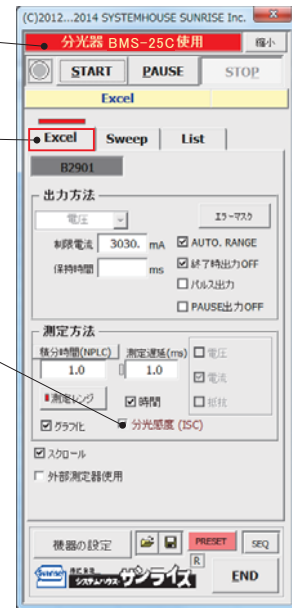
分光光源連動モードに設定すると、タイトルが赤色に変わり、分光光源の型式が表示されます。注)このタイトル部分をダブルクリックすると、分光光源連動モードが解除され、I-V測定モードに戻ります。

Excelタブを選択します。

チェックを付けます。



チェックを付けたときに表示される画面。「分光感度」を選択します。バイアス電圧を印加して分光感度を測定する場合は、出力電圧のテキストボックスをダブルクリックしてから、電圧値を入力します。

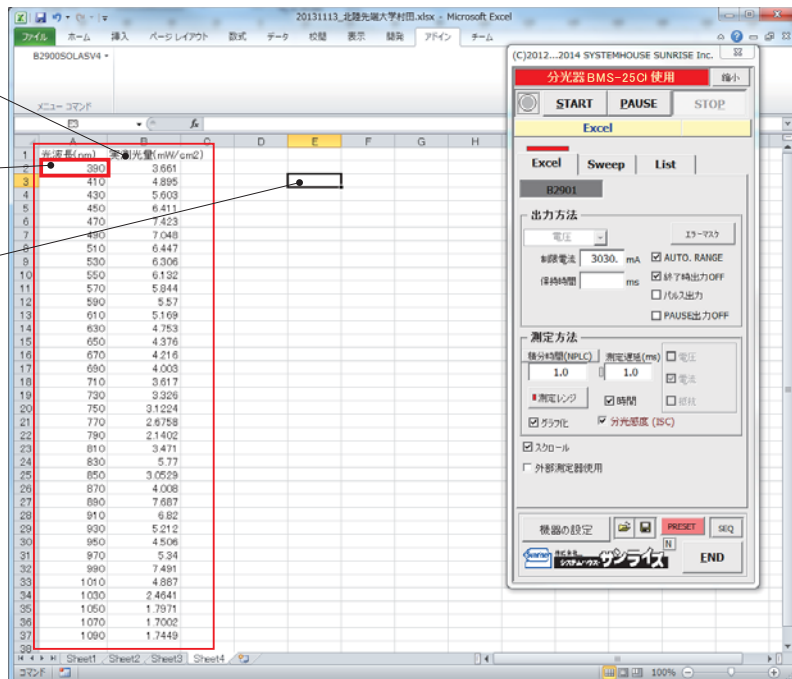


5 分光感度/IPCE測定前の準備

同一シート内に波長と光量のデータが入力されている必要があります。

先頭セル位置に、このセル位置が登録されていること。

測定を開始すると、このカーソル位置から測定結果が入力されます。



6 分光感度/IPCE測定を開始

「START」ボタンで測定を開始します。

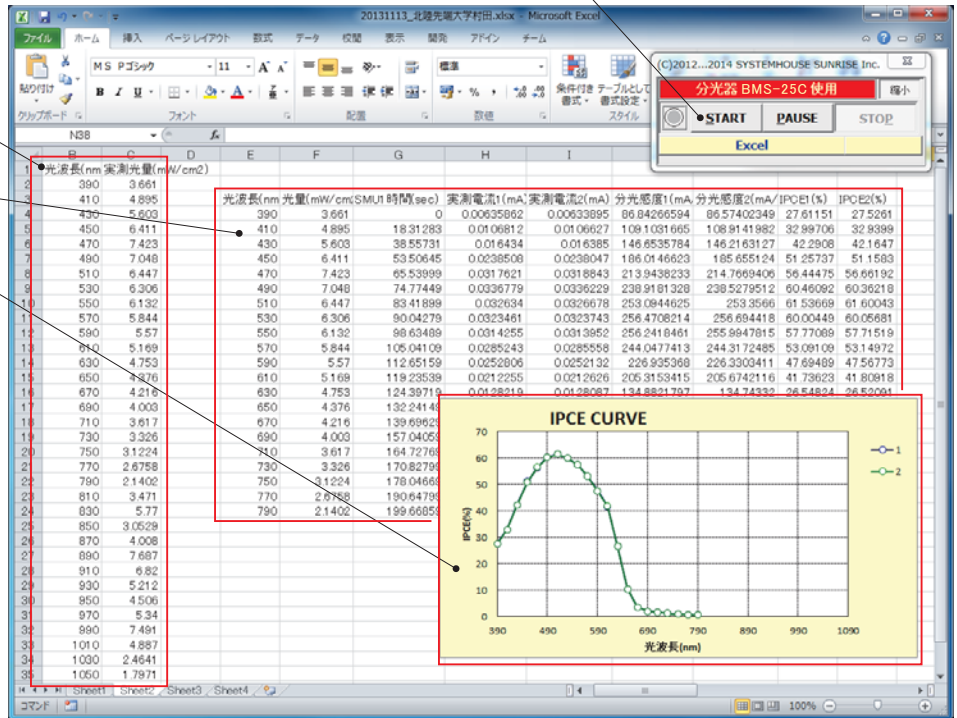
光量校正データの末尾(空欄のセル)で測定を終了します。

STOPボタンで測定をいつでも終了できますが、適切に終了するために、一旦、PAUSEボタンを押して、分光光源の動作が停止するのを待ってから、STOPボタンで停止することをお勧めします。

測定前、事前に入力した光量校正データ

測定結果がExcelシートに入力されます。

分光感度、またはIPCEが同時に作図されます。
IPCE測定がONの場合は、縦軸は自動的にIPCEで作図されます。
IPCE測定がOFFの場合は、縦軸は分光感度で作図されます。
分光感度もOFFの場合は、縦軸は電流値で作図されます。



BMS-25Cの詳細設定

詳細設定ボタンをクリックして、分光感度の測定条件を設定します。

PCから分光光源のシャッター開閉制御ができないシステムの場合。

波長の設定完了後のWait時間を入力します。
 ベース電流を測定しない場合は、この後、測定を行います。
 ベース電流を測定する場合は、この後、シャッター開後のWait時間を持って測定がおこなわれます。

2ch測定の場合は、ここをダブルクリックして、SMU1/SMU2のセル面積の入力を切替えます。

セル面積を入力します。2ch使用の場合は、SMU1/SMU2をそれぞれ入力します。SMUボタンをダブルクリックすると、SMU1/SMU2が切替ります。

※ベース電流とは、分光光源のシャッターを閉じていて、単色光が出力されていない時の暗電流を意味します。
 従いまして、PCから分光光源のシャッター開閉制御ができないシステムでは、ベース電流の測定はできません。

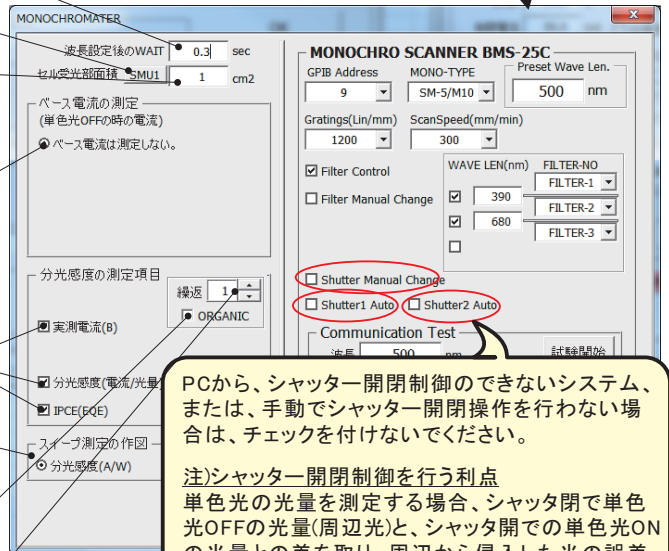
ベース電流を測定しないで、Isc/Jscの測定を行います。暗箱や暗幕を使用して、周辺を暗黒状態にした時は、こちらを選択します。
 PCからモノクロメータのシャッター開閉制御できないシステムでは、この選択が唯一です。

測定結果をExcelシートへ入力する項目を選択します。(実測電流は、必須です。)
 IPCEを指定するためには、分光感度にチェックを付ける必要があります。

測定時に作図する項目を選択します。

有機系太陽電池の場合、チェックを付けます。(巻末 Appendix-1を参照)

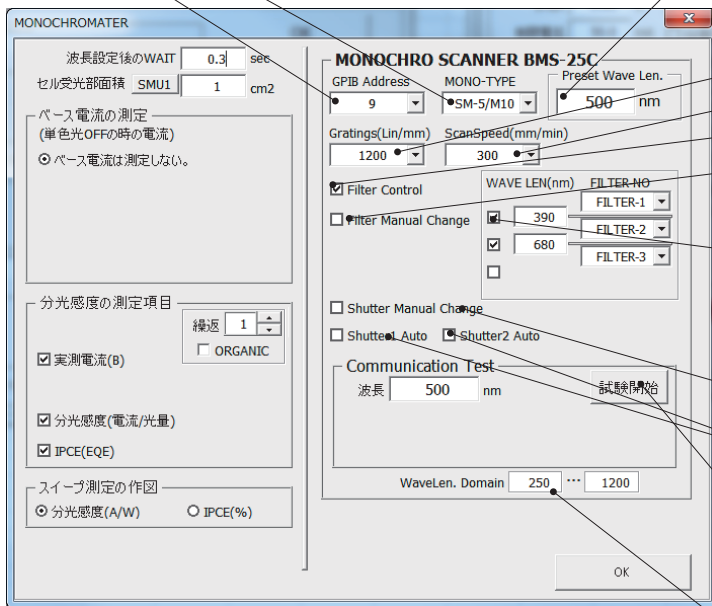
測定の繰り返し回数を設定します。
 この繰り返しは測定値のバラツキの評価に使用します。
 DSCでは、測定遅延による影響の評価に使用します。
 繰返し毎の遅延時間は、メイン画面の「測定遅延」の入力値に寄ります。
 この回数は、波長別I-V測定では、適用されません。



PCから、シャッター開閉制御のできないシステム、または、手でシャッター開閉操作を行わない場合は、チェックを付けなくてください。
 注)シャッター開閉制御を行う利点
 単色光の光量を測定する場合、シャッタ閉で単色光OFFの光量(周辺光)と、シャッタ開での単色光ONの光量との差を取り、周辺から侵入した光の誤差成分を除去し、正確な単色光の光量測定ができます。しかし、手動でのシャッタ開閉制御での測定の場合、測定が、相当、煩雑になりますからご注意ください。

BMS-25C(モノクロス キャナ)のGPIOアドレスを設定します。
 BMS-25Cが制御するモノクロメータの型式を設定します。

モノクロメータのプリセット波長を設定します。(波長設定ダイヤルの表示値です。)
 注)ここでプリセット波長を入力しなくても、測定開始時には、必ず、プリセット波長の入力画面が表示されますから、その画面で、プリセット波長を入力することができます。



- グレーティング(本/mm)を設定します。
- スキャン速度を設定します。
- フィルタ制御を行う場合はチェックを付けます。
- PCからフィルタ制御ができないシステムでは、手動モードにチェックを付けます。
- フィルタ変更が必要な波長の場合、変更指示の画面が表示され、フィルタ変更を促します。
- フィルタの切換え波長の情報を設定します。
 ここでの例は、
 390nm以下は、FILTER-1
 390~680nmは、FILTER-2
 680nm以上は、FILTER-3
 に設定されています。
- シャッターの開閉を手動で行いながら単色光の光量を測定する場合チェックを付けます。
- モノクロ光出力のシャッタ開閉制御を行う場合にチェックを付けます。
 注)PCから開閉制御ができないシステム校正の場合、チェックを付けてもシャッタの開閉は行われません。
- 通 試験を開始し、単色光を出力します。
 PCと機器間の通 が正常でしたら、左テキストボックスに入力した波長の光が出力されます。
 ここで、試料の位置合わせを行ってください。
- モノクロメータの波長範囲を入力します。



PCからフィルタ制御を行う場合は、「フィルタコントローラ」のスイッチを、EXT側に設定してください。

PCから分光光源のシャッター開閉制御ができるシステムの場合。

波長の設定完了後のWait時間を入力します。
 ベース電流を測定しない場合は、この後、測定を行います。
 ベース電流を測定する場合は、この後、シャッター開後のWait時間を
 待って測定がおこなわれます。

2ch測定の場合は、ここをダブルクリックして、SMU1/SMU2のセル面積の
 入力を切替えます。

セル面積を入力します。2ch使用の場合は、SMU1/SMU2をそれぞれ
 入力します。SMUボタンをダブルクリックすると、SMU1/SMU2が切替ります。

(※ベース電流とは、分光光源のシャッターを閉じていて、単色光が出力
 されていない時の暗電流を意味します。)

ベース電流を測定しないで、Isc/Jscの測定を行います。暗箱や暗幕を
 使用して、周辺を暗黒状態にした時は、こちらを選択します。

最初の測定時だけシャッターを閉じたときのベース電流を測定し、以降の
 測定では、その測定値をベース電流として採用し、シャッターを開けて測定
 した電流との差が取られます。
 ベース電流は、波長毎にレベルが異なるため、このように初回だけのベース
 電流測定の方法は避けたほうが無難と思われます。

各波長毎にシャッターを閉じたときのベース電流を測定し、シャッターを開け
 て測定した電流との差が取られます。
 周辺から多少の光が漏れている場合などはこちらを選択します。
 常にこちらを選択することを推奨します。
 ただし、光の漏れはバイアス光として作用します。

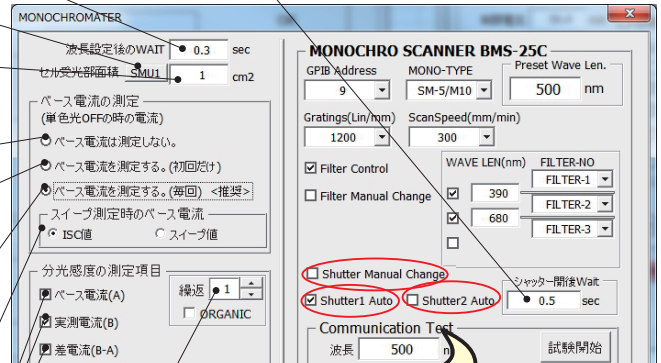
波長別IV測定を行う場合の設定項目です。
 「ISC値」: 全IV測定値を、単色光源OFF時のISC電流との差を取り算出します。
 「スイープ値」: 全IV測定値を、単色光源OFF時のIV測定値との差で算出します。

測定結果をExcelシートへ入力する項目を選択します。(差電流は、必須です。)
 IPCEを指定するためには、分光感度にチェックを付ける必要があります。

測定時に作図する項目を選択します。

測定の繰り返し回数を設定します。
 この繰り返しは測定値のバラツキの評価に使用します。
 DSCでは、測定遅延による影響の評価に使用します。
 繰り返し毎の遅延時間は、メイン画面の「測定遅延」の入力値に寄ります。
 この回数は、波長別IV測定では、適用されません。

シャッターを開いてから電流測定開始までの待ち時間



PCから、シャッター開閉制御のできないシステム、
 または、手動でシャッター開閉操作を行わない場合は、
 チェックを付けないでください。

注)シャッター開閉制御を行う利点
 単色光の光量を測定する場合、シャッタ閉で単色光
 OFFの光量(周辺光)を測定し、シャッタ開での単色光
 ONの光量との差を取ることで、周辺から侵入した
 光の誤差成分を除去し、正確な単色光の光量測定が
 できます。
 しかし、手動でのシャッタ開閉制御で測定を行う場合、
 波長ごとに手動でシャッタを開閉する必要があるため、
 測定が、相当、面倒になりますからご注意ください。

・バイアス光照射測定
 単色光だけの電流変化分の測定が可能になります
 から、バイアス光を照射した状態での測定が可能に
 なります。

バイアス光量を変更しながらの分光感度/IPCEの測定手順

注)

この項目の測定は、下記の条件が満たされている場合に可能です。

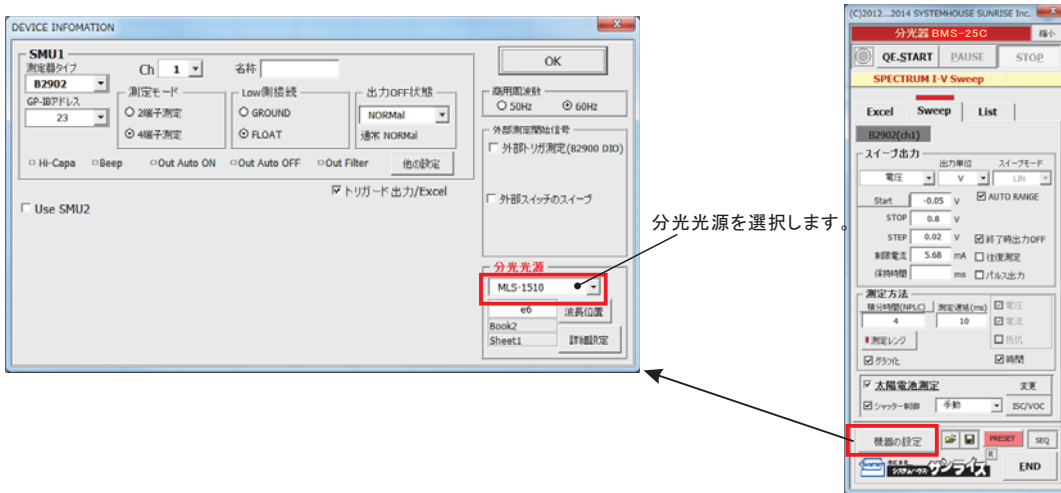
1. バイアス光源として、光量連続可変が可能な白色光源(朝日分光製HAL-C100)が接続されている。
2. PCからの分光光源のシャッター開閉制御が可能なシステム構成である。
3. ソフト型番「W32-B2900SOLBMS2」である。

1 前項の分光感度/IPCE測定に必要な項目は全て設定しておきます。

前項の「分光感度/IPCE測定」の項を参照ください。

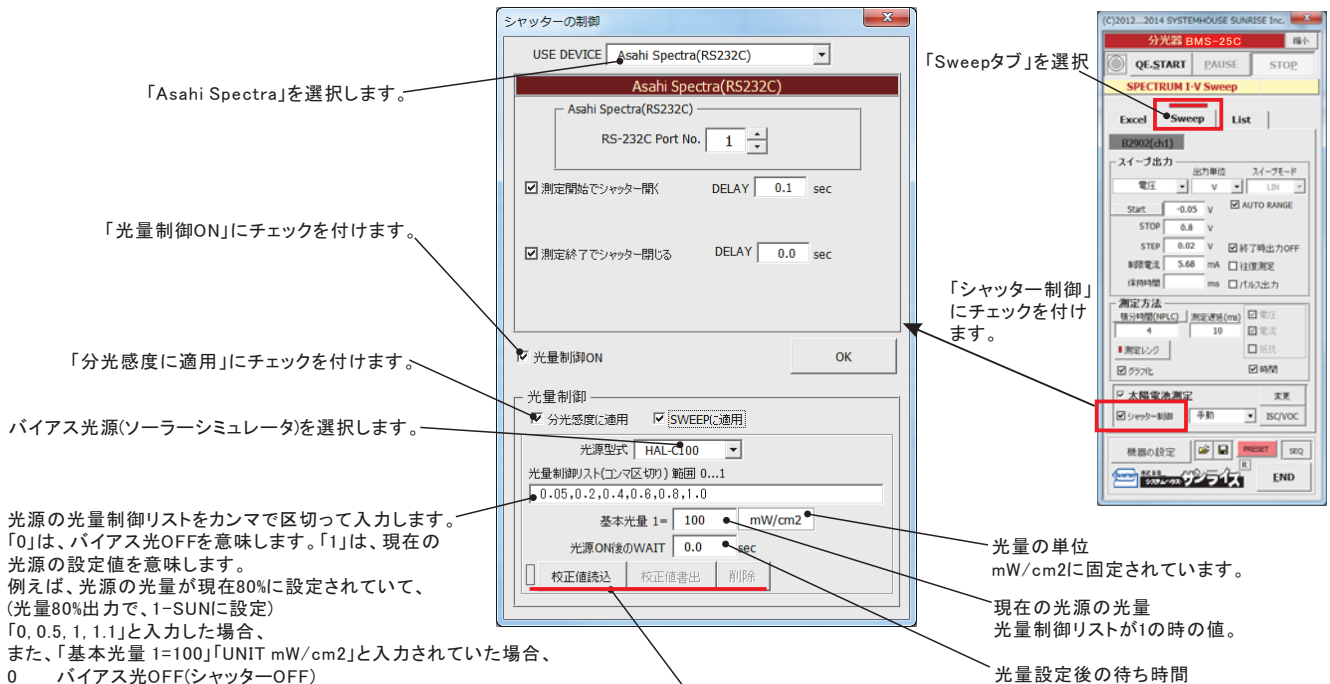
2 分光光源の選択を行います。

分光光源の選択を行っていないと、バイアス光量の制御モードが設定できません。



3 シャッター制御にチェックを付け、バイアス光量の制御条件を入力します。

ソーラーシミュレータの種類を「Asahi Spectra」を選択しないと、「光量制御ON」が表示されません。



光源の光量制御リストをコマで区切って入力します。「0」は、バイアス光OFFを意味します。「1」は、現在の光源の設定値を意味します。例えば、光源の光量が現在80%に設定されていて、(光量80%出力で、1-SUNIに設定)「0, 0.5, 1, 1.1」と入力した場合、また、「基本光量 1=100」UNIT mW/cm2と入力されていた場合、
 0 バイアス光OFF(シャッター-OFF)
 0.5 光量 40% (50mW/cm2)
 1 光量 80% (100mW/cm2)
 1.1 光量 88% (110mW/cm2)
 のようにバイアス光量が制御されます。ただし、光量%値は直線性が保証されているわけではありませんから、あくまでも参考値となります。正確な光量値が必要な場合は、下欄の校正値読込で校正を行ってください。

光量の校正を行うことにより、光量の確度を向上することができます。校正していない場合は、光量が直線的に変化することを前提に、光量制御リストに比例して光量を計算します。光量の校正を行うことにより、光量が非直線性の場合でも、正確な光量を算出できます。校正の方法は、後述「バイアス光用光源の校正方法」を参照ください。

4 前項の入力を終了し、「Excelタブ」を表します。

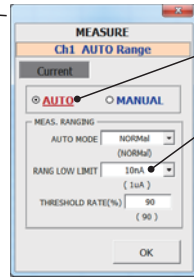


Excelタブを選択した時、このようにタイトルが緑色に表示されていれば、「バイアス光量可変による分光感度/IPCE測定」が有効です。

Excelタブを選択

測定値が不安定な場合は、積分時間を5~10PLCに変更すると、測定速度は遅くなりますが、測定値が安定する場合があります。

光に対する電流応答の遅いセルを測定する場合は、測定遅延時間を調整します。



測定レンジは、AUTOにします。

“RANGE LOW LIMIT”は、電流が相当小さい場合は、“100nA”または、“10nA”に設定します。必要以上に小さくすると、AUTO-RANGEの動作が不安定になる場合があります。

5 「BS.START」ボタンをクリックすると測定を開始します。

測定中の画面

光量制御リスト
1回目の測定

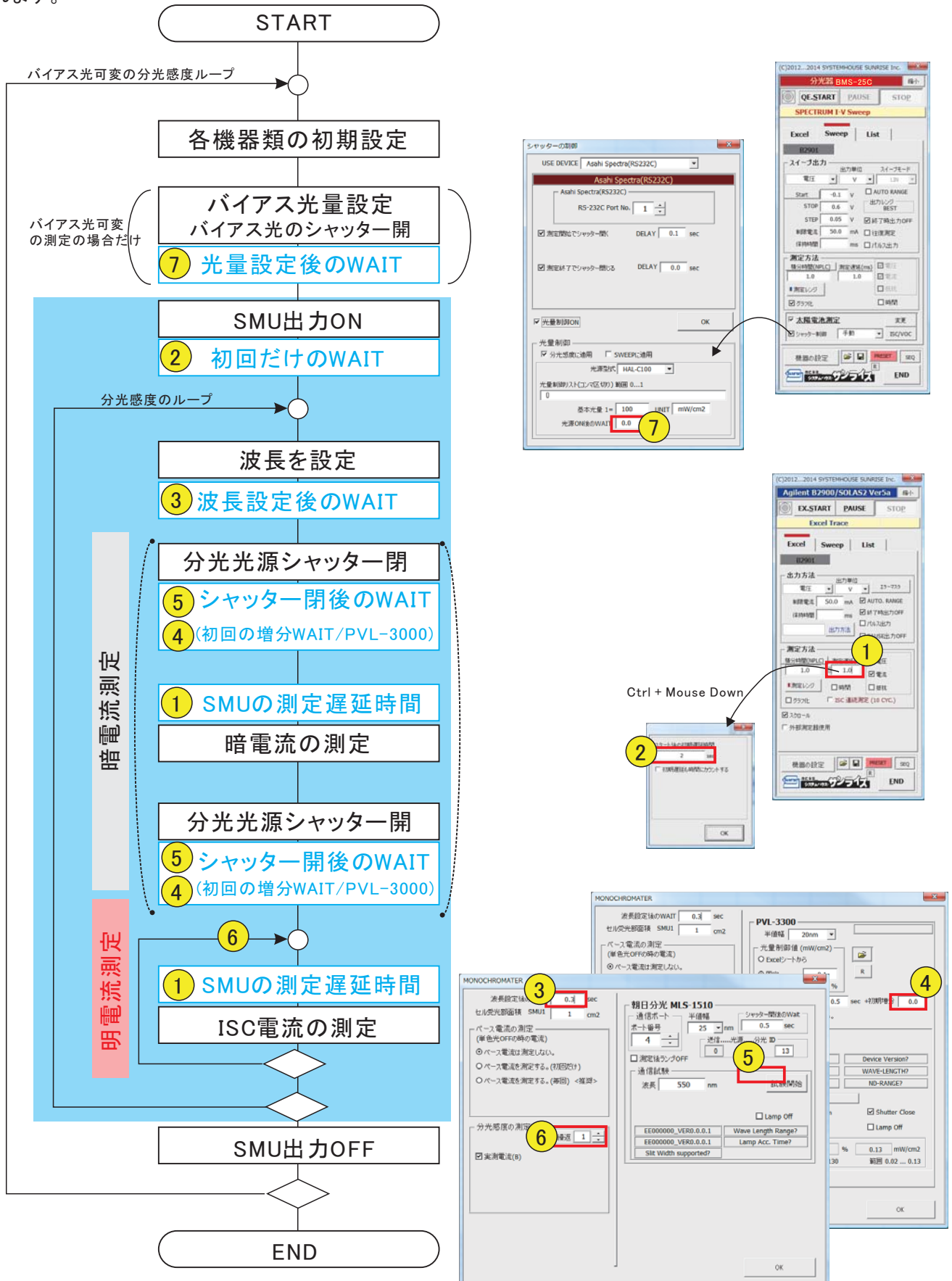
光量制御リスト
2回目の測定

分光感度/IPCE測定 (Excelタブ) 測定タイミングチャート

本ソフトは、測定対象となるセルの光応答性や電氣的応答性に適切に対応し、正確な測定ができるように、様々な部分にWAIT時間の設定ができます。また分光光源の物理的動作の遅れにも対応できます。ここでは、測定上のWAIT位置とその入力方法を示します。

注)

ここでの測定で、分光光源のシャッター開閉制御ができないシステムでは、下記の「暗電流測定」部分は省略されます。



3 分光光源連動モードに設定 (この3項/4項は、前述の分光感度/IPCE測定の前記の2項/3項と同じです。)

I-V測定ソフトを、分光光源連動モードに変更します。(下図参照)
 「機器の設定」ボタンをクリックし、機器設定画面の「分光光源」から分光光源の型式を選択すると、本ソフトは分光光源連動モードに設定されます。「No Use」を選択すると、分光光源は切離され、I-V測定モードに戻ります。
 次に、分光感度を測定する波長位置を指定します。
 ここで指定した波長リストに従い分光感度の測定が行われます。

4 分光感度測定条件と分光光源通 試験

分光光源の型式を指定します。

波長の先頭セル位置を指定します。
 ・先頭セル位置にカーソルを置いて、先頭セル位置ボタンをクリックする。
 ・または、キー入力する。

「詳細設」をクリックして、測定条件の設定、分光光源との通 試験を行います。
 ここで、光量校正アドインで測定した時の分光光源のレンズのフォーカスや高さ変更してはいけません。
 光量校正で使用した光パワーメータの光センサーと測定する太陽電池セルを入れ替えます。
 注)
 分光光源の型式ごとに内容が異なりますから、型式別の前述の記載を参照ください。

2chタイプのSMUで、2セルの同時測定の場合は、SMU2にチェックを付けます。

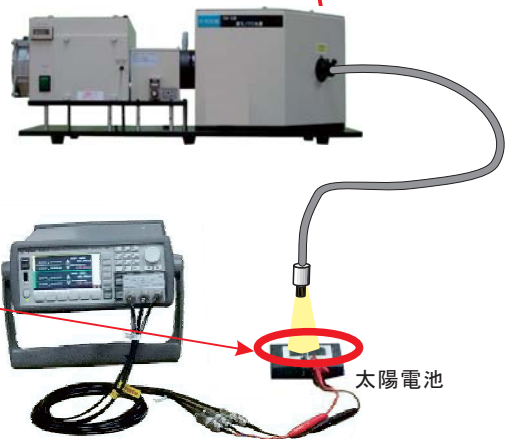
5 I-Vデータの補正モードの選択 ベース電流(暗電流)のIV測定値への補正方法を選択します。 注)この項目は、分光光源のシャッター開閉制御が可能なシステムに限定されます。

ISC値
 単色光OFFの時のISC値を測定し、単色光ONでのIV測定値全データとの差を取ります。

スイープ値
 単色光OFFの時のIV測定を行い、単色光ONの時のIV測定データと差を取ります。

実際のIVデータ
 補正後のIVデータ
 単色光OFFのISC値を測定
 単色光OFF時のIVデータ
 この差をIVデータとして算出します。

分光光源との通 試験で、分光光源から光を照射して、太陽電池セルの位置を確定します。
 ここで重要なことは、光量校正アドインで使用した光センサーを取り除いて、そのセンサー位置と極力同じ位置にセルを置くことです。特に高さ方向のズレは測定誤差に大きく影響しますから、光センサーの表面と、セルの表面の高さは正確に合わせる必要があります。
 また、ベース電流を測定しない測定の場合は、暗箱/暗幕などで、周辺の灯りを遮断する必要があります。
 ベース電流を毎回測定する測定では、周辺の灯りが安定していれば、灯りの遮断は、あまり気にする必要はありませんが、その明るさは、バイアス光として作用しますから、バイアス光の影響を受けるセルの場合は、やはり、周辺の灯りは遮断してください。

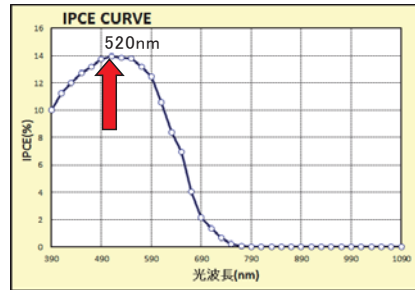


光センサーを太陽電池セルに置き換えます。
 置き換えるとき、高さ方向の位置合わせは、極力、正確に合わせる必要があります。

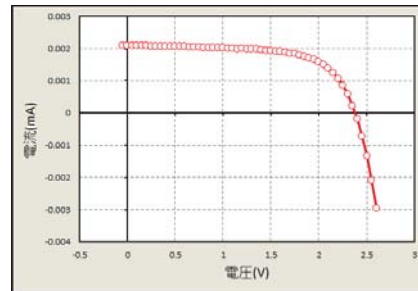
波長別I-V測定(3D分光感度)の測定手順

1 I-V測定のスweep電圧範囲を決定します。

まず、前述の分光感度/IPCE測定を行ってください。
その結果から、分光感度が最大となる波長を調べます。
左図では、520nmになります。



分光光源の「詳細設定」の「通 試験」で520nmの光を出力します。
この状態で、分光感度モードを一旦解除し、I-V測定モードにして、
波長520nm(例)でのI-V測定を行い、適切なI-Vカーブが作図される
ようにスweep電圧範囲を決定します。
左の図では、-0.05V~2.6Vに決定しています。
最大電流は、約0.0002mAとなります。



2 波長別I-V測定に必要な光量校正データの準備

(この2項は、前述の分光感度/IPCE測定 of 1項と同じです。)

波長別I-V測定を行うためには、「光量校正アドイン」で測定した波長別光量データリストが必要です。
このデータリストは、分光感度/IPCE測定で使用するデータリストと同じデータです。
このデータリストが、現在、測定しようとしているExcelシート上のどこかに入力されている必要があります。
測定に必要なデータは、波長と光量の対データだけですから、「光量校正アドイン」で測定したデータそのまま
でも構いませんが、コピー&ペーストで現在のシートに入力して使用することもできます。(下図の赤枠)

光量校正アドインで測定したデータの、波長と光量がペアになっている、この赤枠部分だけを使用します。

光量校正アドインで測定したデータ例

経過時間	光波長 (nm)	差光量 (mW/cm ²)
4.071	390	0.02234
14.758	410	0.021984
25.834	430	0.021965
35.084	450	0.021823
45.022	470	0.021727
54.741	490	0.021667
65.817	510	0.021614
75.411	530	0.021861
86.144	550	0.021939
96.44	570	0.021937
107.469	590	0.021848
118.514	610	0.021961
128.155	630	0.021776
137.702	650	0.021899
147.67	670	0.022214
157.374	690	0.02211
167.326	710	0.022113
178.481	730	0.021791
189.51	750	0.022055
200.602	770	0.022132
211.631	790	0.022127
223.034	810	0.022205

6 I-V測定モードに設定

分光光源連動モードに設定すると、タイトルが赤色に変わり、分光光源の型式が表示されます。
注)このタイトル部分をダブルクリックすると、分光光源連動モードが解除され、I-V測定モードに戻ります。

Sweepタブを選択します。
AUTO RANGE
スイープ電圧範囲を入力します。
ステップ電圧は、データ数が30~50程度になるように決定します。
1項の例では、START 0.05V, STOP 2.6V, STEP 0.05Vが適切な値です。

制限電流は、1項の例では最大電流が、0.002mAでしたから、ここではそれ以上の電流値を入力してください。

測定レンジは、AUTOに設定
手動に設定してください。

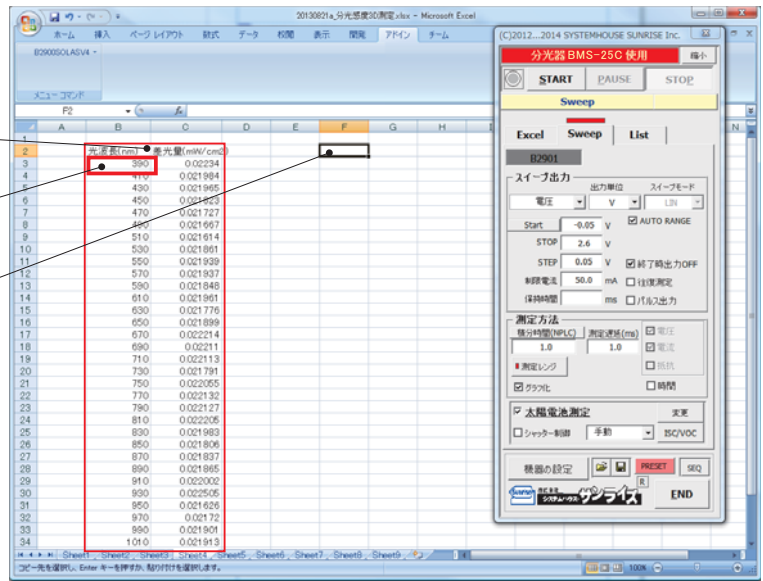


7 波長別I-V測定前の準備

同一シート内に波長と光量のデータが入力されている必要があります。

先頭セル位置に、このセル位置が登録されていること。

測定を開始すると、このカーソル位置から測定結果が入力されます。



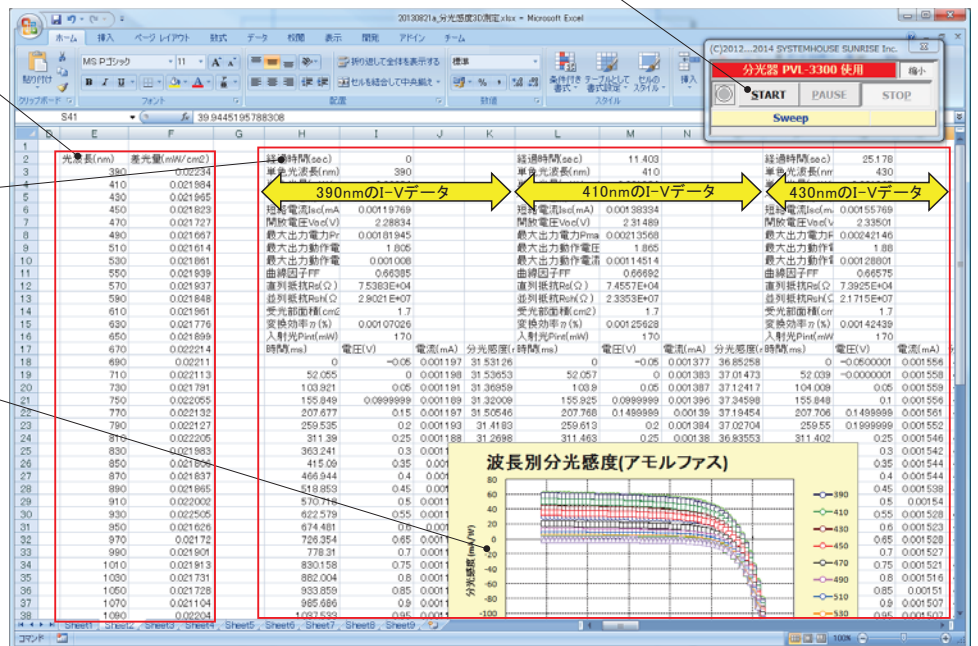
8 波長別I-V測定前の開始

「START」ボタンで測定を開始します。
光量校正データの末尾(空欄のセル)で測定を終了します。
STOPボタンで測定をいつでも終了できますが、適切に終了するために、一旦、PAUSEボタンを押して、分光光源の動作が停止するのを待ってから、STOPボタンで停止することをお勧めします。

測定前、事前に入力した光量校正データ

波長別I-V測定結果がExcelシートに入力されます。
・経過時間
・単色光の波長
・太陽電池セルのパラメータ
・電圧/電流/分光感度(または、IPCE)

波長別I-V測定値が同時に作図されます。
縦軸は分光感度、またはIPCEです。
IPCE測定がONの場合は、縦軸は自動的にIPCEで作図されます。
IPCE測定がOFFの場合は、縦軸は分光感度で作図されます。
分光感度もOFFの場合は、縦軸は電流値で作図されます。



波長別I-V測定データの入力方向の切換

「測定値を下方向へ入力」にチェックを付けると、I-V測定データの入力方法が下記ようになります。



9 波長別I-V測定で作図を等高線作図に変更します。

波長別分光感度の作図を一旦、コピーした後、グラフ挿入ダイアログを開き、等高線作図へ変更します。

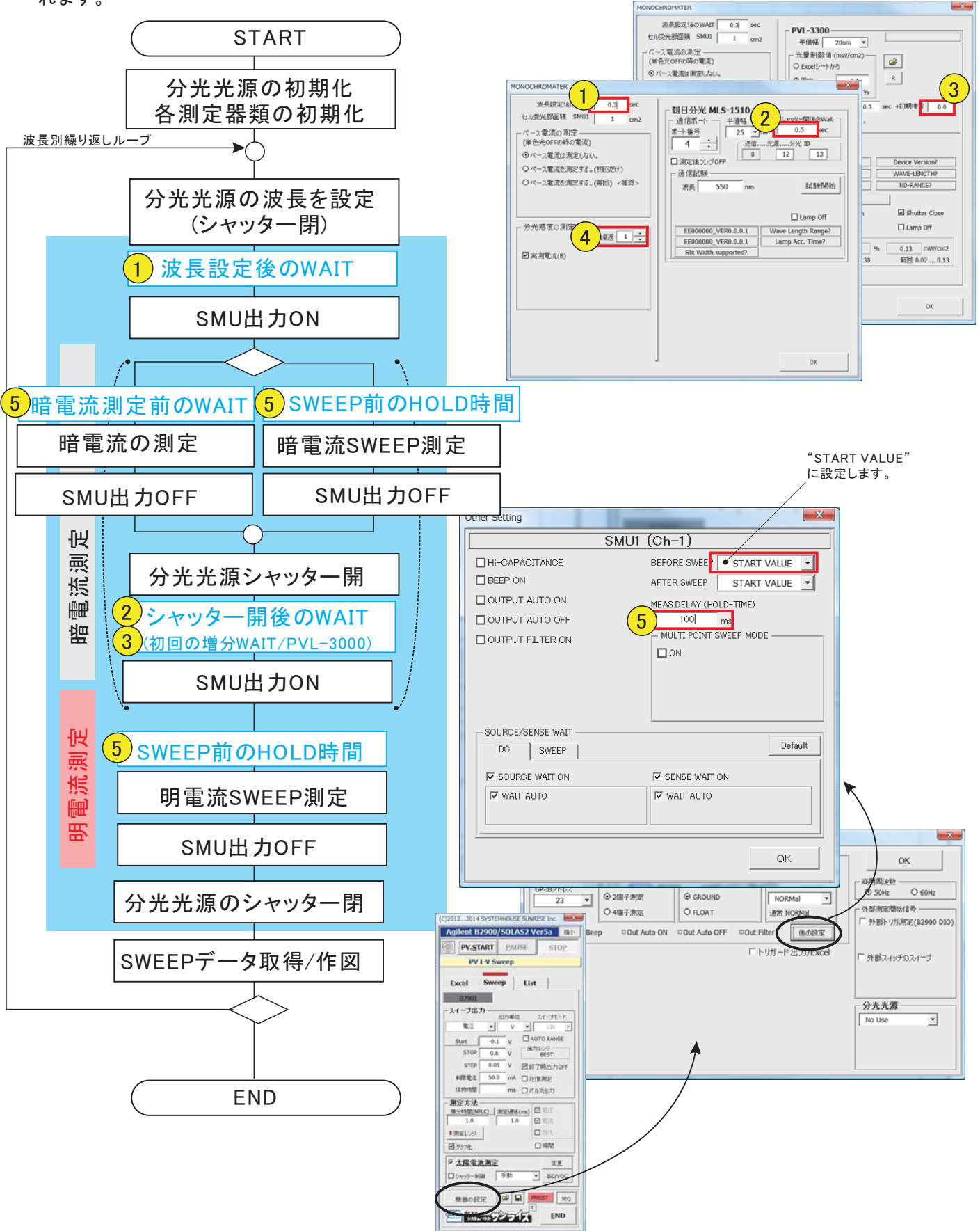
I-V作図をコピーした後、等高線作図に変更します。

波長別I-V測定の実験タイミングチャート

本ソフトは、測定対象となるセルの光応答性や電氣的応答性に適切に対応し、正確な測定ができるように、様々な部分にWAIT時間の設定ができます。また分光光源の物理的動作の遅れにも対応できます。ここでは、測定上のWAIT位置とその入力方法を示します。

注)

ここでの測定で、分光光源のシャッター開閉制御ができないシステムでは、下記の「暗電流測定」部分は省略されます。



ソーラーシミュレータの光量可変I-V測定の手順

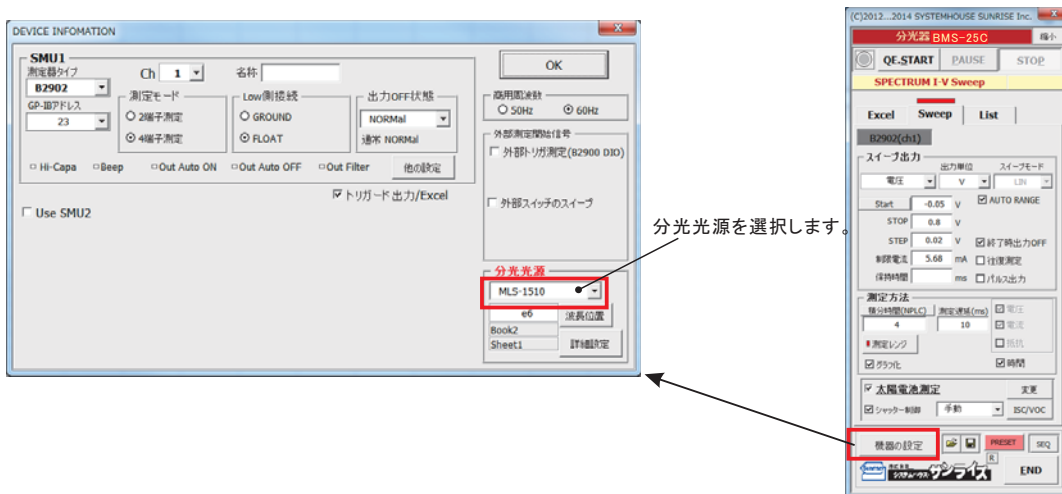
注)

この項目の測定は、下記の条件が満たされている場合に可能です。

- 1.ソーラーシミュレータの光量連続可変が可能な光源(朝日分光製HAL-C100)が接続されている。
- 2.ソフト型番「W32-B2900SOLBMS2」である。

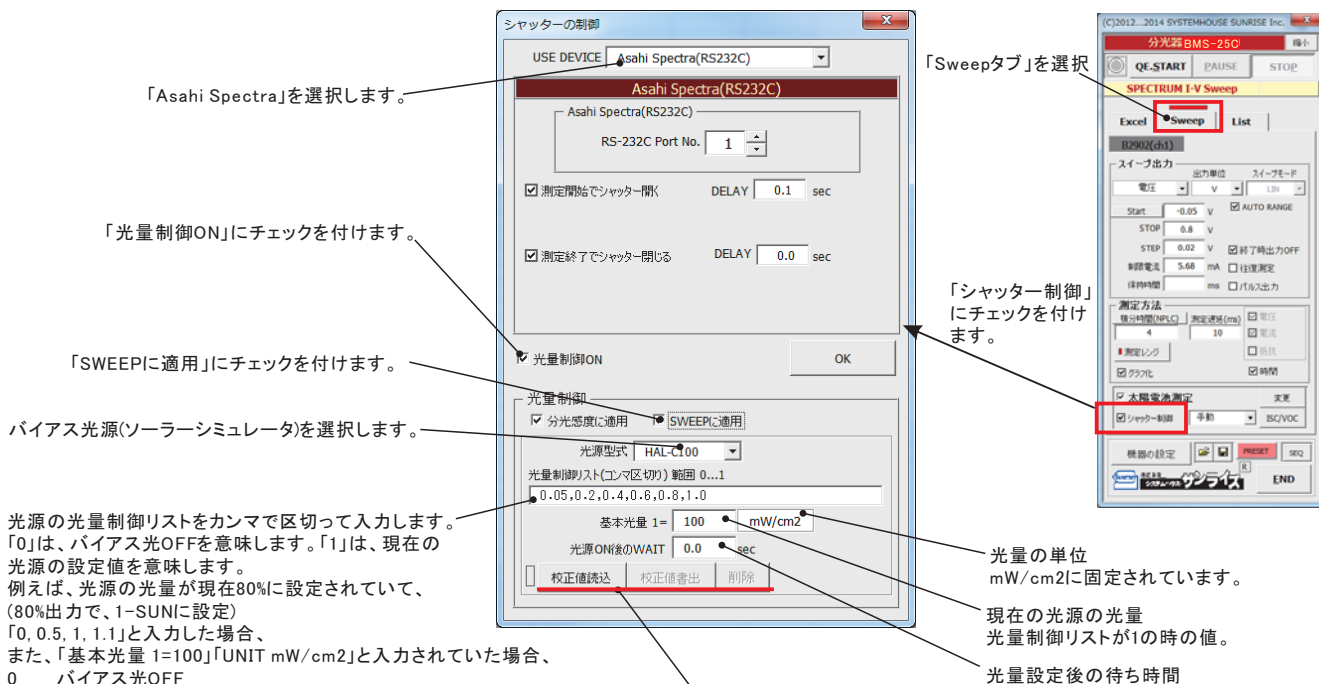
1 分光光源の選択を行います。

分光光源の選択を行っていないと、バイアス光量の制御モードが設定できません。



2 シャッター制御にチェックを付けて、バイアス光量の制御条件を入力します。

ソーラーシミュレータの種類を「Asahi Spectra」を選択しないと、「光量制御ON」が表示されません。



光源の光量制御リストをカンマで区切って入力します。「0」は、バイアス光OFFを意味します。「1」は、現在の光源の設定値を意味します。例えば、光源の光量が現在80%に設定されていて、(80%出力で、1-SUNIに設定)「0.05, 1, 1.1」と入力した場合、また、「基本光量 1=100」「UNIT mW/cm2」と入力されていた場合、

0	バイアス光OFF
0.5	光量 40% (50mW/cm2)
1	光量 80% (100mW/cm2)
1.1	光量 88% (110mW/cm2)

のようにバイアス光量が制御されます。各光量での、変換効率は、ここで入力した光量で計算されます。従いまして、変換効率を正確に算出したい場合は、「基本光量=1」、「UNIT」の入力は、mW/cm2または、W/m2のどちらから入力する必要があります。ただし、光量%値の直線性は保証されておりませんので、あくまでも参考値となります。正確な光量値が必要な場合は、下欄の校正値読込で校正を行ってください。

光量の単位 mW/cm2に固定されています。現在の光源の光量 光量制御リストが1の時の値。光量設定後の待ち時間

光量の校正を行うことにより、光量の確度を向上することができます。校正していない場合は、光量が直線的に変化することを前提に、光量制御リストに比例して光量を計算します。光量の校正を行うことにより、光量が非直線性的の場合でも、正確な光量を算出できます。校正の方法は、後述「バイアス光用光源の校正方法」を参照ください。

3 前項の入力を終了し、「Sweepタブ」を表します。



Sweepタブを選択した時、このようにタイトルが緑色に表示されていれば、「バイアス光量可変のI-V測定」が有効です。ソーラーシミュレータの光量可変のI-V測定になります。

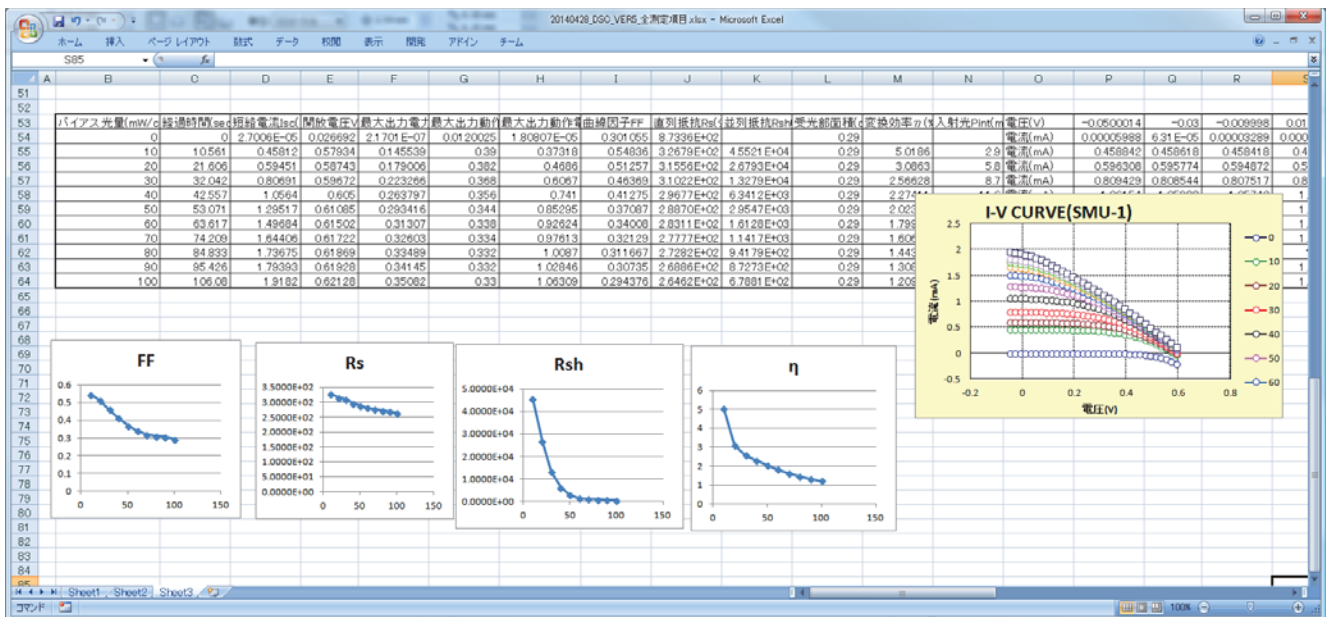
Sweepタブを選択

基本的には、手動に設定して、スイープ範囲を入力して測定を行います。

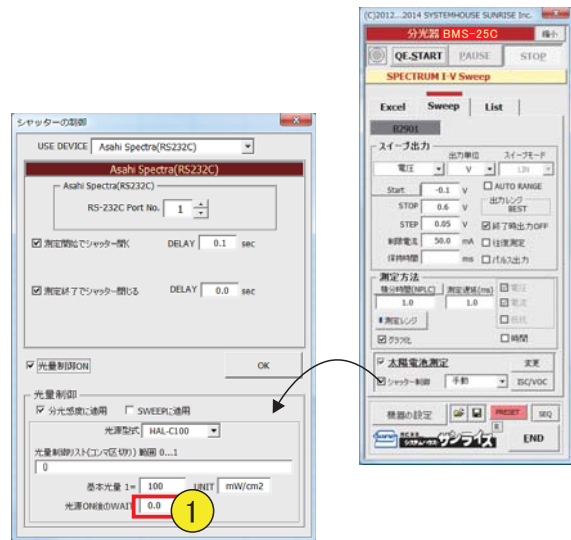
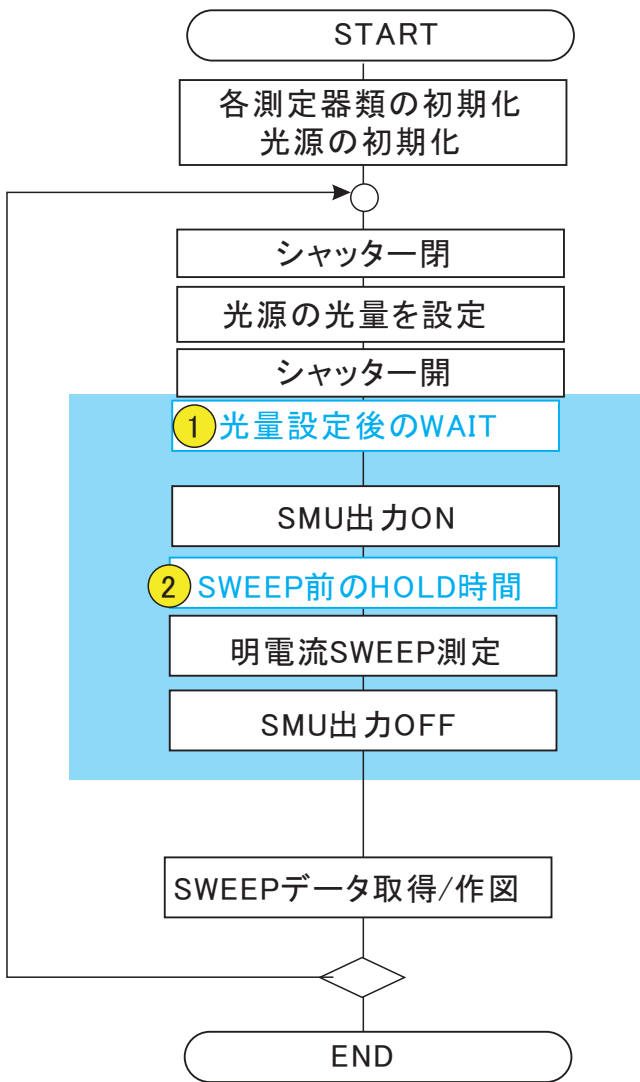
「測定値を下方向へ入力」にチェックを付けます。



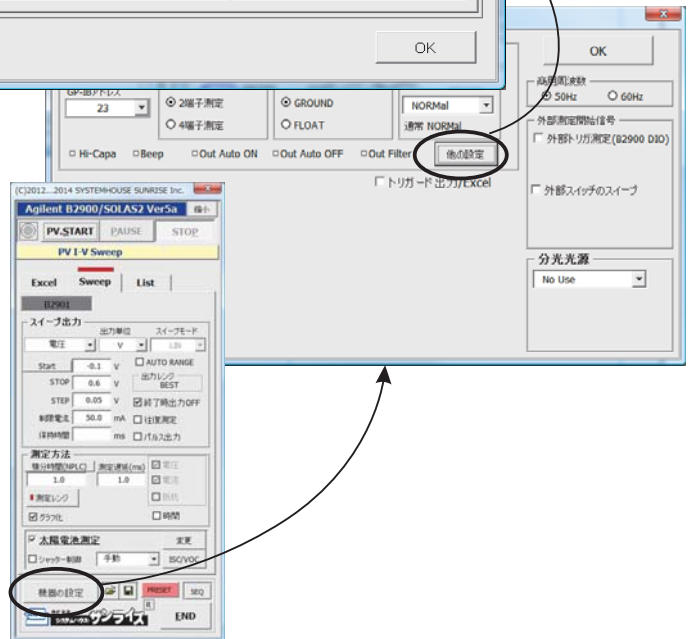
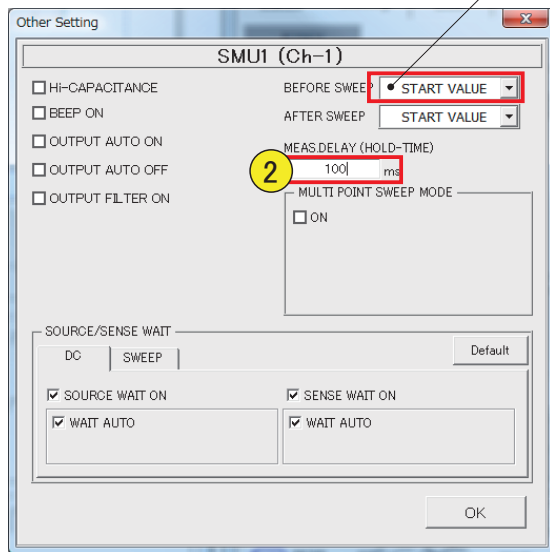
4 「BS.START」ボタンをクリックすると測定を開始します。



ソーラーシミュレータ光量可変によるI-V測定タイミングチャート



“START VALUE”
に設定します。



手動でのバイアス光印加の測定

注)

この項目の測定は、下記の条件が満たされている場合に可能です。

1. PCからの分光光源のシャッター開閉制御が可能なシステム構成である。

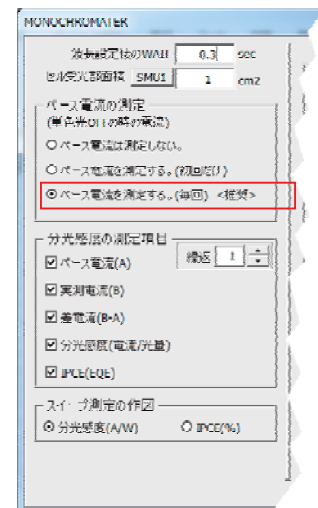
バイアス光源

ハロゲンやLED光源をお勧めします。
(朝日分光製 FHL-101など)



1. バイアス光測定の設定

バイアス光を印加しない測定と、印加する測定とで本アドインの操作方法に違いは有りません。必要なことは、必ず「ベース電流を測定する(毎回)」を選択することです。(右図)



2. バイアス光用光源の選択について

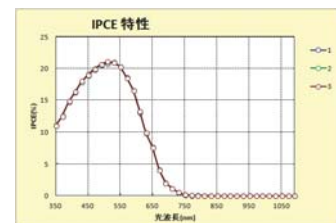
バイアス光の光源を選択する場合、ハロゲン光源やLED光源を推奨します。

一般的にソーラーシミュレータで使用される大パワーのキセノン光源はお勧めできません。キセノン管は、放電管であるため光のちらつきが大きく、Isc/Jsc値の測定にバラツキを生じる原因になります。

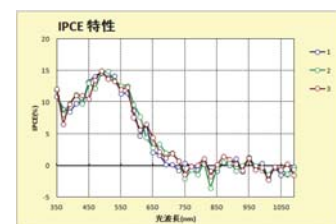
もし、キセノン光源を使用する場合は、単色光の100倍程度の光量以下に光量を落としてご使用ください。

例えば、単色光のMaxが、1mW/cm²であれば、バイアス光の光量を100mW/cm²以下にすることをお勧めします。

太陽電池セルの分光感度特性が極端に小さい場合、または、単色光の光量に対し、バイアス光の光量を大きくしすぎると、右図のように測定結果が不安定になります。



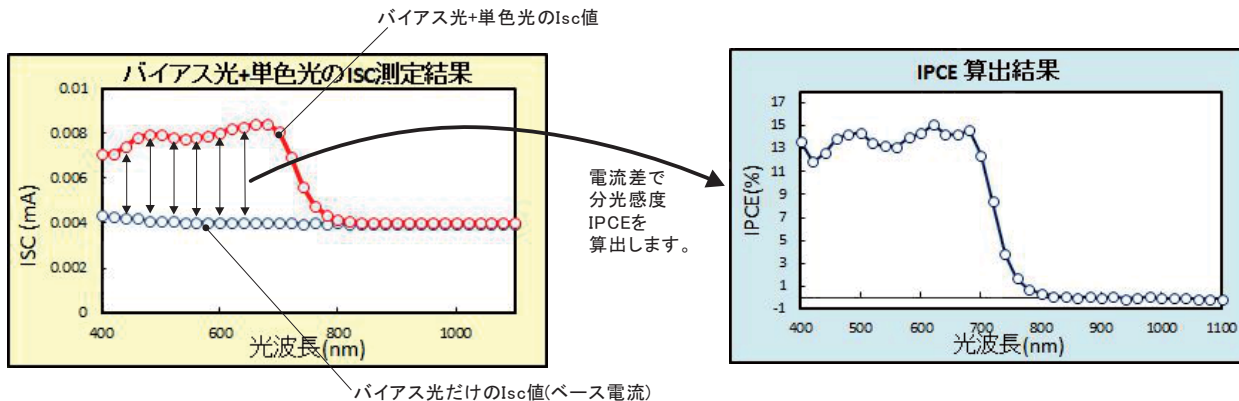
バイアス光無しでの測定例



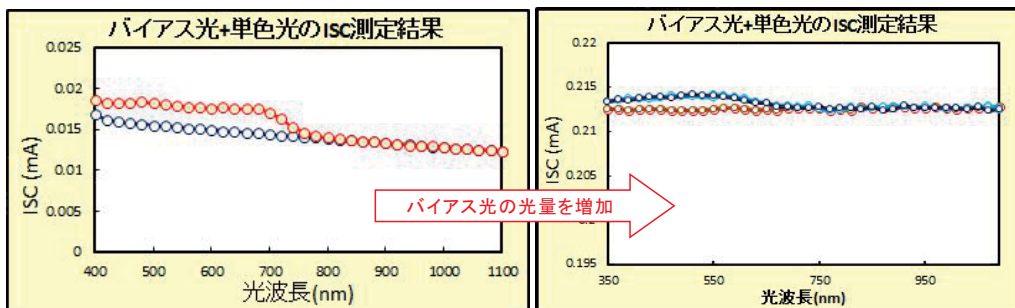
バイアス光の光量が多い場合

3.DC法によるバイアス光印加測定の実理

バイアス光を印加して、DC法で分光感度を測定する方法は下記の図のように行われます。バイアス光は常時印加した状態で、単色光の波長を変更しながら、Iscの測定を行います。各波長ごとに、単色光OFFでのIscを測定し、次に、単色光ONのIscを測定し、その電流差を取り出します。その電流差を使用して分光感度/IPCEを計算します。使用する測定器B2900Aシリーズは、電流測定を6桁半の有効桁数で測定を行うため、バイアス光による電流オフセットを伴う単色光のIsc電流増分も、ある程度までの測定は可能になります。



単色光の光量に対し、バイアス光の光量をあまり大きくすると分光感度の測定値がばらついたり、精度の悪化をもたらします。バイアス光の光量は、単色光の最大光量の100倍以下で測定されることをお勧めします。

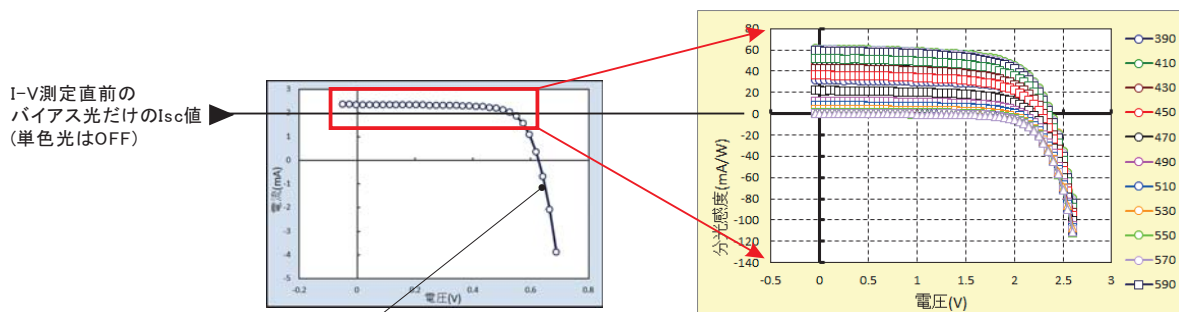


4.バイアス光印加の波長別I-V測定の実理

I-V測定データに対しベース電流(暗電流)の補正を行う場合、「Isc値」補正と、「スイープ値」補正の選択ができます。(15ページ参照)

「Isc値」補正を選択した場合は、各波長ごとに、I-V測定直前のバイアス光だけのIscを測定し、その後、単色光をONにしてI-V測定を行います。バイアス光だけのIsc値をゼロとしてI-Vデータを作図します。(下図参照)

「スイープ値」を選択した場合は、単色光OFFのIVデータと、単色光ONでのIVデータの差を算出し、IVデータとします。



波長ごとにIsc測定とI-V測定を繰り返した結果例
縦軸は、分光感度、またはIPCEで作図されます。

バイアス光用光源の光量校正方法

注)

この項目の測定は、下記の条件が満たされている場合に可能です。

- 1.バイアス光源として、光量連続可変が可能な白色光源(朝日分光製HAL-C100)が接続されている場合。(バイアス光源の直線性を補正する機能です。)
- 2.ソフト品番が「W32-B2900SOLBMS2」である。

1. 光量校正リストを作成します。

ソーラーシミュレータの光出力設定値(%)に対する実際の光出力値を測定します。光出力を測定するためのセンサーが必要になりますが、ここでは単結晶Siセルを使用します。フォトダイオードの出力をマルチメータで測定することでもよいと思います。光量に正比例する受光素 であれば 題ありません。

- ・Excelシートに、ソーラーシミュレータの校正する出力リスト(%値)を縦方向に手入力します。
- ・ソーラーシミュレータでセル(受光素)に照射します。
- ・IV測定ソフトのISCモニター機能を起動して、セルのISC値を観察します。
- ・出力リスト(%に従って、手動でソーラーシミュレータの出力(%)を変えながら、それぞれのISC値を読み取り、Excelシートにキー入力します。この時、マイナスの読み値をプラスに変更して、Excelへ入力します。
- 読み値の単位は、何でも 題ありません。(A,V,mW/cm²,等々)
- ・光量校正リストの作成は、全て手動測定で行ってもかまいませんが、下記のように、IV測定ソフトのISC連続測定機能を利用すると、容易に行うことができます。

IV測定ソフトのExcelタブを選択し、ステップ動作で各光出力毎のISCを測定します。

PAUSEをクリックした後、EX.STARTで測定開始。ソーラーシミュレータの出力値(%)を手動で変更し、EX.STARTボタンをクリックしてISCを測定。全出力値(%)について測定する。

Excelタブを選択

ISC連続測定にチェック。CYC数は、校正する出力ポテントの数を設定。

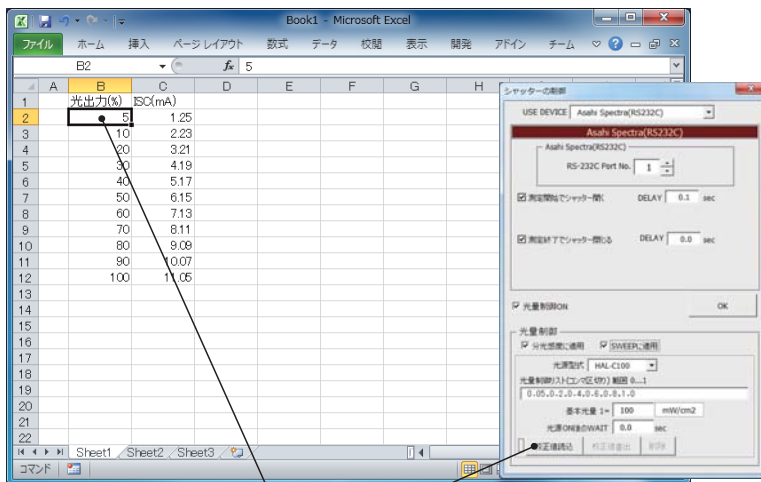
作成された校正リスト

光出力(%)	ISC(mA)
5	1.25
10	2.23
20	3.21
30	4.19
40	5.17
50	6.15
60	7.13
70	8.11
80	9.09
90	10.07
100	11.05

光出力の校正ポイントを入力します。最大20ポイントです。それ以上の入力は、無視されます。この列は、事前に手入力してください。ソーラーシミュレータの光出力値(%)です。ソーラーシミュレータの型式により光量可変範囲が異なります。HAL-C100型では、5%から100%の範囲です。(HAL-320型は、30%から100%の範囲です。)

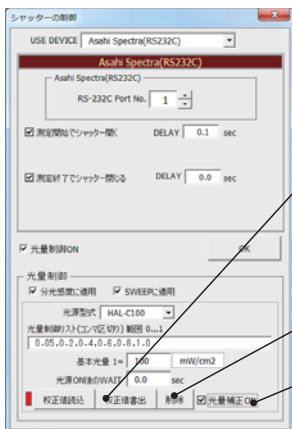
光量の測定結果が入力された列。この測定値は、直線性を評価するためだけに使用しますから、測定値の単位系は何でも良いです。ここでは、Si太陽電池セルのISCを使用します。

2. 光量校正リストを読み込みます。



校正リストのこの位置にカーソルを置いて、「校正値読み込み」ボタンをクリックすると、校正リストを読み込みます。

3. 光量校正リストの測定への適応、校正リストの確認/削除。



現在読み込まれている校正リストを、Excelシート上へ書き出します。現カーソル位置へ出力されます。現在の校正リストの内容が確認できます。Excelシートの空いている領域にカーソルを置いてからクリックしてください。この書き出しにより、校正リストがクリアされることはありません。

現在読み込まれている校正リストをクリアします。

現在読み込まれている校正リストを測定に適応する場合はチェックを付けます。チェックを付けないと、この校正リストにより補正は行われません。

4. 光量校正が行われていない時と、行われている時の光量算出方法の違い。

例として、ソーラーシミュレータの光出力が80%で、1-SUN(100mW/cm2)に設定されていて、光量制御リストが、「0, 0.4, 0.8, 1.0, 1.1」と入力された場合。

光量校正が無い場合の光量算出方法

光量制御リスト	光出力	光量計算式	算出された光量値(mW/cm2)
0	シャッター閉じる		0
0.4	32%	$100 * \frac{0.4}{1.0}$	40
0.8	64%	$100 * \frac{0.8}{1.0}$	80
1.0	80%	初期値	100
1.1	88%	$100 * \frac{1.1}{1.0}$	110

光量校正が有る場合の光量算出方法

光量制御リスト	光出力	ISC測定値(mA)	光量計算式	算出された光量値(mW/cm2)
0	シャッター閉じる			0
0.4	32%	4.2	$100 * \frac{4.2}{12.0}$	35
0.8	64%	9.1	$100 * \frac{9.1}{12.0}$	75.8
1.0	80%	12.0	初期値	100
1.1	88%	13.44	$100 * \frac{13.44}{12.0}$	112

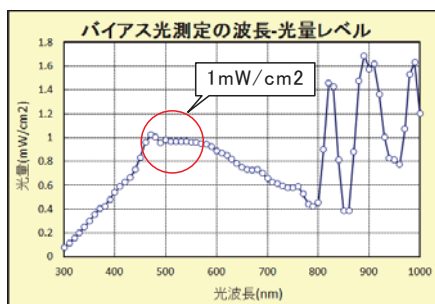
光量校正リスト
注)該当する数値(%)が無い場合は、比例配分によりISC値を算出して、補正を行います。

1. バイアス光源の選択

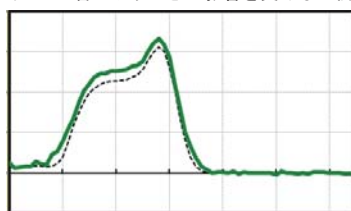
バイアス光源は、極力、光量が安定しているものを使用してください。
 ただ、数秒以上でゆっくりと光量が変動するものは 題ありません。
 チラつきの無いハロゲン光源やLED等が理想的です。
 モノクロ光源の光量が1mW/cm²以上確保できるのであれば、キセノンを使用したソーラーシミュレータの使用が可能です。100W程度のキセノン管タイプで、チラつきの少ないものを使用してください。朝日分光製HAL-C100をお勧めします。

2. 分光感度測定用モノクロ光源の光量について

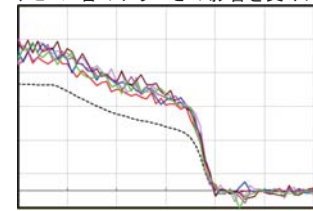
モノクロ光源は、極力、光量のパワーを大きくして測定することが大切です。
 しかし、チラつきの無いハロゲン光源やLEDを使用する場合は、モノクロ光源の光量は、それほど 題ではありません。
 朝日分光製HAL-C100のソーラーシミュレータ(キセノン管)をバイアス光源に使用し、モノクロ光源にMLS-1510を使用する場合、照射領域を10mm*10mm程度まで絞り、500nm域の光量を1mW/cm²以上に光量をアップして測定してください。



キセノン管のチラつきの影響を受けない例

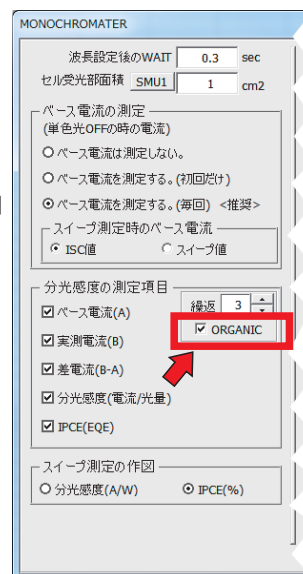
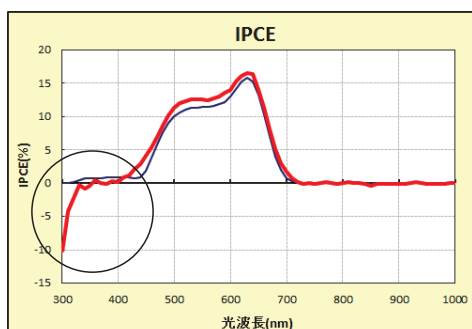


キセノン管のチラつきの影響を受けた例



3. 有機系太陽電池の分光感度測定の詳細事項

バイアス光を照射して分光感度測定を行った時、測定開始の波長部分で下図の丸印の様に、分光感度がマイナスになる、または、小さな値を示す場合があります。または、その逆の場合も有ります。
 この原因は、バイアス光による電流(ISC)が安定状態になる前に測定を開始したためです。しかし、ペロブスカイト太陽電池を含め、有機系太陽電池では、電流(ISC)が完全に安定するためには多くの時間を必要とします。
 この測定誤差を回避するために、有機系太陽電池測定では、右図の「ORGANIC」にチェックを付けます。(無機系の測定を行っても 題はありません。)
 しかし、急激な電流変化のある先頭の時間帯だけは避けてください。
 次ページ以降に、その詳細を記載します。

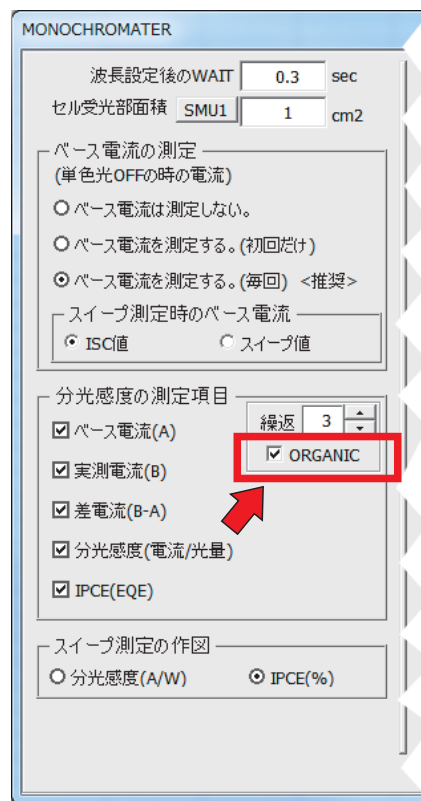
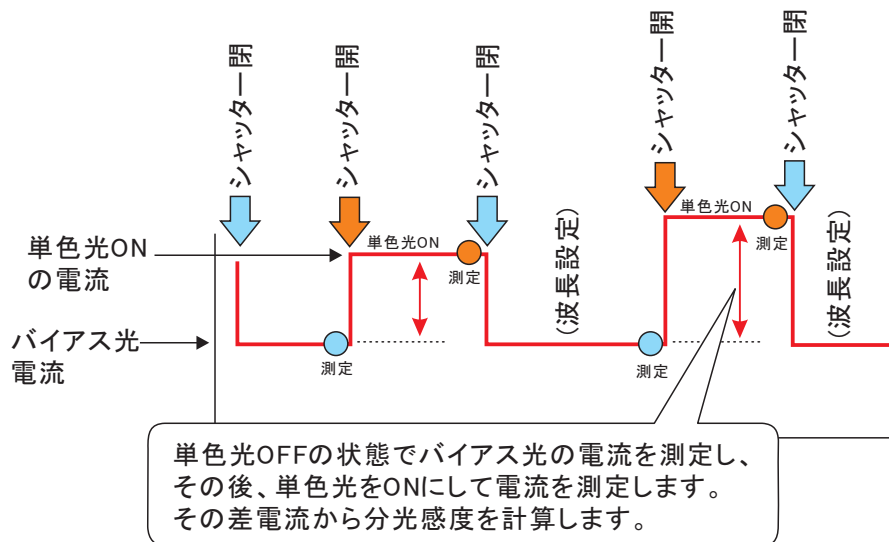


● バイアス光を印加した分光感度の測定方法

無機系太陽電池の場合

「ORGANIC」にチェックを付けない。

Si系や化合物系などのセルの場合は、電流の応答性も速く、電流値 (ISC)も安定しているため、「ORGANIC」にチェックを付けないで測定します。ただし、チェックを付けて測定しても問題は有りませんが、若干、測定時間が増えます。



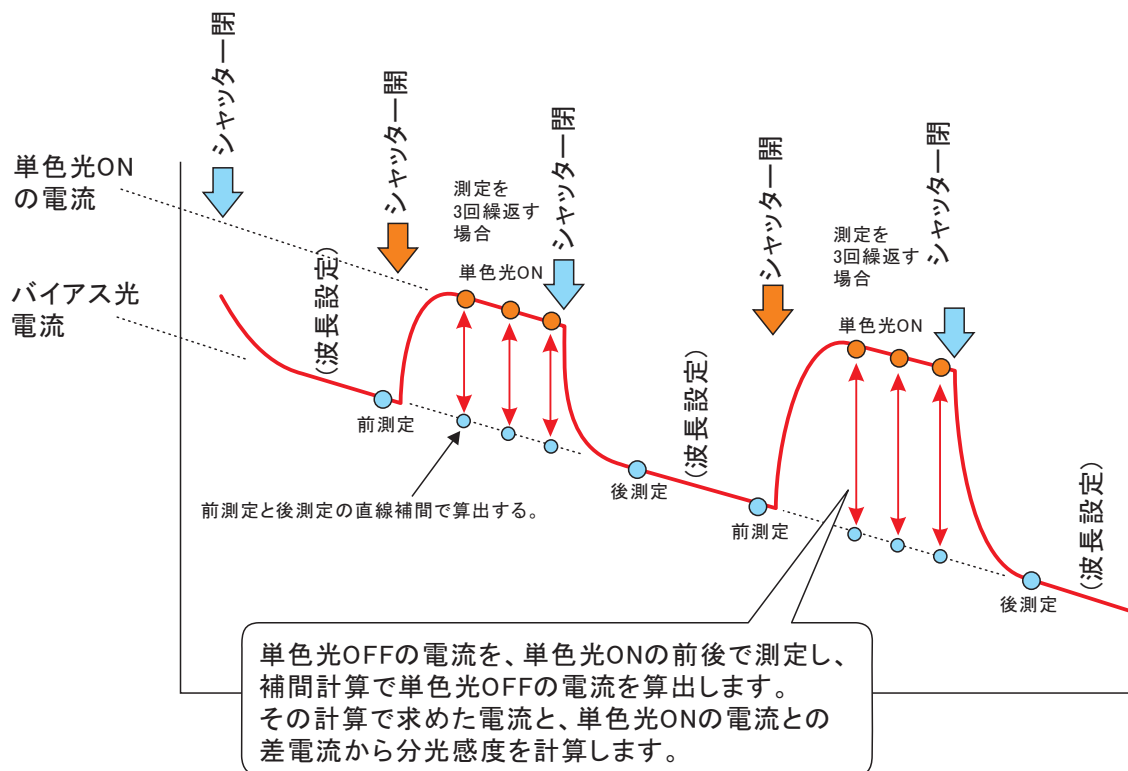
有機系太陽電池の場合

「ORGANIC」にチェックを付ける。

ペロブスカイト型太陽電池を含む有機系太陽電池は、バイアス光を照射後の電流(ISC)の変化が大きく、電流(ISC)が安定するのに長い時間が掛かります。

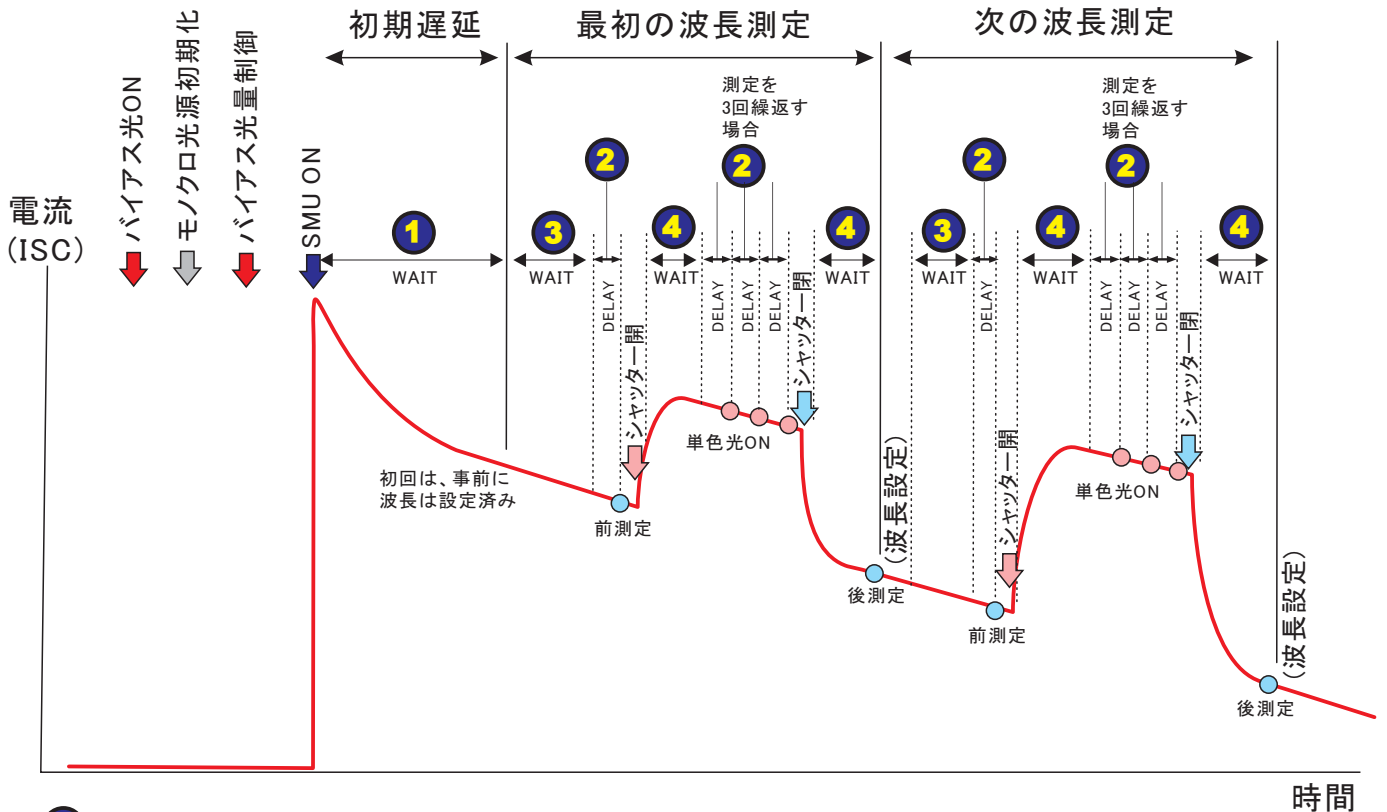
また、単色光照射ON/OFFの両方に対する電流応答も緩慢です。

有機系太陽電池では、これらの特徴を考慮した測定条件を設定して分光感度測定を行わないと、正しい測定ができません。



● 分光感度測定時の電流波形

「ORGANIC」にチェックを付ける



時間

- 1 測定の最初のバイアス光による急激な電流変化の時間帯を回避するための待ち時間です。この時間は、重要で、セルのバイアス光に対する電流応答性に依存する時間です。最初の波長のIPCE測定値がマイナスになる場合は、この時間を大きくします。
- 2 SMUの電流測定時の遅延時間です。通常、10ms~100ms程度で十分です。
- 3 モノクロ光源の波長設定後の待ち時間です。通常、0.1sec~0.5sec程度で十分です。
- 4 単色光ON/OFFに対する電流応答の遅さにより発生する測定誤差を回避するための時間です。繰り返し測定回数を3回以上にして、その3回の測定値に差が出る場合は、この時間を大きくします。

□ 枠の部分は、必ず設定してください。

1 出力ON後の待ち時間 (sec) 5

Ctrl + Click

NPLC=5

チェック

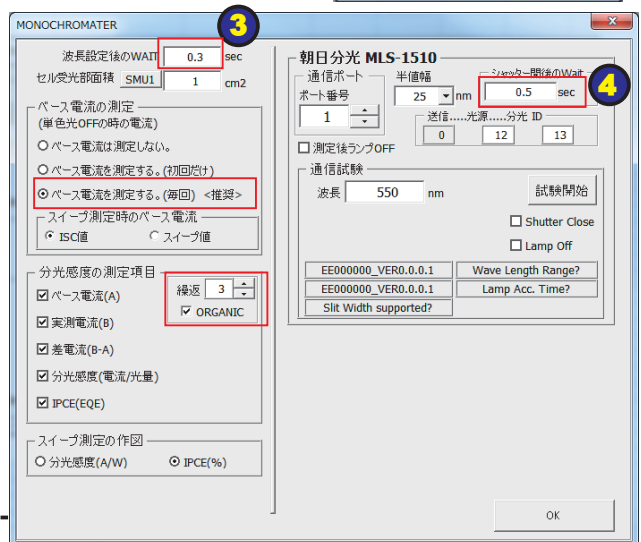
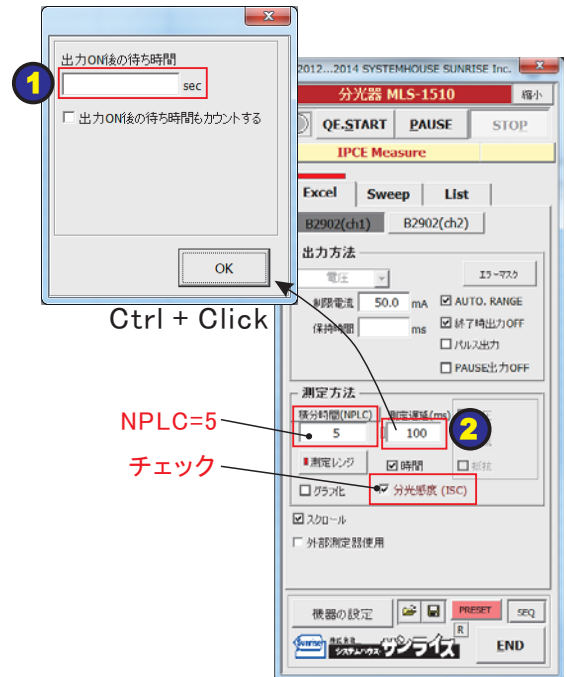
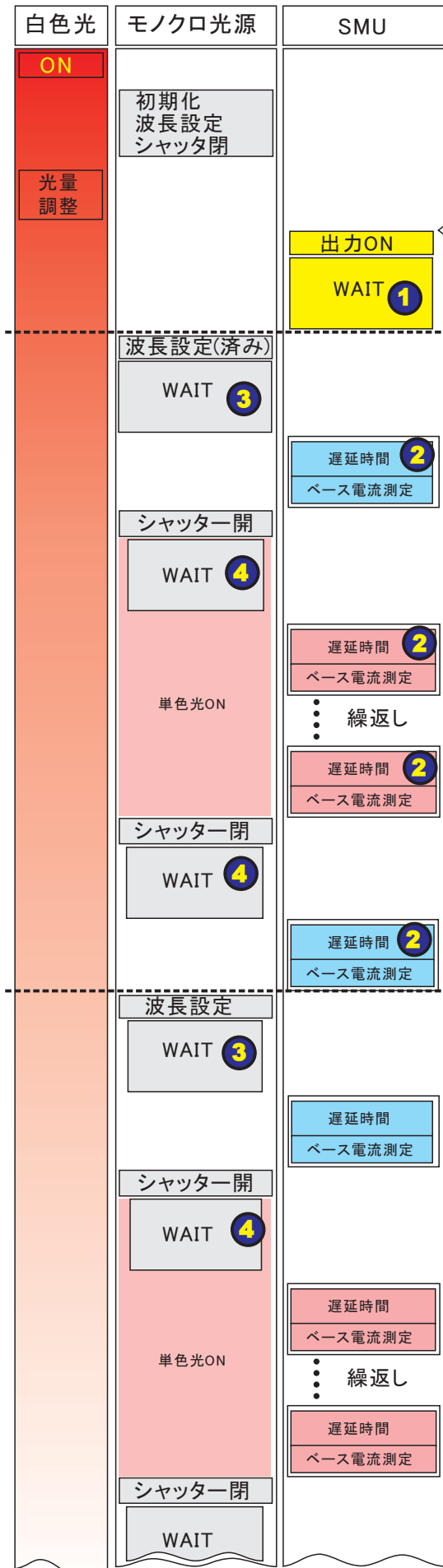
2

3

4

● 分光感度測定のタイムチャート

「ORGANIC」にチェックを付ける。



□ 枠の部分は、必ず設定してください。

- ① 測定の最初のバイアス光による急激な電流変化の時間帯を回避するための待ち時間です。この時間は、重要で、セルのバイアス光に対する電流応答性に依存する時間です。最初の波長のIPCE測定値がマイナスになる場合は、この時間を大きくします。
- ② SMUの電流測定時の遅延時間です。通常、10ms~100ms程度で十分です。
- ③ モノクロ光源の波長設定後の待ち時間です。通常、0.1sec~0.5sec程度で十分です。
- ④ 単色光ON/OFFに対する電流応答の遅さにより発生する測定誤差を回避するための時間です。繰返し測定回数を3回以上にして、その3回の測定値に差が出る場合は、この時間を大きくします。