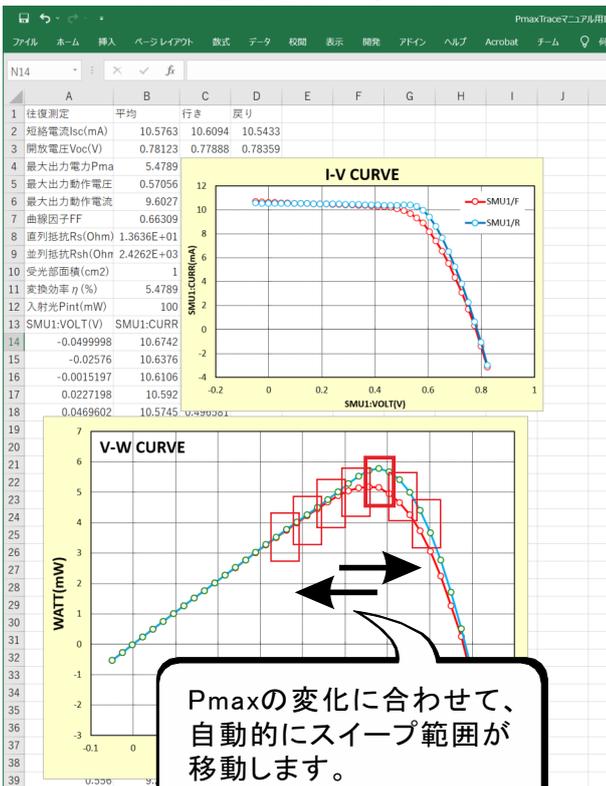


● Pmax自動追尾/耐久性評価

Pmax自動追尾の機能は、下記の太陽電池I-V測定ソフトのオプション機能です。



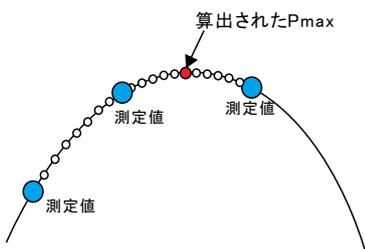
● Pmax自動追尾を行います。



Pmaxの変化に合わせて、自動的にスイープ範囲が移動します。

Pmaxの値は、2次多項式により正確に算出されます。

※2次多項式によるPmaxの正確な算出



ソフト型番 W32-B2900SOL4M 500,000円

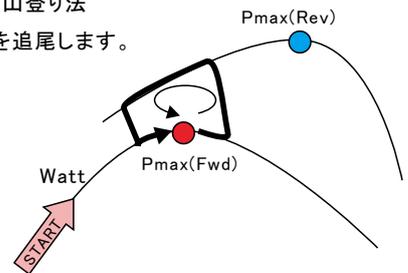
旧型番 W32-B2900SOL4M2

標準ソフト W32-B2900SOL4(380,000円) + Pmax追尾オプション(120,000円)

Pmax追尾パターンの種類

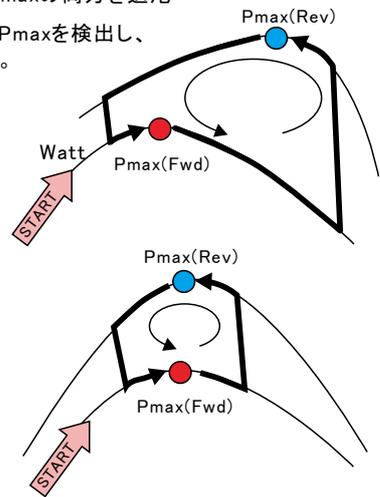
ペロブスカイト順セル、DSCの場合

- ヒスのあるセルの一般的な山登り法
最初に見つけたPmaxだけを追尾します。



- Forward Pmax+Reverse Pmaxの両方を追尾

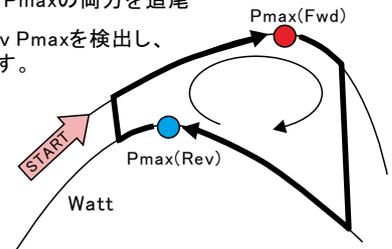
Fwd Pmaxを検出後、Rev Pmaxを検出し、両方のPmaxを追尾します。



ペロブスカイト逆セル

- Forward Pmax+Reverse Pmaxの両方を追尾

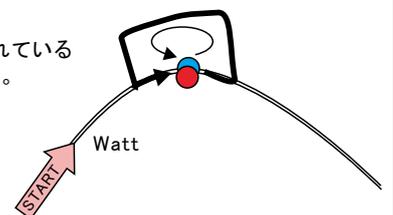
Fwd Pmaxを検出後、Rev Pmaxを検出し、両方のPmaxを追尾します。



Siセル等の無機系セル

- 一般的な山登り法

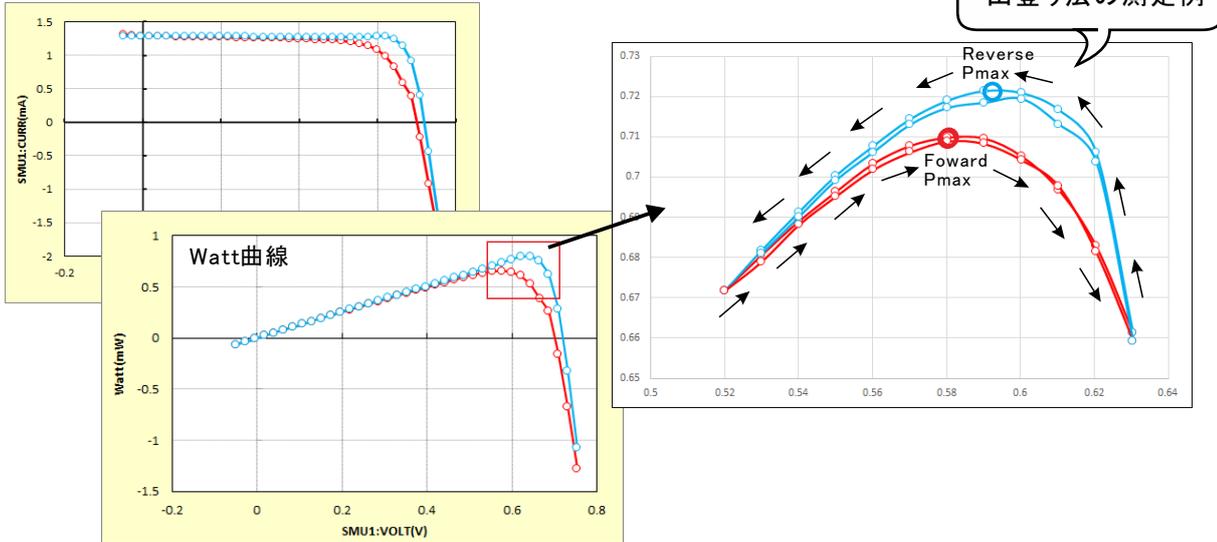
Pmaxは、1つしかいないため、一般的なパワコン内部で行われている山登り法と同じ追尾を行います。



● 山登り法とPmax追尾測定例

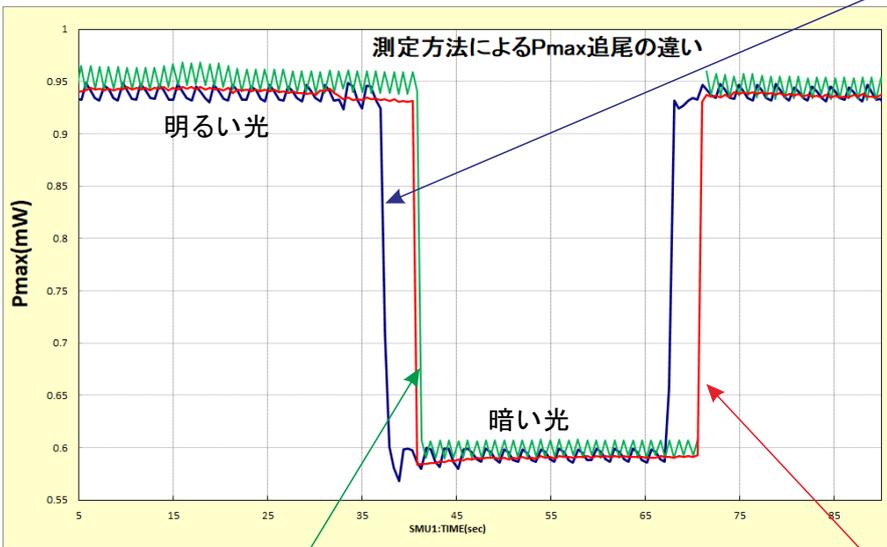
● ヒステリシスのあるセルの、山登り法によるPmaxの測定例

I-V特性 DSC,PSC逆セルなど



山登り法の測定例

● Pmax追尾を4つのパターンから選択します。

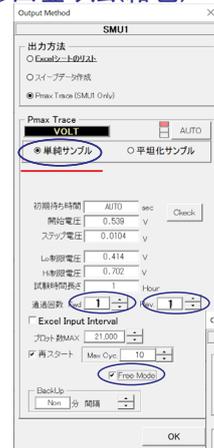


測定方法によるPmax追尾の違い

明るい光

暗い光

① 山登り法(紺色)

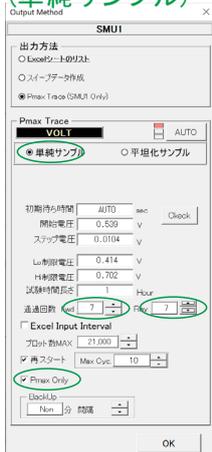


★ ② 平坦化サンプルを選択するとPmaxの変動が最小になります。



③ Fwd+Rec Pmax追尾 (単純サンプル)

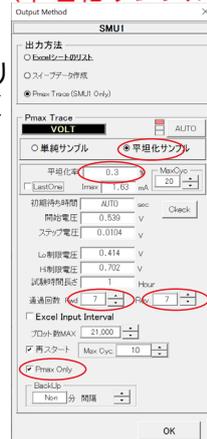
単純サンプルを選択するとヒスが大きいいためPmaxの変動幅が大きくなります。



④ Fwd+Rec Pmax追尾 (平坦化サンプル)

★ 平坦化サンプルを選択するとヒスが最小になりPmaxの変動幅が小さくなります。

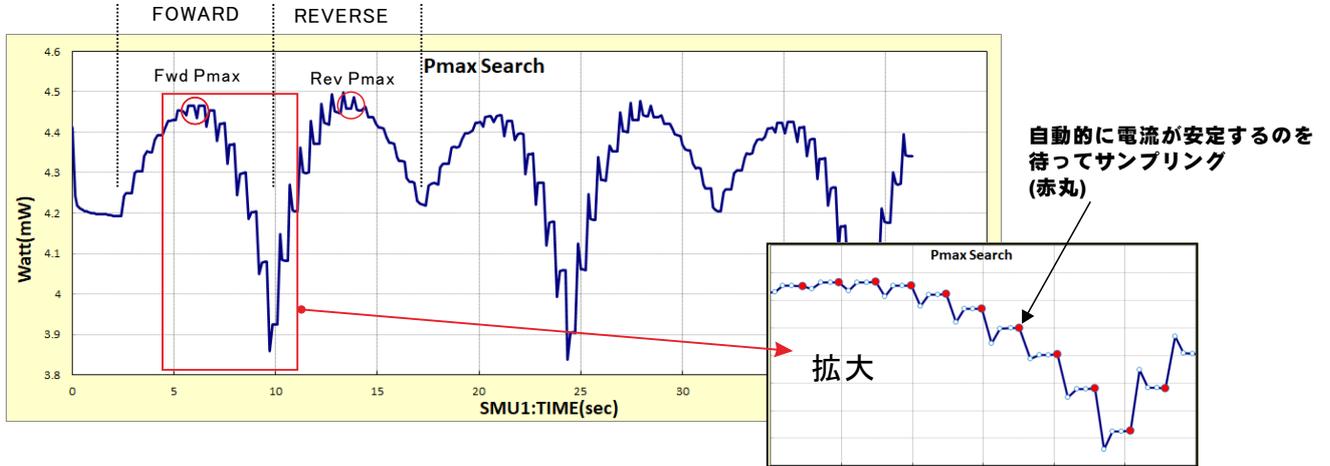
※ 平坦化サンプルとは。電圧を変化させた後、電流が安定状態になるのを待って電流測定を行います。



● Pmax自動追跡の正常/異常を確認する。

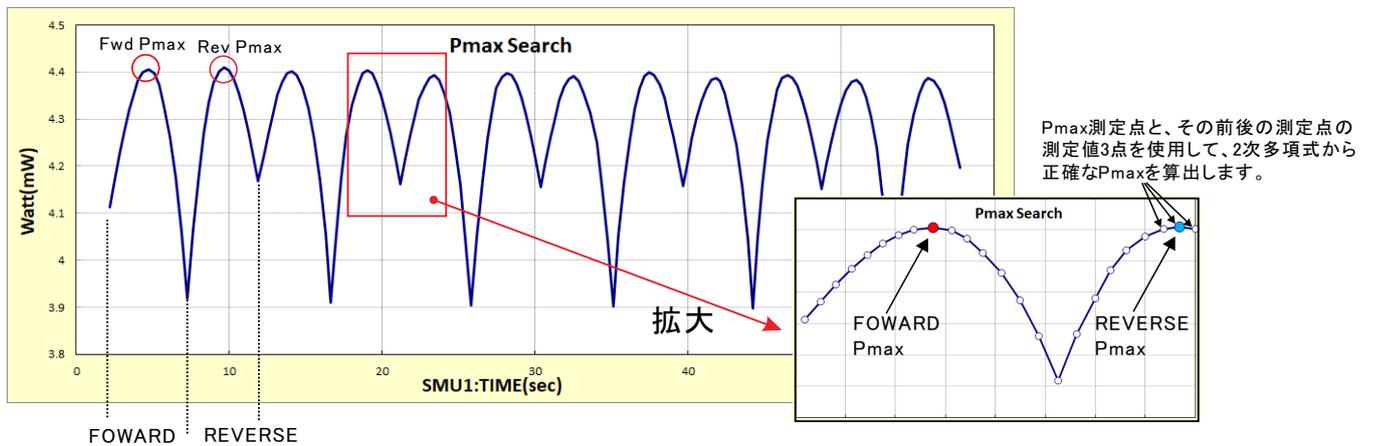
A 「平坦化サンプル」を選択し、Pmax検出が正常に行われているかを確認します。

正確なPmaxを検出するために、電流が安定するのを待ってサンプリングしていることを確認します。Pmax前後で、Watt値がUp/Downしていることを確認します。



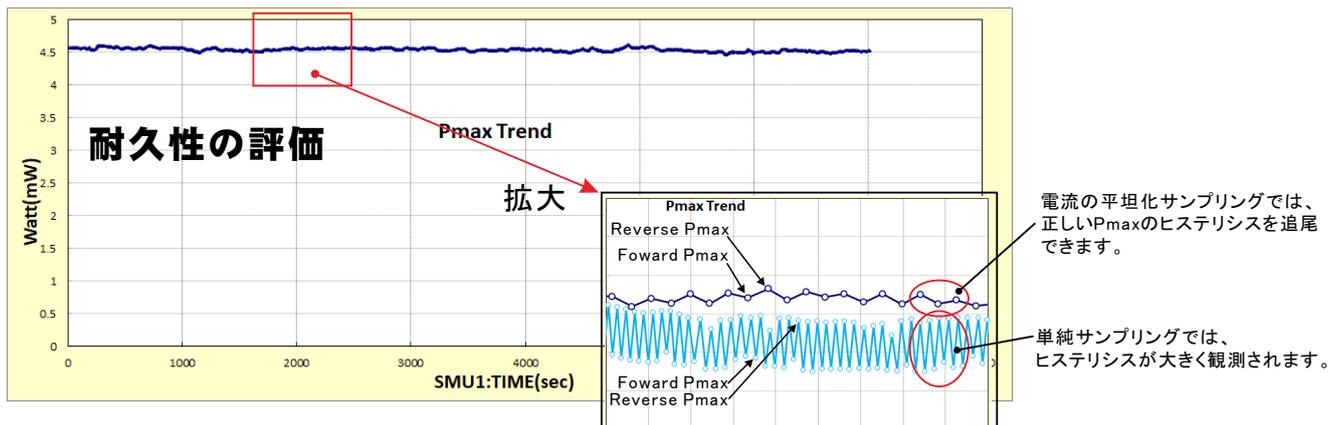
B 「単純サンプル」の場合も、Pmaxが正しく追跡されていることを確認します。

Pmax前後で、WattがUp/Downしていることを確認します。

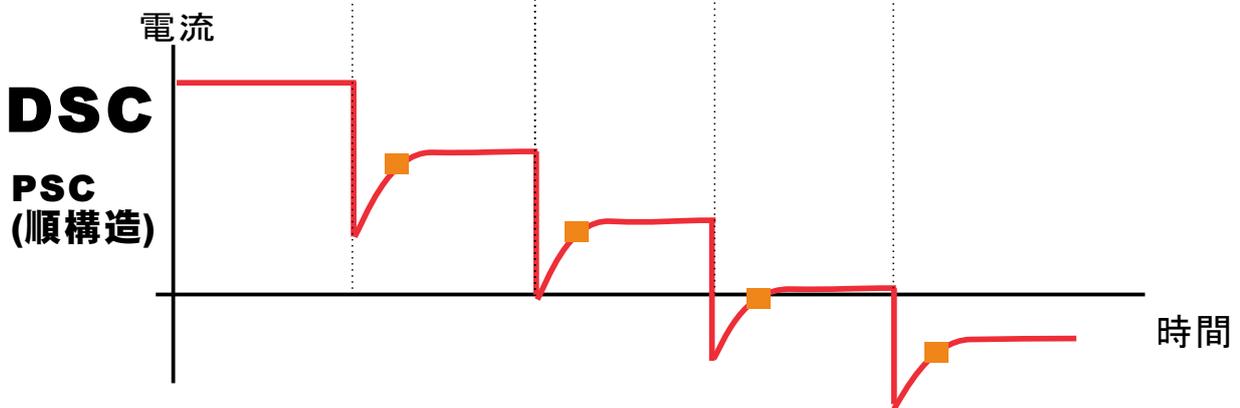
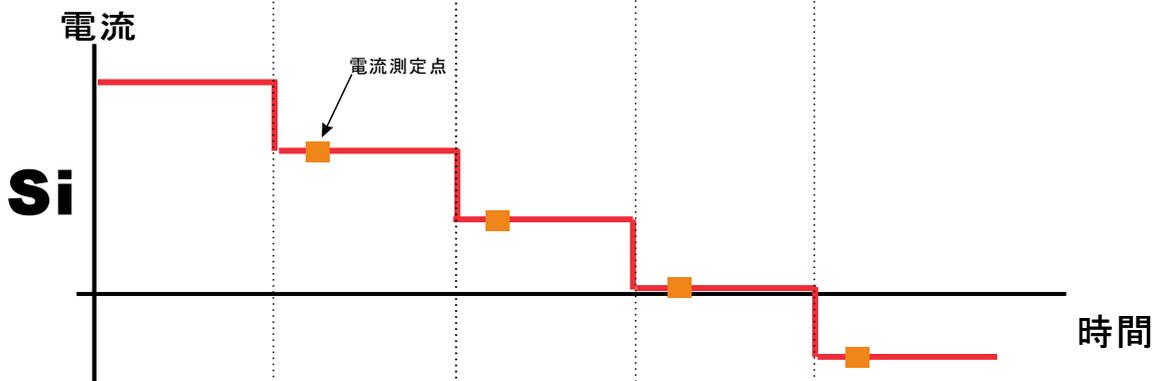
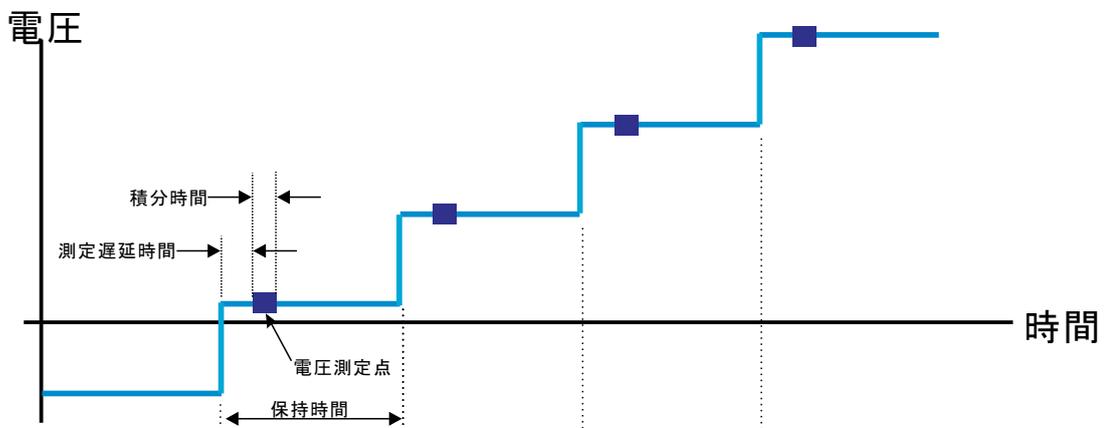
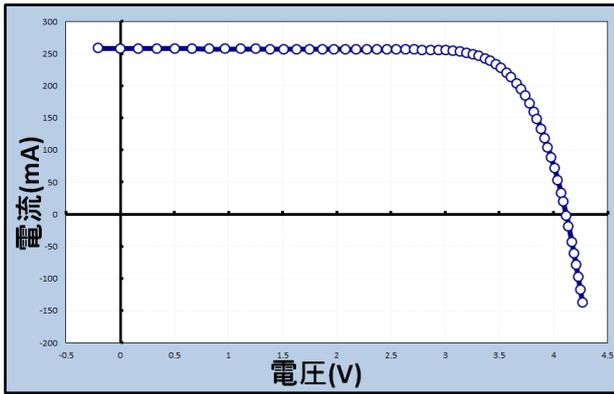


C Pmax追尾の正常を確認したら、「Pmax Only」を選択して長期間のPmaxトレンドを観測します。

長期のPmaxの変化が解りやすく表示されます。

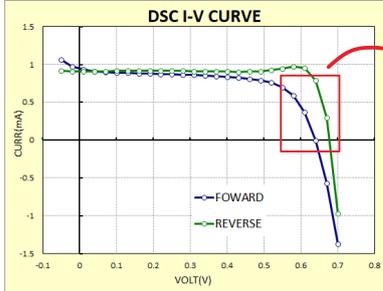


I-V測定の実理

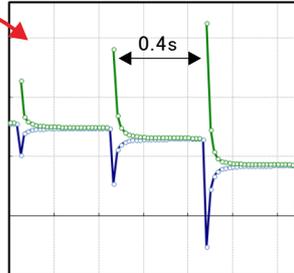


ヒステリシスの比較

● DSCのヒステリシス

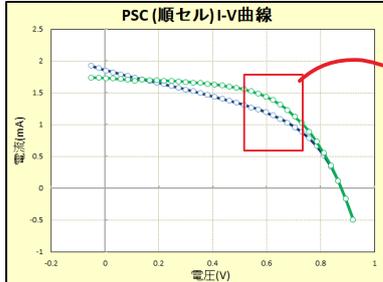


ヒステリシスの原因となる電流波形



DSCのヒステリシスは、適切な測定条件で、回避できる。

● PSC(順セル)のヒステリシス



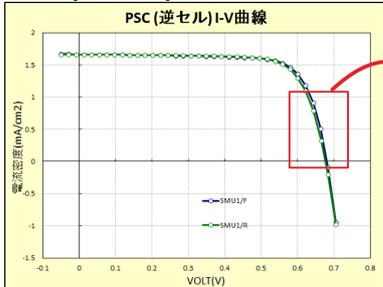
ヒステリシスの原因となる電流波形



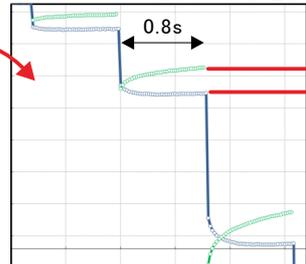
ヒステリシス残留分

PSC(順セル)のヒステリシスは、適切な測定条件で、小さくできるが、残留分は回避できない。

● PSC(逆セル)のヒステリシス



ヒステリシスの原因となる電流波形

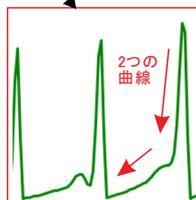


ヒステリシス残留分

PSC(逆セル)のヒステリシスは、一見、小さく見えるが、VOC近辺に大きなヒスが存在する。

DSCのヒステリシス

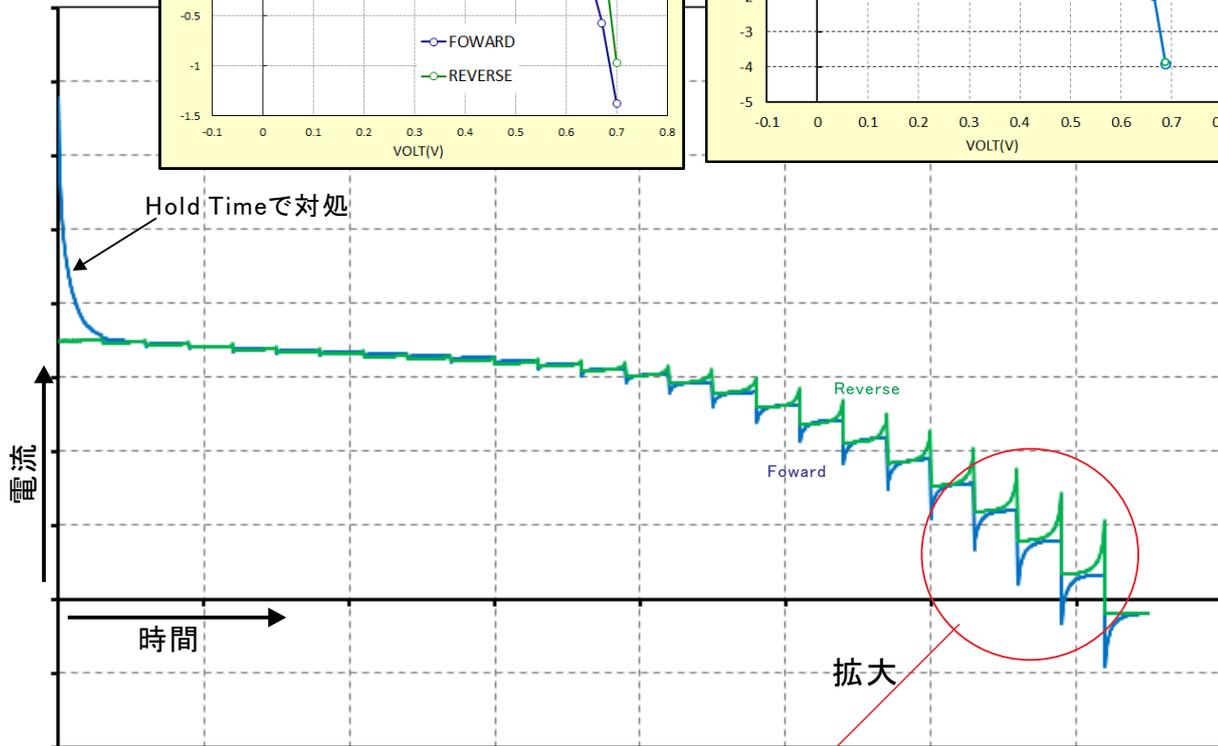
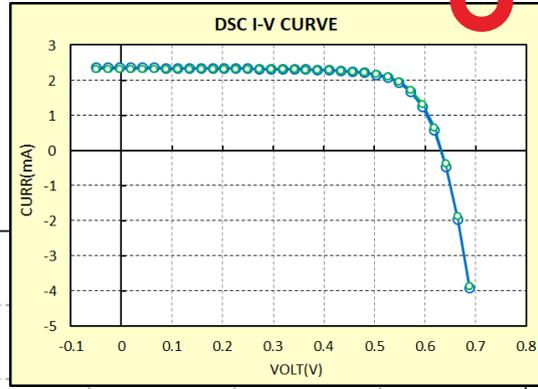
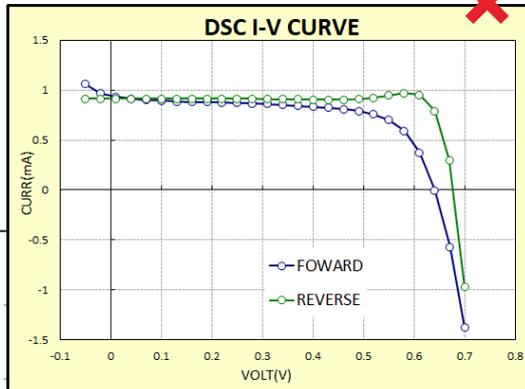
拡大



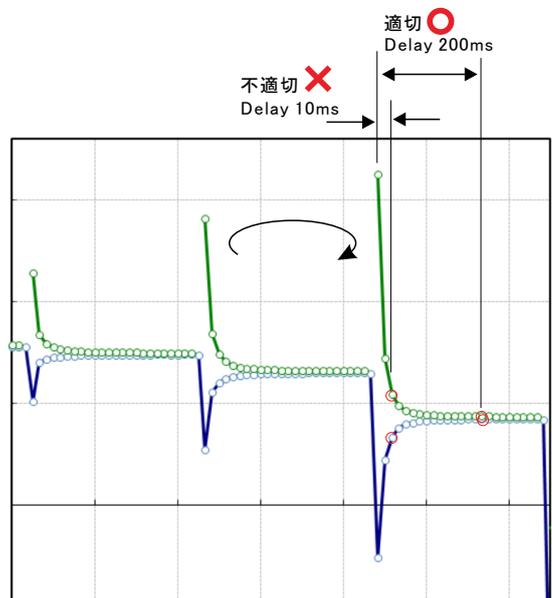
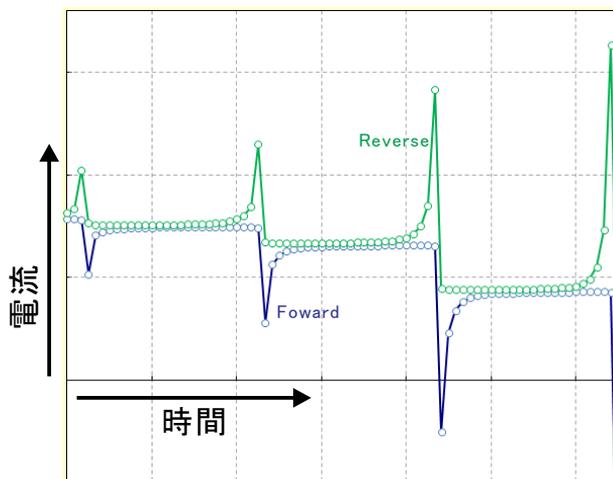
DSCのヒステリシス

Delay 10msの場合
不適切なDelay

Delay 200msの場合
適切なDelay



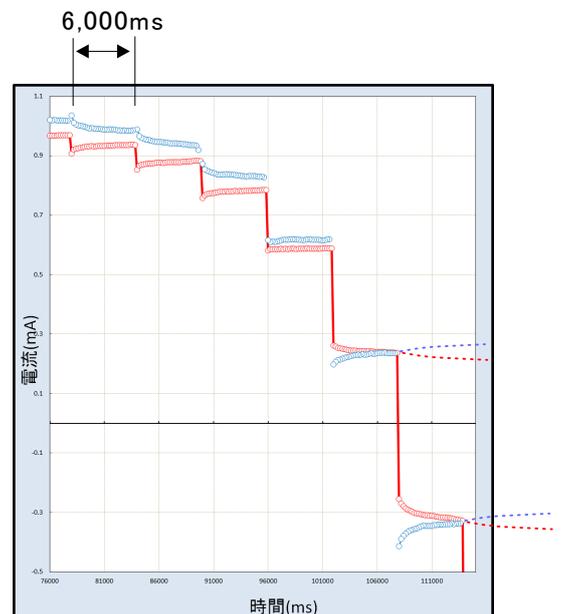
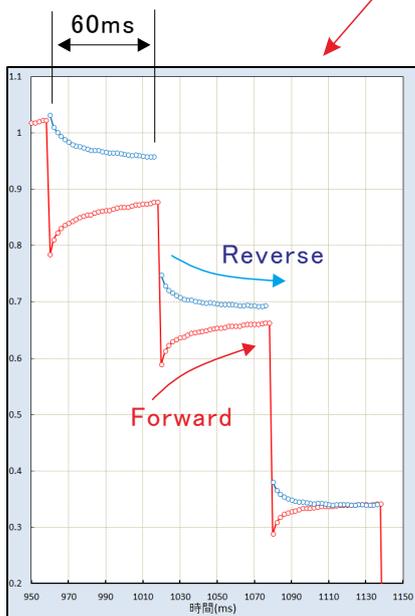
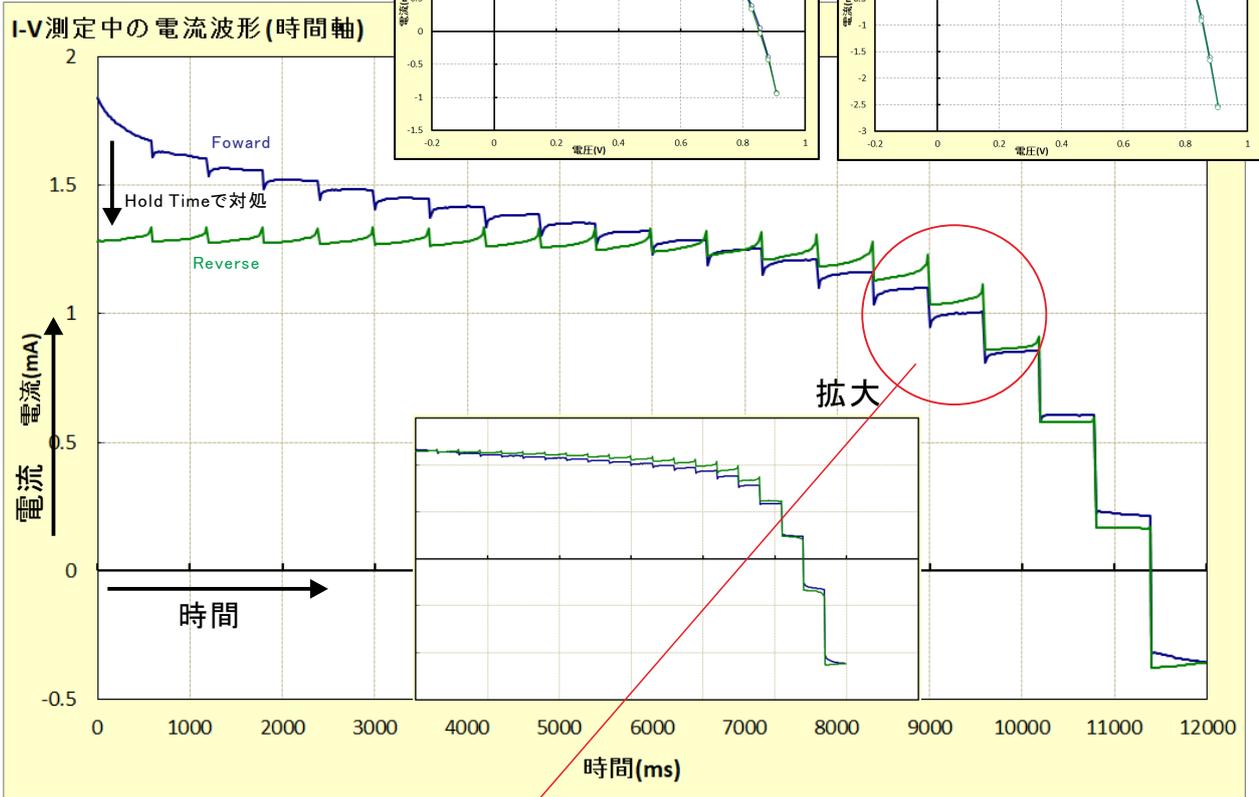
I-V測定中の電流の過渡特性



PSC(順セル)のヒステリシス

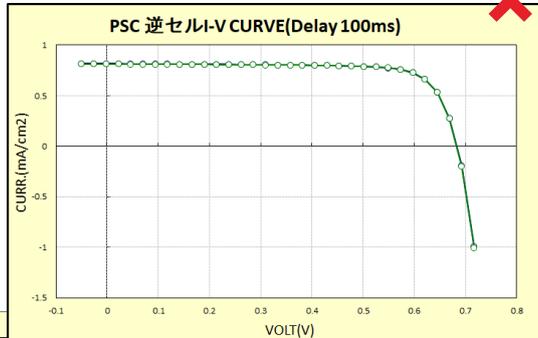
Delay 200msの場合
不適切なDelay

Delay 6000msの場合
適切なDelay

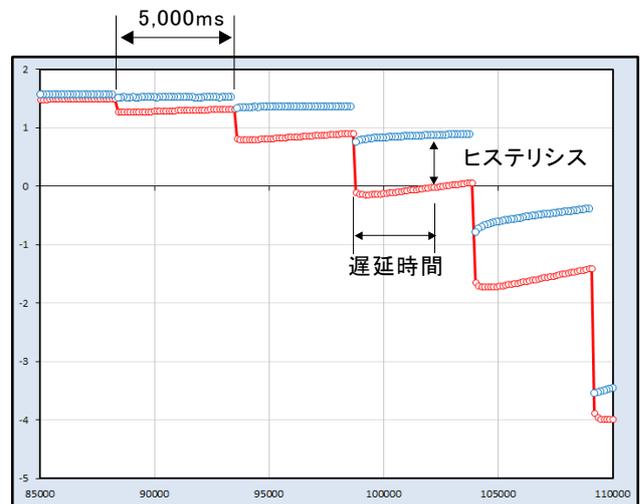
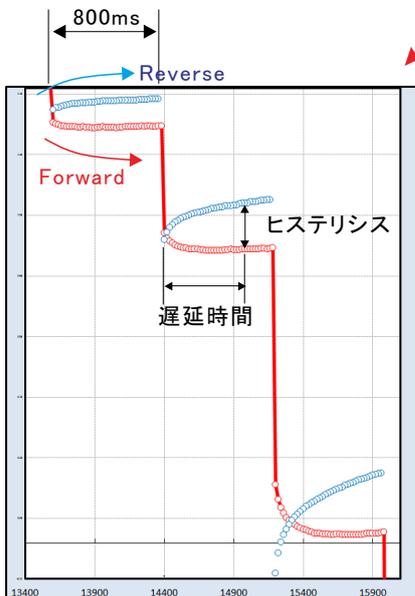
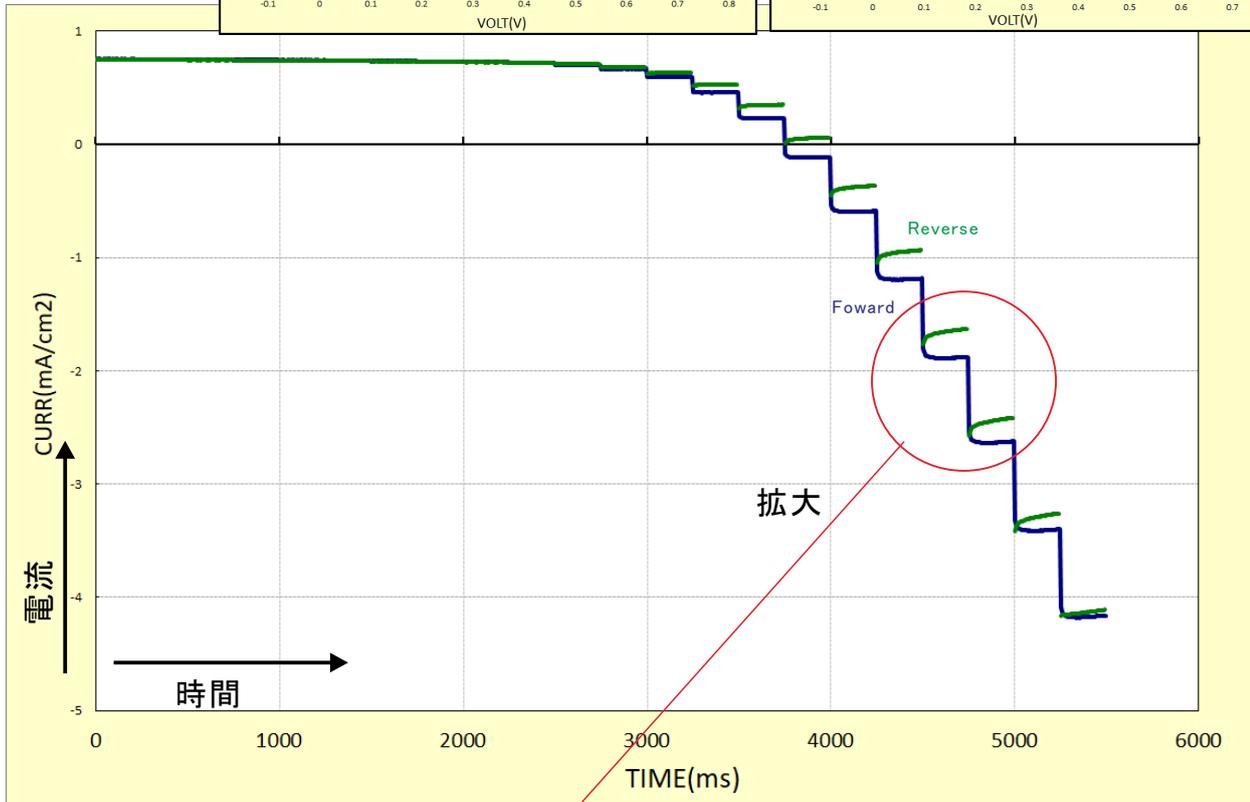
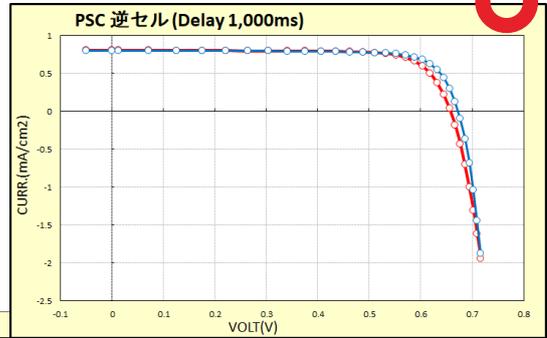


PSC(逆セル)のヒステリシス

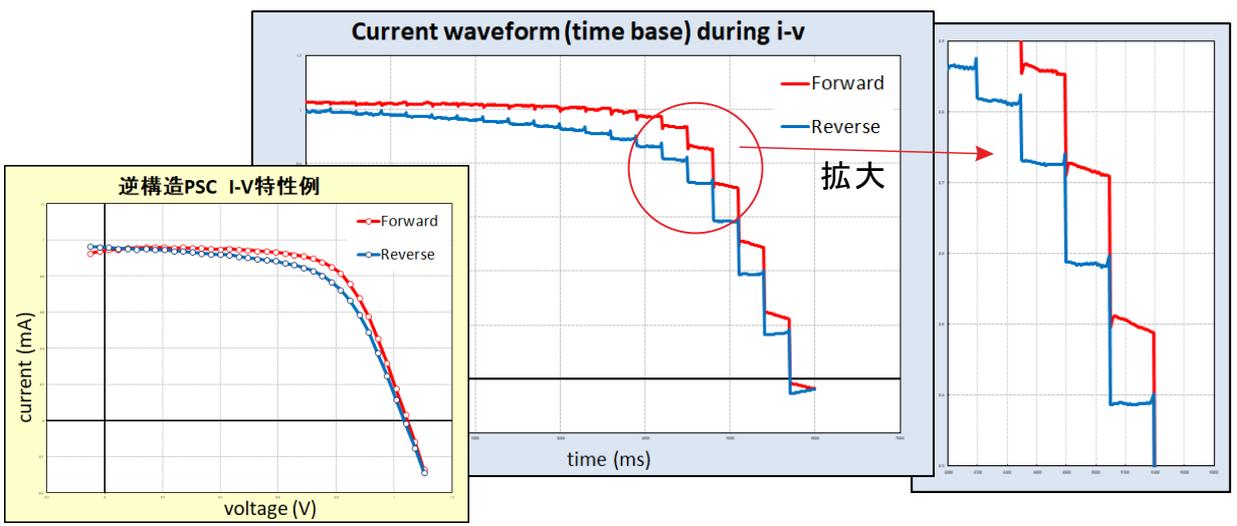
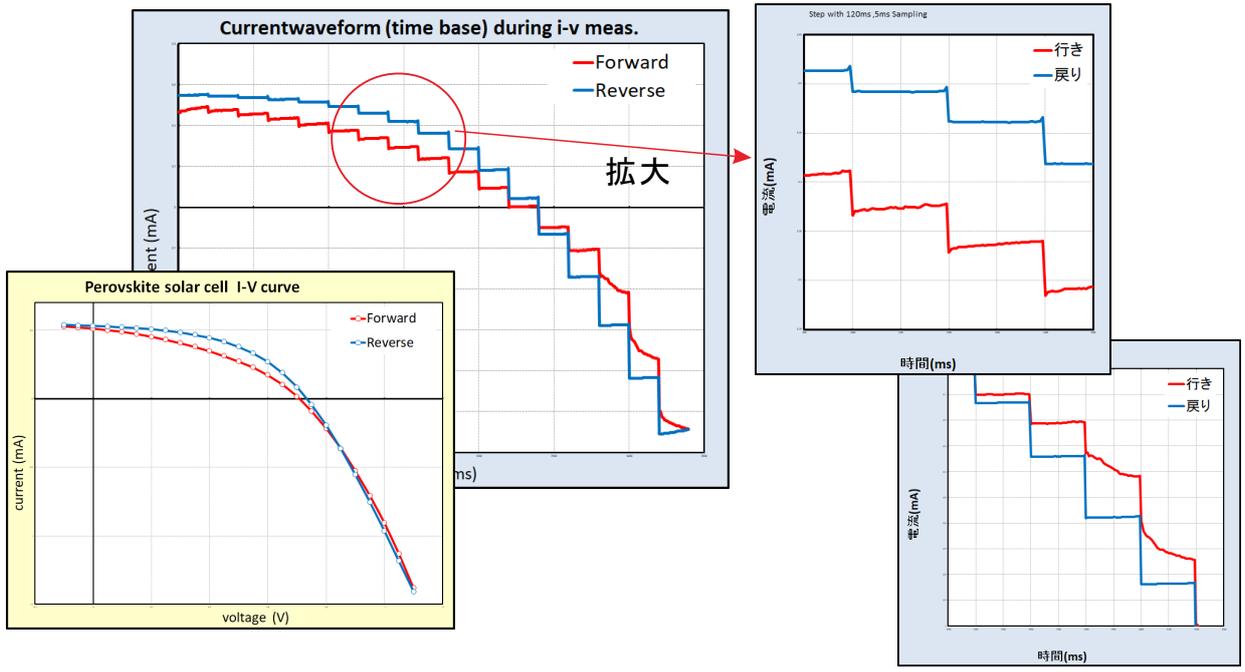
Delay 100msの場合
不適切なDelay



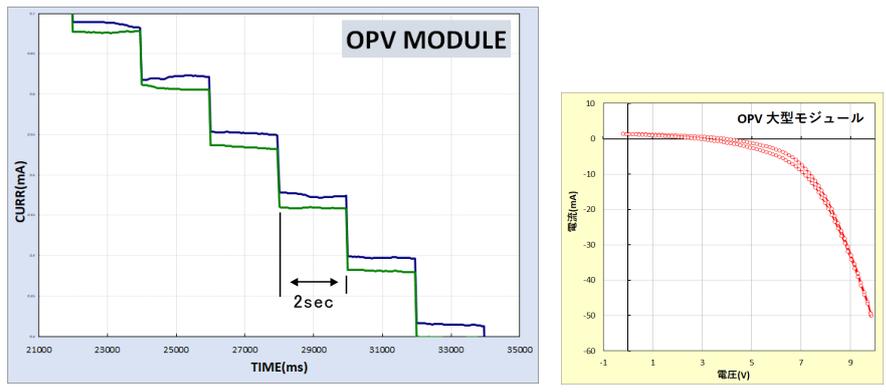
Delay 1000msの場合
適切なDelay



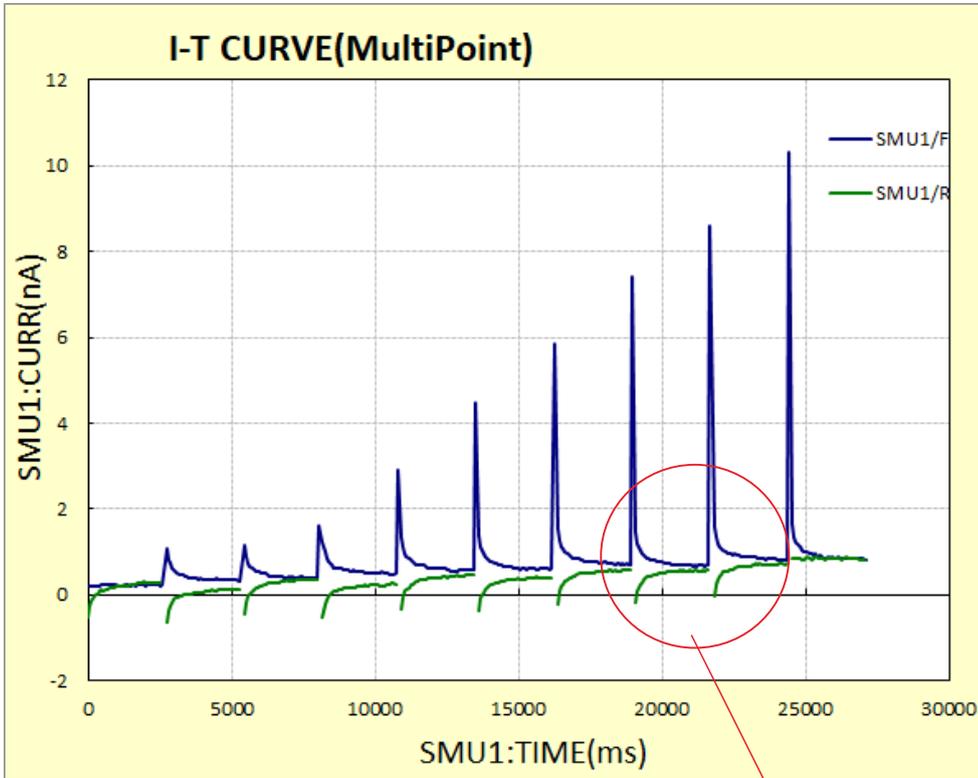
PSCのヒステリシス その他



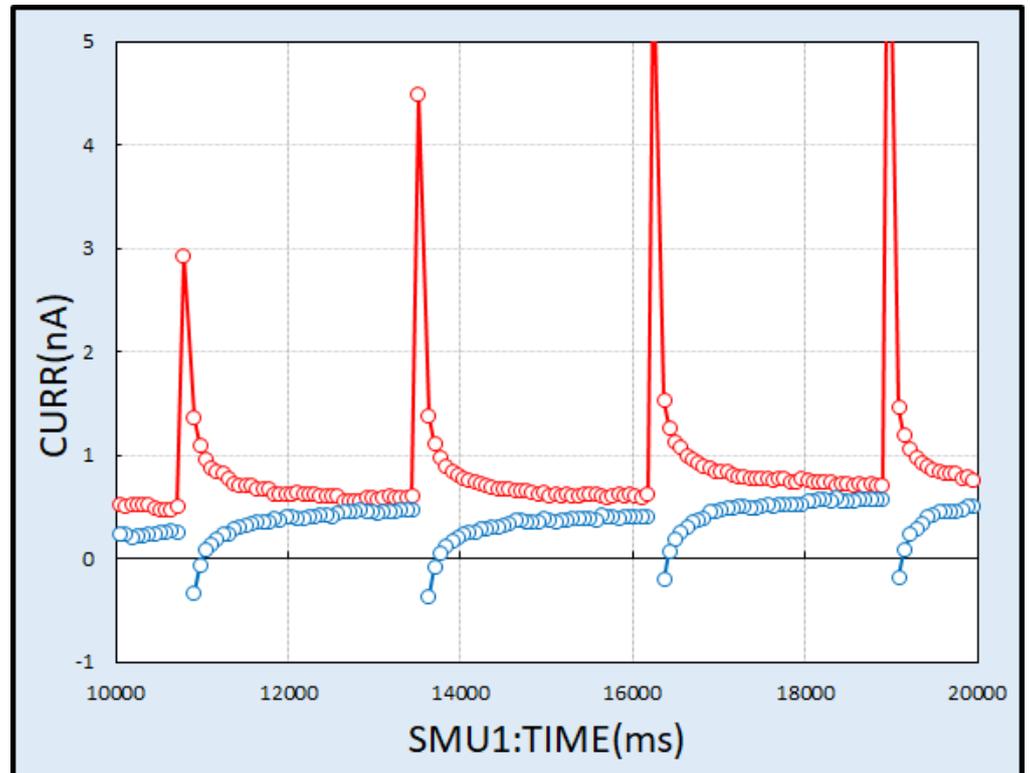
フィルム印刷の大型OPVモジュールのヒステリシス



一般的なペロブスカイト酸化物(強誘電体)



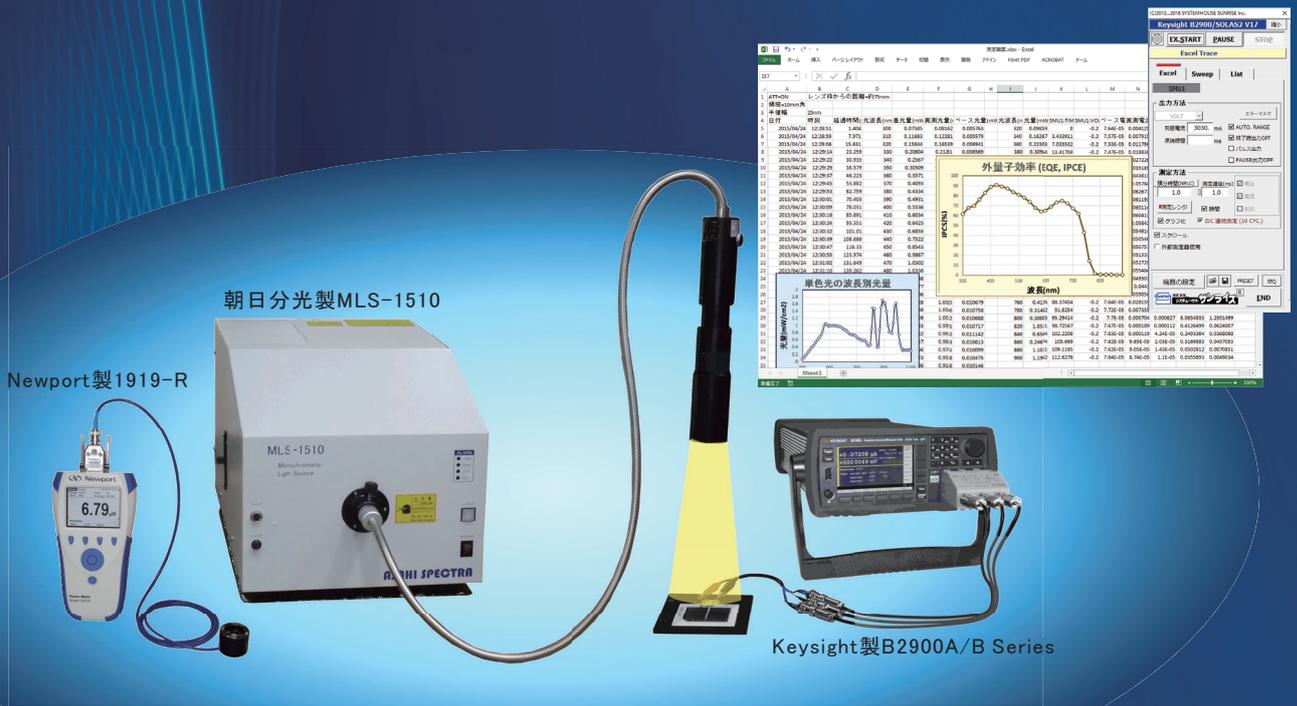
拡大



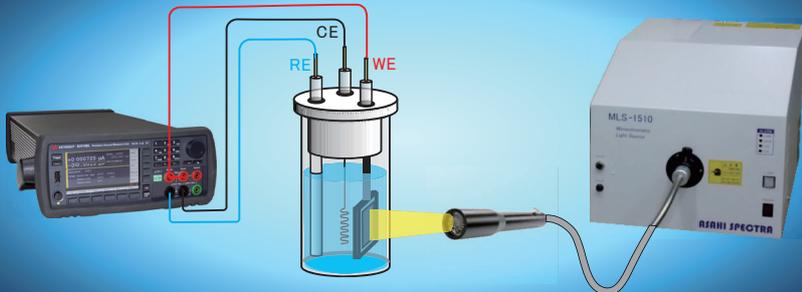
MS-Excel上で動作する
簡単操作で、高精度測定

- 有機系太陽電池/光触媒向け
- I-V測定フル機能サポート

分光感度/量子効率測定ソフト



光触媒



有機系太陽電池
正しい量子効率
測定説明動画

量子効率測定
ソフト操作方法
説明動画



測定練習用のSiセル
が付属しています。



株式会社

システムハウス

サンライズ

第6版
2023.06

WWW.SSUNRISE.CO.JP

分光感度・外部量子効率・IV測定システム



推奨システム構成

分類	型番	内訳 (PCは含まれません。)	参考価格 (2023.06)
分光光源セット (朝日分光製)	MLS-1510(FullSet)	朝日分光製 MLS-1510、固定スタンド、ロッドレンズ(0.5倍)、ストレートファイバ 波長 250nm~1100nm、照射領域 13mm角~69mm角 ※オプションファイバーにより 波長 250nm~1750nm	2,640,000円
EQE測定セット (各社測定器類)	EQE-MEAS-SET01	測定器 Keysight製 B2910BL、光パワーメータ Newport製 1919-R,818-UV/DB GPIB-USB変換器、セル接続用ケーブル(S4W-03) 等々 ※使用する測定器により、価格が変わります。	1,680,000円
計測ソフトウェア	W32-B2900SOLAS2-R	計測制御ソフトウェア一式	1,100,000円

- 価格は、予告なく変更される場合があります。パソコンは上記価格に含まれておりません。
- 上記システム構成は、ご希望により下記の機器との入換が可能です。その場合、別途お見積りになります。
- IV測定には、別途、ソーラーシミュレータが必要です。

合計金額 5,420,000円

(注)消費税は含まれておりません。

本ソフトは、下記の機器との組合せが可能です。

分光光源



● 朝日分光製
MLS-1510
(300~1100nm)



朝日分光製
定エネルギータイプ
PVL-5000
(350~1100nm)



朝日分光製 高出力
CMS-250 + MAX-350

測定器 SMU/ソースメータ



Keysight製

- B2910BL (1ch,0.01pA:21V/1.5A,210V/0.1A)
- B2901BL (1ch,1pA:21V/1.5A)
- B2901A/B (1ch,0.1pA)
- B2902A/B (2ch,0.1pA)
- B2911A/B (1ch,0.01pA)
- B2912A/B (1ch,0.01pA)
- (6V/3A,21V/1.5A,210V/0.1A)

光パワーメータ



● Newport製
1919-R
818-UV/DB



Newport製
843-R-USB
818-UV/DB



Newport製
1918-R
818-UV/DB



Newport製
1936-C
818-UV/DB

使用できるディテクター
818-UV/DB (200~1100nm)
818-IR/DB (780~1800nm)
918D-UV-OD3R (200~1100nm)
918D-IR-OD3R (780~1800nm)

ソーラーシミュレータ



朝日分光製
HAL-320

太陽電池接続ケーブル



TRX
ローノイズケーブル
S4W-04



微小電流測定用
接続ケーブル
S4W-05



● 4端子接続ケーブル
S4W-03

GPIB-USB変換器



● ラトックシステム製
REX-USB220

測定システムの特徴と機能

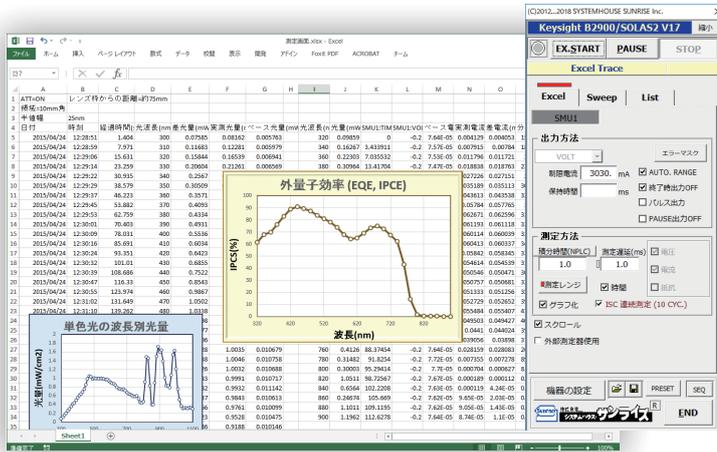
特徴

最新機器の採用で簡素な測定システム

- 分光感度/量子効率測定の原点に立ち返り、最新の機器を前提に測定システムを構成しました。過去の計測機器の性能を前提として考えられた従来の複雑な測定システムも、最新の機器の性能を前提にシステムを考えるとこのようにシンプルになります。シンプルな機器構成ですから、移動が簡単です。
- 測定に使用される機器は、すべて計測器メーカーの市販品を使用していますから、測定値は国家計量標準とのトレーサビリティが確保されています。また、故障の場合も復帰が容易になります。
- 計測ソフトは、IV測定機能をフルサポートしていますから、ソーラーシミュレータを追加すれば、完全なIV測定も可能です。



Excel上での簡単操作、有機系セル対応



- 多くの有機系セルの測定経験から、有機系セルを正確に測定するための弊社独自の多くの測定機能をサポートしております。
- 計測ソフトは、Excel上で操作するアドイン形式になっています。測定結果はリアルタイムにExcelシートへ入力/作図されます。そのため、測定結果の取り扱いが大変便利になります。
- 計測ソフトが全ての機器をフルコントロールしますから、オペレータは機器の電源をONにするだけです。

主な機能

基本仕様

測定対象物	無機系/有機系太陽電池などの分光感度測定対象物
基本的測定項目	絶対分光感度(mA/W), 外部量子効率 EQE, IPCE(%), I-V測定
測定方法	DC法

● 単色光出力仕様

分光光源 MLS-1510の場合
(0.5倍レンズ)

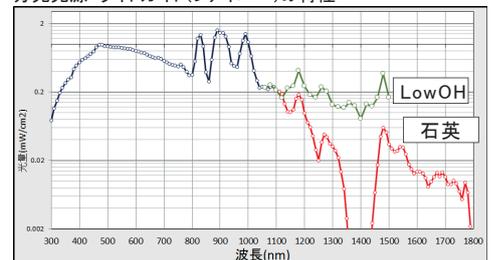
測定波長範囲	300~1100nm
照射領域	13~69mm角
波長純度	5,10,25nm
グレーティング	600本/mm
ランプ	キセノン150W
ランプ寿命	3000h
最小波長送り	1nm

● 光量測定仕様

Newport 1919-R/818-UVの場合
(アッテネータON)

ディテクタ	UV Enhanced Silicon
測定精度	220~249nm ±2%
	250~949nm ±1%
	950~1100nm ±4%
最大定格	30W/cm ²
参)ディテクタ	818-IR/DB (780-1800nm)
	918D-UV-OD3R (200-1100nm)
	918D-IR-OD3R (780-1800nm)

分光光源+ライトガイド(ファイバー)の特性

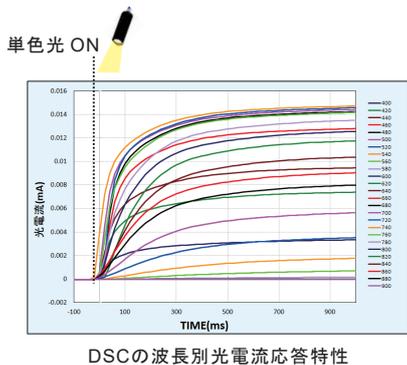


● 電氣的測定仕様

Keysight B2910BLの場合

最大出力	210V/0.1A, 21V/1.5A
出力分解能	1uV/1pA
測定感度	0.1uV/0.01pA
電流測定精度	測定値により異なる。
	例: 1mAレンジ
	読み値の0.02%+0.2uA

光電流応答特性の測定



光電流の応答遅れを定量的に測定することは、有機系セルの量子効率を正確に測定するために大変重要です。

DSCの光電流応答遅れによる分光感度/量子効率測定値の不確かさは、従来より良く知られておりますが、近年注目されているペロブスカイト太陽電池(順構造)では、さらにこの現象が顕著に現れます。

これらの現象による不確かさを回避するためには、実際に測定に使用する測定系で対象となるセルの光電流応答特性を定量的に測定する必要があります。光電流応答特性が把握できれば、適切な測定条件が設定でき、不確かさを回避することができます。

応答特性は、セルの材料、構造によることはもちろんですが、単色光の光量、波長などによっても変化します。

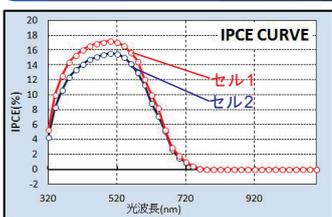
注)本機能で無機系セルのような高速なセルの応答性の測定はできません。
時間幅5sec、サンプリング2ms程度が最速になります。

大きなセルでも単色光を全域照射



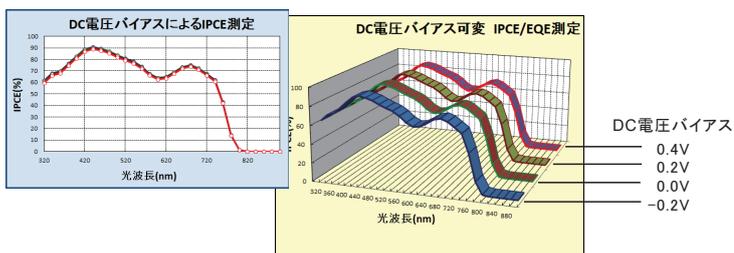
正確な分光感度/量子効率測定では、セル全域へ単色光の照射が必要です。市販されている多くの分光感度測定器は、3mm角/5mm角/10mm角ですので、それ以上大きなセルは正確な分光感度測定は期待できません。本測定システムの分光光源は、レンズのフォーカスの調整で照射領域を広範囲に可変できます。(左図参照) また、レンズの交換でさらに広範囲の単色光照射が可能になります。(照射領域の拡大とともに、光量は低下します。) 詳細は、朝日分光社ロッドレンズの仕様に準じます。

2セルの同時EQE/IPCE測定



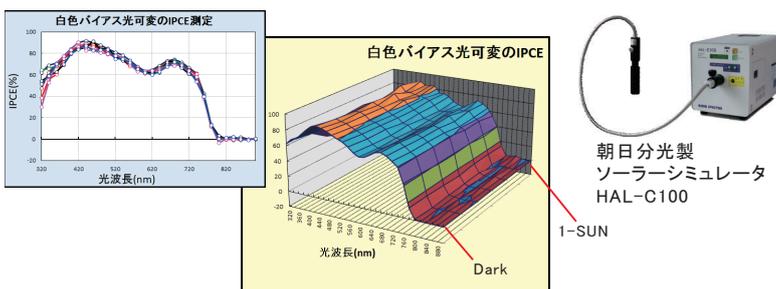
SMU(ソースメータ)に、2chタイプのB2902A/B2912A(Keysight製)を使用すれば、2つのセルを同時に測定ができます。同時に測定することにより、2つのセルのデリケートな特性の違いを観測できます。また、測定時間の短縮になります。2つのセル全域に単色光を照射するためには広い照射が必要ですが、上述のようにレンズのフォーカス調整で可能になります。

DC電圧バイアス可変EQE/IPCE測定



DC電圧バイアス値を自動的に変更しながら、各バイアス値の分光感度/量子効率の測定を繰り返します。測定結果は、Excelの作図機能で3D表現が可能です。

白色光バイアス可変EQE/IPCE測定

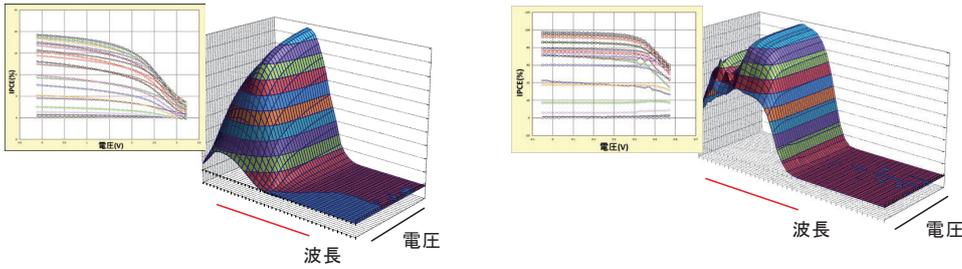


ソーラーシミュレータを追加すれば、白色バイアス光として使用できます。

ソフトウェアは、0.05~1.0SUNの範囲で光量を変更しながら、各光量での分光感度/量子効率の測定を繰り返します。

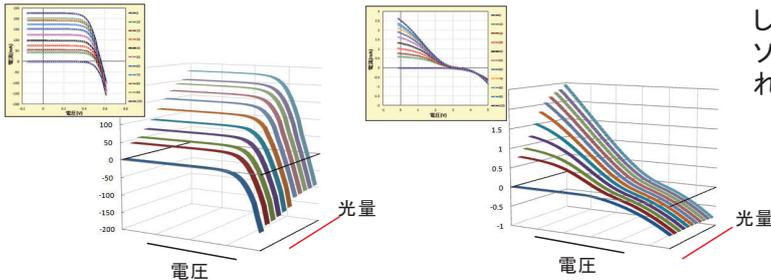
ここで使用可能な白色バイアス光源(ソーラーシミュレータ)は、朝日分光社製HAL-C100型に限られます。

波長別I-V測定

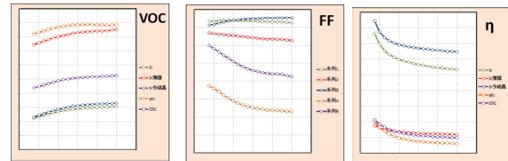


分光光源の波長を変更しながら、波長ごとのI-V測定を、連続的に繰り返します。

ソーラーシミュレータ光量可変I-V測定



ソーラーシミュレータを追加することにより、光量を変更しながらI-V測定を、連続的に行うことができます。ソーラーシミュレータは、朝日分光製HAL-C100に限られます。光量の可変範囲は、0.05~1.0 SUNの範囲です。



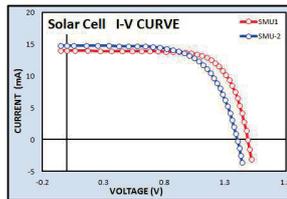
VOC,FF,変換効率の光量依存性測定例

JISに準じたI-V測定

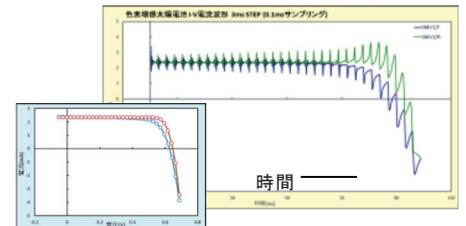
● 太陽電池のIV測定パラメータ算出

- | | |
|-----------------|--------------|
| ①短絡電流(Isc, Jsc) | ⑧並列抵抗(Rsh) |
| ②開放電圧(Voc) | ⑨電圧規定電流(Iv) |
| ③最大出力(Pmax) | ⑩電流規定電圧(Vi) |
| ④最大出力動作電圧(Vmax) | ⑪変換効率(η) |
| ⑤最大出力動作電流(Imax) | ⑫入射光エネルギー(W) |
| ⑥曲線因子(FF) | ⑬周囲温度 |
| ⑦直列抵抗(Rs) | |

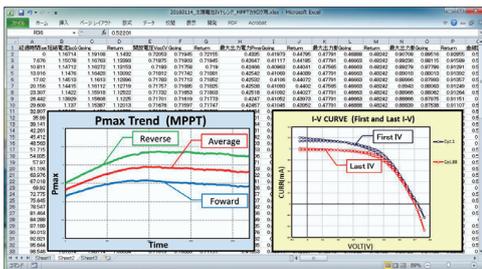
● SMU 2chタイプによる2セル同時IV測定



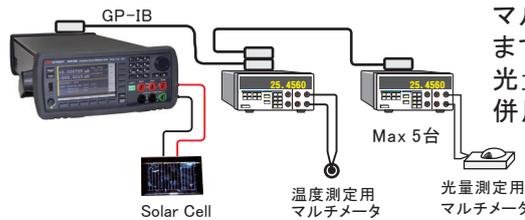
● ヒステリシス解析機能



● セルの長期耐久性評価



● 温度/光量などの周辺環境の測定



マルチメータ(GPIB付き)を5台まで接続できますから、温度、光量など最大5種類の信号の併用測定ができます。

※ I-V測定の詳細は、別カタログをご用意しております。

周辺光の遮蔽方法について

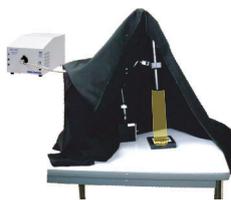
本ソフトは、常に周辺光(暗光量)を測定し、その光量を補正して測定しますから、周辺光が安定していればあまり厳密な光の遮蔽を必要としません。

しかし、測定中に周辺の光量が変化しますと誤差要因になりますし、周辺光がセルのバイアス光として反応する場合がありますから、ある程度のセル周辺の光の遮蔽を行っていただくことをお勧めします。

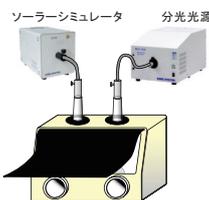
部屋全体を暗くするか、または、下記のように簡易的な暗箱や暗幕を使用する方法もあります。



簡易的な暗箱の例



暗幕を使用した例



グローブボックスの光遮蔽の例



朝日分光製小型簡易暗室

分光感度測定の実状

本測定システムは、有機系太陽電池の分光感度/外部量子効率(IPCE, EQE)を正確に測定することを目的として開発されました。

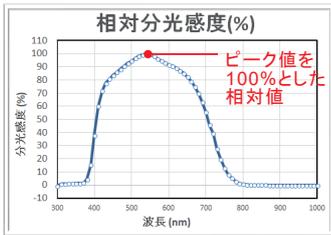
現時点(2018.5)でこの種のJISの規定は、下記の3点があります。

- ・JIS C 8915 結晶系太陽電池分光感度特性測定方法(発行 1995年)
- ・JIS C 8936 アモルファス太陽電池分光感度特性測定方法(発行 1995年)
- ・JIS C 8944 多接合太陽電池分光感度特性測定方法(発行 2009年)

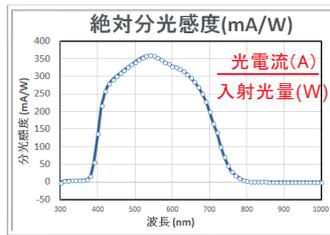
いずれのJISも、無機系太陽電池の測定が前提で、AC法とDC法による相対分光感度(%)の測定方法を規定しております。現在市販されている分光感度測定器は、上記JISの「相対分光感度測定方法」に準じて製作されておりますが、実際には、「絶対分光感度(A/W)」や「外部量子効率(%)」の測定を行っております。

そのため、有機系太陽電池の特異性を考慮していない従来型の測定系では、実際の値から大きく外れた測定値が観測される場合があります。

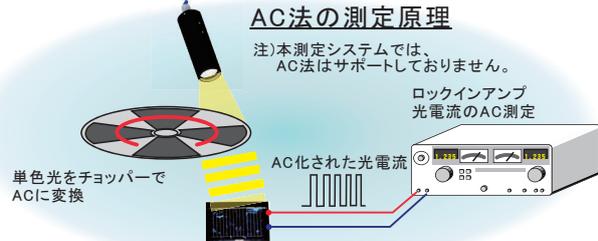
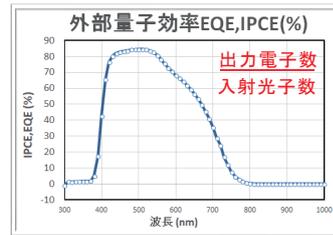
本測定システムは、有機系太陽電池の特異性を考慮し、誤差要因を回避することが主目的となっております。



JISで規定している「相対分光感度」



実際に使用されている「絶対分光感度」や「外部量子効率」



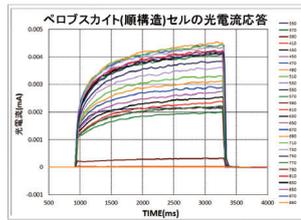
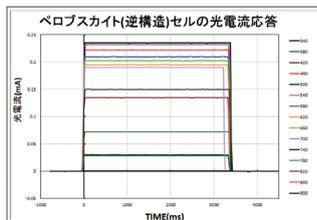
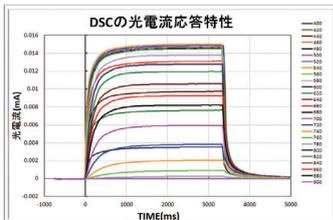
有機系太陽電池の特徴

有機系太陽電池(以下、有機系セル)の正確な分光感度測定を行うためには、測定するセルの光電流応答性を事前に把握しておくことが重要です。無機系セルは、光電流応答が速いため、必要ありません。

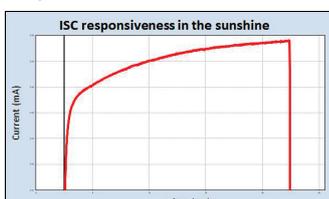
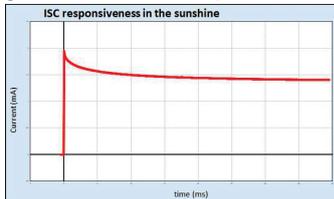
有機系セルでは、セルの構造や材料だけでなく、測定系の単色光の光量や波長などによって、光電流の応答遅れが大きく変化します。

本測定システムでは、この光電流応答特性(応答遅れ)の測定が可能で、また、その応答性に対応した最適な測定条件を設定することができます。

微弱な単色光/波長別の光電流応答特性の例



強い白色バイアス光によるISC応答例



- 有機系セルは、光電流の応答が極端に遅いものがあります。
- 白色バイアス光のISCが長時間にわたり安定しない。

AC法, DC法、それぞれの不確定要因

有機系太陽電池
量子効率測定
の予備知識

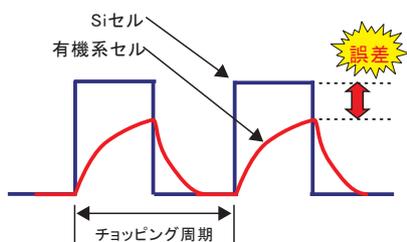
AC法の測定原理に起因する測定誤差

1 ロックインアンプが実効値を測定する測定器であることによる誤差

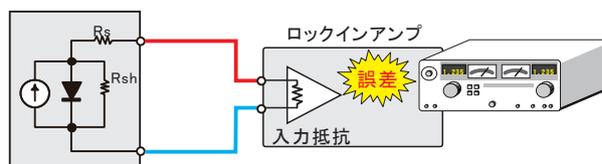
AC法の測定では、ロックインアンプを使用して光電流(ISC)のAC測定を行います。ロックインアンプは、AC化された光電流(ISC)の中から、チョッピング周波数成分だけの信号を取り出し、増幅して、その実効値を測定します。ここで重要なことは、ロックインアンプ(実効値)で正確な光電流値(ISC)を得るためには、光電流波形が正確な矩形波であることが条件になります。



2 単色光のチョッピング周期に、有機系セルの電流応答が追従できないことによる誤差



3 ロックインアンプには入力抵抗があるため、完全な光電流(ISC)の測定ができない。

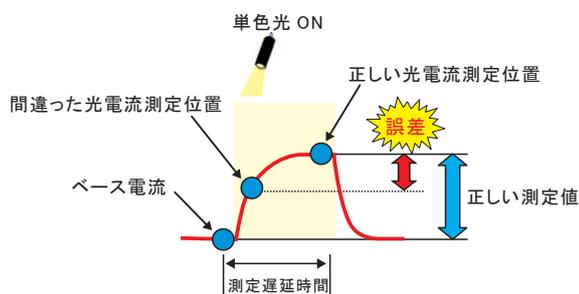


● 有機系セルは、AC法では、原理的に測定誤差を回避できない場合がある。

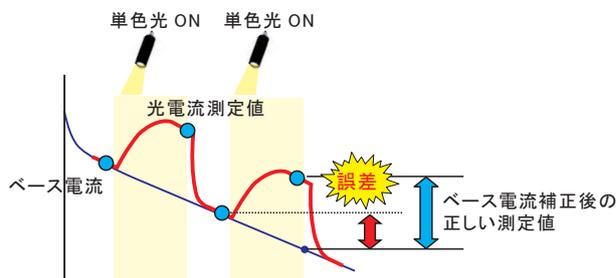
DC法での正確な測定のために！

有機系セルの光電流の応答特性が把握できていれば、適切な測定条件の設定ができますから、DC法で正確な外部量子効率の測定が可能になります。本測定システムは、DC法だけの測定をサポートしています。

1 有機系セルは、光電流の応答遅れが大きいので、光電流の測定には、単色光照射後、十分な遅延時間が必要です。



2 白色バイアス光を照射しながらの量子効率の測定では、バイアス光によるベース電流が常に変化しているため、各波長ごとにベース電流変化分を補正する必要があります。



有機系セルの光電流応答性は、速いものから遅いものまで様々です。有機系セルの中にはAC法で測定誤差を回避できないものもあります。しかし、DC法で適切な測定条件と、適切な補正を行えば、正確な分光感度/量子効率の正確な測定が可能になります。そのためには、測定に使用する測定系で、測定対象となるセルの光電流応答性を定量的に測定する必要があります。本測定システムは、セルの光電流の応答性を測定する機能をサポートしております。

● DC法で適切な測定条件と、適切な補正を行えば、有機セルの正確な分光感度/量子効率の測定が可能になります。

● 姉妹品

モノクロメータ用分光感度/量子効率測定システム

モノクロ光源 (ユーザーでご用意下さい)

分光計器製
SM-50 + BMS-25C
(250...1200nm)



分類	品番	参考価格
EQE測定セット (各社測定器類)	EQE-MEAS-SET01	1,680,000円
計測ソフトウェア	W32-B2900SOLBMS2-R	1,100,000円

消費税は含まれていません。

モノクロ光源 (ユーザーでご用意下さい)

島津製作所製
小型分光器 スペクトロメイト
SPG-120S (200...900nm)
モータコントローラ
AT-120PCG

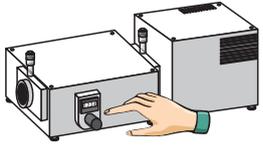


分類	品番	参考価格
EQE測定セット (各社測定器類)	EQE-MEAS-SET01	1,680,000円
計測ソフトウェア	W32-B2900SOLSPG2-R	1,100,000円

消費税は含まれていません。

モノクロ光源 (ユーザーでご用意下さい)

手動式モノクロ光源



分類	品番	参考価格
EQE測定セット (各社測定器類)	EQE-MEAS-SET01	1,680,000円
計測ソフトウェア	W32-B2900SOL5-R	780,000円

消費税は含まれていません。

上記の価格は、予告なく変更される場合があります。パソコンは含まれておりません。

【動作環境】

パソコン:MS-Officeが快適に動作する環境 : Windows7/8.1/10/11(64bit版推奨), MS-Offics2010/2013/2016/2019/2021(32bit版 Only)
RAM : Windows7(4GB以上),Windows8.1/10/11(8GB以上,16GB推奨)
ディスプレイ:解像度 縦1024ドット以上

【商標】

Windows 7,Windows8.1,Windows10,Windows11 MS-Office/Excelは、米国マイクロソフト社の商標です。

使用できるGP-IBインターフェイス

ソフト型番の末尾が「-R」の場合



製造元	ラトックシステム製
品名	USB2-GPIBコンバータ
型番	REX-USB220
OS	製造元仕様に準ずる。
価格	62,000円(税別)

注意)
本商品は、製造元で製造終了となっており、弊社の在庫終了しだい、販売を終了させていただきます。

【USB-RS232C変換器】

製造会社 ラトックシステム(株)
製品名 USB-シリアルコンバータ
型番/価格 REX-USB60F/6,400円
Type-Cモデル
型番/価格 REX-USB60FC/7,800円



ソフト型番の末尾が「-N」の場合



製造元	NI
品名	GPIB-USB-HS+
型番	783368-01
OS	製造元仕様に準ずる。
価格	製造元にお問合せ。



製造元	キーサイト・テクノロジー
品名	USB/GPIBインターフェイス
型番	82357B
OS	製造元仕様に準ずる。
価格	製造元にお問合せ。



製造元	ケースレー
品名	GPIB-USBインターフェイス
型番	KUSB-488, KUSB-488B
OS	製造元仕様に準ずる。
価格	製造元にお問合せ。

注)NI互換モードで使用。

販売店	製造元	〒470-0125 愛知県日進市赤池1-1301
		 株式会社 サンライズ システムハウス (株式会社システムハウス・サンライズ) TEL 052-805-5177 FAX 052-805-5144 http://www.ssunrise.co.jp