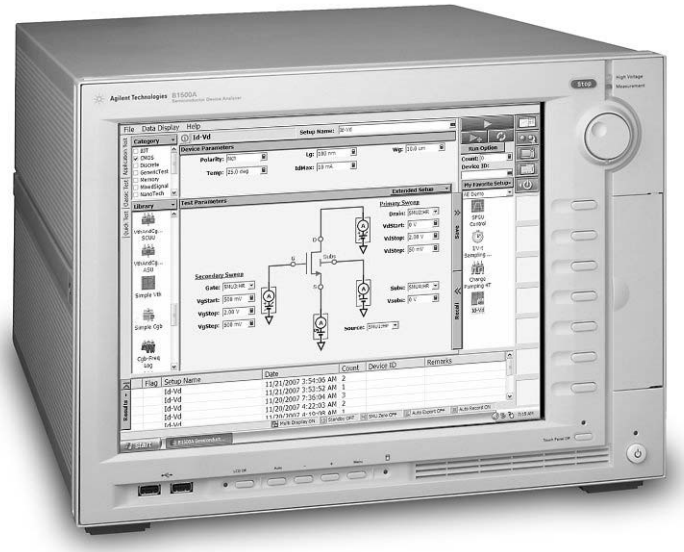
Agilent 4155C/4156C から Agilent B1500A への移行

Application Note B1500-2

Agilent B1500A 半導体デバイス・アナライザ

はじめに

国際半導体技術ロードマップ（ITRS、International Technology Roadmap for Semiconductors）は、半導体デバイスが複雑化するにつれ、半導体プロセス技術の開発もそれに伴い高度化・複雑化することを示しています。45 ナノメートルや 32 ナノメートルの次世代プロセスにおいては、現在の半導体プロセスとは比較にならないほど多くのパラメータで特性評価上の問題が発生します。これらの問題は、デザイン・ルールの縮小だけでなく、High-K ゲート絶縁膜、メタル・ゲート構造、Low-K 配線間絶縁材料などの要素からも発生します。



先端半導体技術の変化し続ける開発環境に対応するために、プロセスやデバイスのデザイン、テスト・チップの製造、パラメータ特性評価試験に、より多くの人材が必要となっています。パラメータ特性評価試験の領域では、ユーザ効率を向上させるべく、従来の半導体パラメータ・アナライザに大幅な改良が求められています。特に求められているのは、アナライザ操作の学習、測定の実行、デバイスの特性評価、および結果の報告にかかる時間の短縮です。Agilent B1500A は、次世代パラメータ・アナライザを代表する測定器として、特にユーザ効率の向上をめざした設計がされています。

長年、Agilent 4155C/4156C は、事実上業界標準の半導体パラメータ・アナライザとして使用されてきました。このアプリケーション・ノートでは、B1500A の主要機能と、2 つの製品ラインの相違点および類似点について説明します。

以下の機能が新たに追加されました。

- デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアが 4155B、4155C、4156B および 4156C をサポートしました。
- ALWG 機能がついた ± 40 V パルス出力の HV-SPGU。

Agilent Technologies

B1500A の主要機能

B1500A には、ユーザ効率の向上を目的としたさまざまな機能が用意されています。

Windows ベースのユーザ・インタフェース

B1500A には、Microsoft® Windows® XP Professional オペレーティング・システムが標準で搭載されています。使い慣れた Windows グラフィカル・ユーザ・インタフェースは、操作の習得が簡単にできるとともに、Windows プラットフォームの便利なネットワーク機能や、既存オフィス・ツールとの連携機能も提供します。

B1500A EasyEXPERT ソフトウェア

B1500A EasyEXPERT ソフトウェアによるデバイス特性評価試験は、独自の「トップ・ダウン」手法を採用しているため、測定器ハードウェアに関する詳しい知識がない場合でも、すぐに測定に取り掛かることができます。EasyEXPERT ソフトウェアでは、1 つまたは複数の技術カテゴリから、適切なアプリケーション・テストを選択するだけで、テストを実行できます。

B1500A には、導入直後から活用できるよう、さまざまなプロセスやデバイス・タイプに対応したアプリケーション・テストが 200 以上付属しています。デバイスの測定とパラメータの解析を開始するには、測定パラメータを入力し、ボタンを押すかアイコンをクリックするだけでいいのです。

デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェア

Windows 搭載 PC にインストールされたデスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアは、さらなる多様性を提供することにより、B1500A の効率的な使用に貢献します。デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアは、B1500A で測定したデータのオフラインでの分析および操作、そして処理済みのデータの Windows アプリケーションへの効率的な転送を実現するための機能を提供します。さらには、図 1 に示すように、デスクトップ EasyEXPERT では、B1500A を使うことなく、独自アプリケーション・テストの作成や既存ライブラリの拡張を行うことができます。これにより、複数のユーザが同時にアプリケーション・テストを作成でき、B1500A 測定ハードウェアを最大限に効率良く活用できるという、2 つの利点が生まれます。最後に、デスクトップ EasyEXPERT がインストールされた PC 上に GPIB インタフェースと Agilent I/O ライブラリがインストールされていれば、外部 PC から GPIB 経由で B1500A を制御することも可能です。バージョン 3.1 とそれ以降のデスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアは 4155B、4155C、4156B および 4156C 半導体パラメータ・アナライザをサポートし、両測定器の混在環境での B1500A への移行を容易にします。

柔軟なアプリケーション・テスト

アプリケーション・テストは、新しく作成したり、既存のものを特定のテスト要件に合わせて変更したりできます。これらの作業は、簡単な「ドラッグ・アンド・ドロップ」および「フィル・イン・ザ・ブランク（空欄埋め）」操作にて行います。　それぞれの新規または変更済みライブラリは、B1500A テスト・グループの他のメンバーと共有したり、グループ内の他の B1500A アナライザまたはデスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアにエクスポートできます。

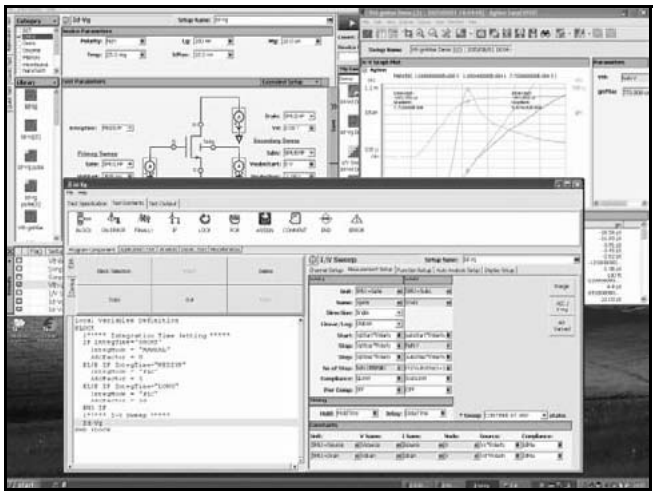


図 1. オフラインの分析と開発に便利な環境を提供するデスクトップ EasyEXPERT

図 2. B1500A の LCD タッチスクリーン・ディスプレイ

使いやすいタッチスクリーン操作

B1500A には、図 2 に示す大型 LCD タッチスクリーン・ディスプレイが備わっています。このため、一部の Windows ベース半導体アナライザと異なり、キーボードやマウスで操作を行う必要がありません。アプリケーション・テストの選択やテスト条件の入力はすべて、タッチスクリーンで実行でき、B1500A はさらに使い勝手を向上させています。もちろんキーボードとマウスも、いつでも必要に応じて使用することができます。

多様なデータ転送機能

データ管理機能は、パラメータ・アナライザのユーザにとって重要な機能です。B1500A では、既定 EasyEXPERT データベースへデータを保存したり、ユーザ指定フォルダへデータをエクスポートしたりと、いくつかの方法で測定データを取り扱うことが可能です。また、ユーザはデータをエクスポートする際に、複数の選択基準により、データのフィルタリングを行うこともできます。

B1500A では、ネットワーク（イーサネット・ポート経由）、USB メモリ・デバイス、DVD/CD-ROM/CD-RW ドライブの 3 つの手段でデータ転送できます。

B1500A の測定機能の利点

テスト・アルゴリズムのシーケンシング

B1500A の登場以前は、複雑なテスト・シーケンスまたは複数のテスト・シーケンスを実行するにはテスト・プログラムを作成する必要がありました。4155C/4156C では、便利な内蔵プログラミング・ツールとして Instrument BASIC（IBASIC）が提供されていますが、IBASIC の使用にはある程度のプログラミング知識が必要です。

一方 B1500A では、シーケンス・テストを実行するための手段が 2 通り用意されています。EasyEXPERT ソフトウェアのクイック・テスト機能を使用した場合、プログラミングを行う必要はなく、My Favorite Setup プリセット・グループに保存されたテスト定義を使ったシーケンス・テストを実行できます。または、ドラッグ・アンド・ドロップとフィル・イン・ザ・ブランクによるグラフィカルなアプリケーション開発環境も使用できます。B1500A のソフトウェア環境では、データ解析とテスト・シーケンスを実行するためのアプリケーション・テストを簡単に作成できます。B1500A には 200 を超えるアプリケーション・テストが付属しています。アプリケーション・テストは、そのまま使用することも、特定アプリケーション用の固有ライブラリにカスタマイズすることもできます。

セミオート・プローバによる測定

セミオート・プローバを使用して、シングル・テストまたはシーケンス・テストを実行できます。EasyEXPERT ソフトウェアのクイック・テスト機能は、セミオート・ウェーハ・プローバ上のウェーハ・マップと B1500A テストのシーケンスを簡単に一致させることができ、効率的な自動テスト環境を提供します。

ユーザは、単純に実行するテストの順番を指定するのみです。ダイやサブダイ（モジュール）をテスト・シーケンスに加えることができ、Agilent B2200A/B2201A/E5250A スイッチング・マトリックスを組み合わせてモジュール内の DUT 選択を自動化したテストの実行も可能です。

図 3. 4155C/4156C と B1500A の機能比較

	Agilent B1500A	Agilent 4155C / 4156C
付属アプリケーション	200 以上のアプリケーション・テスト	4 つのデフォルト・セットアップと IBASIC サンプル・ソフト
オフラインでのデータ分析およびライブラリ作成	デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェア	未対応
ユーザ・インタフェース・オプション	タッチスクリーン、クリック可能ノブ、ソフトキー、USB キーボード、マウス	ノブ、ボタン、ソフトキー、キーボード
データ転送	CD-RW、LAN、USB	フロッピー・ディスク、LAN
テスト・アルゴリズム・シーケンシング	クイック・テスト GUI およびシーケンス・テスト・ライブラリ	IBASIC
プローバ制御	セミオート・プローバ・ドライバ	未対応
AC 容量測定	1 スロット MFCMU	Agilent 4284A（外部）
IV-CV 切り替え	SCUU、ASU、または B2200A/B2201A/E5250A [1]	E5250A

[1] E5252A/E5250A スイッチは EasyEXPERT PLUS でサポートされます。

マルチ周波数容量測定ユニット

図 4 は、2 つの SMU と MFCMU、そして SCUU を使った、IV/CV 測定セットアップを示します。1 スロット MFCMU（マルチ周波数容量測定ユニット）は、1 KHz ～ 5 MHz の周波数帯で周波数掃引またはスポット CV 測定を実行できます。図 5 に示すとおり、MFCMU 出力および SMU 出力は、SMU CMU 統合ユニット（SCUU）を使って切り替えができます。SCUU を使用することにより、測定確度を低下させることなく、IV および CV 測定を行えるようになります。B1500A ソフトウェアと SCUU ハードウェアの組み合わせは、測定リソースの切り替えと確度低下の問題を解決する以外にも、CV 測定の補正とリターン・パス電流の問題も解決します。これらはすべて自動的に行われるため、ユーザは測定に関連する理論を詳しく理解する必要がありません。

図 4. SMU、MFCMU、SCUU を使った正確な IV/CV 測定設定

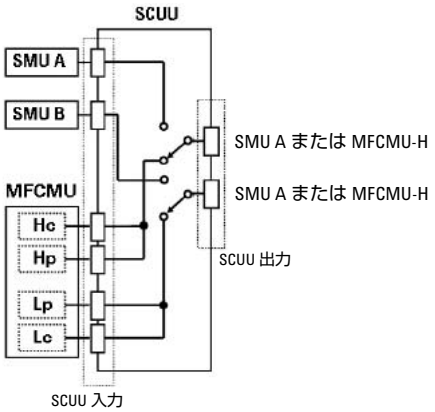


図 5. SCUU による SMU と MFCMU の切り替え

4155C/4156C と B1500A 製品ファミリーの類似点と相違点

図 7 に、4155C/4156C と B1500A 製品ファミリーの類似点との相違点を示します。

ハードウェア構成

4155C および 4156C のハードウェア構成は固定されていますが、Agilent 41501B SMU/ パルス・ジェネレータ・エクスパンダ　ユニットを介して拡張ができます。41501B を使用すると、ハイ・パワー SMU（HPSMU）または 2 つのミディアム・パワー SMU（MPSMU）を追加できます。また、2 つのパルス・ジェネレータ・ユニット（PGU）も追加できます。

一方、B1500A には、SMU や他のモジュールを装着できるスロットが 10 個備わっています。B1500A では、4155C/4156C で使用する SMU と同種のものを使用します。ただし、モジュール式の B1500A においては、SMU をより柔軟に組み合わせて構成できます。また、B1500A は VSU と VMU をサポートしていないものの、B1500A MPSMU および HRSMU で代用することにより、同等以上の電圧測定性能を発揮します。B1500A の 10 個のモジュール・スロットは、4155C や 4156C の SMU、VSU、VMU の測定機能を再現するために必要な柔軟性を備えています。

41501B を介して 4155C/4156C で使用可能となる PGU は、新たに開発された任意リニア波形発生機能（ALWG）を搭載した高電圧パルス・ジェネレータ・ユニット（HV-SPGU）で置き換えることができます。HV-SPGU は独立した 2 チャンネルの出力をもち、それぞれ 25 ns の最小パルス、3 値レベル・パルス、最大± 40V 出力および最新のフラッシュメモリ・セルの評価に不可欠な出力 ON/OFF 用の高速アナログ・スイッチ機能をサポートします。

SMU の出力・測定レンジと確度・分解能

B1500A の SMU は、4155C/4156C の SMU よりも幅広い電圧 / 電流出力レンジおよび測定レンジ、そしてより優れた確度を持っています。

電圧測定確度

4155C と 4156C には VSU と VMU が備わっていますが、B1500A にはこれらの測定モジュールが用意されていないため、それによって B1500A の電圧測定確度がどのような影響を受けるかを把握しておくことが重要です。

B1500A の MPSMU と HRSMU のオフセット電圧確度は、4155C/4156C の VMU が 10 μV であるの

に対し、120 µV です。しかし、これらの測定リソースの電圧測定分解能は非常に近く、ほとんどの測定状況においてほぼ同等であると考えられるため、この確度差は問題にはなりません。長時間に渡って非常に安定した測定が求められる場合には、SMU/VMU を使うよりも独立した外部の DVM を使うほうが適しています。B1500A の EasyEXPERT ソフトウェア環境を使用すれば、Agilent 3458A デジタル・マルチメータ（DMM）を GPIB 経由で制御したアプリケーション・テストを簡単に作成することできます。3458A は、非常に高度な電圧測定確度を提供します。

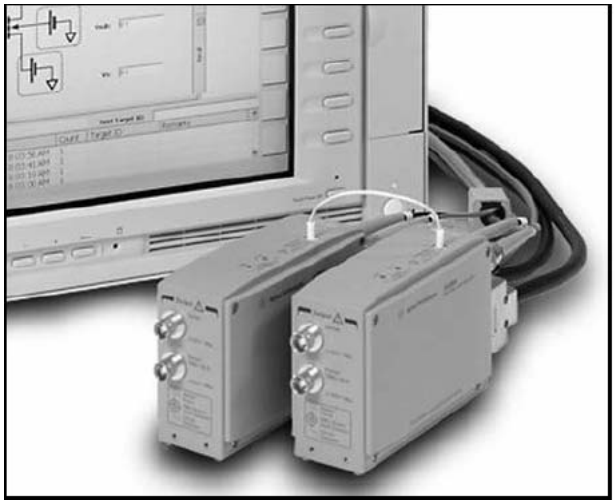


図 6. ASU により 100 aA の電流測定分解能を提供

最小電流分解能

図 6 に示す B1500A のアト・センス / スイッチ・ユニット（ASU）は、4156C と比べ約 10 倍高い電流測定分解能を提供します。図 7 に示すとおり、HRSMU に ASU を組み合わせた場合、B1500A の最小電流測定分解能は 100 aA（または 0.1 fA）となります。 100 aA の分解能は、メモリ・セルで検出されるような非常に低いリーク電流を測定する際に有用です。

使用可能な機能

図 7 に示すとおり、B1500A 用 EasyEXPERT ソフトウェアの第 3.1 版リリースでは、4155C/4156C 製品シリーズで使用可能な機能のほとんどが実装されています。

すべての 4155 または 4156 シリーズ で作成した .MES または .DAT 測定セットアップを、ファイル・コンバータ・ソフトウェアで変換することで、EasyEXPERT ソフトウェアにそのままインポートできます。インポートした測定セットアップは、おなじみの 4155/4156 ユーザ・インタフェースを踏襲した EasyEXPERT クラッシク・テスト測定モード で使用できます。なお、4155/4156 と B1500A ではシステム構造が異なるため、ファイルをインポートする際に、ファイル内容に多少の修正が必要となる場合があります。

図 7. 製品の主な相違点

		Agilent B1500A	Agilent 4155C / 4156C
ハードウェア構成		1 ～ 10 MPSMU 1 ～ 4 HPSMU	4 ～ 6 MPSMU[1] 1 HPSMU[2]
		4.2 A GNDU	1.6 A GNDU[2]
		VSU/VMU なし [3]	2 VSU および 2 VMU
		2 HV-SPGU	2 PGU[2]
測定 分解能	電流	0.1 fA (HRSMU + ASU) 1 fA (HRSMU)	1 fA (4156C)
	電圧	0.5 µV (MPSMU & HRSMU)	2 µV (SMU) 0.2 µV (VMU)
測定 確度 （オフセット）	電流	15 fA @ 10 pA レンジ (HRSMU)	20 fA (10 pA レンジ)
	電圧	120µV (0.5 V レンジ - MPSMU & HRSMU)	200 µV (2 V レンジ - SMU) 10 µV (2 V レンジ - VMU)
専門 測定 機能	スタンバイ・モード	対応	対応
	電流 オフセット・キャンセル	対応	対応
	高速 サンプリング	フル・スケール 20,000 カウントの高分解能と 100 µ 秒最小間隔	フル・スケール 1,000 カウントの分解能と 60 µ 秒最小間隔
	ログ・ サンプリング （時間軸）	対応	対応
	QSCV	対応	対応
	IV ノブ 掃引	未対応	対応
リモート制御コマンド・セット		Agilent FLEX VXI*plug&play* driver	Agilent FLEX VXI*plug&play* driver 4145 シンタックス、SCPI

[1] 4155C/4156C を 41501B と使用することにより、6 SMU 構成が可能。
[2] 4155C または 4156C を、41501B と使用した場合。
[3] VSU/VMU として SMU を利用可能。

類似点と相違点（続き）

4155/4156 のセットアップ・データは、ファイル・コンバータを使用することで B1500A で再利用できますが、4155/4156 の測定データを B1500A で読み込むことはできません。

内部および外部 PC 制御モード

B1500A では、2 種類の PC 制御モードが提供されます。図 8 では、B1500A の内蔵 PC をシステム・コントローラとして利用し、アナライザの測定リソースと外部 GPIB 測定器を制御する、内蔵 PC 制御モードを示します。この構成は、Agilent B2200A/2201A/E5250A スイッチ、Agilent 81110A パルス・ジェネレータ、3458A DVM、およびセミオート・プローバを使用する場合にも当てはまります。

図 9 では、B1500A の測定リソースと外部 GPIB 測定器を、外部 PC によって制御する場合の構成を示します。外部 PC で制御を行う場合、B1500A の GUI はオフになります。外部 PC 制御モードでは、FLEX コマンド・セットまたはハイレベル VXI*plug&play* instrument driver を使用して B1500A の測定リソースを制御します。

FLEX は、測定モジュールを制御するための共通 GPIB 言語セットです。FLEX コマンド・セットを使って作成された 4155C/4156C 用プログラムは、最小限の変更を加えるだけで、簡単に B1500A SMU 制御用に変換することができます。PC コントローラが Windows 2000 または Windows XP Professional オペレーティング・システムで動作している場合、VXI*plug&play* driver を使って作成された 4155C/4156C 用プログラムも、簡単に B1500A の測定リソース制御用に変換することができます。

4155C/4156C の SCPI コマンド・モードは、B1500A では使用できません。

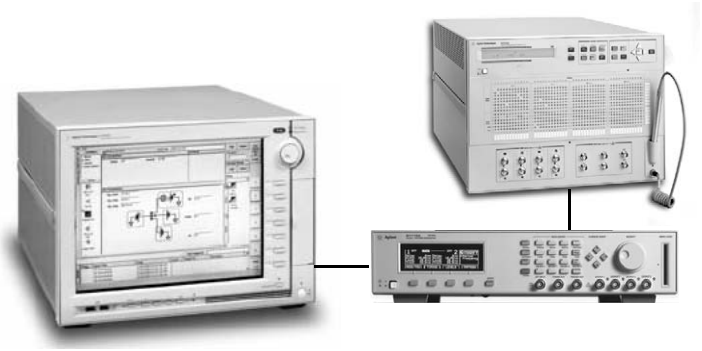


図 8. B1500A の内蔵 PC でアナライザの測定リソースと外部 GPIB 測定器を制御する内蔵 PC 制御モード例

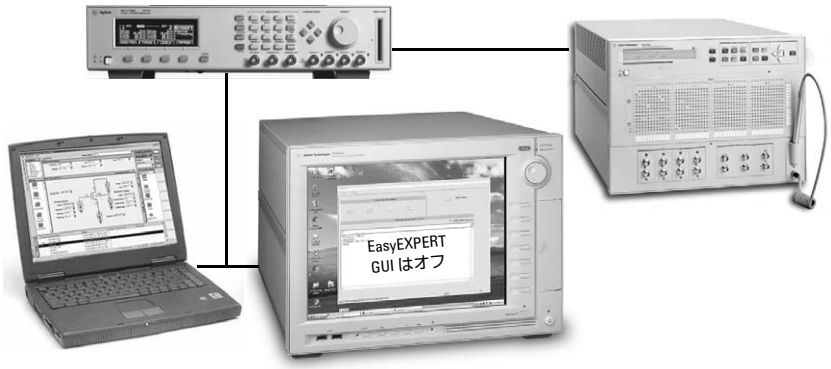


図 9. 外部 PC でアナライザの測定リソースと外部 GPIB 測定器を制御する外部 PC 制御モード例（B1500A の内蔵 PC コントローラ、タッチスクリーン、GUI はオフ）

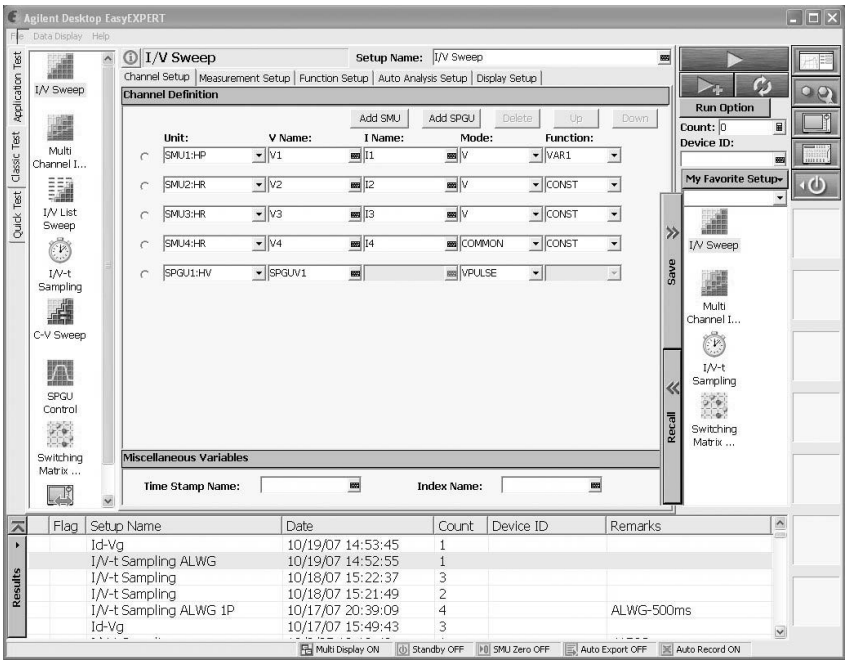


図 10. クラシック・テスト・モード

まとめ

Agilent B1500A 半導体デバイス・アナライザは、現在の 65 ナノメートル、そして将来の 45 ナノメートル以下のプロセス技術における問題に対処すべく設計された、次世代の半導体パラメータ測定器です。Agilent 4145/4155/4156 シリーズ測定器は、20 年以上の間、事実上業界標準の半導体パラメータ・アナライザとして使用されてきました。これらの測定器は、基本的に同様の測定コンセプトに基づいて設計されており、単純な測定を実行する際にも SMU ハードウェアの詳しい理解を必要とするものでした。

B1500A と EasyEXPERT ソフトウェアでは、アプリケーション・テストを用いたタスク志向の測定という、全く異なったアプローチを取っています。測定ハードウェアについての学習が不要で生産的な測定を行うことができるため、B1500A は初心者ユーザや不定期ユーザにより適した測定器だと言えます。さらに、EasyEXPERT では、4155C/4156C とほとんど同じユーザ・インタフェースを採用したクラシック・テスト・モード（図 10 参照）を使用することもでき、クラシック・テスト・モードでは、4155C/4156C 作成された測定設定をインポートして実行することができます。4155C/4156C のユーザ・インタフェースに慣れ親しんだユーザは、B1500A を使用する際に、クラシック・テスト・モードのみ使用することもできます。

デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアは、外部 Windows 搭載 PC 上での測定データ分析を可能にするなど、B1500A の使い方に多様性を与え、B1500A の効率的な活用に貢献します。

B1500A は、4155C/4156C の測定機能のすべてを、より効率良く行うことができます。それに加えて、B1500A は 4155 と 4156 が提供できない多くの機能、例えばパラレル・スイープ測定やリスト測定機能などを提供します。これは、とりもなおさず 4155 と 4156 がサポートできない多くのパラメトリック試験要求が B1500A で解決できることを示します。
デスクトップ EasyEXPERT ソフトウェアのバージョン 3.1 およびそれ以降でサポートされる Standard と Plus の両バージョンでは 4155B、4156B、4155C および 4156C を GPIB ラインからの制御で使用することができます。この機能拡張により、旧来の測定器資産に 1500A を追加する際などに、デスクトップ EasyEXPERT を新ソフトウェア環境に採用することができます。これにより、B1500A への移行を簡単なものにすることができると共に、測定器の混在環境におけるサポートを簡素化できます。

サポート、サービス、およびアシスタンス

アジレント・テクノロジーが、サービスおよびサポートにおいてお約束できることは明確です。リスクを最小限に抑え、さまざまな問題の解決を図りながら、お客様の利益を最大限に高めることにあります。アジレント・テクノロジーは、お客様が納得できる計測機能の提供、お客様のニーズに応じたサポート体制の確立に努めています。アジレント・テクノロジーの多種多様なサポート・リソースとサービスを利用すれば、用途に合ったアジレント・テクノロジーの製品を選択し、製品を十分に活用することができます。アジレント・テクノロジーのすべての測定器およびシステムには、グローバル保証が付いています。アジレント・テクノロジーのサポート政策全体を貫く 2 つの理念が、「アジレント・テクノロジーのプロミス」と「お客様のアドバンテージ」です。

アジレント・テクノロジーのプロミス

お客様が新たに製品の購入をお考えの時、アジレント・テクノロジーの経験豊富なテスト・エンジニアが現実的な性能や実用的な製品の推奨を含む製品情報をお届けします。お客様がアジレント・テクノロジーの製品をお使いになる時、アジレント・テクノロジーは製品が約束どおりの性能を発揮することを保証します。それらは以下のようなことです。

- 機器が正しく動作するか動作確認を行います。
- 機器操作のサポートを行います。
- データシートに載っている基本的な測定に係わるアシストを提供します。
- セルフヘルプ・ツールの提供。
- 世界中のアジレント・テクノロジー・サービス・センタでサービスが受けられるグローバル保証。

お客様のアドバンテージ

お客様は、アジレント・テクノロジーが提供する多様な専門的テストおよび測定サービスを利用することができます。こうしたサービスは、お客様それぞれの技術的ニーズおよびビジネス・ニーズに応じて購入することが可能です。お客様は、設計、システム統合、プロジェクト管理、その他の専門的なサービスのほか、校正、追加料金によるアップグレード、保証期間終了後の修理、オンサイトの教育およびトレーニングなどのサービスを購入することにより、問題を効率良く解決して、市場のきびしい競争に勝ち抜くことができます。世界各地の経験豊富なアジレント・テクノロジーのエンジニアが、お客様の生産性の向上、設備投資の回収率の最大化、製品の測定確度の維持をお手伝いします。

電子計測 UPDATE

www.agilent.co.jp/find/emailupdates-Japan
Agilent からの最新情報を記載した電子メールを無料でお送りします。

Agilent 電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ

Agilent の電子計測ソフトウェアおよびコネクティビティ製品、ソリューション、デベロッパ・ネットワークは、PC 標準に基づくツールによって測定器とコンピュータとの接続時間を短縮し、本来の仕事に集中することを可能にします。詳細については www.agilent.co.jp/find/jpconnectivity を参照してください。

アジレント・テクノロジー株式会社

本社〒192-8510 東京都八王子市高倉町 9-1

計測お客様窓口

受付時間 9:00-19:00
(12:00-13:00 もお受けしています。土・日・祭日を除く)
FAX、E-mail、Web は 24 時間受け付けています。

TEL ■■ 0120-421-345
(0426-56-7832)
FAX ■■ 0120-421-678
(0426-56-7832)
(0426-56-7840)
Email contact_japan@agilent.com
電子計測ホームページ
www.agilent.co.jp/find/tm

- 記載事項は変更になる場合があります。
  ご発注の際はご確認ください。

Copyright 2006
アジレント・テクノロジー株式会社

Agilent Technologies

January 1, 2008
5989-2851JAJP
0000-00DEP