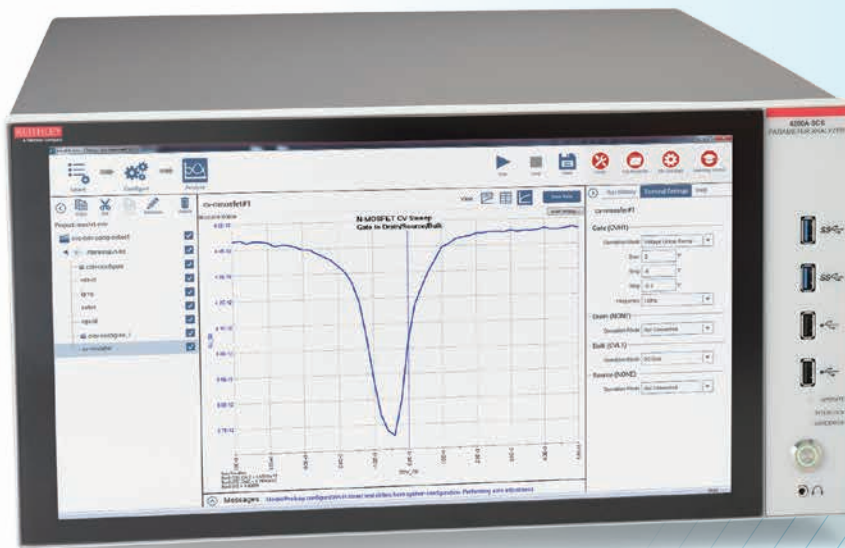


CVとIVの切換測定

4200A型 半導体パラメータ・アナライザと
4200A-CVIV型 マルチスイッチを使った簡単な切り換え

アプリケーション・ノート



イントロダクション

一般的に半導体デバイスの完全な特性評価では、デバイスの重要なパラメータのすべてを収集するための一連の試験が必要となります。IV試験は、伝達特性、リーク測定、破壊電圧のようなデバイスパラメータを、CV測定は不純物濃度、界面電荷や閾値電圧のようなデバイスパラメータを特定するために用いられます。IVとCV測定を同一デバイス上で行うことは極めて一般的ですが、それらの測定に必要とされる装置と配線は異なっています。測定を変更するにはシステム配線を変更する必要があるため、同一デバイス上ですばやくIVとCVの測定を運用することが難しくなります。

4200SMUあるいは4210SMUソース・メジャー・ユニットと4210CVU容量電圧ユニットで構成された4200A型半導体パラメータ・アナライザではIVとCV測定が可能ですが、SMUではトライアキシャル・ケーブルを、そしてCVUではSMA同軸ケーブルが必要です。4200A-CVIVは、そのようなIVとCV測定の切り換えを、配線の変更や針先を試料から外す作業無しで行うことができるため、4200A型半導体パラメータ・アナライザにこの4200A-CVIV型マルチスイッチを組み合わせることによりそのような手間が取り除くことができます。4200A-CVIVを図1に示します。さらに、4200A型半導体パラメータ・アナライザで動作するClariusソフトウェアによってマルチスイッチの制御を簡単に実行することができ、同一デバイス上でIVとCV測定を行うことが必要なアプリケーションに対し、よりすばやくより効率的なデバイス測定のワークフローを提供します。



図1. 4200A-CVIV マルチスイッチ

4200A-CVIVのオペレーション

4200A-CVIV型マルチスイッチは、IVとCV測定をシームレスに切り換えるための4チャンネル・マルチプレクサ型のスイッチで4200A型半導体パラメータ・アナライザのアクセサリとして提供されます。各チャンネルに1つのSMUを最大4つ、そして1つのCVUを入力として接続でき、各4チャンネルの出力モードをそれぞれ変更することにより4200A-CVIVの内部スイッチを切り換え、各出力端子へ目的の信号を出力できます。図2に4200A-CVIVの簡略化したスイッチング・ダイアグラムを示します。

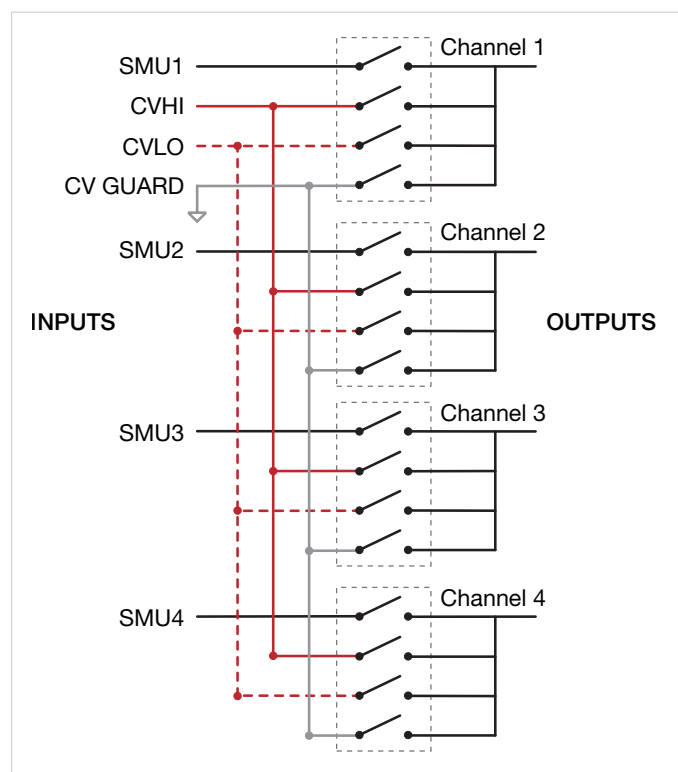


図2. 4200A-CVIVの簡略化したスイッチング・ダイアグラム。全チャンネルが2線式モードでOPEN状態

4200A-CVIVには各チャンネルに5種類の出力モードがあります。

- **SMU**

4200A-CVIVのSMU信号の経路は切り換え不可で、各チャンネルに対し自由な切り換えはできません。各SMUチャンネルはそれらが接続されたチャンネルと直接連結します。例えば、チャンネル3の設定を**SMU**とした場合、チャンネル3に接続されたSMUとチャンネル3の出力端子への経路が通じます。

- **CV HI and CV LO**

4200A-CVIVのCVU信号経路は完全に切り換え可能で、どの出力チャンネルにもアサインできます。目的のCV測定のため、**CV HI**もしくは**CV LO**をどのチャンネルに対しても自由な組み合わせでアサインできます。例えば、チャンネル1を**CV HI**に、チャンネル2とチャンネル3を**CV LO**に設定すると、マルチスイッチはチャンネル1とチャンネル2/3間のCV測定を行えるようになります。

• CV GUARD

4200A-CVIVにおけるこのモードは、CV測定における不要な容量成分を取り除く際に使います。CVUガードはCVU同軸ケーブルの外側シールドです。例えば、チャンネル4を**CV GUARD**に設定すると、チャンネル4に接続されたデバイスの端子にそのガードが接続されるようにマルチスイッチが切り換わります。

• OPEN

OPENを設定したチャンネルに対し出力リレーが開放されます。

4200A-CVIVは4200A型半導体/パラメータ・アナライザに搭載されたClariusソフトウェアで制御します。切り換え制御はプロジェクトツリー中のActionライブラリから**cviv-configure**を使用します。

その**cviv-configure**はチャンネル構成、2線式/4線式設定及び4200A-CVIVディスプレイに表示されるテストやチャンネル名の設定ができ、4200A-CVIVの構成を変更する場合は必ずこれを使用します。図3にMOSFETに対するCVU出力端子切り換えの設定を行う**cviv-configure**の例を示します。

cvu-cviv-comp-collectで4200A-CVIVを含んだOpen、ShortそしてLoad補正データが取得でき、CVUケーブル補正が実行できます。接続補正ではCVUとDUT間の接続に起因したオフセット及びゲイン誤差が取得できます。各スイッチ構成に対する補正値が自動的に保存され、**cviv-configure**で使用する各スイッチ構成に対する補正データが自動的にCV測定に適用されます。図4にOpen補正を行う**cvu-cviv-comp-collect**のセットアップ画面を示します。

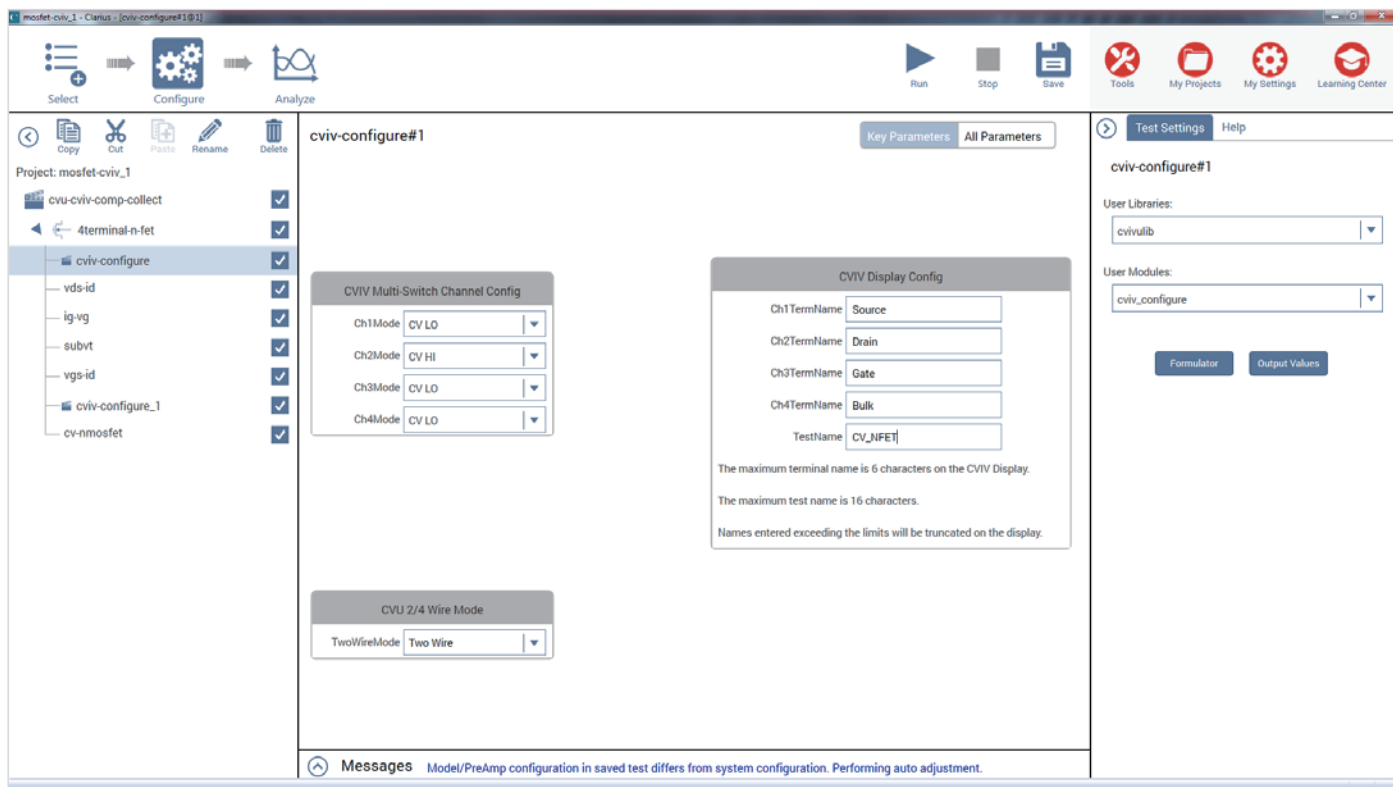


図3. **cviv-configure** Actionのオプション

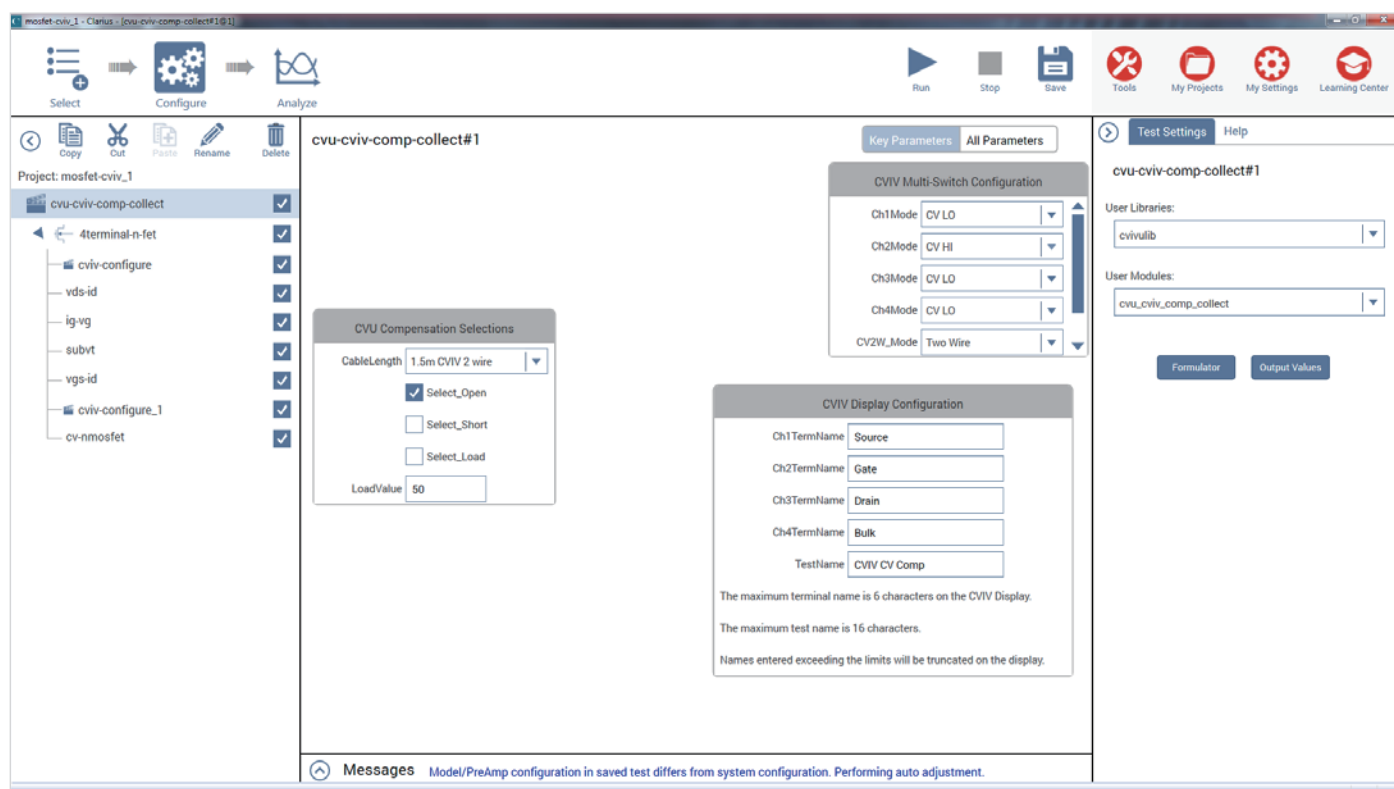


図4. Open補正を行う場合のcvu-cviv-comp-collection Action

図5はDiode Testsという名前のプロジェクトのスクリーンキャプチャで、チャンネル1と2の出力に接続されたダイオードに対しIVとCV測定が行えます。cviv-configure-ivでSMU1とSMU2をそれぞれチャンネル1と2に接続し、次に順方向と逆方向のIV測定が行えます。次にcviv-configure-cvを実行すると、両SMUは出力から切り離されCVU HIとCVU LO端子がチャンネル1と2にそれぞれ接続され、ダイオードのCVスイープ測定が行えます。

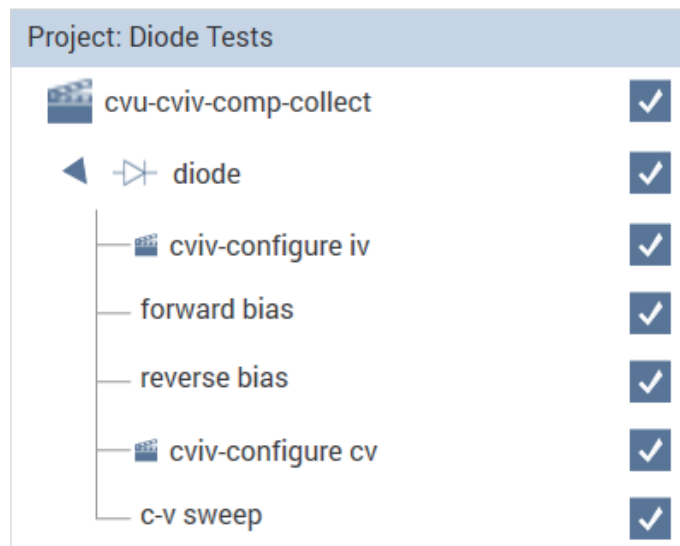


図5. ダイオード測定のプロジェクトツリーの構成における4200A-CVIVでのIVとCV測定の切り換え

デバイス評価のための CV/IVスイッチ切り換え

IVとCV測定は共に半導体デバイスの特性評価における重要な役割を担っています。2端子デバイスは、DC特性を評価するために単純なIVスイープ測定が必要で、さらに容量を特定するために2端子間に異なるバイアス・レベルを与えたCVスイープ測定を必要とします。例えば、ダイオードの完全な評価には順方向IV曲線、逆方向リーク曲線及び逆方向耐圧の測定が必要で、CV測定はダイオードのドーピング・プロファイルや電荷密度の情報を得るために必要です。

2端子デバイス

ダイオードのIVとCV測定は、4200A-CVIVの2つのチャンネルを使い接続します。ダイオードの順方向特性は極めて低いインピーダンスのため、配線による誤差を防ぐために4線式測定を用います。4線式モードはリモートセンスとも呼ばれ、測定電流を一式の配線与え、もう一式の配線でデバイス直近の電圧を測定します。これにより測定におけるケーブル・インピーダンスの影響を排除できます。

図6にダイオードのIV測定に対する4200A-CVIV設定と接続を示します。ダイオードの全てのDC IV特性をこの設定で取得できます。さらに、ダイオードへの接続はModel 4200-TRX-.75 (75cm or 約30インチ) トライアキシャル・ケーブルを用いています。それらの遮蔽ケーブルは高精度で、微小IV測定や高周波AC測定に用います。デバイスはテスト・フィクスチャ内に取り付けたパッケージ品もしくはプローブ・ステーション上のウェハに接続します。

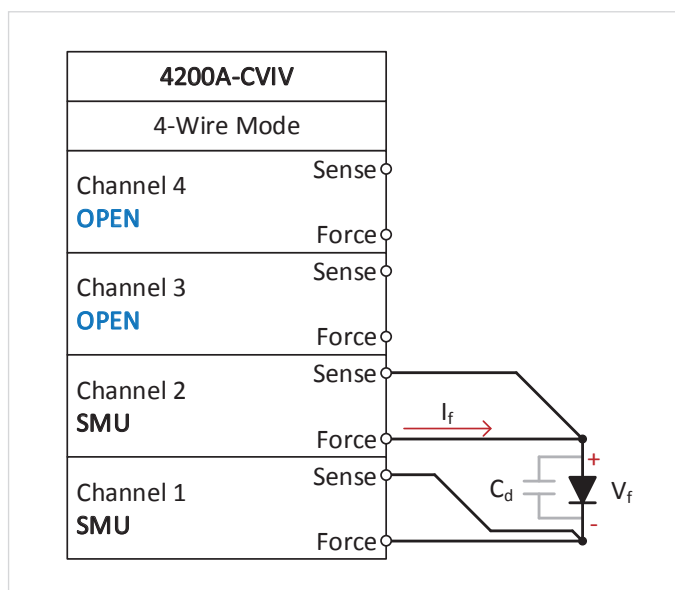


図6. 4200A-CVIVを用いたダイオードのIV特性評価の構成

図6に灰色で示した容量 (C_d) はPN接合の寄生容量です。IV測定ではこの寄生容量に関する情報は提供されませんが、CV測定ではデバイスの容量を評価する必要があります。図7にダイオードのCV測定に対する4200A-CVIV設定と接続を示します。接続はIV測定と同じです。Clariusソフトウェアで *cviv-configure* を実行し出力をSMUからCVU端子に切り換えます。

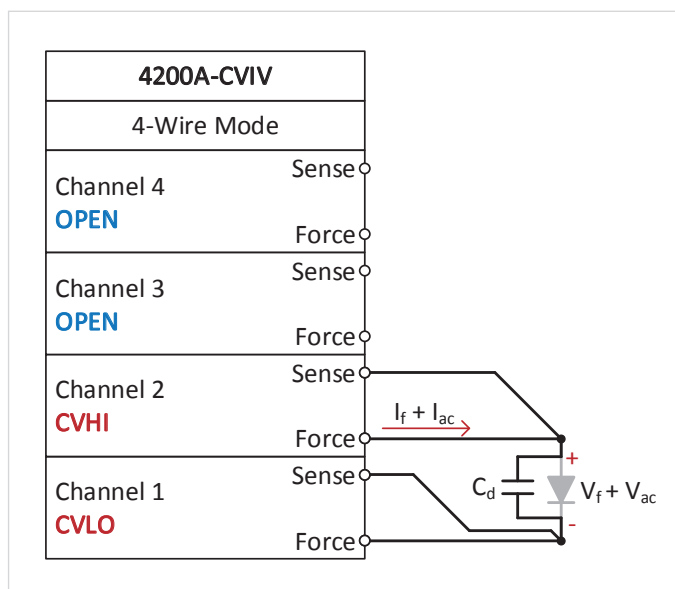


図7. 4200A-CVIVを用いたダイオードのIV特性評価の構成

3端子デバイス

3端子デバイスでは、より複雑なIV特性評価や、場合によっては複数端子間のCV測定が必要となります。例えば、バイポーラ・トランジスタは3端子デバイスですが、伝達特性を測定しガンメルプロットのようなデータを導出するため複数のSMUを必要とします。4200A-CVIVで、4200A型半導体パラメータ・アナライザにおける3つの4200 SMUもしくは4210SMUと4210CVUを統合することによりそのような測定が実現可能です。

図8にバイポーラ・トランジスタの接続と4200A-CVIVの設定を示します。この図は2線式モードあるいはローカル・センス・モードで示されていますが、高電流のバイポーラ・トランジスタの場合、リモートセンシングモードを使用する必要があります。接続には4200-TRX-0.75トリアキシャル・ケーブルを使用します。デバイスはテスト・フィクスチャ内に設置したパッケージ品もしくはプローブ・ステーションのウェハ上に作りこまれた素子です。

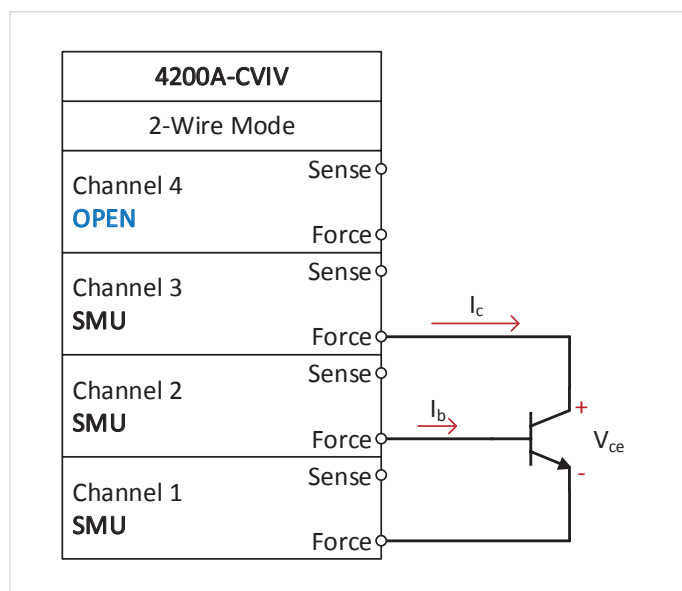


図8. 4200A CVIVを用いたバイポーラ・トランジスタのIV特性評価の構成

IV測定後は、4200A-CVIVによって、デバイスとの接続を外したり、配線を切り換えたりすることなくシームレスにバイポーラ・トランジスタの寄生結合容量測定のための切り換えが行えます。図9にバイポーラ・トランジスタの各端子間寄生容量を示します。

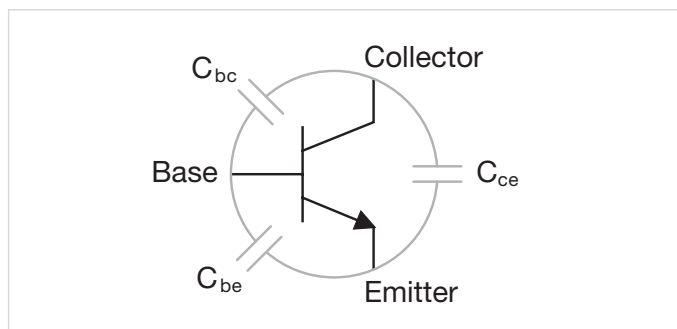


図9. バイポーラ・トランジスタの寄生容量

2端子間の容量を測定するためには、3つめの端子をガードし付加的な寄生容量の影響を取り除く必要があります。例えば、ベース、エミッタ間の容量 (C_{be}) を測定するため、コレクタ端子をガード接続します。4200A-CVIVではCV GUARD設定でこのガード信号が供給できます。図10に4200A-CVIVでCV GUARD信号を使用する場合のcviv-configureの設定を示します。この例では、CV HI端子はチャンネル2を通じてベースに、CV LO端子はチャンネル1を通じてエミッタに、そしてCV GUARDがチャンネル3を通じてコレクタに接続されます。

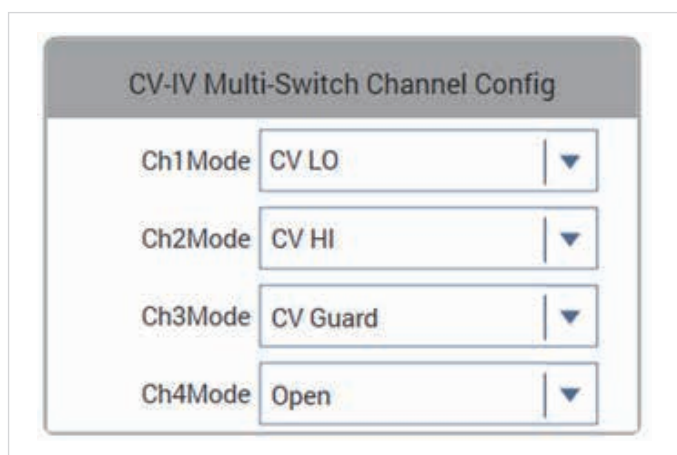


図10. バイポーラ・トランジスタのベース、エミッタ間容量測定のためのcviv-configure設定

図11にバイポーラ・トランジスタの C_{be} 測定における、ガードを使った容量測定のための接続と4200A-CVIVの設定を示します。

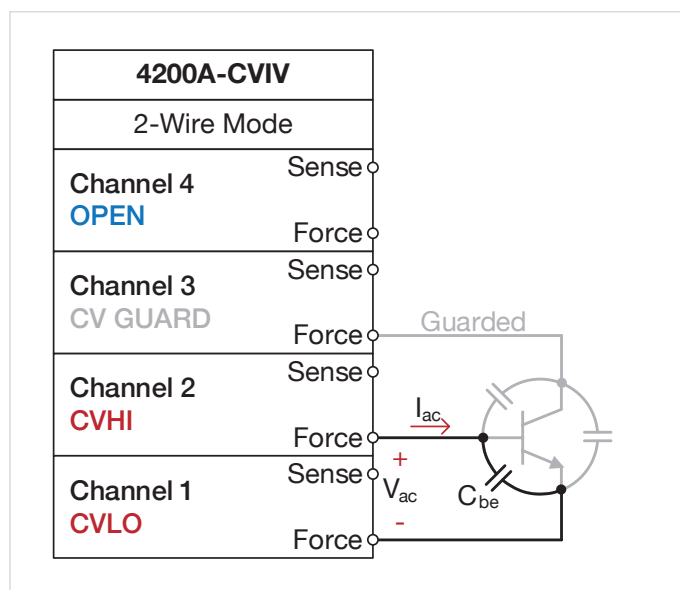


図11. 4200A-CVIVを用いたバイポーラ・トランジスタのベース、エミッタ間容量測定

同じ手法をバイポーラ・トランジスタのベース、コレクタ間容量やコレクタ、エミッタ間容量測定にも適用します。4200A-CVIVはClariusソフトウェアから制御でき、それらすべての測定が各端子の配線を繋ぎ替えることなく自動的に実行できます。Clariusソフトウェアにはcvu-bjt-cvivのプロジェクトがあらかじめ存在し、これでデバイスの端子間に対しCVUを切り換え、バイポーラ・トランジスタに存在するそれらの3つの寄生容量を測定することができます。

4端子デバイス

独立した基板端子を持つMOSFETのような4端子デバイスには、端子数の少ないデバイスと比べて、より多くの端子間寄生容量や潜在的なIVやCV測定の組み合わせが存在します。4200A-CVIVで4つのSMUと1つのCVUを構成することによりそれらの測定に対する柔軟な構成に対応することが可能です。

図12に4端子MOSFETのIV測定に対する接続と4200A-CVIVの設定を示します。ここでは2線式モードあるいはローカル・センス・モードで示されていますが、高電流のMOSFETの場合リモートセンシングモードを使用する必要があります。接続には4200-TRX-0.75トライアキシャル・ケーブルを使用します。デバイスはテスト・フィクスチャに設置したパッケージ品もしくはプローブ・ステーションのウェハ上に作りこまれた素子です。

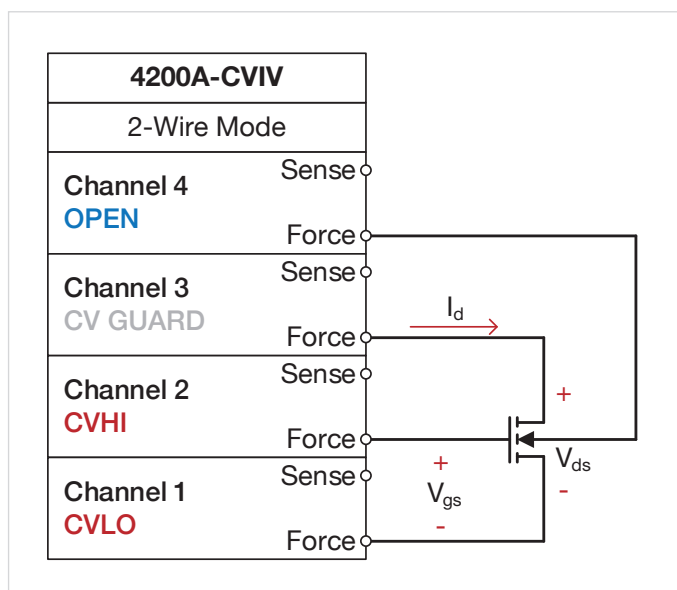


図12. 4200A CVIVを用いた4端子MOSFETのIV特性評価

MOSFETにおける基本的な動作や種々のパラメータを調査するため、容量測定が実施されます。MOSFETの高周波動作やスイッチング速度がデバイスの容量に依存すると考えると、容量測定は図13に示したような様々な寄生容量を含んだ状態で行われていることがあります。例えば、ゲートとチャンネル間の容量 (C_{gd} や C_{gs}) はデバイス動作に必要なチャージを供給する上で重要ですが、このゲート、チャンネル間容量は印加電圧や動作領域に依存します。

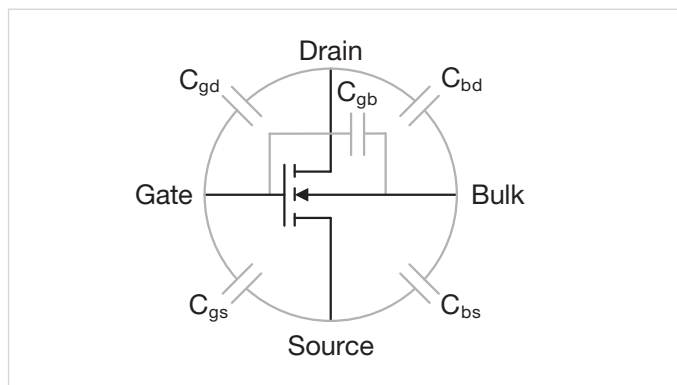


図13. MOSFETの寄生容量

MOSFET構造において、ゲートとドレイン、ソース、基板間に形成されている容量のCV特性を評価することにより、しきい値電圧、ゲート酸化膜厚、ゲート酸化膜容量や不純物濃度のようなMOSFETの特性評価が行えます。図14にその測定の構成に対し最も一般的な方法を示します。ソース、ドレイン及び基板の端子を物理的につないでおき、ゲートとそれら3端子間においてCVスイープを行います。

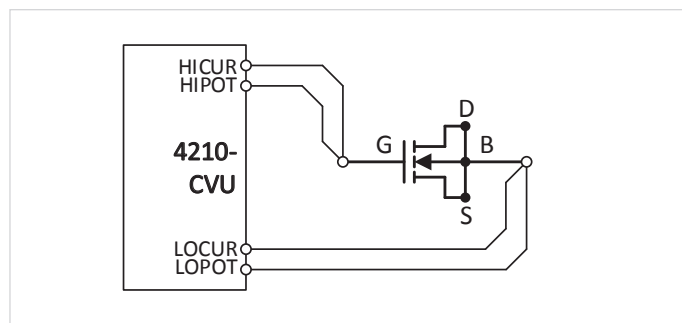


図14. MOSFETにおけるCV測定の構成

4200A-CVIVのCV HI, CV LO及びCV GUARD信号は同時に複数ピンにそれぞれアサインすることができます。これによってソース、ドレイン及び基板を測定するデバイス上で物理的につなぐ必要がなくなり、代わりに4200A-CVIVの内部で接続することができます。図15に4端子MOSFETのCV測定における接続及び4200A-CVIVの設定を示します。この構成では、チャンネル1,3,4が全てCV LOにアサインされています。図16に4200A-CVIVの等価回路を示します。

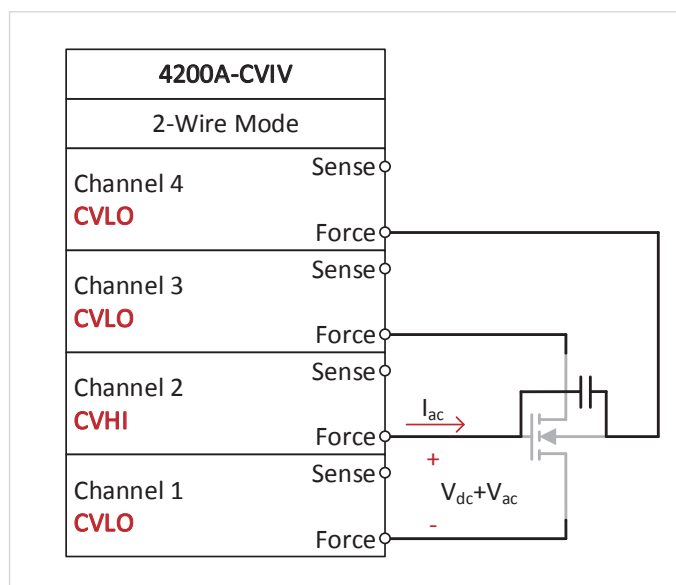


図15. 4200A-CVIVを用いた4端子MOSFETのCV特性評価

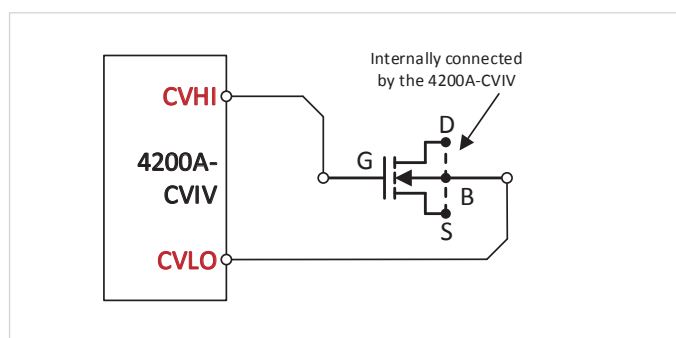


図16. 2端子MOSFET CV測定等価回路に対する4200A-CVIV

結論

4200A-CVIV マルチスイッチにより、同一デバイス上でのIVやCV測定をデバイスへのダメージや誤った操作を引き起こす可能性がある配線変更作業なしにより簡易的に実施することが可能となります。4200A型半導体パラメータ・アナライザとClariusソフトウェアによってその4200A-CVIVの制御が容易に行え、CVとIVの測定を一つのプロジェクト中でシームレスに連続的に実行できます。

お問い合わせ先：

オーストラリア 1 800 709 465
オーストリア 00800 2255 4835
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777
ベルギー 00800 2255 4835
ブラジル +55 (11) 3759 7627
カナダ 1 800 833 9200
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777
デンマーク +45 80 88 1401
フィンランド +41 52 675 3777
フランス 00800 2255 4835
ドイツ 00800 2255 4835
香港 400 820 5835
インド 000 800 650 1835
インドネシア 007 803 601 5249
イタリア 00800 2255 4835
日本 81 (3) 6714 3010
ルクセンブルク +41 52 675 3777
マレーシア 1 800 22 55835
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
オランダ 00800 2255 4835
ニュージーランド 0800 800 238
ノルウェー 800 16098
中国 400 820 5835
フィリピン 1 800 1601 0077
ポーランド +41 52 675 3777
ポルトガル 80 08 12370
韓国 +82 2 6917 5000
ロシア +7 (495) 6647564
シンガポール 800 6011 473
南アフリカ +41 52 675 3777
スペイン 00800 2255 4835
スウェーデン 00800 2255 4835
スイス 00800 2255 4835
台湾 886 (2) 2656 6688
タイ 1 800 011 931
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835
アメリカ 1 800 833 9200
ベトナム 12060128

2016年2月現在



jp.tek.com

テクトロニクス／ケースレーインストルメンツ
お客様コールセンター

TEL: 0120-441-046 ヨッ! 良い オ シ ロ 電話受付時間／9:00～12:00・13:00～18:00
(土・日・祝・弊社休業日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2017, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX および TEK は Tektronix, Inc. の登録商標です。記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2017年3月 1KZ-60635-0