

多様な測定タイプに対応した ケーブルシステム

半導体デバイスの電気的特性やその作成プロセスを理解するために多様な測定手法が要求される。その中でもI-VやC-Vやパルス測定は最も広く用いられる測定手法であるが、最新の半導体デバイスアナライザーにはそれらの測定機能が組み込まれており、デバイスの測定評価における時間や労力の削減に役立っている。一方、それらの種類の測定を実行する上で最も困難な問題の一つに各測定毎に異なるケーブル接続がある。測定機器からプローブステーションの隔壁パネルやフィードスルーまでのケーブル配線は単純であるが、その隔壁パネルからプローブの先端までのケーブル配線は複雑で分かりにくい。本稿では測定毎に要求が異なるケーブル配線を解説し、我々が提案する簡単で高機能な多目的測定ケーブルシステムについて記述する。

IV測定に要求される配線:

IV測定はFig-1に示したように、4本の3同軸配線が用いられる。ガーディングは微小電流I-V測定を行うために必要であり、その結果3同軸配線を用いる必要がある。測定信号は3同軸の中心線の流れ、内部シールドはその信号に対するガードとして働き、外部シールドは信号線やガードに印加される高電圧から使用者を安全にシールドするために用いられている。そしてリモートセンシングやケルビン接続での測定を行うためにはそのケーブルが4本必要となる。リモートセンシングケーブルは被測定デバイスの電圧を精度良くセンシングすることが出来る。Fig-1に2端子のDUTのリモートセンシング接続を示す。

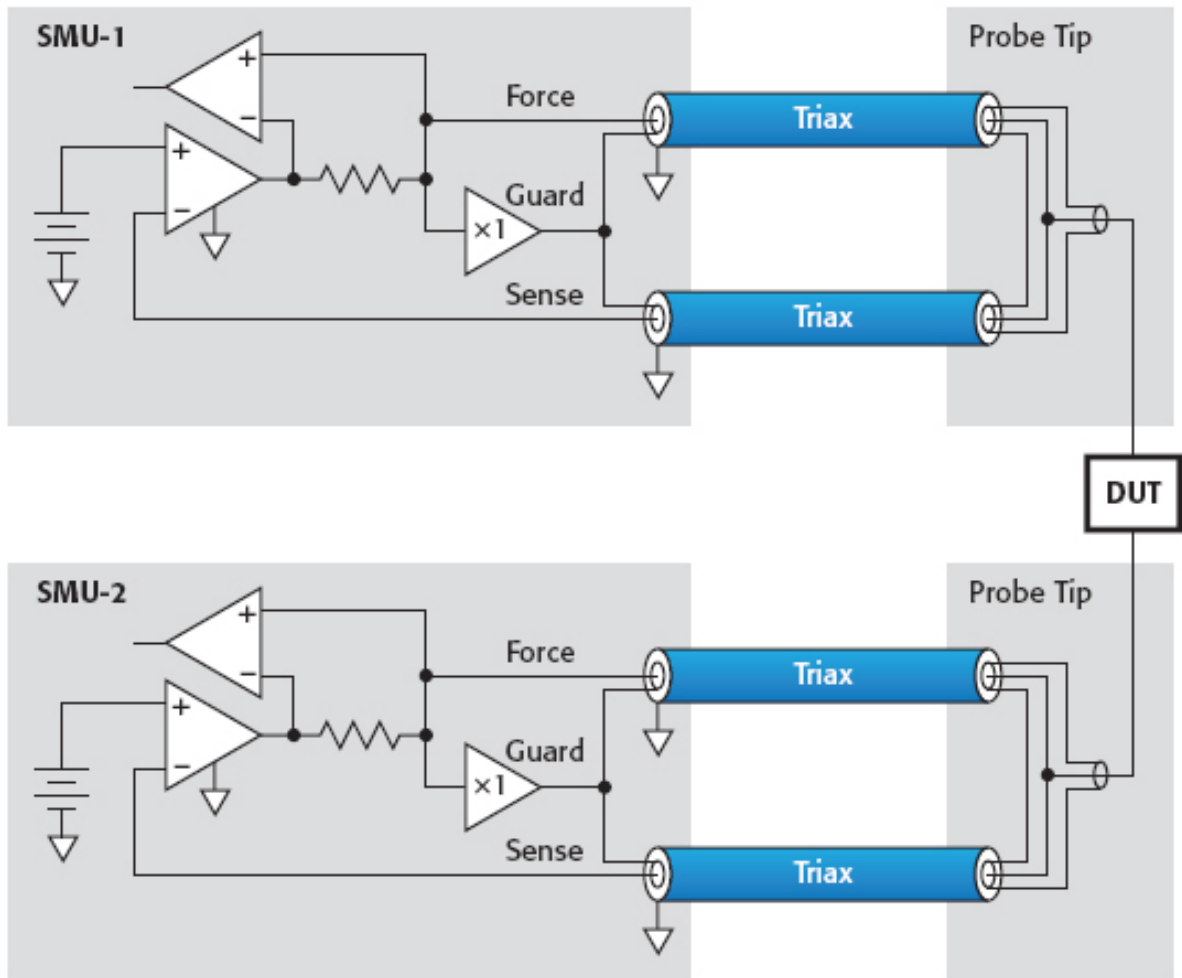


Figure 1. ケルビン接続のためのI-V測定のための接続の仕方

CV測定に要求される配線:

CV測定はFig-2に示したように4本の同軸配線を使用し実行される。外部シールドは特性インピーダンスを制御するために相互に接続される。4本全てのケーブルの外部シールドがDUTの近くで相互に接続される必要がある。

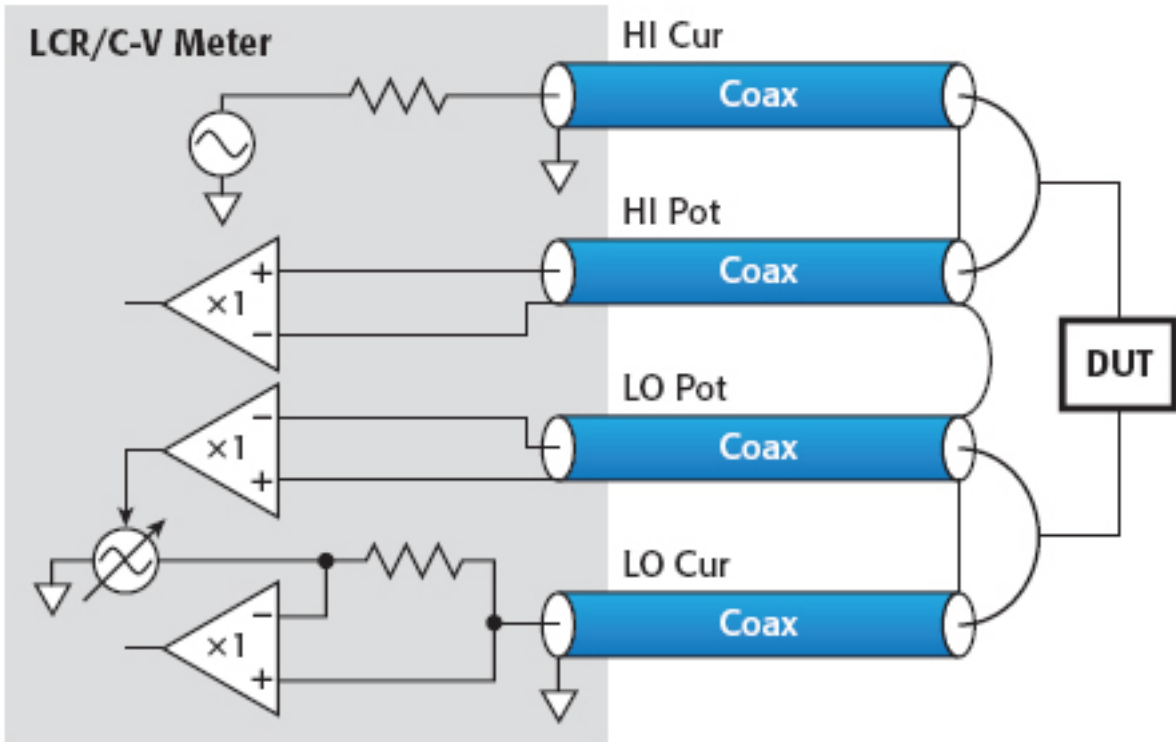


Figure 2. ケルビン接続のためのC-V測定の接続の仕方

パルス測定に要求される配線:

パルス測定はこれら3種類の測定のなかでも最も高いバンド幅が要求される。従ってそのケーブルはパルス源からDUTに対する反射の影響を防ぐためインピーダンス整合が取れていなければならない。パルス測定はリモートセンシングケーブルを使わない。Fig-3に2端子DUTとの標準的な接続を示す。パルス測定は3種類の測定において唯一DUTにケーブルの外部シールドを接続する。

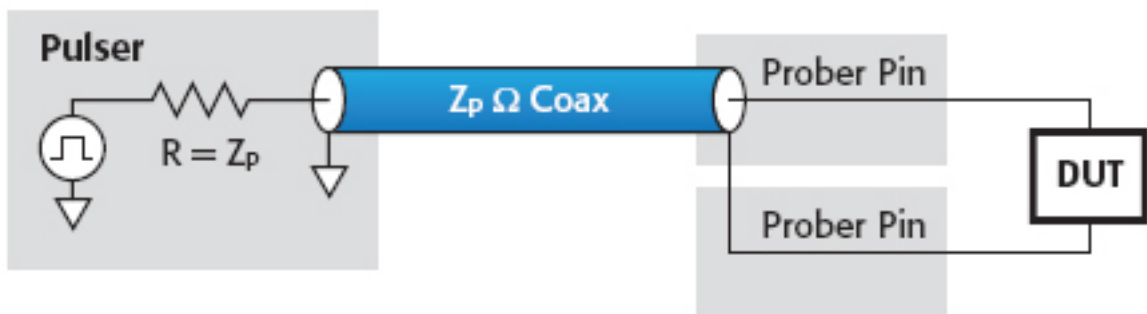


Figure 3. ケルビン接続のためのパルス試験の接続の仕方

Table 1. I-V, C-V, パルスI-V測定に対する異なるケーブル要求の概要

DC I-V	<ul style="list-style-type: none"> • Triaxial cables • Kelvin connection • Isolated, driven guards
LCR/C-V	<ul style="list-style-type: none"> • Coaxial cables • Kelvin connection • Shields connected at the probe tips
Pulsed I-V	<ul style="list-style-type: none"> • Coaxial cables • Non-Kelvin connection (single cable) • Shields connected at the probe tips • Shield optionally connected to a probe tip

伝送線の理論:

それぞれの測定タイプに要求される異なったケーブル配線の課題に対し、我々は二つの伝送手法のコンセプトを理解した上で複数の測定タイプに対応したケーブル配線システムを開発した。その最初のコンセプトは二つの伝送線が並列に接続されている場合であり、その合計した特性インピーダンスはFig-4に示したようにそれぞれの伝送線の特性インピーダンスを並列に組み合わせたものになる。

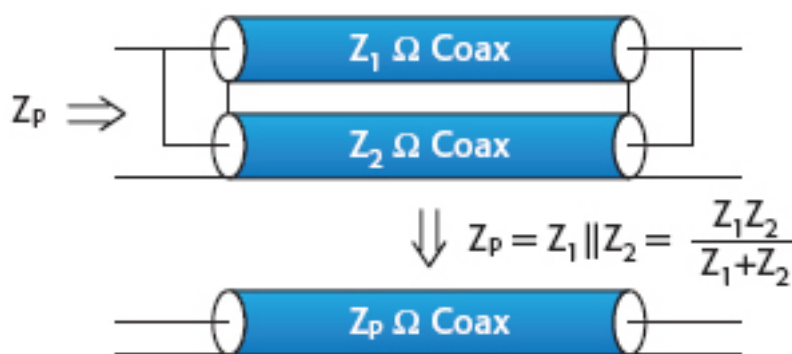


Figure 4. 2つの伝送ラインでは、結合された伝送ラインの特性インピーダンスは、各伝送ラインの特性インピーダンスの並列インピーダンスとなる

そして二つ目の伝送線理論はFig-5に示したように、二つの伝送線が直列に接続されている場合であり、合計した伝送線の特性インピーダンスはそれぞれ個別の伝送線の特性インピーダンスの合計になる。

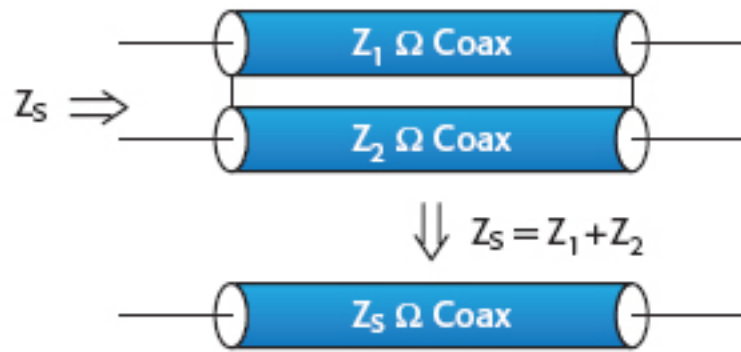


Figure 5. 2つの伝送ラインが直列に接続される時の場合、その特性インピーダンスは各々の伝送ラインのその和となる

Fig-6に示したように、この直列の組み合わせは3同軸ケーブルに見ることができる。3同軸ケーブルは実際内部シールドと中心導線が一つの伝送線(Z_1)を形成し、内部シールドと外部シールドが二つ目の伝送線(Z_2)を形成した二つの伝送線が組み合わさった配線である。中心導線から外部シールドまでの特性インピーダンス(Z_s)は内部シールドを共有した二つの伝送線の合計と等しい。

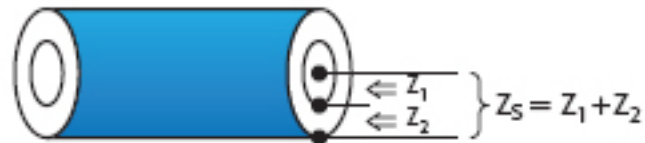


Figure 6. トライアキシャルケーブル

この理解に基づき、我々は測定の種類を変更する毎に計測器からプローバーまでの配線を変更する面倒な作業を極力行わずIV,CVそしてパルスIV測定を実行することができるケーブルキットを開発した。それにはカスケードマイクロテック社製プローバーとの接続用のModel4210-MMPC-Cとズースマイクロテック社製プローバーとの接続用のModel4210-MMPC-Sの二種類のケーブルキットが用意されている。

IV及びCV配線システムの概要:

Fig-1に示したIVシステムに基づき、Fig-7にLGR/C-Vメーターとの接続を示す。

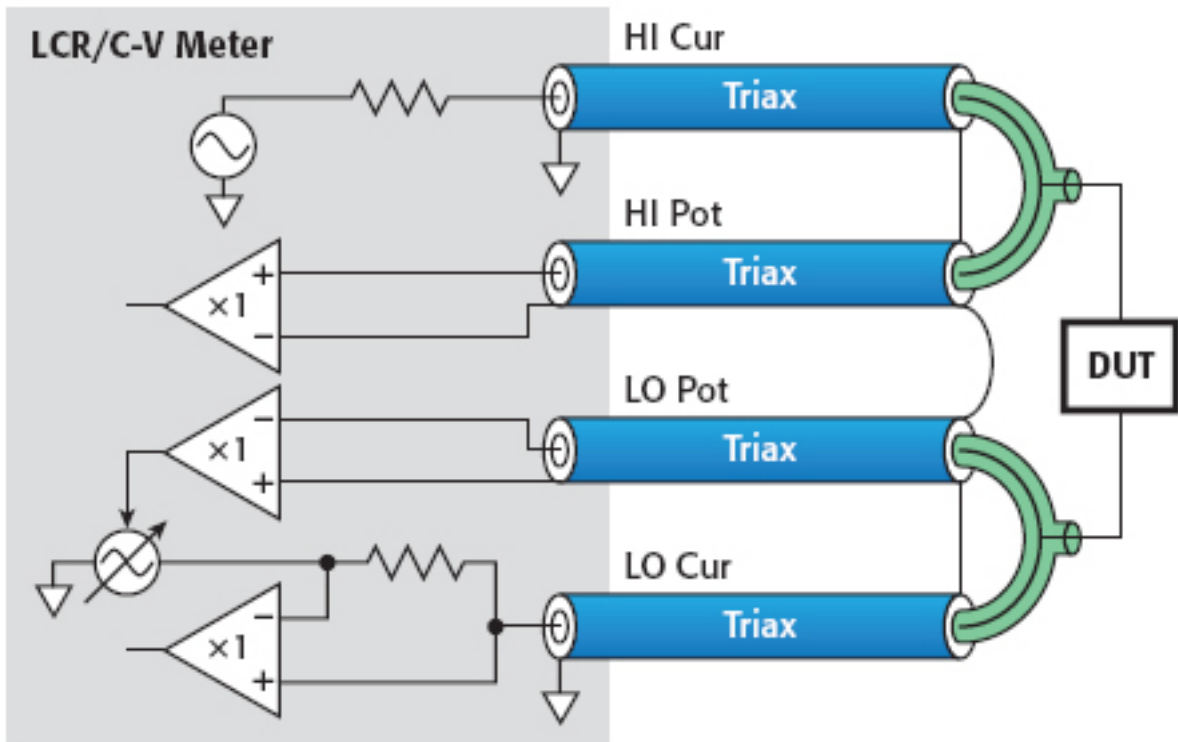


Figure 7. DUTとLCR/C-Vメータの間の接続

ここでガードはフロートされ、外部シールドは全てプローバーにおいて相互に接続されている。(この外部シールドの相互接続はIV測定には悪影響を与えることは無く、場合によってはむしろIV測定の性能を向上させる可能性がある)。3同軸ケーブルがFig-2に示した同軸ケーブルに置き換えられ、そのケーブルの計測器側の部分の接続をのみを変更することによりIVとCVの切り替えが可能となる。さらにその切り替えの際にはウェハをプローバーから切り離す必要が無い。

50 Ω 伝送線の追加:

パルス測定にはDUTまでの50 Ω 伝送線が必要となる。もし3同軸ケーブルがその中心導線から外部シールドまで100 Ω の特性インピーダンスに設計され、そしてそれらの二つのケーブルが並列に接続されるならその組み合わせは50 Ω の特性インピーダンスを持つことになる。さらにパルス印加においては通常一つもしくはそれ以上のDUTの端子が接地されなければならないが、Fig-8に示したようにジャンパーを用いることにより中心導線を外部シールドと接続し接地することができる。

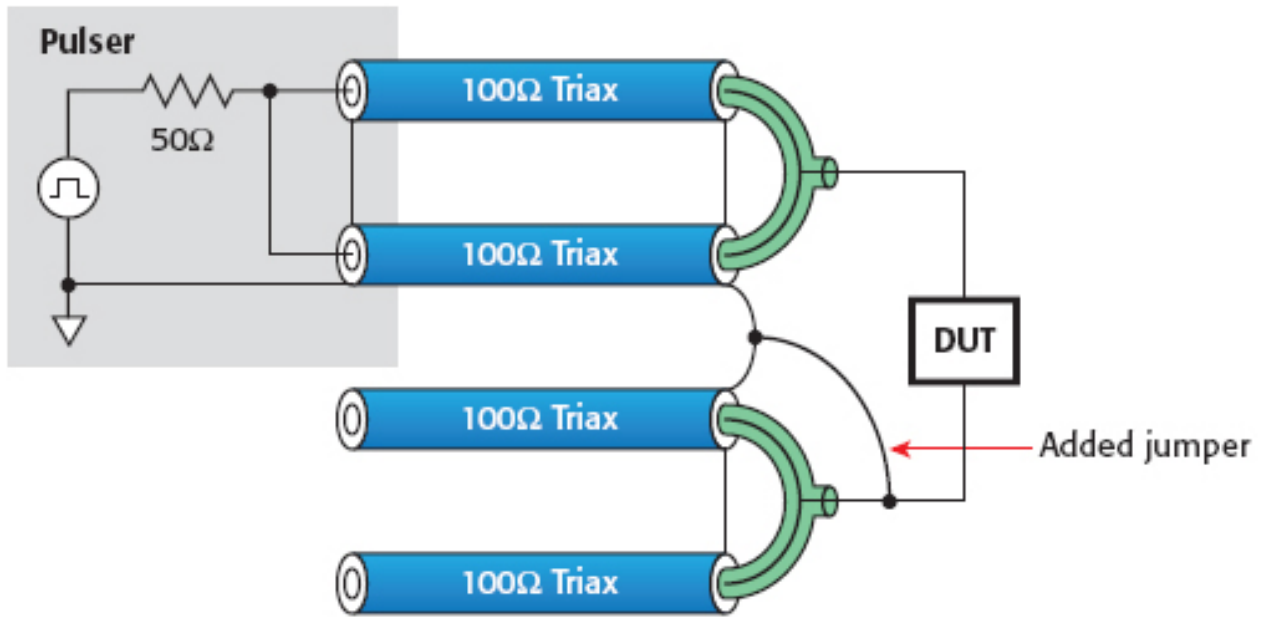


Figure 8. パルス測定ではふつう1つ以上のDUTピンをグラウンドする必要がある。この接続のために中心導体と外側シールドを結ぶジャンパ線を使うことができる

しかしそのジャンパーをプローブアームの終端につなげるには、プローブの針をウェハー（パッド電極）を保護するため一度ウェハーから切り離す必要がある。簡単な別の手段としてショートケーブルの終端で接地する接続も可能であるが、それは有効バンド幅を減少させてしまい、きれいな10nsecのパルス立ち上りを得るためには接地ケーブルは1.5nsec以下の電氣的長さ（約30cm）でなければならず、そのためにはプローブマニピュレーター部分で接地される必要がある。Fig-9に示したようにプローブマニピュレーター近くのケーブルにショートキャップを差し込むことができる。そのショートキャップはプローブの針にダメージのような悪影響を与えることなく装着することができ、プロービング作業を再度行うことなくIVやCV測定からパルス測定までを切り替えて行うことができる。それによりプローブ針をウェハに接触させながらすばやく簡単に測定セットアップの変更ができ、3種類全ての測定に対しパッド電極でのダメージを低減させ同じ接続インピーダンスを維持することができる。

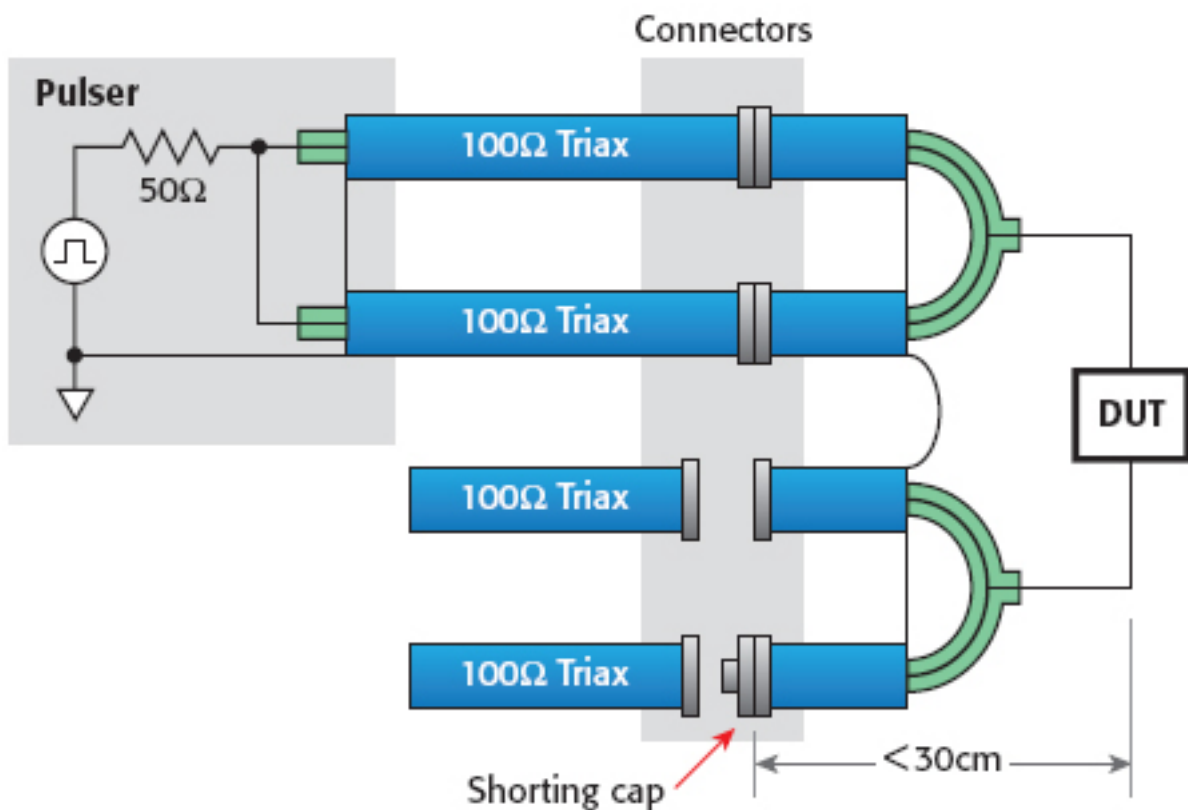


Figure 9. ショート用キャップを挿入するために、プローブ用のマニピュレータマウントの近傍のケーブルのところにコネクタを追加する

ケルビン測定から非ケルビン測定の切り替えを単純にするためにはケーブルは並列接続が可能になっている必要があった。それは測定の種類を変更する際ケーブルを追加したり外したりせず、容易に接続を変更できることを意味している。最も速いパルス測定が 50Ω の経路を必要とすることを考えた場合、並列接続したケーブルの合わせたインピーダンスを 50Ω にするためには、それぞれ個々のケーブルの特性インピーダンスは 100Ω である必要がある。従って多くのLCR/CVメーターは 50Ω ケーブルを前提に設計されているが、Keithley Model4200のモジュールである4200-CVUは 100Ω ケーブルを前提に設計されている。

結論:

計測器からプローバへの接続に関する我々の新たなアプローチの最大の利点は、測定の種類に限らずプローブマニピュレーターの配線を変更する必要がないことにある。それはIV,CV,パルス測定の切り替えをより単純にし、デバイスの特性評価作業をより簡単にするに加えてプローブの針をウェハーに接触したまま、パッド電極へのダメージを最小限に抑え、3種類の全ての測定に対し同じ接触インピーダンスを維持しながら測定セットアップの変更を行うことが可能となる。

付録-4端子測定:

多くのIVやパルス測定は2端子以上を使用しデバイスの測定が行われる。その中でも最も一般的なデバイスは4端子のMOSFETであり、Fig-10にその測定セットアップを示す。

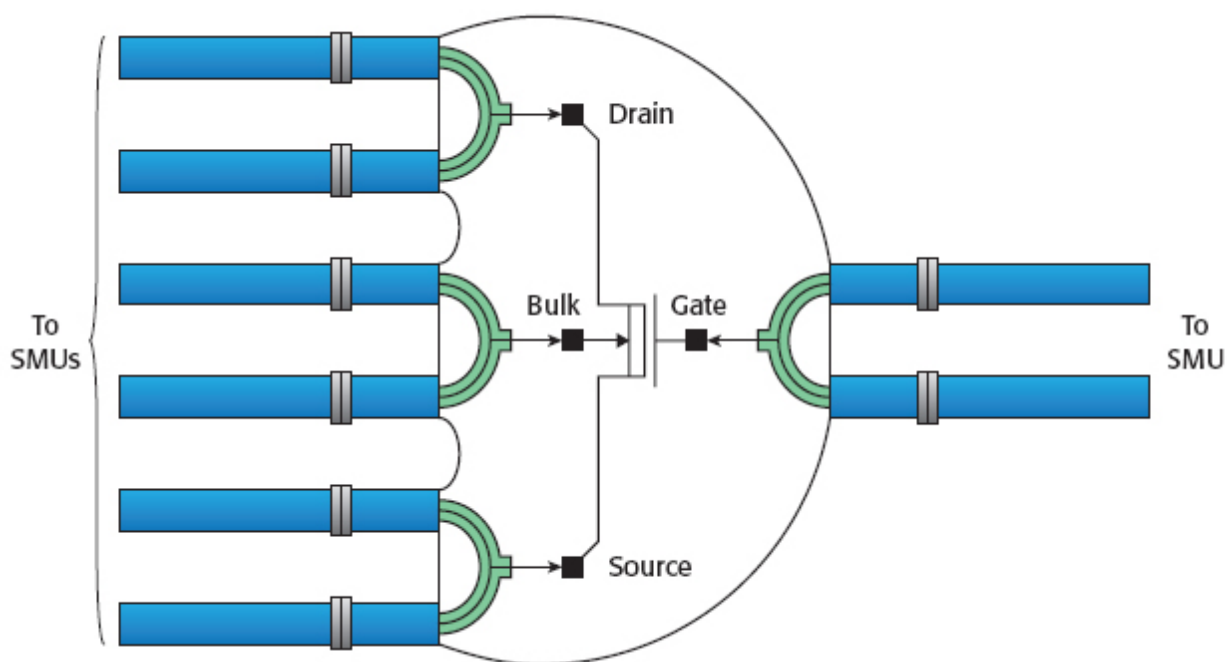


Figure 10. 4端子DUTに対するI-V測定セットアップ

ソース及びバルクのケーブルをオープンにしたりショートキャップを使用することによりパルス測定を行うことができる。Fig-11にパルスIV測定のセットアップを示す。

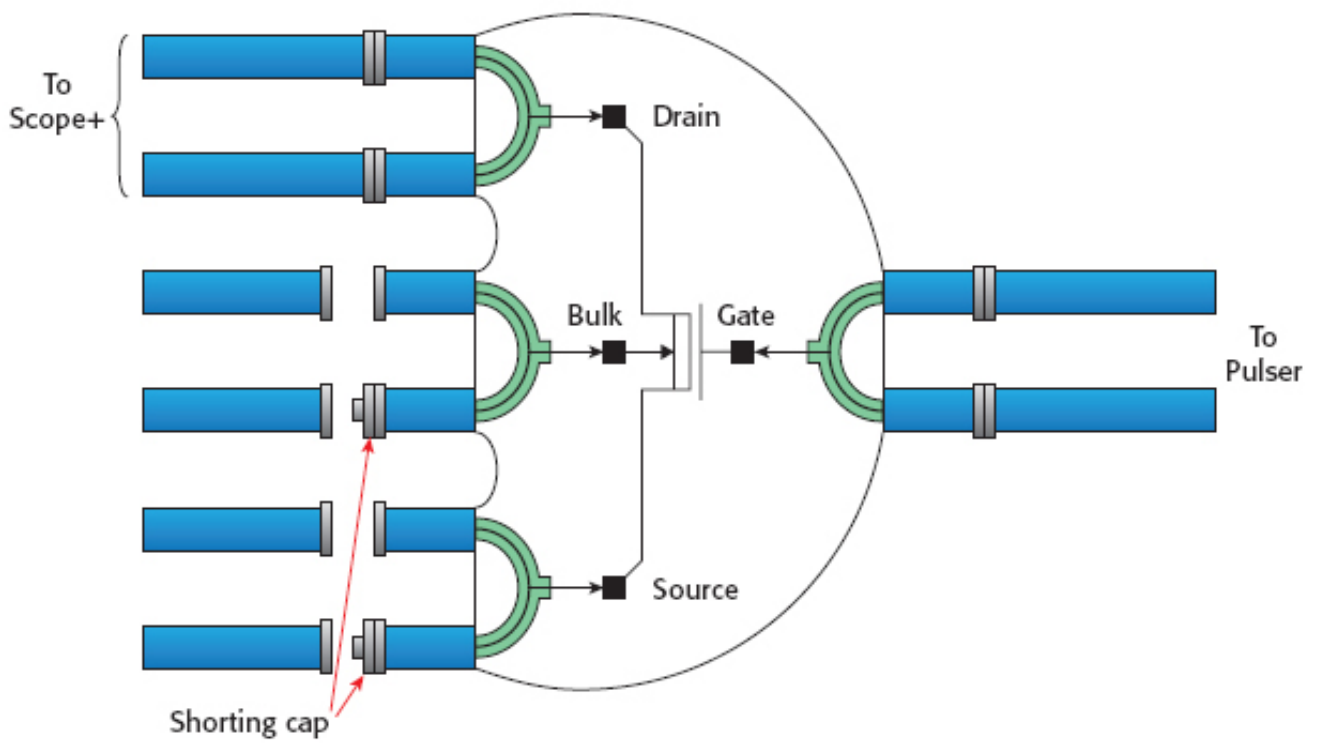


Figure 11. パルスI-V測定セットアップ

ショートケーブルをDUTの近くで用いることによるさらなる利点は周波数が1MHzまで、もしくはそれ以上で動作するDUTの端子を相互にショートさせることができることである。Fig-12に2端子のCV測定を行うため4端子のうち3端子をつなぐ4端子CV測定を示す。LCR/CVメーターの部分で3端子をつないだ場合よりプローバー部分でつないだ場合の方が広い周波数帯域に対しCV測定を行うことができる。

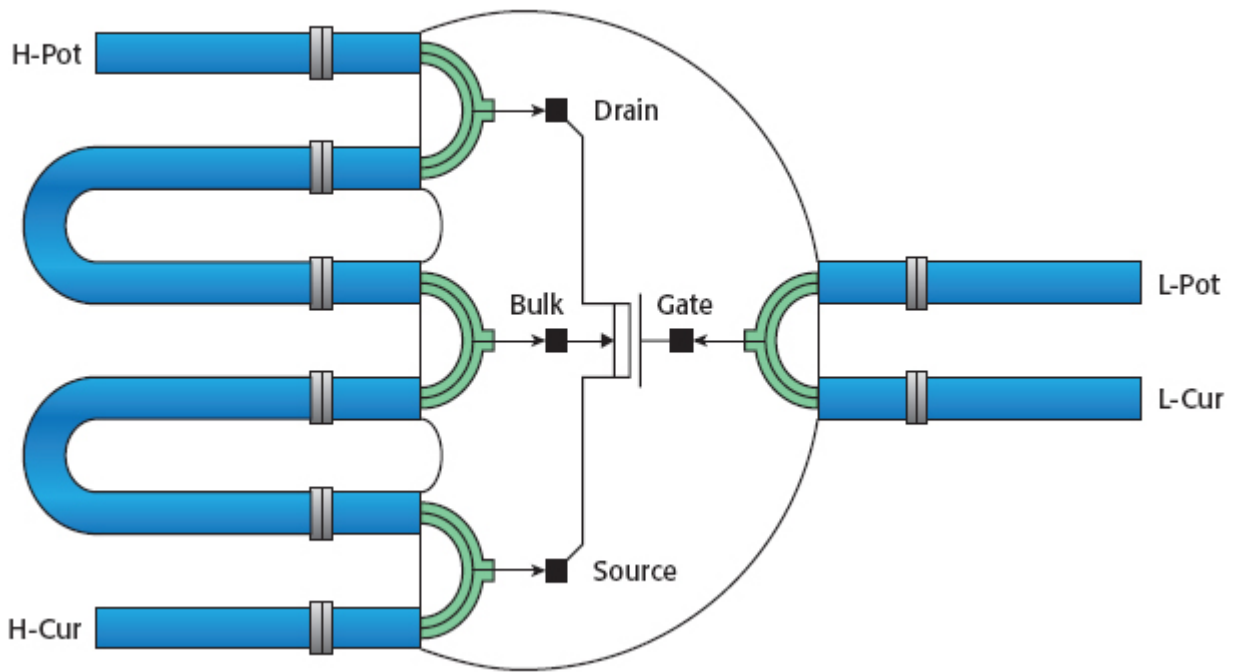


Figure 12. 2端子C-V測定をするために4端子のうち3つを一緒に接続しての4端子C-V測定

Specifications are subject to change without notice.

All Keithley trademarks and trade names are the property of Keithley Instruments, Inc.

All other trademarks and trade names are the property of their respective companies.

KEITHLEY

ケースレーンズツルメンツ株式会社

本 社： 〒105-0022 東京都港区海岸1-11-1 ニューピア竹芝ノースタワー13F

大阪オフィス： 〒564-0052 大阪市吹田市広芝町9番 第11マイダビル

Web site : www.keithley.jp ・ Email : info.jp@keithley.com

TEL:03-5733-7555 FAX:03-5733-7556

TEL:06-6190-0014 FAX:06-6190-0017