



ORIST

Technical Sheet

No. 23-08

半導体パラメータアナライザ

キーワード：半導体デバイス、IV 測定、CV 測定、高速 IV 測定

はじめに

半導体デバイスは、最も身近な製品であるスマートフォンや自動車を代表に、大半の電器、電機製品に搭載されている電子部品です。半導体デバイスは、製品の性能に大きな影響を与える部品となることが多く、現在でも様々なデバイスの開発が続けられています。従って、その性能評価にあたる特性測定および得られたデータの解析は極めて重要です。

半導体パラメータアナライザは、高感度の IV 測定、インピーダンス測定および高速 IV 測定が簡単な操作で実現できる装置です。半導体デバイス、材料および電子部品などの様々なデバイスの電気特性評価に活用されています。ここでは、半導体デバイスの一種である MOSFET(金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ)およびフォトカプラを試料とし、その測定事例を紹介します。

半導体パラメータアナライザの概要

半導体パラメータアナライザ(B1500A、キーサイト・テクノロジー株式会社製)の外観を図 1 に示します。

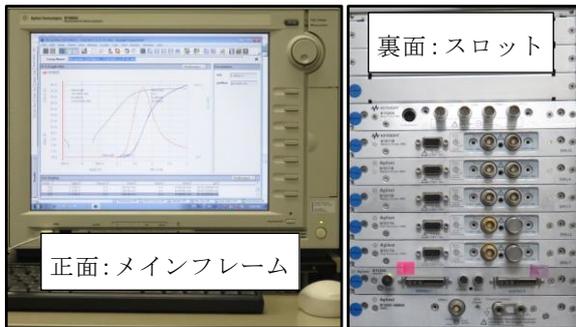


図 1 B1500A 半導体パラメータアナライザの外観

す。また、本装置に装着されている測定ユニットを表 1 に示します。本装置は、メインフレームの B1500A および複数のスロット型測定ユニットから構成されます。

装置と試料の間の電氣的な接触は、基板上の電極にあたる場合は、マニュアルプローバ(HMP-400、ハイソル株式会社製)を、リード線に取り付ける場合は、テスト・フィクスチャ(16442A、キーサイト・テクノロジー株式会社製)をそれぞれ使用します。

N 型 MOSFET の IV 測定

図 2 に N 型 MOSFET の I_D - V_{DS} の測定例を示します。測定プログラムは Id-Vd[3]を利用しました。図 2 の赤色の破線は、 I_D が V_{DS} に応じて増加する線形領域と、 I_D が V_{DS} に対してほぼ一定になる飽和領域の境界を示しています。線形領域では、ドレインソース間の抵抗が V_{GS} によって制御される可変抵抗素子のように動作します。飽和領域では、 V_{GS} で制御可能な電流制限素子として機能します。

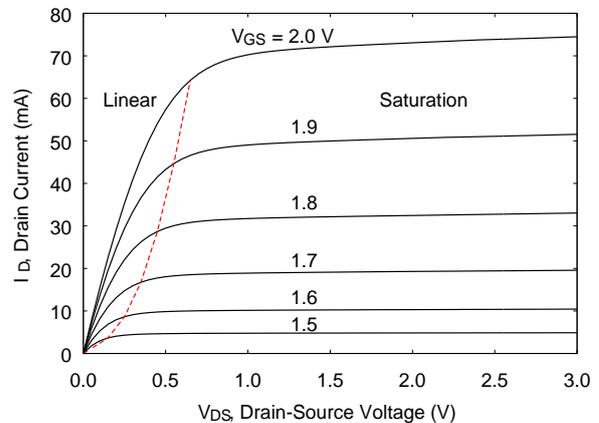


図 2 N 型 MOSFET の I_D - V_{DS} 特性

表 1 B1500A 半導体パラメータアナライザに装着されている測定ユニット

型番 ユニット名	装着数	主な特徴
B1511B ミディウムパワースource/モニタユニット(MPSMU)	3	最大 100 V / 0.1 A、4 象限動作
B1517A 高分解能Source/モニタユニット(HRSMU)	2	最高測定分解能 1 fA / 0.5 μ V
B1520A マルチ周波数容量測定ユニット(MFCMU)	1	インピーダンス測定(CV、Cf、Ct)
B1530A 波形発生器/高速測定ユニット(WGFMU)	1	波形生成機能:10 ns 設定分解能 高速 IV 測定機能:200 MSa/s

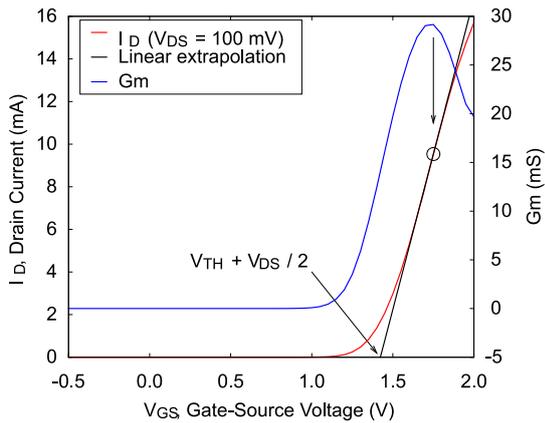


図3 N型MOSFETの I_D - V_{GS} 特性

図3にN型MOSFETの I_D - V_{GS} の測定例を示します。測定プログラムはVth gmMaxを利用しました。ゲート-ソース間に電圧を印加すると、グラフ上では1Vを超えた辺りから徐々に I_D が流れ始めます。このMOSFETがオン状態になる電圧(チャンネルが形成される電圧)を閾値電圧(V_{TH})と呼びます。閾値電圧の抽出方法の一つに線形外挿法があります。この手法は、 I_D - V_{GS} 特性を測定した後、 G_m - V_{GS} 変換を行い、相互コンダクタンス(G_m)が最大となる V_{GS} に対する I_D の傾きから直線を外挿します。 V_{TH} はその直線と V_{GS} 軸との交点の電圧値を補正することによって求められます。測定プログラムはこの G_m - V_{GS} 変換や V_{TH} のドレイン電圧の影響に対する補正などを自動で実行します。そのため、測定直後に特性を確認することができます。

N型MOSFETのCV測定

図4にN型MOSFETの C_G - V_G の測定例を示します。測定プログラムはCgg-Vgを利用しました。ドレインとソースを短絡した端子およびゲート端子の2端子デバイスとして容量測定ユニットと接続します。ゲートに負の電圧が与えられると基板中のホールが酸化膜との界面に集まります。この状態は

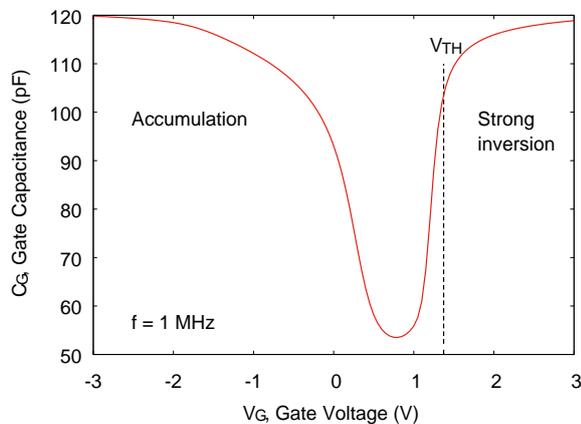


図4 N型MOSFETのCV特性

MOSFETの蓄積状態と呼ばれます。このとき、このデバイスは、二つの電極がゲート酸化膜を誘電層とする容量素子に見えます。 V_{GS} が高くなるに伴い界面のホール密度は減少し、空乏層が酸化膜の下に現れ、容量はゲート酸化膜と空乏層の直列接続で表されます。その後、 V_{GS} が反転領域に入り、容量が増加します。さらに V_{TH} を超えると強反転領域に入り、酸化膜-シリコン界面にはチャンネルが形成され、ゲート酸化膜の容量値に戻ります。

フォトカプラのスイッチング特性

図5にフォトカプラのスイッチング特性の測定例を示します。測定プログラムはWGFMU Pattern Editorを利用しました。 T_{ON} (ターンオン時間)、 T_{OFF} (ターンオフ時間)は、入力電圧の立ち上がり10%から出力電流の立ち上がり90%までの時間および入力電圧の立ち下がり10%から出力電流の立ち下がり90%までの時間をそれぞれ示しています。本測定ユニットの利用により、負荷抵抗を接続して電圧に変換することなく、出力電流を直接測定することができます。

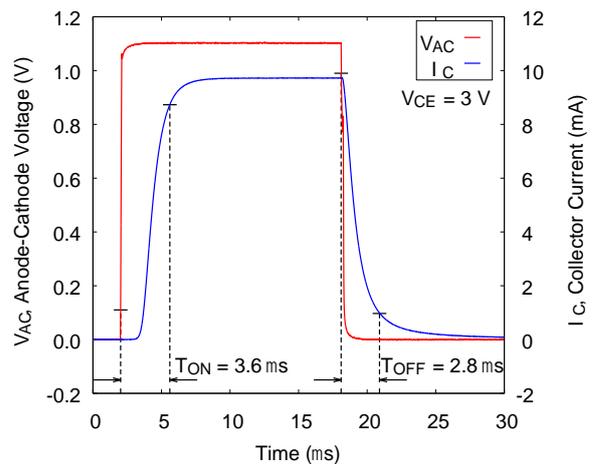


図5 フォトカプラのスイッチング特性

おわりに

半導体パラメータアナライザは、電子デバイスの電気特性を明らかにするために、ここで紹介した複数の測定を統一的に扱えるようにした計測装置です。装置の操作は、一般的なコンピュータと同様に、マウスやキーボードで操作することが可能です。様々な種類の測定手順が、ソフトウェアとして自動化されており、登録されたアイコンを呼び出すだけで、測定準備が完了するため、非常に便利です。

お手元の試料が測定可能か、希望の測定が可能か等については、お気軽にお問い合わせ頂き、半導体パラメータアナライザを有効にご活用ください。