

MOSFET のホットキャリア効果の評価

384 チャンネルまでのホットキャリア寿命解析を高精度に実現

Agilent 4155B/4156B 半導体パラメータ・アナライザ
 Agilent E5250A 低リーク・スイッチ・メインフレーム
 アプリケーション・ノート E5250A-2

はじめに

半導体デバイスの高集積化、微細化に伴い、その信頼性に対する様々な影響があらわれています。ホットキャリアによるデバイス特性劣化の評価は、より信頼性の高い ULSI の開発のために非常に重要です。このアプリケーション・ノートでは、多数デバイスのホットキャリア特性劣化の評価を行うための新しいソリューションを紹介いたします。

ホットキャリア効果によるデバイス特性劣化の概要

MOSFET のチャンネル長の縮小に伴いドレイン近傍の電界が非常に大きくなる事により、高速に加速された電子が発生します。この時インパクト・アイオニゼーションにより高エネルギーの電子および正孔の一部がゲート酸化膜に注入され、ドレイン・アバランシェ・ホットキャリアを発生します(図 1)。ゲート酸化膜中にホットキャリアが捕獲されると、チャンネル部に加わる電圧が実効的に下がり、ドレイン電流 (I_d), しきい値電圧 (V_{th}), 相互コンダクタンス (G_m) な

どのパラメータに変化を生じさせます

ホットキャリア効果による特性劣化の評価方法とその問題点

ホットキャリア効果による特性劣化の評価にはデバイスへの長時間のストレス・バイアスの印加と、 I_d , V_{th} , G_m などのパラメータ測定が繰り返しおこなわれ、ストレス印加時間とパラメータの変化からホットキャリア寿命を予想します(図 2)。その為、次のような要求がありました。

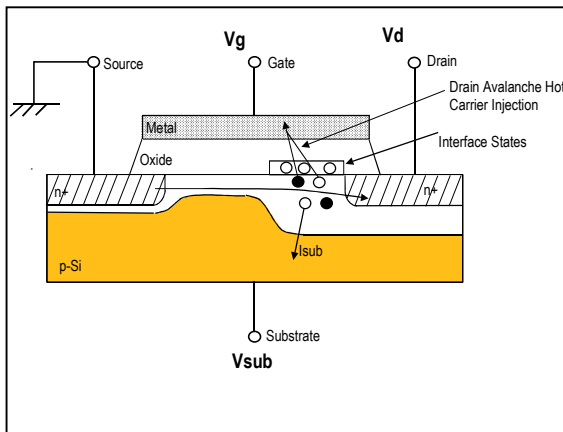


図 1. ホットキャリア発生概念図

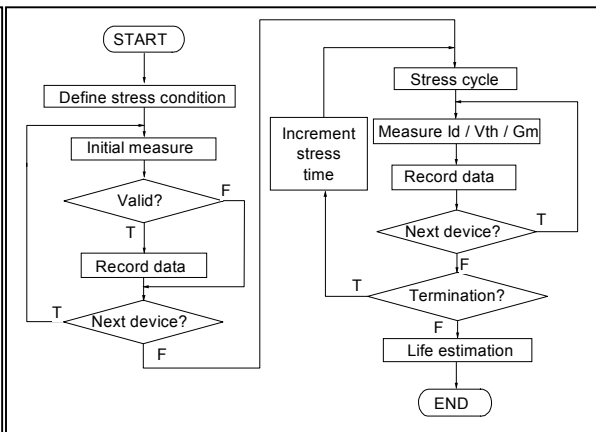


図 2. ホットキャリア効果の評価フローチャート



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

■一連のテストは非常に長時間におよぶ為、多数のデバイスを同時に測定することによりテストの効率をあげる必要がある。

■一回の測定でストレス条件を変えた複数のデバイスを測定する事により、ストレス条件の違いによる結果の違いを確認する必要がある。

■パラメータ測定時に電圧、電流ともに高分解能、高精度の測定を要求される。

■ストレス印加終了後、測定までに間隔があくとデバイスの特性が変化して正しい結果を得られない場合がある。このためストレス印加直後にパラメータ測定を行う必要がある。

しかし、これまでこれらの要求を満たす機能を持ち、パラメータ・アナライザの測定性能を損なわない多数デバイス測定用スイッチがありませんでした。

Agilent E5250A によるソリューション

Agilent E5250A 低リーク・スイッチ・メインフレームの 24 チャンネル・マルチプレクサ・カード (オプション 501) を Agilent 4155B/4156B と組み合わせると、最大 384 チャンネル (96 チャンネル構成の E5250A を 4 台使用時)、96 個の MOSFET の評価が可能です。マルチプレクサ・カードはそれぞれ独立した 8 チャンネルの 3 回路から構成されており (図 3)、多数デバイスに同時にストレス印加するための外部電圧源用のバイアス・ポートを備えています。従っ

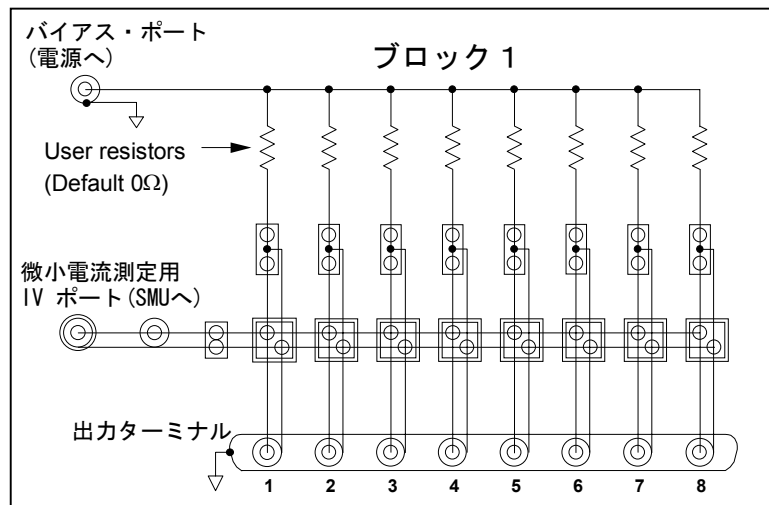


図 3. Agilent E5250A マルチプレクサ・カードの回路ブロック図

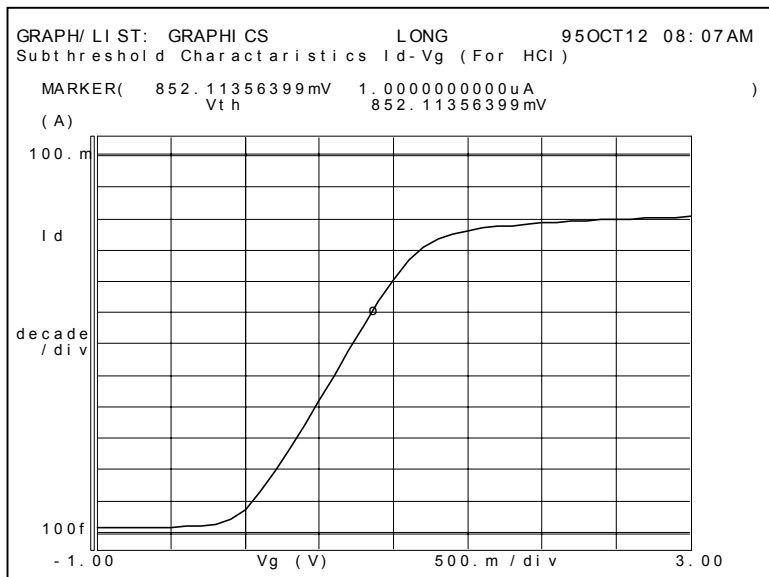


図 4. Id-Vg 特性測定例

て、8 チャンネル毎に異なるレベルのストレスの印加もできますし、内部でブロック間を接続すれば、最大 96 チャンネルに並列同時ストレス印加もできます。パラメータ測定時には微小電流測定可能な I-V 入力ポートを使用して、4155B/4156B の SMU を切り換えて高精度 (オフセット 100fA 以下) の測定が可能です。図 4 に MOSFET の Id-Vg 特性の測

定例を示します。サブスレシヨルド領域の微小電流をマルチプレクサを通して高精度に測定できることがわかります。

ストレス印加後、パラメータ測定を行う際、一度全チャンネルを切り離してから SMU をスキャンさせた場合には、ストレス印加とパラメータ測定に間隔があく事が考えられます。E5250A ではシングル・ルートモードにより、特定の

チャンネルだけをストレス・バイアスから切り離し SMU を接続する事により、ストレス印加とパラメータ測定の間隔をあげずに測定することが可能です。

Agilent E5250A、4155B/4156Bと Agilent 6626Aによる測定例

Agilent E5250A、4155B/4156B と Agilent 6626A マルチ・チャンネル電源を組み合わせ、ホットキャリア効果評価を行う場合の接続例を図5に示します。

この例では、E5250A に 24 チャンネル・マルチプレクサ・カードを1台装着して MOSFET 8個を測定しています。MOSFET のドレイン、ゲートおよびソースをマルチプレクサの各ブロックに接続しています(サブストレート端子は共通)。

デバイスのパラメータ測定に用いる 4155B/4156B の SMU は、E5250A 本体にある I-V 測定用ポートに接続します。ストレスを多数のデバイスに同時に印加するための電源 6626A は、マルチプレクサ・カード上のバイアス・ポートに接続します。

これらの測定器のコントロールを 4155B/4156B 内蔵の HP Instrument BASIC (IBASIC) により行えば、外部コントローラなしですべての測定の実行が可能です。

V_{th} などのパラメータ測定は、IBASIC からあらかじめセーブしておいた測定セットアップ・ファイルを呼び出して実行します。4155B/4156B の自動解析機能を使用する事により、掃引測定の後、自動的にパラメータの抽出を行う

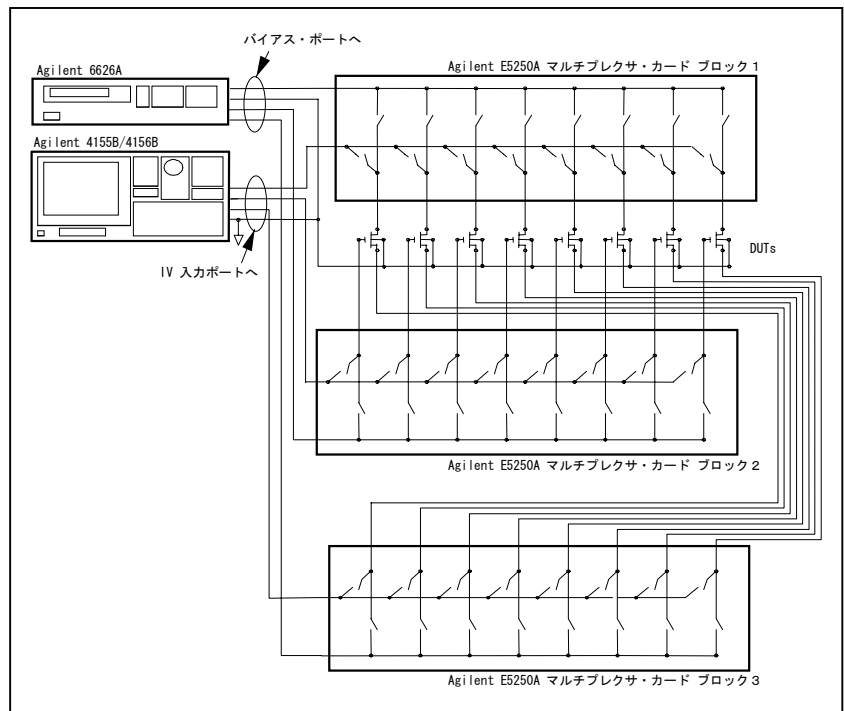


図5. ホットキャリア効果の測定用接続例

事ができます。自動解析機能の設定も測定セットアップ・ファイルにセーブできますので、面倒なプログラムの必要がありません。ストレス印加は IBASIC により、パラメータ測定と交互に行われ、その印加時間は 10、20、50、100、200、500、... 1,000,000 秒のように対数的に増していきます。測定パラメータがあらかじめ決められた値まで変化するか、またはあらかじめ決められた時間までストレス印加は行なわれません。繰り返し行われたストレス印加とパラメータ測定の結果から 4155B/4156B のディスプレイに、ストレス時間とパラメータの推移をそれぞれログ軸にとり表示します。4155B/4156B のユーザー変数機能を使用すれば、データ転送と表示をおこなうことができます。

ホットキャリア寿命は、4155B/4156B の解析機能を用いて、グラフ上での直線回帰を行う事により簡単に求める事ができます。図6の例では V_{th} が初期値から 50 mV 変化した時間をホットキャリア寿命と定義しています。ホットキャリア寿命は約 376,000 秒、すなわち 104 時間でした。

**計測
お客様窓口** 受付時間 9:00~17:00
 (土・日・祭日を除く)
 ※FAXは24時間受け付け

TEL ☎0120-421-345
 (0426-56-7832)

FAX ☎0120-421-678
 (0426-56-7840)

E-mail: mac_support@agilent.com

電子計測ホームページ
<http://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。

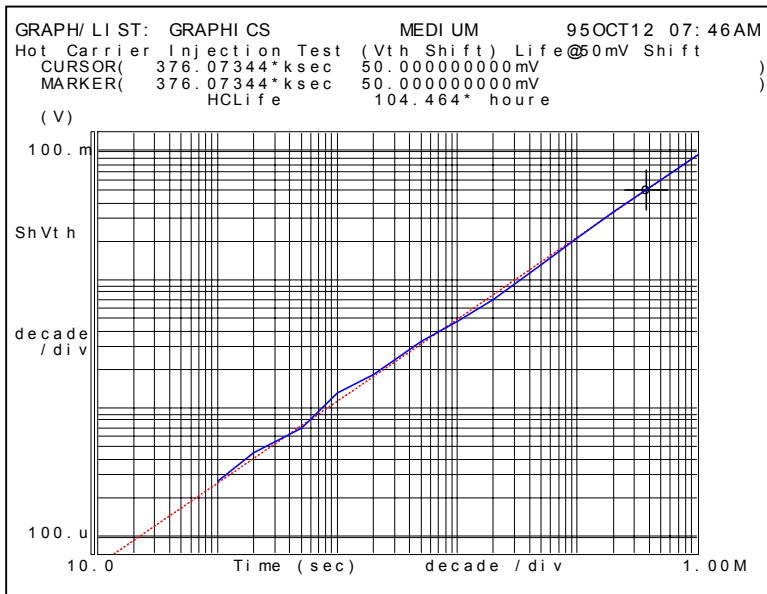


図6. ホットキャリア効果寿命の解析例

おわりに

この様に Agilent 4155B/4156B と Agilent E5250A を外部電源と組み合わせれば、多数のデバイスへの並列同時ストレス印加と高精度のパラメータ測定が行えます。

E5250A のメインフレームとマルチプレクサ・カードを追加すれば、最大 384 チャンネルまで拡張できますので、更に多くのデバイスの評価を効率的に行えます。独立したバイアス・ポートを使用する事により、複数のバイアス条件下でのホットキャリア特性の評価も行えます。

E5250A と 4155B/4156B の組み合わせで、TDDB 試験や Temperature Lifetime 試験などの半導体の長期信頼性試験への応用も可能です。

4155B/4156B と E5250A に付属の VXIplug&play drivers を HP VEE ビジュアル・エンジニアリング環境と共に使用すれば、パネル・メニューによりプログラムが簡単に行えますので、信頼性試験システムも容易に構築できます。



Printed on Recycled paper
 このカタログは古紙100%のエコマーク認定
 リサイクルペーパーを使用しています。



Agilent Technologies

Innovating the HP Way

00-0968
 040001303-H