

新しい表面実装型素子についての熱抵抗特性

by Tyler Fure

多くの新しい表面実装型電力素子は、ヒート・シンクとの接続がなく、したがって熱の放出についてはドレインの露出した金属リードおよびトレースとの熱接続に依存します。ヒート・シンク実装可能な素子の特性記述は、無限のシンクを仮定しているので、これらの新しい素子の動作を正確に反映するような熱特性記述の新しい手法が必要です。このデザイン・チップは、新しいSO-8、Micro8、およびMicro3 パッケージにおいてHEXFET*パワー・MOSFETの熱抵抗をInternational Rectifierがどのように特性記述するか、そして熱設計についての一般情報をAN-949Bでどのように入手できるかについて説明しています。

1. 熱抵抗の特性記述

半導体素子の総熱抵抗(R_{JA})は、接合部と周囲環境との間のすべての熱抵抗の合計から構成されます。熱抵抗の定格が連続的なことは自明で、素子が熱的に平衡な状態になる必要があります。過度熱インピーダンス(Z_{JC})は、パルス電流によるもので、なんらかのデューティ・サイクルを持つ電流に起因する接合部温度上昇を計算する方法をもたらしています(AN-949B)。接合部対周囲熱抵抗の測定には、周囲温度と接合部温度(それぞれ T_A と T_J)のほか、電力消費(PD)を測定する方法が必要です。接合部対周囲熱抵抗の式は、以下の通りです。

$$R_{JA} = \frac{(T_J - T_A)}{PD}$$

接合部温度の測定には、温度感知電気パラメータ(temperature sensitive electrical parameter:TSEP)が必要です。われわれはTSEPとして $R_{DS(ON)}$ を使っています。テスト回路が単純で、スイッチングを必要としないからです。このパラメータの変化は、約1%/°で、正確な温度測定に適切な変化です。テスト回路は、図1に示すもので、ゲートに定電圧を印加し、素子を通る

電流を、したがって接合部の加熱を調整可能としています。TSEPとして $R_{DS(ON)}$ を使うことにより、真の定常測定が可能となります。このパラメータは、連続的にモニタされるからです。

これらの新しい素子について R_{JA} を測定するために、以下の4つの基本手順を実行します。1) 最高接合部温度で $R_{DS(ON)}$ を較正する。2) 素子をプリントの基板に実装する。3) 電源を入れ、接合部温度を較正した値で安定化させる。4) PDとTAを測定し、 R_{JA} を計算する。

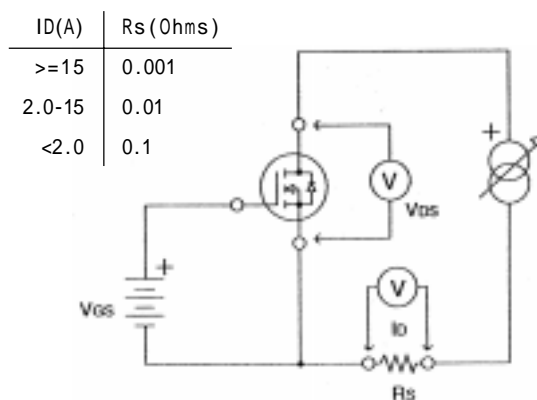


図1 熱特性記述のためのテスト回路

最初の手順は、 $R_{DS(ON)}$ を各素子の最高定格接合部温度(T_{JMAX})で較正することです。恒温槽により素子を T_{JMAX} まで加熱し、較正中に接合部温度が一定となるようにします。素子が熱平衡にあるとき、 $R_{DS(ON)}$ を図2に示すように5つのパルス電流レベルで測定します。ある範囲内の電流レベルで $R_{DS(ON)}$ の既知の値が必要です。というのは、接合部を T_{JMAX} まで加熱する電流のレベルが、前もってわからないからです。

IRF7101 の 150 °C でのオン抵抗
ドレイン電流カーブ

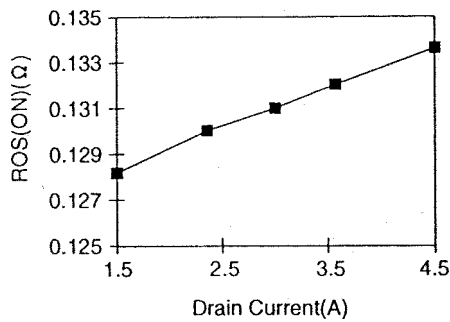


図 2

校正曲線は、150 °C の接合部温度での
オン抵抗の値を与えます。

第二の手順は、個別に校正された素子をテストのために実装することです。S0-8素子を、図3に示すように、1インチ平方の銅メッキ・プリント基板(FR-4、2オンスの銅)上に実装します。

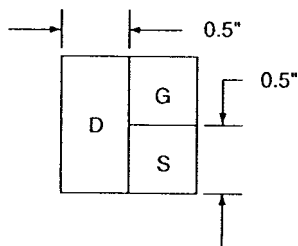


図 3

S0-8 熱特性用テスト基板
(FR-4 上の 2 オンスの銅)

これは業界標準のテスト基板です。ただし、パッケージが収縮し続けるにつれて、このサイズの基板から生成される R_{JA} の値は非現実的になります。International Rectifierは現在、実際の用途をより厳密にシミュレートするテスト基板を使うことによって、規格を改善しようとしています。新しいMicro8とMicro3素子は、図4に示すように推奨されたフットプリントを使って、プリント回路基板(GIN、1オンスの銅)の上でテストされます。したがって、公表されている値に基づいた計算で動作中の回路を正確に反映するということに、設計者は確信を持つことができます。

第三の手順は、電源を入れて接合部を T_{JMAX} まで加熱することです。ドレイン電流は、印加される標準ゲート電圧(すなわち I_D が定格のときの V_{GS})に合わせてゆっくりと増加します。電力消費と $R_{DS(ON)}$ は、ドレイン電圧とドレイン電流から計算されます。ドレイン電流は、 $R_{DS(ON)}$ が校正された値に到達するまで増加を続け、素子は熱平衡状態になります(すなわち接合部

は数分間、150 °C にとどまる)。このとき、連続的な電力消費により、図2の曲線による測定の通りに接合部温度が150 °C に維持されます。

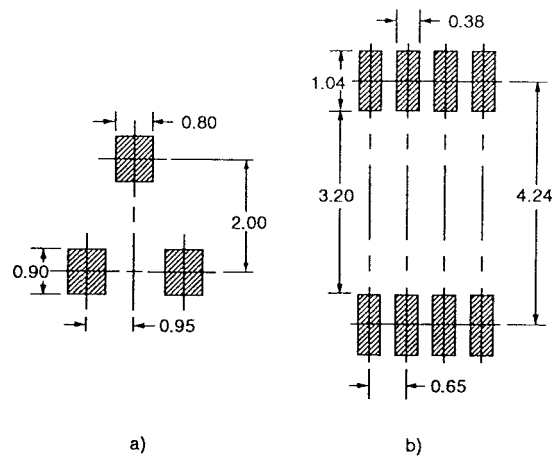


図 4

実際の用途に測したa)Micro3と
b)Micro8の推奨フットプリント。

第四の手順は、 R_{JA} を計算することです。素子が熱平衡に到達すると、周囲温度と電力消費を測定します。接合部は、校正された150 °C なので、熱抵抗は上記の式から計算することができます。

2. 結論

熱抵抗の特性記述は、定常状態で行わなければなりません。素子を熱平衡状態として、連続的な、安定した測定を行います。パルス電流の特性記述は、過度熱インピーダンスとして有効な情報をもたらしますが、 R_{JA} と混同してはなりません。顧客の用途における表面実装型素子の実際の熱抵抗は、ドレイン・パッドのサイズに大きく依存します。International Rectifier により発表されている値は、実際の動作を正確に反映します。というのは、推奨されたフットプリントを特性記述に使用しているからです。