

SO-8 パワーMOSFETの接合部温度の推定

背景

実際の動作状態でのパワーMOSFETの接合部温度 (T_J) を正確に測定する必要性が生じ、多くのエンジニアより、SO-8パッケージ中のパワーMOSFETの T_J をどうしたら正確に測定できるかとの問い合わせがある。質問の内容は、これらの素子の $R_{\theta JC}^{*1}$ はいくらかというものである。パワーMOSFETの T_J を測定する手段は今までに何種類か考案された。一般的に使用されている方法は、素子の上に熱電対を配置するものである。他の方法は、リードの温度を測定して、その測定値に10 から15 加えて T_J を推定するものである。また、赤外線カメラによりケース温度を測定することも可能である。

方法

実際には、SO-8パッケージ中のパワーMOSFETの実際の接合部温度は、測定された素子のケース温度に対して5 °C以内である^{*2}。ケース温度 (T_C) は、赤外線カメラにより最もよく測定できる。代替案は、小さい熱電対を使用することである。唯一重要な点は、温度をどの点で測定するかである。(図1参照)

有効性

R_{θ} (熱抵抗)測定

何故 ΔT_{JC} がそのように小さいかを直感的に理解するために、どのように $R_{\theta JC}^{*1}$ がSO-8のMOSFETの $R_{\theta CA}^{*1}$, $R_{\theta JL}^{*1}$,そして $R_{\theta LA}^{*1}$ と関係しているかを見なければならない。図2にこれらの関係を示す。電力損失(P_D)の流れは図2に示すように2つの経路に分けられる。第一番目の経路は、素子のリードを通るものである。これは、実際のアプリケーションにおいて、大部分の熱が素子から取り除かれる方法である。二番目の経路は、ケースを通してである。オームの法則と類似の考え方で^{*3}、素子のケースを通して流れる P_D により $R_{\theta JC}$ 間にある温度差 ΔT が発生する。順番にかなり大きい ΔT が $R_{\theta CA}$ 間に発生する。

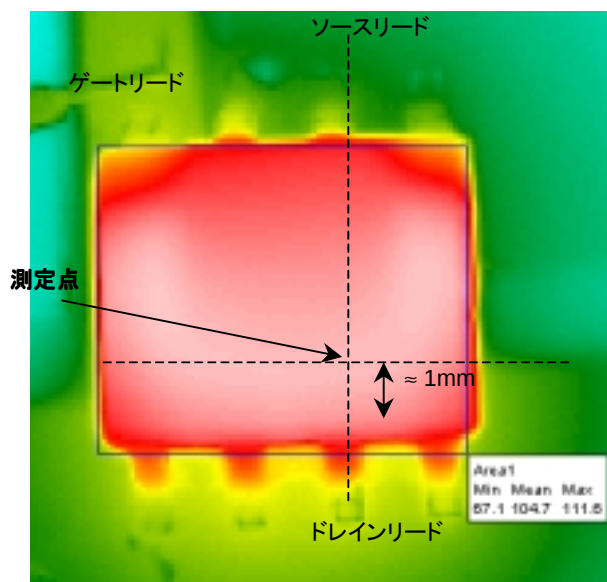


図1: ケース温度の測定点

SO-8のMOSFETにおいて最も温度の高い点はドレインリードの近くである。この点での測定値は、接合部温度に近い値となる。

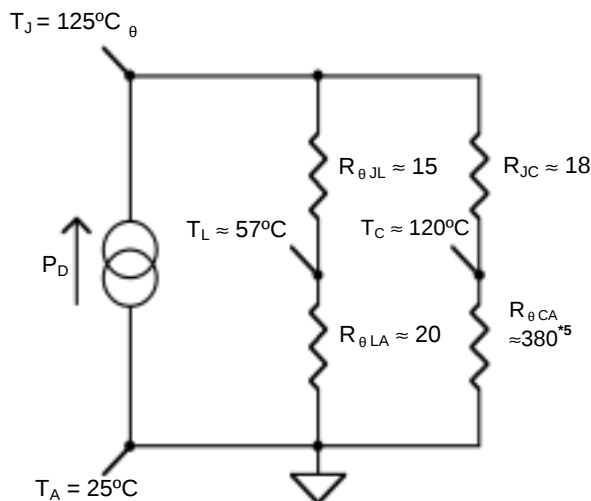


図2: SO-8 MOSFET の代表的な熱抵抗 R_{θ}

T_J と ΔT_{JC} の測定

5 のケース・接合部間温度差 ΔT_{JC} が、温度に敏感なパラメータ V_{GTH} を利用することで判明した。MOSFETの V_{GTH} は、接合部温度に対して負の温度係数を持つ。図3に示した回路がIR社のSO-8のMOSFETの測定回路である。

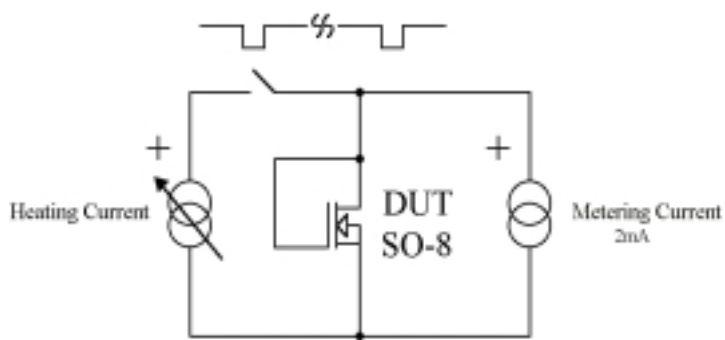


図3

表1: ΔT_{JC} 結果

型式	T_J	T_C	ΔT_{JC}	P_D^{*4}
IRF7805	125°C	124°C	1°C	3.58W
IRF7807	124°C	121°C	3°C	3.45W
IRF7809	126°C	125°C	1°C	3.63W
IRF7811	126°C	124°C	2°C	3.95W

表1の ΔT_{JC} の違いは測定誤差によるものである。

例えば、

- 赤外線カメラの測定誤差
- チップ表面の測定電流の分布
- 電圧計の誤差
- 電流計の誤差

これらの測定誤差により、 $\pm 1^\circ\text{C}$ のの違いがでてくる。

結論

$R_{\theta JC}$ によりティピカル値として 5°C 以下^{*2}の温度差が発生する。従って、測定されたケース温度に 5°C たすことは、接合部温度に近い温度を求める効果的な方法である。

*1

$R_{\theta JC}$: 接合部・ケース間熱抵抗

$R_{\theta CA}$: ケース・周囲間熱抵抗

$R_{\theta JL}$: 接合部・周囲間熱抵抗

$R_{\theta LA}$: リード・周囲間熱抵抗

*2

素子にはヒートシンクなし。自然対流

*3

オームの法則において、電圧を温度に、電流を電力損失 P_D に置き換える。

*4

この測定において、 $R_{\theta JC} \neq (\Delta T_{JC} / P_D)$ である。

*5

正確な $R_{\theta CA}$ の測定は困難である。正しい測定には、素子は熱的に絶縁され、熱はパッケージの上部を通してのみ消費されなければならない。図2で使用した $R_{\theta CA}$ は、試験をとおして得られたものである。まず、SO-8のMOSFETの $R_{\theta CA}$ 試験はフリーエア中で行われた。結果は、 190°C/W であった。次に、ケースの底部を不完全な絶縁状態とし、リードを露出させた。これは、 $R_{\theta CA}$ が素子の底部を熱的に絶縁した時にどれくらい増加するかをみるためである。測定された結果は、 310°C/W 、63%の増加であった。素子が熱的に絶縁（ケース側面、底部及びリード）された場合の $R_{\theta CA}$ は、フリーエア中で測定された $R_{\theta CA}$ の少なくとも二倍となる。