

ロームSiC MOSFET (SCT2080KE) の拡張熱インピーダンス モデルレポート

ローム社 第2世代SiC MOSFET (SCT2080KE)において、トランジスタの構造・材料の解析データに基づいた数値シミュレーションとモデリングを適用することで、短絡イベント(パルス幅<100usの条件下)に適用可能な拡張熱インピーダンス(Z_{THjc})モデルを提供する。

背景:

バス電圧(約600V)で約200Aのドレイン電流が数マイクロ秒間継続するような短絡イベントでは、異常動作中のパワートランジスタの内部温度をシミュレート/推定することは、信頼性マージンを確認するために不可欠です。しかしながら、メーカーはデータシート上で必要なデータ、すなわち10us未満の電力パルスに対する熱インピーダンス(Z_{THjc})、をほとんど提供していません。この理由は、高電流(~30-50A)かつ短時間(<10us)の条件下で熱インピーダンス Z_{THjc} を測定することが困難なためです。

LTECの拡張熱インピーダンスモデルについて

エルテックの半導体構造および材料分析における豊富な経験によって、まずパワートランジスタのシミュレーションおよび物理モデルが形成され、それによりSPICEシミュレーション用の熱等価回路が導き出されます。

このアプローチでは、製造メーカーによる長パルス幅(100 μ s以上)条件下での測定・熱インピーダンス Z_{TH} に、短時間パルス幅条件下での理論・データを補足することで、短絡イベントにも適用可能な熱インピーダンス Z_{THjc} モデルへ拡張を行い、これにより顧客は短絡イベントでの対策やシミュレーションを加速することが出来ます。

拡張 Z_{TH} モデルの特徴と応用

- ・抽出された Z_{TH} のモデルは、物理的なメカニズムに基づいています。
- ・半導体(SiC)の熱伝導率の高温依存性がモデルに含まれています。
- ・SPICEに対応した熱等価回路が提供されます。

レポート内容

- ・パワーMOSFETの熱インピーダンス Z_{TH} データの問題
- ・デバイス構造/材料分析
- ・熱シミュレーション解析
- ・熱等価回路 (Cauer Modelでの合成)
- ・SPICEモデル化と熱シミュレーション結果

LTEC Flow: 短絡解析に適用されるZthモデル

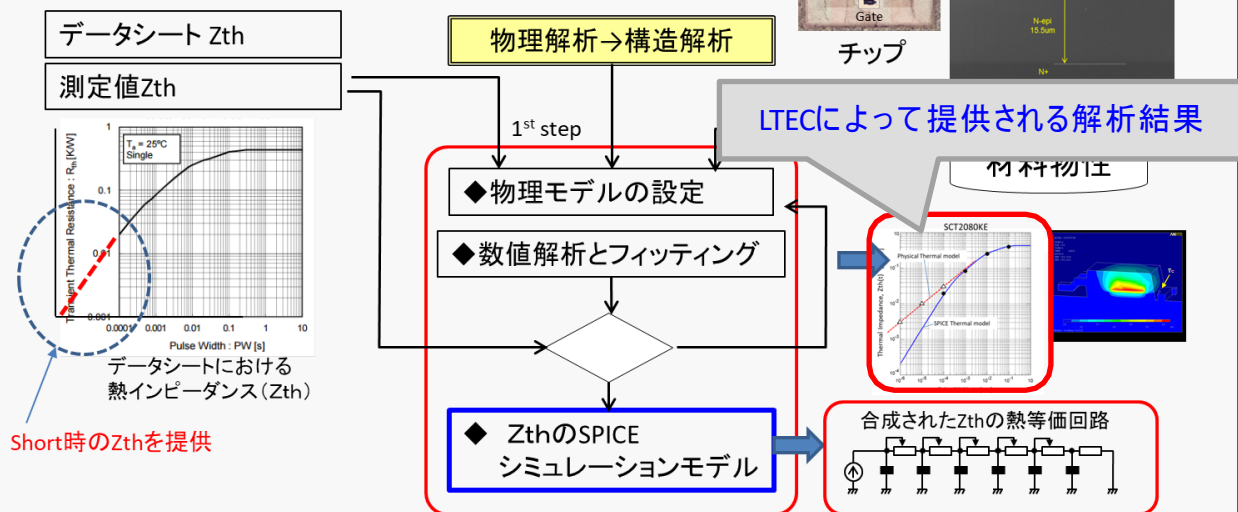


図1: パワートランジスタの短時間ONパルスにおいて熱インピーダンスを抽出するための手法

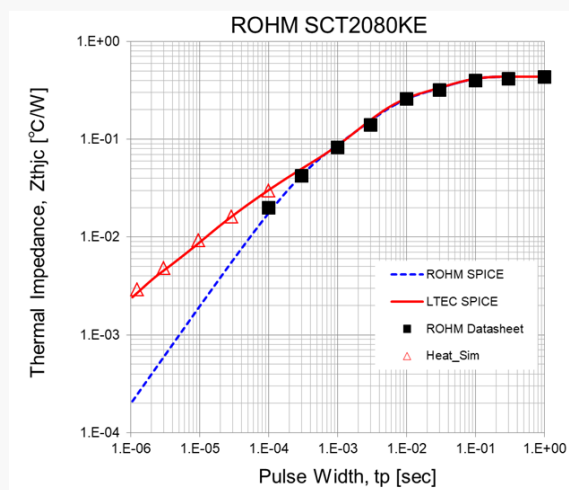


図2: 熱インピーダンス Z_{TH} をオン時間のパルス幅の関数としてプロットした結果。このグラフでは、メーカーによるデータシート(■)およびSPICEモデル(青線)のグラフと、LTECによるシミュレーション解析(△)およびSPICEモデル(赤線)のグラフとを比較しています。

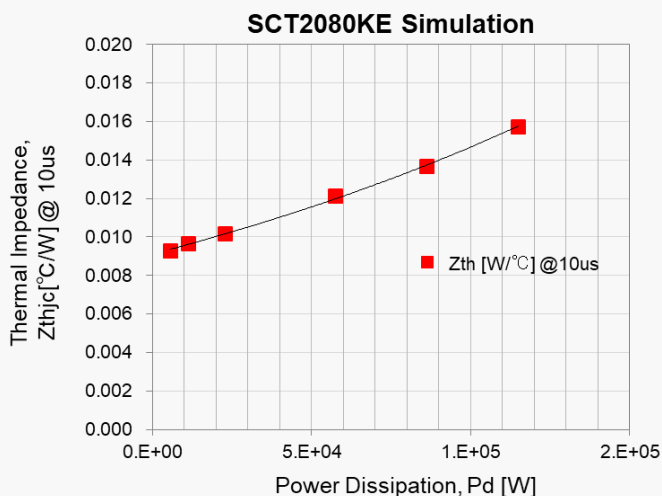


図3: LTECで抽出した「拡張 Z_{TH} モデル」のシミュレーション結果。ON時間における消費電力Pdに対する熱インピーダンス依存性。

Table of Contents

【目 次】	頁
1 ローム SCT2080KE SiC MOSFETの熱インピーダンスモデル(結果).....	3
はしめに、背景、目的	4
1.1 パワー MOSFETの熱インピーダンス Z_{TH} データにおける課題	4
・トランジスタ短絡時の温度上昇	
・短時間電力パルス ($t < 10\mu s$) での Z_{TH} 評価の限界・課題	
・製造メーカーのデータシートで提供される Z_{TH} データの限界・課題	
1.2 Z_{th} をモデル化するために、構造/材料分析をどのように用いたらよいのか？	5
・LTECによる拡張熱インピーダンスモデル	
2 ローム SCT2080KE SiC MOSFETにおける拡張熱インピーダンスモデル ..	6
2.1 デバイス構造/材料解析	6-7
・チップ写真: チップサイズ, 活性領域面積	
・チップ断面	
・構造パラメータの概要表	
2.2 数値シミュレーション解析	8-10
・材料パラメータ ($\kappa = f(T)$)	
・シミュレーション条件: I_d , V_d , 電力密度	
・シミュレーション結果: 温度 T 分布、プロファイル、温度 T vs 時間 t	
・抽出された Z_{THjc} と電力パルス時間	
2.3 合成されたCauer熱等価回路	11
2.4 SPICE熱シミュレーション結果	12-13
・シミュレーションと製造メーカーのデータとの「拡張」 Z_{TH} モデルの比較	
・ Z_{TH} における温度依存性	