

Revision: 02

Issue date: 2024-07-23

Prepared by: Dr. Arendt Wintrich

Approved by: Dr. Uwe Scheuermann

Keyword: Power Cycling, Lifetime, IGBT Modules

IGBT 製品ライン パワーサイクル

1. はじめに.....	1
1.1 パワーサイクルに於ける故障モード	1
1.2 試験手順、故障判定基準および統計.....	1
1.3 PC 寿命モデルの歴史	2
1.4 PC 寿命モデルの基礎	2
1.5 有効性	2
2. パワーサイクル寿命モデル	3
2.1 寿命モデル方程式	3
2.2 オン時間 t_{on} 依存性	3
2.3 中間温度 T_{jm} 依存性.....	3
2.4 指数 β で記述された低 ΔT_j 特性	4
2.5 チップの厚さ $k_{thickness}$	5
2.6 チップサイズとモジュール面積利用率	5
3. パワーサイクル特性	5
3.1 銅ベースプレート付きモジュール、はんだ付けチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー	6
3.2 ベースプレートなしモジュール、はんだ付けチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー	7
3.3 ベースプレートなしモジュール、片側シンターチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー.....	8

1. はじめに

セмикロンダンフォスは、このアプリケーションノートで、ワイヤーボンディングされたチップを搭載したパワー半導体モジュールの、新しいパワー サイクル(PC)特性を紹介します。このアプリケーションノートで取り扱う故障モードは、チップのはんだ疲労、ボンディングワイヤーのヒールクラックまたは剥離、および後から生じるトップ側メタライゼーションの劣化の組合せです。提示された特性曲線は、ベースプレートのはんだ付けにストレスを与え、劣化させるアクティブおよびパッシブ温度サイクルは対象にしています。改訂版 02 では、整流素子のみ追加の厚さ係数が導入されています。

1.1 パワーサイクルに於ける故障モード

パワーサイクル故障は、寿命末期(EOL)の故障です。パワーサイクルは、パッケージ内の半導体チップに電流が流れ、それによって生じる損失で加熱された時に発生します。加熱段階でパッケージ内に温度勾配が生じます。電流をオフにするとチップが冷却され、温度勾配は消えます。使用される材料の異なる CTE との組合せによる上下により、材料間の相互接続にストレスがかかり、半導体パッケージの摩耗につながります。どの故障モード(チップのはんだまたはボンディングワイヤー)が最初に発生するかは、温度勾配とサイクルの持続時間によって異なります。故障メカニズムの詳細について、例えば[2]を参照してください。

1.2 試験手順、故障判定基準および統計

これらの故障を引き起す試験は、 t_{on} が数秒未満の高速パワーサイクル(PC_{sec} とも呼ばれる)、および t_{on} が 15 秒を超え最大数分までの低速パワーサイクル(PC_{min} とも呼ばれる)です。通常、これらの試験は DC 試験で、定電流が一定の時間 t_{on} にわたって供試素子(DUT)に流れ、導通損失によって素子が過熱されます。これに加えて、セмикロンダンフォスは、導通損失およびスイッチング損失を利用して半導体を短時間で加熱するインバータ試験を実施しました。

セмикロンダンフォスの試験戦略は、実際のアプリケーション条件にできるだけ近いものになるように選択されています。つまり、温度変動は最初に時間 t_{on} と負荷電流 I_L によって設定され、その後、温度変動の変化に関係なく、これらのパラメータは試験全体を通じて一定に保たれます。「はんだ疲労」→「 R_{th} 上昇」→「 ΔT_j 上昇」や「ボンディングワイヤー剥離」→「順電圧上昇」→「損失上昇」→「 ΔT_j 上昇」などの DUT の経年劣化により、ストレスが増加し、経年劣化の影響が加速されます。負荷パラメータを一定に保つ理由は、実際のアプリケーションでは、温度変動を一定に保つ為に性能を低下させる事はないからです。[5]では、この戦略が DUT に最もストレスを与える事が示されています。

EOL に到達する故障判定基準は、初期値と比較して、順電圧 (V_f , V_{CE} または V_{DS}) が 20%、 R_{th} が 20%、または温度変動 ΔT が 20% 増加する事です。ワイブル統計を試験結果に適用して、故障確立を計算します。この資料に示されている PC の数値は、15% の故障確立を表しています。

1.3 PC 寿命モデルの歴史

1990 年代後半から最もよく知られているモデルは、LESIT[3] 研究で発表され、接合温度の変動に加えて、中間接合温度 $T_{jm} = \frac{T_{j(max)} + T_{j(min)}}{2}$ からのサイクル数の依存性を導入しました。アプリケーションマニュアル[2]の曲線は、適応技術係数 A によってこのモデルから導き出されました。2008 年に CIPS 会議[4]でモデルが公開され、電流密度、パルス持続時間、電圧クラス(チップの厚さに関連)およびボンディングワイヤーの直径などの追加パラメータが考慮されました。

2013 年の PCIM 会議[6]および 2017 年の ESREF 会議[7]では、はんだ疲労とボンディングワイヤー剥離/ヒールクラックの故障モードを分離できる、一連の試験の結果が発表されました。これはパワーモジュールの改善にとって重要であり、裏面の Ag シンターチップおよび上面の Al ボンディングワイヤーとの接続に使用される SKIM63 モデルのベースです。さらに、このモデルはここでも使用される、より広範囲のオン時間に対する時間依存性の機能を提供します。

1.4 PC 寿命モデルの基礎

以下の本文中で提供される PC 寿命モデルは、セмикロンダンフォスおよびその他の関連会社の研究者によって公開された調査結果と、セмикロンダンフォスが製品の認定および寿命モデルの検証中に、生成した広範なデータベースを組み合わせたものです。このデータベースは次のもので構成されています。

- 過去数年間にパワーサイクル試験でストレスを受けた約 1000 個の供試素子が考慮されています
- これらのうち 60%以上は EOL に至る迄試験されます。残りの 40%の供試素子は試験時間中に故障しませんでした、セットアップ内の 60%のグループの 1 個が故障した為、停止する必要がありました
- ベースプレートあり、およびなしのモジュールの試験
- 電圧クラスは 600V から 1700V
- IGBT、CAL ダイオード、整流ダイオード、MOSFET やショットキーダイオードなどの SiC デバイス
- チップ厚さ 70 μ m から 310 μ m
- DC 試験では 0.07 秒から 60 秒、インバータ試験では 0.04 秒から 0.5 秒の t_{on} 時間(スイッチング損失のある)
- ΔT_j 50K~120K (DC 試験)および 30K~63K (インバータ試験)
- 中間温度 $T_{jm} = 333K \dots 400K$ (32°C ... 127°C)

1.5 有効性

ここで示されたモデルは、主にトランジスタ(IGBT、MOSFET)に使用されるセмикロンダンフォス製品ラインアップ、および一部の例では整流ダイオードにも有効ですが、全てチップの上面は Al ボンディングワイヤー接続、裏面ははんだまたは Ag シンター接続が採用されています。これまで公開されていたパワーサイクル曲線、特にアプリケーションマニュアル[2]に記載されている曲線は廃止されました。第 2 版(2015)の曲線は、2000 年代初頭の知識の状態を表しています。その間、多くの調査と出版物により、影響するパラメータと様々な動作条件の相互作用についての理解が大幅に深まりました。

2. パワーサイクル寿命モデル

2.1 寿命モデル方程式

モデル方程式は、アレニウス項やコフィン・マンソン法則[3]などの長年確立されたパワーサイクルモデルの項、および時間依存性とチップ厚さ[6] [7]を使用します。この式は指数 β を持つ2つの項によって拡張され、低い ΔT_j で N_f がさらに増加します[10]。

$$N_f = A_0 \cdot A_1^\beta \cdot \Delta T_j^{-\beta} \cdot \Delta T_j^\alpha \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_B T_{jm}}\right)} \cdot \frac{C + t_{on}^\gamma}{C + 2^\gamma} \cdot k_{thickness}$$

$$\text{with } \beta = e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)}$$

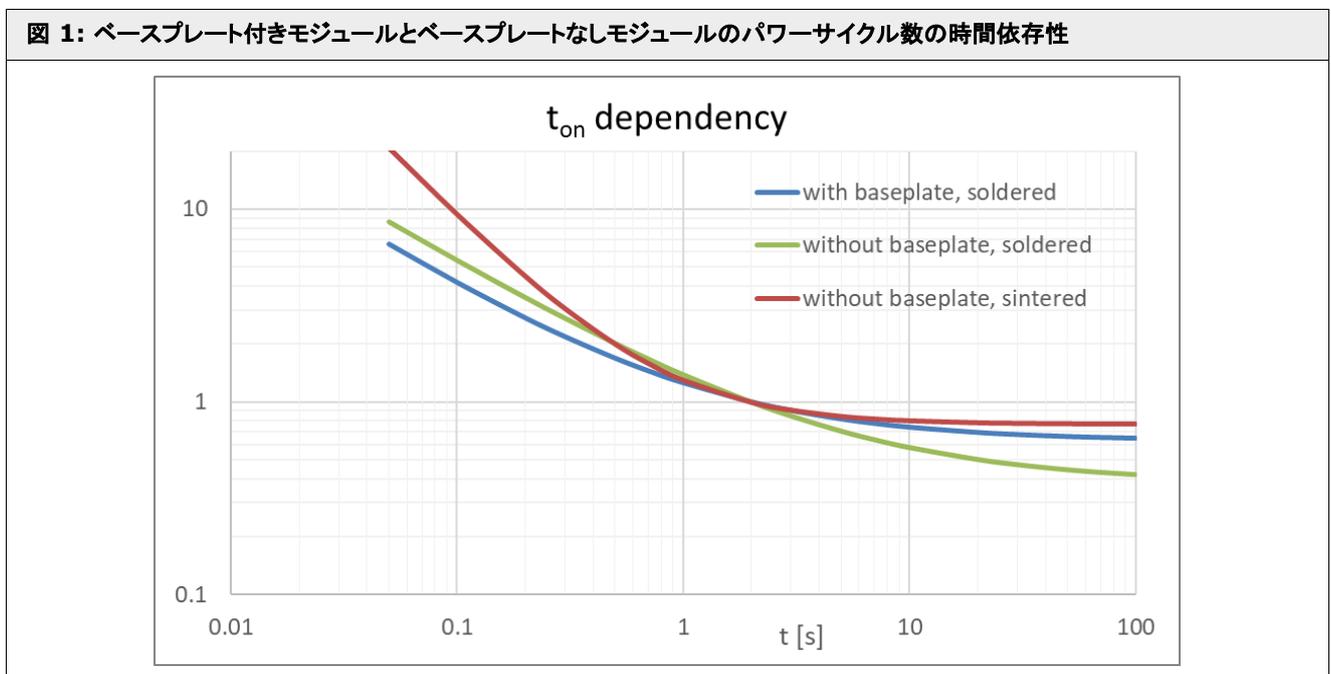
モデル方程式は、パラメータの設定をわずかに調整するだけで、全てのタイプのセмикロンダンフォスパワーモジュールに使用できます。

2.2 オン時間 t_{on} 依存性

モデル方程式中の秒単位の t_{on} に関連する項は、シンターおよびワイヤーボンディングされたパワーモジュール SKiM63 の寿命モデル[6]に導入されました。ここでは、パラメータ C と γ を使用して、他のアセンブリ技術の試験結果に適合させています。これは時間に依存するスケリング係数で、 $t_{on}=2$ 秒のパルス持続時間(加熱時間)に正規化されます。銅ベースプレート付きモジュールの場合、チップの上面と裏面の接続構造は同じであるにもかかわらず、ベースプレートなしモジュールと比較して異なる依存性が見つかりました。理由としては、モジュール内部の Y 方向と X 方向の温度勾配が異なる事、およびパワーモジュールの構造(ベースプレート付きまたはなし)に応じてマイクロメカニカル曲げ動作が異なることが考えられます。さらに、ベースプレートなしのモジュールではより小さいチップが使用されるのに対し、ベースプレート付きモジュールでは通常、より大きなチップが組み込まれています。それでも、短いサイクルでは全てのケースでより高いサイクル数を達成できますが、より長い期間ではパワーサイクル耐量は低くなります。この関数は 30...60 秒で最小値に近づき、[8]では 40ms 未満の時間ではサイクル数のそれ以上の増加は期待できないと述べられています。

ベースプレートのはんだの疲労は、ベースプレート付きモジュールの追加の故障モードです。この劣化プロセスは、ここで検討した PC モデルの試験では関連する故障モードではありませんが、特にサイクル期間が長い場合は、サイクル数が低下する可能性があります(図 1 の青の曲線)。

図 1: ベースプレート付きモジュールとベースプレートなしモジュールのパワーサイクル数の時間依存性

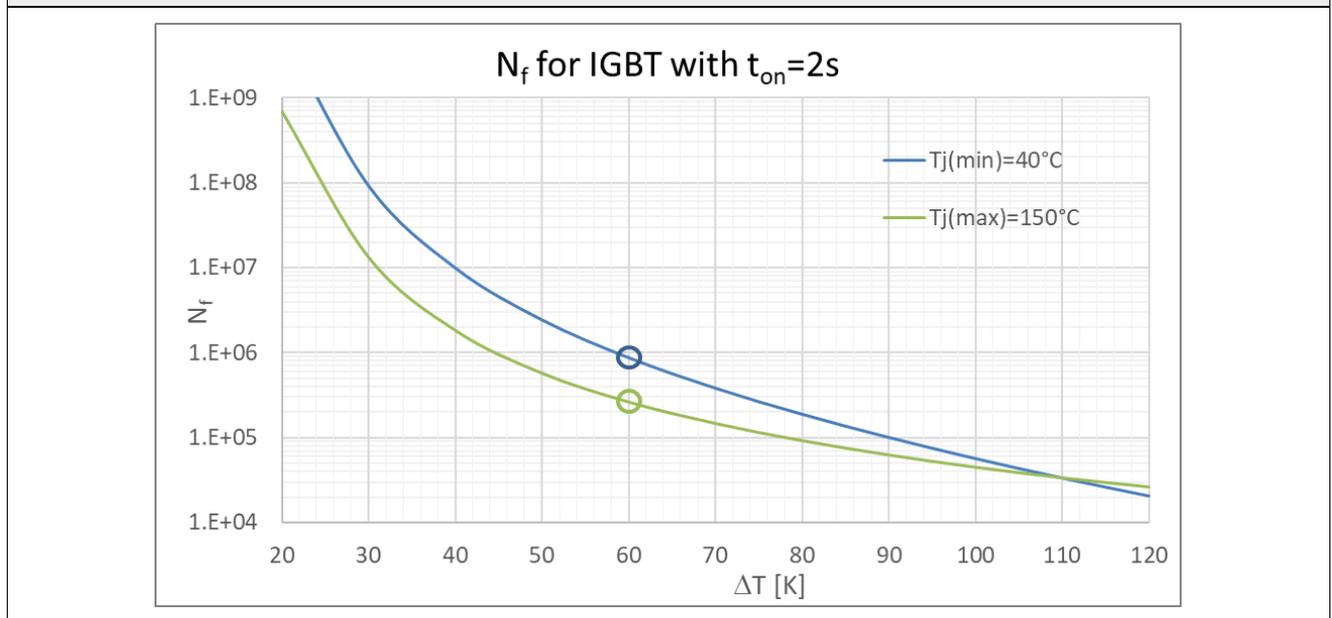


2.3 中間温度 T_{jm} 依存性

中間温度は $T_{jm} = \frac{T_{j(max)} + T_{j(min)}}{2}$ で定義され、ケルビン単位の絶対値として使用されます。これは時間の経過に伴う平均温度ではありません。中間温度の影響は、例えば[3]で予測され、[2]で使用されたものよりはるかに小さくなっています。この為、特に低温レベ

ルでは、旧モデルが現モデルよりもはるかに高いサイクル数を予測する状況が発生する可能性があります。例えば、アプリケーションで IGBT が $\Delta T_j = 60\text{K}$ の温度変動によってストレスを受けると、低い転換点 $T_{j(\min)} = 40^\circ\text{C}$ ($40^\circ\text{C} \leftrightarrow 100^\circ\text{C}$) では、約 880k サイクルに耐える事ができます。一方、同じ $\Delta T = 60\text{K}$ でも高い転換点 $T_{j(\max)} = 150^\circ\text{C}$ ($90^\circ\text{C} \leftrightarrow 150^\circ\text{C}$) では、予想されるサイクル数は約 260k にすぎません(図 2 参照)。

図 2: はんだ付けされたチップの中間温度に依存するパワーサイクル数



2.4 指数 β で記述された低 ΔT_j 特性

いくつかの論文や研究では、「低 ΔT_j で何が起こるか?」というテーマが調査されています[8]。試験条件と誘発される故障モード(はんだ疲労)に応じて、 N_f の増加が報告されています。さらに、以前使用されていた PC モデルの予測数と、低周波数と低 ΔT_j 例えば $\Delta T_j = 30\text{K}$ で何年もインバータが動作している現場経験との間に矛盾があるようです。これらの考察は低 ΔT_j に向かってサイクル数がより強く増加するという理論に通じます。

1 つの問題は、これらのモデルが塑性変形が支配的な $\Delta T_j = 70\text{K}$ および $\Delta T_j = 110\text{K}$ での加速試験から導出されたものである事です。実際のアプリケーションでは、これらのモデルはより多くの弾性変形が発生する低 ΔT_j に適用されます[9]。アプリケーションのような条件下での試験は、何年も試験時間を必要とする為、製品の認定には不可能です。

この理論の証拠を提供する為に、インバータ側の IGBT と整流器側のダイオードにストレスをかける為に、back-to-back インバータを使用してインバータ試験が実行されました。正弦波電流の振幅は公称電流の 80%に設定され、追加のスイッチング損失により、必要な ΔT_j が十分に短い時間内に達成されました。インバータの出力周波数は、正確な ΔT_j を設定する為に 2Hz から 10.5Hz の間で変調されました。全体の試験期間は 1.5 年でした。

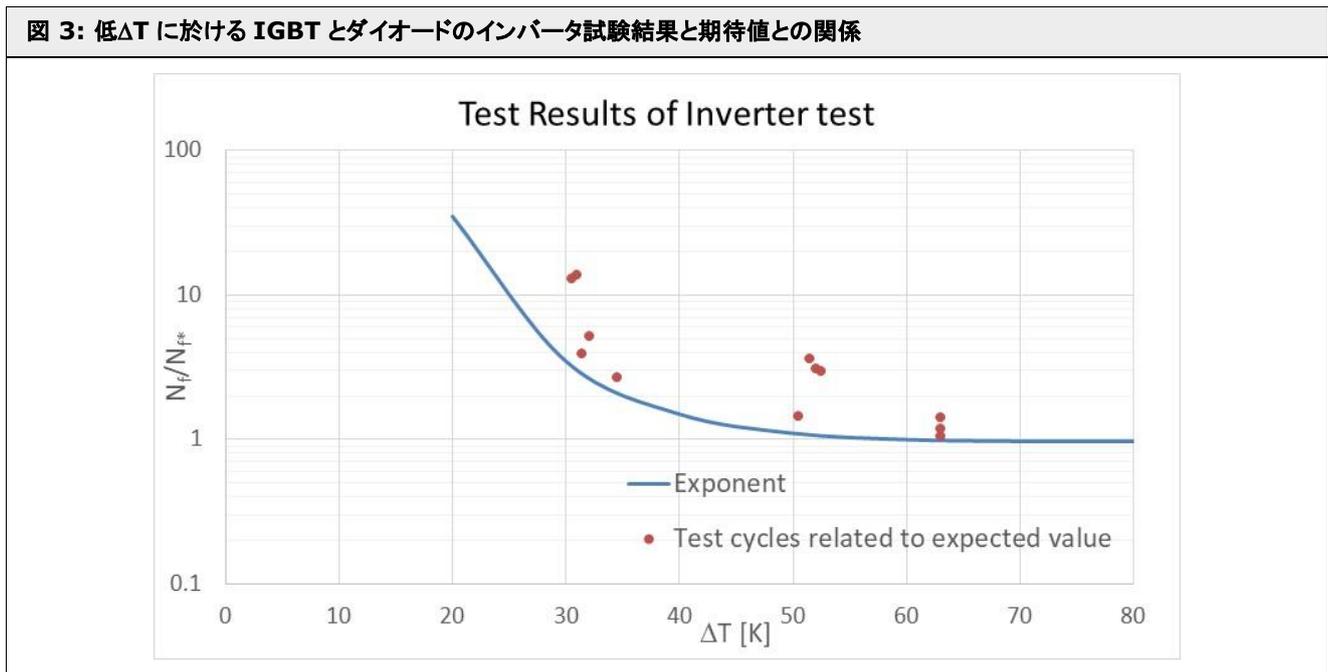
図 3 の試験結果は、低 ΔT_j の効果のない期待値 N_{f*} に関連して設定されています。 N_{f*} は、低 ΔT_j 拡張($A_1^\beta \cdot \Delta T_j^{-\beta}$)なしで、厚さ係数と時間依存性を考慮して、第 2.1 章のパワーサイクルモデルで計算されました。

$$N_{f*} = A_0 \cdot \Delta T_j^\alpha \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_B \cdot T_{jm}}\right)} \cdot \frac{C + t_{on}^\gamma}{C + 2\gamma} \cdot k_{thickness}$$

低い ΔT_j に向かって明らかに増加している事が分かります(係数 > 1)。指数 β と組み合わせて使用されるパラメータ A_1 、 T_0 、および λ は、図 3 の青の曲線から導き出されました。

インバータ試験に於ける故障の根本要因は、チップ中央ではんだ疲労が始まる事でした。[7]で、この影響は短いサイクル時間に関係している事が示されました。これは、はんだ疲労がチップの角や端で始まる高 ΔT_j DC 試験とは対照的です。素子が故障した時、ボンディングワイヤーの接点はまだそこにありましたが、既に著しく損傷していました。

図 3: 低 ΔT に於ける IGBT とダイオードのインバータ試験結果と期待値との関係



2.5 チップの厚さ $k_{thickness}$

[4]では電圧クラスによって間接的に導入された様に、チップの厚さによる影響も観察されました(高耐圧 IGBT は低耐圧 IGBT よりも厚い)。チップが厚い程硬くなり、相互接続にかかるストレスが大きくなり、故障が早くなります。

異なる世代や異なるサプライヤーのチップの厚さは、パワーモジュールのユーザーには分かりません。さらに 650V と 1200V の IGBT の間にはごくわずかな依存関係しか見られず、1 つの試験条件での総試験結果数を考慮すると、標準偏差よりもはるかに小さいものでした。従って、モデルをよりユーザーフレンドリーにする為に、ここでは厚さがクラスター化されています。これは定数係数によってモデルに実装されています。SiC 素子の場合、係数は剛性に寄与する厚さだけでなく、ヤング率(弾性係数)などの様々な材料特性も表します。ヤング率は SiC では Si に比べて約 3 倍高くなります。

- 係数 = 1 は阻止電圧 $\leq 1200V$ の IGBT に使用されます
- 係数 = 0.65 は for 1700V IGBT, CAL ダイオードに使用されます
- 係数 = 0.5 は IGBT モジュールハウジング内の整流素子(サイリスタ、整流ダイオード)に使用されます
- 係数 = 0.33 は阻止電圧 $\leq 1200V$ の SiC 素子に使用されます

2.6 チップサイズとモジュール面積利用率

パワーサイクル耐量は、単一チップ面積に大きく影響されません。つまり、150A の大型チップは、所定の ΔT_j で、25A の小型チップと同じサイクル数を達成できます。内部の使用可能なモジュール領域の利用についても同様です。シリコンチップが全面的に搭載されたモジュールは、部分的にのみ搭載された同じタイプのモジュールとほぼ同じサイクル数を達成します([11]の結果を参照)。従って、製品ファミリー全体に同じ式を適用する事が可能であり、公称電流が低いモジュールと高いモジュールを区別する必要はありません。

3. パワーサイクル特性

異なるタイプのアセンブリ技術には、部分的に異なる 3 つのパラメータセットが使用されます。

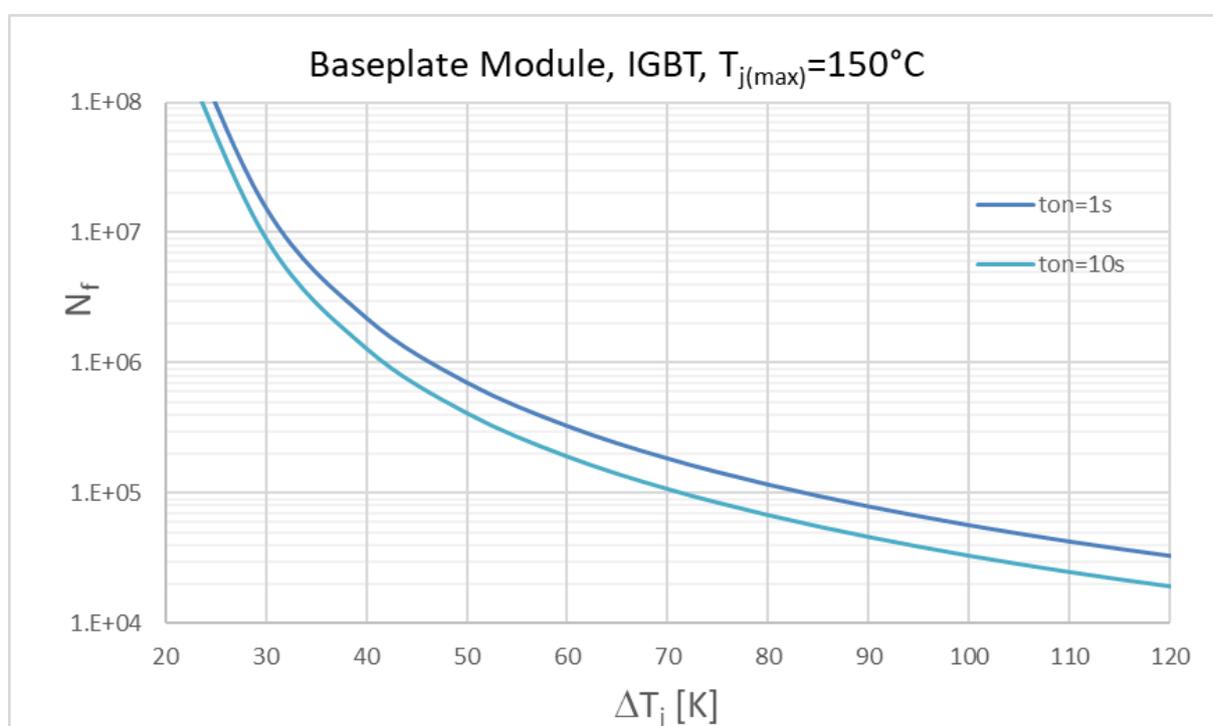
3.1 銅ベースプレート付きモジュール、はんだ付けチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー

このモデルは SEMITRANS および SEMiX 製品ファミリーに有効です。

表 1: 「ベースプレートモジュール」 パワーサイクルモデルのパラメータ

パラメータ	値	用語
A ₀	2.9E+09	技術係数
A ₁	60	低ΔT 拡張係数
T ₀ [K]	40	低ΔT 拡張用初期温度
λ [K]	17	低ΔT 拡張降下定数
α	-4.3	コフィン・マンソン指数
E _a [J]	4.50E-20	活性化エネルギー
k _B [J/K]	1.38E-23	ボルツマン定数
C	1	時間係数
γ	-0.75	時間指数
k _{thickness}	1 0.65 0.5 0.33	チップの厚さ係数 (2.5 参照)

図 4: ベースプレート付きモジュールの IGBT、t_{on}=1s、t_{on}=10s、T_{j(max)}=150°C に於ける N_f



$$N_f = A_0 \cdot A_1 e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot \Delta T_j^{\alpha} \cdot e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_B \cdot T_{jm}}\right)} \cdot \frac{C + t_{on}^{\gamma}}{C + 2^{\gamma}} \cdot k_{thickness}$$

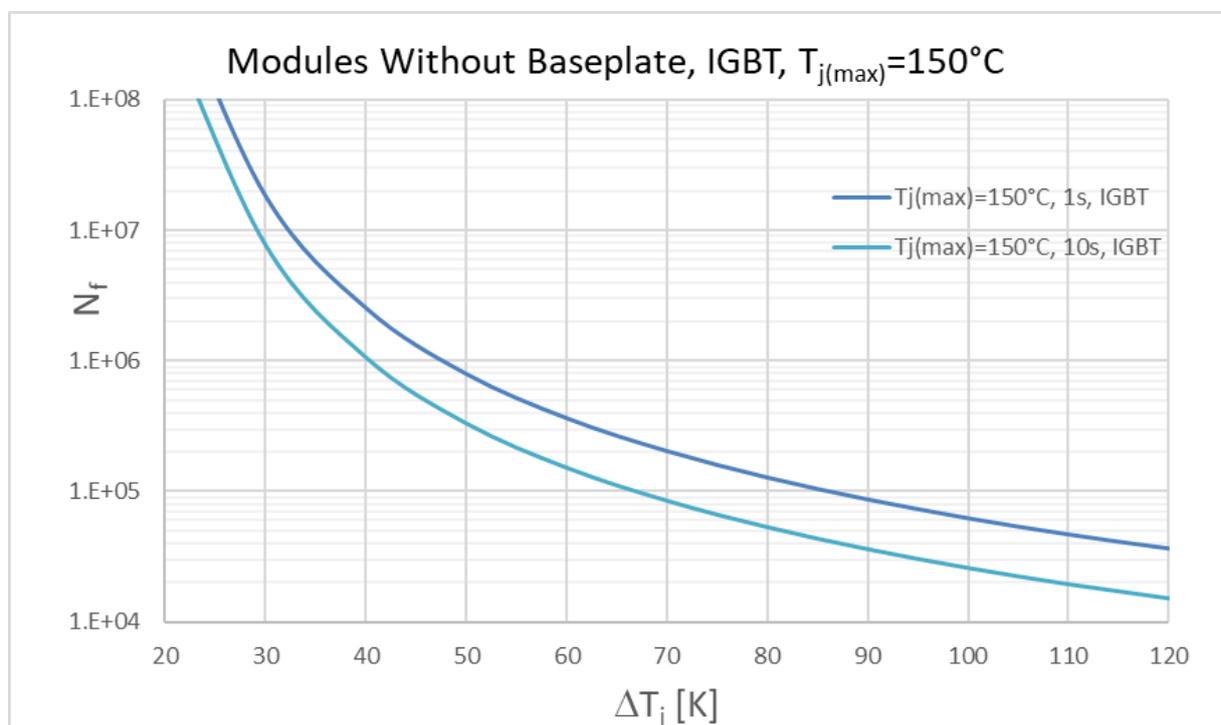
3.2 ベースプレートなしモジュール、はんだ付けチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー

このモデルは MiniSKiiP、SEMITOP、SKiiP3、SKiM4/5 ファミリーに有効です。

表 2: 「ベースプレートなしモジュール」パワーサイクルモデルのパラメータ

パラメータ	値	用語
A ₀	2.90E+09	技術係数
A ₁	60	低ΔT 拡張係数
T ₀ [K]	40	低ΔT 拡張用初期温度
λ [K]	17	低ΔT 拡張降下定数
α	-4.3	コフィン・マンソン指数
E _a [J]	4.50E-20	活性化エネルギー
k _B [J/K]	1.38E-23	ボルツマン定数
C	0.38	時間係数
γ	-0.7	時間指数
k _{thickness}	1 0.65 0.5 0.33	チップの厚さ係数 (2.5 参照)

図 5: ベースプレートなしモジュールの IGBT、t_{on}=1s、t_{on}=10s、T_{j(max)}=150°C に於ける N_f



$$N_f = A_0 \cdot A_1 e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot \Delta T_j^\alpha \cdot e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_B \cdot T_{jm}}\right)} \cdot \frac{C + t_{on}^\gamma}{C + 2^\gamma} \cdot k_{thickness}$$

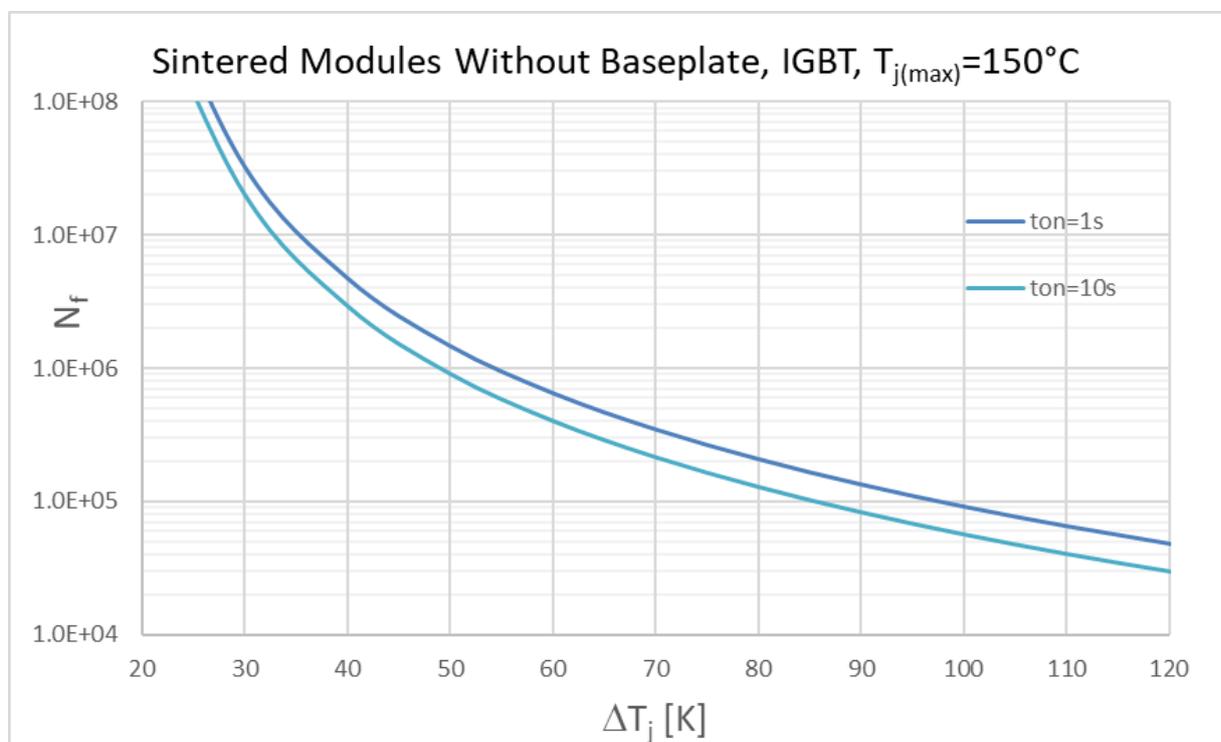
3.3 ベースプレートなしモジュール、片側シンターチップおよびアルミニウムボンディングワイヤー

このモデルは SKiM63/93 および SKiiP4 製品ファミリーに有効です。

表 3: 「シンターチップモジュール」パワーサイクルモデルのパラメータ

パラメータ	値	用語
A_0	2.05E+11	技術係数
A_1	60	低 ΔT 拡張係数
T_0 [K]	38	低 ΔT 拡張初期温度
λ [K]	17	低 ΔT 拡張降下係数
α	-4.3	コフィン・マンソン指数
E_a [J]	2.54E-20	活性化エネルギー
k_B [J/K]	1.38E-23	ボルツマン定数
C	1.44	時間係数
γ	-1.21	時間指数
$k_{thickness}$	1 0.65 0.5 0.33	チップの厚さ係数 (2.5 参照)

図 6: ベースプレートなしモジュールおよび片側シンターチップの IGBT、 $t_{on}=1s$ 、 $t_{on}=10s$ 、 $T_{j(max)}=150^\circ C$ に於ける N_f



$$N_f = A_0 \cdot A_1 \cdot e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot \Delta T_j^\alpha \cdot e^{\left(\frac{-(\Delta T_j - T_0)}{\lambda}\right)} \cdot e^{\left(\frac{E_a}{k_B \cdot T_{jm}}\right)} \cdot \frac{C + t_{on}^\gamma}{C + 2^\gamma} \cdot k_{thickness}$$

図 1: ベースプレート付きモジュールとベースプレートなしモジュールのパワーサイクル数の時間依存性 3
 図 2: はんだ付けされたチップの中間温度に依存するパワーサイクル数 4
 図 3: 低 ΔT に於ける IGBT とダイオードのインバータ試験結果と期待値との関係 5
 図 4: ベースプレート付きモジュールの IGBT、 $t_{on}=1s$ 、 $t_{on}=10s$ 、 $T_{j(max)}=150^{\circ}C$ に於ける N_f 6
 図 5: ベースプレートなしモジュールの IGBT、 $t_{on}=1s$ 、 $t_{on}=10s$ 、 $T_{j(max)}=150^{\circ}C$ に於ける N_f 7
 図 6: ベースプレートなしモジュールおよび片側シンターチップの IGBT、 $t_{on}=1s$ 、 $t_{on}=10s$ 、 $T_{j(max)}=150^{\circ}C$ に於ける N_f 8

表 1: 「ベースプレートモジュール」パワーサイクルモデルのパラメータ 6
 表 2: 「ベースプレートなしモジュール」パワーサイクルモデルのパラメータ 7
 表 3: 「シンターチップモジュール」パワーサイクルモデルのパラメータ 8

記号と用語

記号	用語
CTE [ppm/K]	熱膨張係数
EOL	寿命
ΔT_j [K]	チップの温度スイング
T_j	接合温度
T_{jm} [K]	ΔT の中間温度 (絶対温度)
t_{on} [s]	パルス時間、パワーサイクルの加熱時間、数秒
V_f 、 V_{CE} 、 V_{DS}	半導体の順電圧 (ダイオード、IGBT、MOSFET)

用語および記号の詳細は「Application Manual Power Semiconductors」[2]を参照してください。

参考文献

- [1] www.semikron-danfoss.com
- [2] A. Wintrich, U. Nicolai, W. Tursky, T. Reimann, "Application Manual Power Semiconductors", 2nd edition, ISLE Verlag 2015, ISBN 978-3-938843-83-3
- [3] M. Held, P. Jacob, G. Nicoletti, P. Scacco, M.-H. Poech "Fast Power Cycling lifetime of IGBT Modules in Traction Application", Power Electronic and Drive Systems 1997 („LESIT")
- [4] R. Bayerer, T. Herrmann, T. Licht, J. Lutz und M. Feller, „Model for Power Cycling lifetime of IGBT Modules - various factors influencing lifetime," 5th International Conference on Integrated Power Systems (CIPS), 2008.
- [5] U. Scheuermann, S. Schuler. "Impact of Test Control Strategy on Power Cycling Lifetime", Microelectronic Reliability 50, 2010
- [6] U.Scheuermann, R.Schmidt: "A New Lifetime Model for Advanced Power Modules with Sintered Chips and Optimized Al Wire Bonds", Proc. PCIM Europe 2013, 810-817.
- [7] M. Junghaenel, U. Scheuermann: "Impact of load pulse duration on power cycling lifetime of chip interconnection solder joints"; ESREF 2017
- [8] G. Zeng, R. Alvarez, C. Künzel, J. Lutz: "Power cycling results of high power IGBT modules close to 50 Hz heating process" EPE ECCE Europe 2019
- [9] N. Dornic, et al.: „Stress-Based Model for Lifetime Estimation of Bond Wire Contacts Using Power Cycling Tests and Finite-Element Modeling" IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, Bd. 7, 2019.
- [10] J. Lutz, C. Schwabe, Z. Guang, L. Hein, "Validity of power cycling lifetime models for modules and extension to low temperature swings", EPE 2020
- [11] F. Nehr, M. Kind, M. Montaine, U. Scheuermann, "Chip Area Impact on Power Cycling Lifetime of IGBT Modules", PCIM 2021

重要な情報および警告

本資料に記載されている情報は、製品の特性を保証するものではありません。本資料では、標準的なアプリケーションで期待されるセмикロンダンフォス製品の通常の特徴のみを説明しますが、特定のアプリケーションによっては異なる場合があります。従って、製品は前もってそれぞれのアプリケーションに対して試験する必要があります。この結果、あらゆる種類のアプリケーションの調整が必要になる場合があります。セмикロンダンフォス製品のユーザーは、セмикロンダンフォス製品を組み込んだアプリケーションの安全性について責任を負い、セмикロンダンフォス製品が故障した場合でも、アプリケーションが人身事故、火災、その他の問題を生じさせない様に適切な安全対策を講じる必要があります。ユーザーはアプリケーションの設計および実現が、アプリケーションの範囲に適用される全ての法律、規則、規範、標準に準拠している事を確認する責任を負います。セмикロンダンフォスの認定代表者が署名した書面による、セмикロンダンフォスの明示的な承認がない限り、セмикロンダンフォスの製品は、製品の故障またはその使用による結果が、人身傷害に影響を及ぼす事が合理的に予想されるアプリケーションで使用することはできません。

ここに記載されている情報の正確性、完全性、および/または使用に関して、いかなる表明または保証も行われず、いかなる責任も負いません。これには、第三者の知的財産権の非侵害の保証が含まれますが、これに限定されません。セмикロンダンフォスは、ユーザーのアプリケーションから生じる可能性がある、自社または第三者の特許権、著作権、企業秘密、その他の知的財産権を侵害していない事についていかなる表明も保証も行いません。本資料は、同等の内容および範囲を有する以前の全てのセмикロンダンフォスの情報に優先し、置き換えます。セмикロンダンフォスは、いつでも本文書を更新/または改訂する事があります。

Semikron Danfoss International GmbH
Sigmundstrasse 200, 90431 Nuremberg, Germany
Tel: +49 911 65596663
sales@semikron-danfoss.com, www.semikron-danfoss.com