免責事項:この SEMI スタンダードは，投票により作成された英語版が正式なものであり，日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI G38-0996（Reapproved 1104）
静止空気および強制風冷による IC パッケージのジャンクション部周囲間の熱抵抗の測定法

本測定法は，Global Assembly and Packaging Committee で技術的に承認されたもので，Japanese Packaging Committee が直接責任を負うものである。現版は 2004 年 7 月 23 日 Japanese Regional Standards Committee にて承認されている。2004 年 9 月にまず www.semi.org で入手可能になり，2004 年 11 月発行に至る。初版は 1987 年発行，前版は 1996 年 9 月発行。

1 目的

1.1 この検査は，熱抵抗測定用チップを用いてICパッケージの熱抵抗を測定する方法に適用する。この検査方法は，静止空気及び強制風冷状態のジャンクションとパッケージ周囲との間の熱抵抗を測定するものである。

2 範囲

2.1 この測定法は，ジャンクション部周囲間の熱抵抗のみを扱い，静止空気および強制風冷状態の測定環境に限定する。

注意： このスタンダードはその使用に関連した全ての安全問題を取り扱うことを意図していない。このスタンダードの使用者は，その責任において，適切な安全および健康上実施すべき事柄を確立し，また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 参照スタンダード

3.1 *SEMIスタンダード*

SEMI G32 － Guideline for Unencapsulatated Thermal Test Chip

SEMI G42 － Specification for Thermal Test Board Standardization for Measuring Junction-to Ambient Thermal Resistance of Semiconductor Packages

注意： 別途指示のない場合，引用された全ての文書は最新の出版バージョンである。

4 用語

4.1 *定義*

4.1.1 この測定のために，下記の定義及び記号を用いるものとする。

4.1.2 *周囲温度（ambient temperature (T_A, in degrees Celsius)）* － T_A，単位は°C，被検査素子（DUT）周辺の特定領域の空気の温度。

4.1.3 *ジャンクション部温度（junction temperature (T_J, in degrees Celsius)）* － T_J，単位は°C。この用語はICのジャンクション部の温度を表すのに用い，熱の大部分はこのジャンクション部で生じる。本検査で測定するジャンクション部の温度は温度感知用に用いた素子のごく近ぼうの温度を表している。

4.1.4 *電力消失（power dissipation (P_H, in watts)）* － P_H，単位はWatt。これはデバイスに印加される加熱用電力で，ジャンクション部と基準点間の温度差がこれによって生じる。

4.1.5 *温度パラメータ（temperature sensitive parameter (TSP)）* － これは測定中のジャンクション部の温度依存性電気特性であり，温度に関して校正することにより，ジャンクション部温度を検知するのに用いることができる。

4.1.6 *熱抵抗（thermal resistance）* － ジャンクション部と特定の規準点間の熱抵抗値$R_{\Theta JR}$，単位は°C/Watt。ICの熱抵抗値はジャンクション部とパッケージ上のある基準点との温度差を電力消失PHで割った値である。

4.1.7 *速度（velocity (V_A, in linear feet per minute (LFPM)）* － V_A，単位は 1 分間当たりのリニアー，フィートLFPM，素子周辺の特定領域における空気の速さ。

5 装置

5.1 これらの検査に必要な装置は，下記のとおりである。

5.1.1 *熱電対材料* － 100 から+300°Cの温度範囲で使える銅コンスタンタン（Tタイプ），あるいはそれと同等のものとする。ワイヤサイズはAWGサイズ 30 以内とする。熱電対の接合部は，はんだづけ及び撚りあわせ等を用いず溶接すること。熱電対およびそれに関連する測定装置の精度は±0.5°Cとする。

5.1.2 *電力測定機器* － 電力を調節できる電圧源，及び電気特性を測定をするための測定機器。温度パ

注:SEMI による書面での了承なき場合は，本書の全部もしくは一部の転載を禁じる。
©Semiconductor Equipment and Materials International (http://www.semi.org/)
©SEMI ジャパン 〒102－0074 東京都千代田区九段南 4－7－15

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: SEMI G38-0996R (Japanese)

ラメータを測定する電圧計は 0.5 mVの電圧変化の分解が可能であること。

5.1.3 *温度調整式の恒温室(流体バス, または風洞)* — 特定の規準点温度が, 設定値(測定値)の±0.5°C以内を保つことができるようになっているもの。具体例として, 代表的な静止空気の密閉箱および風洞は参考測定用としてのみ用いる。

5.1.4 *静止空気密閉装置* — 測定デバイスは, 0.028 m^3 (1.0 ft^3)の密閉容器に取り付ける。この密閉容器には, 被検査デバイスの他には熱の発生源があってはならない。密閉容器の内壁は,反射率を高くする仕上げ(放射率＜0.1)を施す。周囲温度は, 熱電対によって測定する。その熱電対は被測定デバイスの下側約 2.54 cm(1.0 in.)の所とし, テストボードまたはソケットから 1.27 cm(0.5 in.)の距離に取り付ける。

5.1.4.1 被検査デバイスを取り付ける時, リードまたは測定ソケット, あるいはその熱伝導冷却が, 他のいずれの冷却に較べても小さくなるようにする。No. 36 AWGワイヤをデバイスの測定ソケットに接続する。空気の流れ(自然対流によるもの)はデバイスの上部と下部で制限しない。「適用」周囲条件に近似させるための, 取付装置を交換する方法もある。この種の参考用の取り付け方式は, SEMIスタンダード, 第 4 巻パッケージング編,「半導体パッケージのジャンクション周囲間の熱抵抗測定のための検査基板の標準化」に記載されている。測定恒温室内部のデバイスの取り付けおよびテストボードの位置を, 図 1 に示す。

5.1.5 *風洞装置* — 標準的な風洞の構成と寸法を共に図 2 に示す。

5.1.5.1 ファンまたはブロワーは, 図 2 に示す対流環境において被測定デバイスより下流に置く。校正されたノズルの両端にかかる静的圧力差の測定は, 風洞の空気速度を計算するために用いる。また熱電対は, 被測定デバイスの上流周囲温度を測定するために用いる。これらの装置は, 図 2 に示すように, 被測定デバイスの上流の指定された位置におく。熱電対は, 風洞の中心に置き, 被測定デバイスから 5.08 cm(2.0 in.), 上方に, 中心面 2.54 cm(1.0 in.)の所に置く。

5.1.5.2 デバイスを取り付ける際は, リードまたは測定ソケット, あるいはその両方を通じての熱伝導による冷却が, それ以外の冷却に較べて小さくなるようにする。リードを通る伝導を最小にするため, No. 36 AWGワイヤをデバイスの測定ソケットに接続する。被測定デバイスを配置する際は, 空気の吹出し面がパッケージの長いほうの辺に平行になる(空気の吹出し面がパッケージの側面にあたる)ようにする。「適用」周囲条件に近似させた取り付け配置をとる方法もある。この種の参考用の取り付け配置は, SEMI G42 に記載されている。

風洞内における装置の取付け及びテストボードの配置を図 3 に示す。

5.1.5.3 フロー直線化装置は, 図 2 に示すように, 被測定デバイスの上流におくものとする。この装置は, 風洞の測定部分を横切って平坦な流れを発生できるものとする。これによって被測定デバイスは, 一定の速度の空気が加わる。適切に調整された風気の流れの標準的な速度分布を図 3 に示す。

5.1.5.4 風洞内の空気の速度を計算するためには, 校正された熱線式風力計またはノズルの圧力差を測定する適当な圧力ゲージ(p_1 およびp_2)を備えたノズルを用いる。ノズルを用いる場合, 校正されたノズルの差圧は, 液体マノメータを用いて, 通常, 水柱のインチ単位で測定する。

5.1.5.5 空気の速度分布を±5%の精度で測定できる熱線式風力計。速度センサーは, できる限り空気の流れを乱さないものでなければならない。

6 手順

6.1 *風洞内の空気速度の測定, V_A* — 空気速度の測定法には直接測定法と間接測定法がある。

6.1.1 *風洞内の空気速度の直接測定法* — 直接測定法は, 風洞内の熱線式風力計による測定に基づく。

6.1.2 *風洞内の空気速度の間接測定法* — 空気速度の間接測定法は校正されたノズルの圧力差を測定に基づく。実際の空気速度は, ノズルの圧力とノズル部の空気の体積(質量)速度から測定された校正曲線により校正される。必要な空気流速(feet per minute)は, 体積流速(Cubic feet per minute)をDUTテストセクションの入り口部分の断面積で割って求める。体積速度は+/−10%以内の制度で計測されなければならない。

6.1.2.1 *空気速度の分布* — 空気流速の分布は熱線風速計を用いて, 5.08 cm(2 インチ)の領域を測定し, その変動が中心から 90%の領域において, +/−10%の範囲に入るようにする。DUTならびに実装したボード／ソケット等は, 流速分布を測定する際に測定領域に入らないようにする。

6.2 *規準点の温度T_Sの直接測定法* — 風洞内の空気の流れを止めた状態で, マイクロエレクトロニクスデバイスのジャンクション部と周囲との熱抵抗を測定するためには被検査デバイス下部の熱電対を用いて周囲温度($T_R = T_A$)を測定する。風洞内で風流環境下でジャンクション部と周囲との熱抵抗を測定するためには, 被測定デバイスの上流の十分な風流が生じた地点で熱電対を用いて, 周囲温度を測定する。

Documents Document Sharing Hub
Full document details: SEMI G38-0996R (Japanese)

6.3 *ジャンクション部と特定の基準点との間の熱抵抗$R_{\theta JR}$*

6.3.1 *一般考慮事項* — 半導体デバイスの熱抵抗は，その支持性能パッケージの性能の尺度であると同時に，半導体のジャンクション部から熱を除去するための実装技術の尺度でもある。デバイスの熱抵抗は，周囲温度とデバイスの消費電力およびジャンクション部温度測定値により計算できる。支持された測定を行う場合，電源を印加してから測定値を読み取るまでの時間を半分にしても，得られた結果が所要の測定精度の範囲内であれば，パッケージは熱的平衡状態に達したとみなす。

6.3.2 *$R_{\theta JA}$を求めるための間接的なジャンクション部温度測定* — この測定の目的は，ICのジャンクション部温度を測定できる素子を用いてICのジャンクション部の熱抵抗を求めることである。実際に動作中のデバイスのジャンクション部温度を正確に予測するために，パッケージ内のチップ全体に電力を加えて，内部に適当な温度分布が生じるようにする。ジャンクション部温度を測定する際には，ジャンクション部の校正電流が安定している間，チップ加熱電力（定電圧源）を一定にしなければならない。チップに電力を供給している間，回路動作は校正電流に影響を与えないものとする。

6.3.3 デバイスの温度パラメータは，熱抵抗を計算する半導体素子の平均ジャンクション部温度を示す 1 つの指標として用いられる。測定されたジャンクション温度は，その温度を検出するために用いられた素子の近傍の温度を示す。

6.3.4 ジャンクション温度を間接的に測定するのに一般的に用いられる温度パラメータは，ダイオードの順方向電圧とバイポーラトランジスターのエミッター・ベース間電圧がある。製造技術上，間接的にジャンクション部温度を測定するために他の適当な温度パラメータを用いることができるが，それらは実際に変化するジャンクション部電圧を検出するためには使用できない。

6.3.4.1 定常状態におけるT_J測定方法 — この測定のために次の記号を用いるものとする。

I_M	測定電流（ミリアンペア）
V_{MH}	I_Mの電流が流れている所で測った温度パラメータの値で単位はミリボルト。P_Hで加熱されたジャンクション部の温度に対応する。
T_{MC}	基準点で測定された校正温度（°C）
V_{MC}	I_Mの電流が流れている所で，特定のT_{MC}の値における温度 mV パラメータの値。単位は mV。

6.3.4.2 温度パラメータとして接合部の順方向電圧を用いたT_Jの測定は次のように行われる。

6.3.4.2.1 ステップ 1 — 温度パラメータの温度係数の測定（校正）

6.3.4.2.2 測定中のデバイスを炉，あるいは流体槽中で外側から加熱し，決められた一定の測定電流I_Mでの温度パラメータを基準点温度の関数として測定することにより，温度パラメータの係数が得られる。校正中に用いられる基準点の温度範囲は電力印加測定（ステップ 2 参照）における温度範囲より広くとること。測定電流は一般に，対象とする温度範囲にわたって温度が増加するにつれて温度パラメータが直線的に減少するように，またシリコンや金属領域で発生する熱が無視できる程度のものであるように設定する。最適な温度パラメータ校正用あるいは測定用電流を求めるためには，V_{MC}と$\log I_M$の関係を表す曲線を，対象とする較正温度範囲をはさむ 2 つの温度レベルについて作図しなければならない。次に，得られた 2 本のV_{MC}対$\log I_M$の曲線の直線部分にのっているI_Mを選定すれば，それが最適測定電流になる。一般的には測定電流は 0.05 から 5 mAの範囲であり，測定中のデバイスの温度パラメータ測定についての仕様や動作条件によって決められる。測定で用いられた，その測定電流についての温度パラメータ温度係数V_{MC}/T_{MC}の値はV_{MC}対T_{MC}の校正曲線から計算される。温度パラメータ温度係数決定用の電圧と温度の関係を示す曲線を生成するためには，少なくとも 3 点の測定を行うこと。

6.3.4.3 ステップ 2 — 電力印加検査

6.3.4.3.1 電力印加検査は二つの段階で行われる。この両段階において，基準点の温度と指定された空気の速度空気の速度は前もって決められた値に保持する。第一段階では，DUTを動作状態にし，校正過程で用いられた測定電流I_Mを用いて温度パラメータV_{MC}を測定する。第二段階では，DUTに加熱電力（P_H）を加え，校正時に用いられた一定の測定電流I_Mを用いて温度パラメータV_{MH}を測定する（ステップ 1 参照）。

6.3.4.3.2 加熱用電力P_Hの選定は，V_{MH}と測定された値で計算したジャンクション部規準点間の温度差が 20°C以上となるようにすること。但し，測定中のデバイスに高レベルの加熱電力を加えすぎて，チップの上の温度感知用と加熱用の回路が絶縁されていない状態にまでしてはならない。また，パッケージと内部接続系の設計定格値を超えないよう注意すること。定格を越えると，パッケージのリード線やワイヤ接続部に過剰の電力損失が生じ，これが原因でチップの実動している領域で放散する電力を多く見積もりすぎてしまうことになる。V_{MH}，V_{MC}，P_Hの値は電力印加測定中，記録される。

Documents
Document Sharing Hub

Full document details: SEMI G38-0996R (Japanese)