

イントロダク ション

アルテラはクワッド・フラット・パック (QFP)、プラスチックのJリード・チップ・キャリア (PLCC)、FineLine BGA™ を含むボール・グリッド・アレイ (BGA) パッケージの表面実装用デバイスを供給しています。これらのデバイスの半田付けにはいくつかの方法がありますが、表面実装 (SMT:Surface-Mount Technology) 用デバイスをプリント基板 (PCB) に半田付けするもっとも一般的な方法は、熱風リフローと赤外線リフローの併用です。このリフローの工程では、プリント基板に共晶型の半田ペーストを塗布し、このペースト上にデバイスを乗せ、温度を変化させることができる発熱体が装備されたオープンの中にボードを搬送します。オープン内では、基板は一般的に以下の工程を通ります。

- 段階的に温度上昇する予備加熱工程
- 短時間の高温半田付け工程
- 管理された冷却工程

このときの最高温度、温度変化の割合、およびデバイスを各温度で放置する時間、加熱と冷却の管理が効果的な半田付けを行うための重要なパラメータとなります。

アルテラの表面実装用デバイスについては、広い温度範囲で実装できることが多くのユーザから報告されています。ただし、不適切なリフローが行われると、湿気に対して特に敏感なプラスチック・パッケージにダメージを与える可能性があります。アルテラはボードの組立をビジネスにはしていませんが、このリフローに関するガイドラインを作成しました。これらのガイドラインは、JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council、電子素子技術連合評議会) の標準規格に基づいて作成されています。JEDEC の標準規格についての詳細は 11 ページの「参考文献」を参照してください。アルテラでは、JEDEC の標準規格で要求されているとおり、デバイスに対して、湿気のコントロール、熱風リフローのシミュレーションを実施し、さらに温度サイクルによるストレスを与えることでコンポーネントの信頼性を検証しています。アルテラでは、JEDEC のガイドラインに準拠した完全なボード・レベルのリフローも、外部の契約メーカーにて実施し、さらに温度サイクルによるストレスを与えることでボード・レベルの信頼性を検証しています。各ボード・デザインには、アプリケーション、使用する機器、半田ペーストによって異なる、独自の最適リフロー温度プロファイルがあります。ただし、このアプリケーション・ノートの推奨条件がガイドラインおよび制約条件となり、デバ

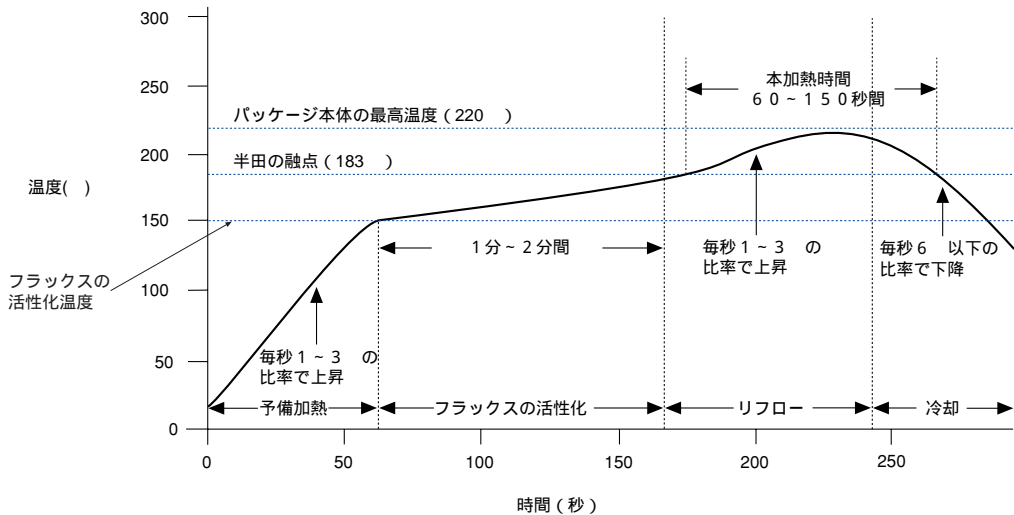
イスに過度のストレスを与えることを防止し、ユーザのリフロー工程にアルテラのデバイスを正しく実装するのに適切な特性を設定できます。このガイドラインには、アルテラの契約メーカーで使用されているプロファイル例も含まれています。

温度 プロファイル

各ボードに使用される、半田ペースト、リフロー・オープン、プリント基板の材質、実装されるデバイスの種類や数はそれぞれ異なるため、可能な限りの組み合わせに対して適用できるリフローの温度条件はありません。ただし、適切なガイドラインに従い、PCB の特性に合わせることで、ユーザはパッケージを PCB に正しく実装することができます。アルテラでは、社内のヘラー・リフロー室を使用したコンポーネント・レベルのテストと、サード・パーティ・ベンダによるボード・レベルのアセンブリの両方を実施しています。このテストの結果は、リフロー後の信頼性テストによって確認されます。アルテラで使用しているプロファイルは JEDEC の規格に基づき、すべてのパッケージが正しく確実にボード面に実装できることを保証します。図 1 に、JEDEC の標準規格に準拠した温度プロファイルのサンプルを示します。このサンプルは、各ユーザがリフロー工程を確立するための一般的な目標値として使用することができます。JEDEC プロファイルの制約条件と同様に、デバイスへのダメージを防止し、確実な半田付けをするために半田ペースト・メーカーが出している仕様書、推奨条件にも従う必要があります。4 ページの「最適なリフローを行うためのヒント」では、PCB ボードのプロファイルの方法、および新しい PCB 設計時の条件設定のためのガイドラインを記載しています。新しい PCB デザインで良いリフロー結果を得るためには、適切かつ完全な条件設定をする必要があります。図 1 のグラフは、半田付けを行うリフロー・オープンには以下の 4 つの基本的なフェーズがあることを示しています。

- 予備加熱
- フラックスの活性化
- リフロー
- 冷却

図 1. 赤外線リフローまたは熱風リフローを行うときの温度プロファイル



リフロー工程

予備加熱の段階では、半田ペーストが加熱され、その揮発性の成分が蒸発するようになります。予備加熱を行った後、ペースト内のフラックスが半田付けされる表面を適切に洗浄できるようにするためには、デバイスのリードが1分から2分間、約150°Cの温度を維持する必要があります。このフラックスの活性化フェーズでは、ボード上のすべての領域の半田がほぼ同じ温度になっている必要があります。次に、オーブンの温度を毎秒1~3°Cの比率で上昇させることによって、デバイスがリフローのフェーズに入ります。半田付けによる歪みやブリッジ、コールド・ジョイントなどを防ぐためには、デバイスのパッケージ本体の温度が少なくとも60秒間、半田の融点(183°C)以上になるようにしなければなりません。デバイス(モールド部)本体の温度はリードの温度から15°C程度異なる可能性があります、220°Cを超えないようにしなければなりません。パッケージは10秒から30秒の間、実際のピーク温度の5°C以内になるようにしなければなりません。350mm³以下のデバイスは大きいデバイスよりも温度が上昇します。これらの小さなデバイスの最高温度は240°Cです。

リフロー後の冷却

溶融した半田付け箇所を冷却し、接続個所が確実に固定されるようになると、リフローが完了します。この場合、温度が下降する割合を早くすることで、金属間の半田のグレイン・サイズを小さくなるようにすることができ、半田付け部分の強度を高くすることができます。ただし、コンポーネント本体へのストレスを減少させ、ゆがみを最小化するためには、冷却のコントロールが重要です。オープンの性能（送風の速度、発熱体の配置、ベルトの幅など）に従って、冷却スピードを下げてもっとゆっくと冷却することで、もっとうまく達成することができます。

リフロー後の洗浄

半田付けの完了後、脱イオン化された純水で洗浄することによって、組立てられたボード上のほとんどの残渣を取り除くことができます。現在、ほとんどのボード組立業者は、噴射式の水で洗浄できる水溶性のフラックス、またはリフロー後の洗浄が不要なフラックスを使用しています。

最適なリフローを行うためのヒント

新規の PCB に対しては必ず、実際に使用する製造ラインのオープンを事前に使用して、リフロー・プロファイルを評価する必要があります。ベルトの幅、ボードの熱容量、送風の速度、発熱体の配置がリフローの成否に影響を及ぼす可能性があります。図 1 に示されるコンポーネント本体の温度に対する制限を守り、湿気によるダメージを防ぐ必要があります。特に BGA、FineLine BGA パッケージなどの大規模なコンポーネントでは、コンポーネント全体を通して温度が均一であること、すべての重要なプロファイル条件が保たれていることを確かめるために、数箇所温度測定を行う必要があります。

下記の情報は、最適なリフローを行うためのヒントとなるものです。

- さらに均一な加熱特性を得るため、完全熱風型と赤外線加熱型を組み合わせたオープンを使用してください。一般に、より精密な温度制御と温度プロファイルの絞り込みが可能となるため、より多数の加熱／冷却ゾーン（8 ゾーン以上）を備えたオープンを使用することを推奨します。
- オープン内の温度分布をできるだけ均一にするため、オープンのフロア面および天井部にさらに多数の発熱体を取り付けられているオープンを使用して、より精密な温度制御ができるようにし、ボード上で遮蔽されそうな部分も十分に加熱されるようにする。
- オープン・ベルトの幅上に占める位置によって、温度差がある可能性があります。従って、ボードに適切な条件を設定し、ボードがベルト

幅の一定の相対位置を占めるようにしてオープン内を流すことが大事です。特に PCB のエッジの温度差に注意してください。

- デバイスのプラスチック本体とリード／ボールに隣接する PCB にサーモカップル（熱電対）を取り付ける。PCB ボードの底面に穴をあけて BGA デバイス中央の最低温度のボールにもサーモカップルを取り付ける。良好な半田付けが行われるようにリード／ボールの温度をモニタし、同時にデバイス本体の温度もモニタしてデバイスを保護する。リード／ボールと本体の温度差が 15 °C までになることがあるため、1 箇所のみ温度測定結果を参照するのは危険です。サーモカップルはヒートシンクに直接取り付けるのではなく、パッケージのサブストレートまたはパッケージの直近の PCB 上に取り付ける必要があります。
- デバイスのプラスチック本体が許容される最高温度である 220 °C を超えないようにしながら、確実な半田付けが行われるようにリフローの時間を調整する（350mm³ 以下のパッケージの最高温度は 240 °C）。
- 温度プロファイルの設定と半田付け部分の評価をすることで、リフロー工程を検証します。半田付け部分は、電気的に、および外観から評価することができます。BGA パッケージの場合、外観評価は外側の列からだけ行います。可能な場合は、断面の解析も行います。BGA パッケージの半田付け部分をエックス線で検査することもできます。半田付け部分を解析することで、リフロー・プロファイル／リフロー工程を改善する特定の方法が見つけれられるでしょう。

リフロー工程の例

アルテラでは、地元の契約メーカーで BGA コンポーネントを信頼性ストレス試験用ボードにリフローすることで、ボード・レベルの信頼性評価を行っています。契約メーカーでは、Conceptronics 社の 8 ゾーン型のオープンと、Qualitex 778 の水溶性半田ペーストを使用しています。アルテラの信頼性ストレス試験用ボードは 4 層から 8 層構造で、厚みは 63 ミル (1.60mm) から 93 ミル (2.36mm)、大きさは 13 インチ (33.02cm) × 4.5 インチ (11.43cm)、SnPb HASL パッドを使用し、標準 FR4 ボード材から作られています。アルテラでは、ボード・レベルの温度サイクルを行って、すべてのリフロー実験で得られた半田接続とその信頼性を確認します。（日本アルテラの Web サイト、<http://www.altera.co.jp> に掲載の「信頼性レポート」を参照）

図 2 に、アルテラの契約メーカーの典型的なリフロー・プロファイルを示します。これは、アルテラの FineLine BGA デバイスを使用して計測したプロファイル例です。パッケージ・タイプが異なれば、個々のデバイスの特性、特に熱容量と構造の違いによって、異なったプロファイルを示します。表 1 と表 2 に、図 2 のリフロー・プロファイルに対するパラメータを示します。

図 2. リフロー・プロファイル

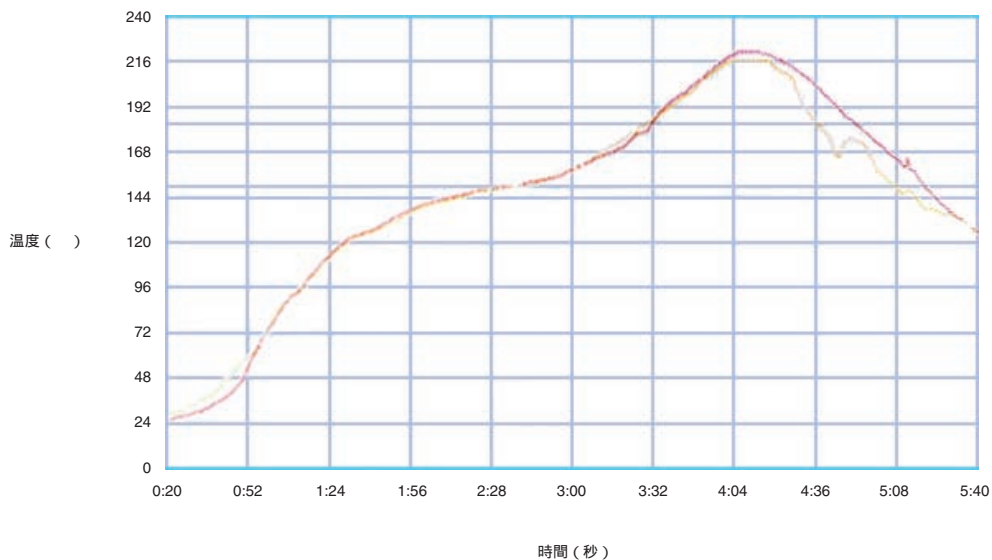


表 1. リフロー・プロファイルのプローブ・データ

プローブ	位置	150 °C以上の時間 (秒)	185 °C以上の時間 (秒)	ピーク温度 (°C)
プローブ 1	半田付け部の直近	160	81	220
プローブ 2	パッケージ上面中央	149	68	217

表 2. オープンの設定

オープン位置 (8 ゾーン)	温度 (°C) (1)
1	150
2	150
3	160
4	160
5	160
6	190
7	230
8	230

注 :

(1) この温度はデバイスの上下双方に対するものです。

湿気に対して 敏感なデバイス

ボードの組立がさらに高温で短時間で行われるリフロー方法に移行すると共に、半導体の耐湿特性がさらに重要になってきています。ハーメティック・シールが行われていないパッケージは、湿気を吸収します。パッケージが高温加熱されるとプラスチック・パッケージ内部の湿気が急激に気化、膨張してポップ・コーン現象を起し、クラックや剥離（デバイス内部のダイまたはリード・フレームとプラスチック間の剥離）が生じる可能性があります。この剥離は常時ではありませんが、場合によってはデバイスの劣化の原因となることがあります。

アルテラは湿気によってデバイスがダメージを受ける危険性が最小となるように使用するパッケージ材質の改善を行っています。下記のパッケージには現在ベーキングとドライ・バックを実施しています。（これらのドライ・バックが必要とされるプラスチック表面実装用パッケージは、そのピン数とデバイスの種類によって決定されています。）

- 薄型クワッド・フラット・パック (TQFP)
- パワー・クワッド・フラット・パック (RQFP)
- プラスチック・クワッド・フラット・パック (PQFP)
- プラスチック・Jリード・チップ・キャリア (PLCC)
- FineLine BGA パッケージを含むボール・グリッド・アレイ (BGA)

アルテラは各デバイスの耐湿特性に応じて、ドライ・バックの開封後からボードに実装されるまでの最大許容作業時間（フロア・ライフ）を規定しています。アルテラはこの許容時間を規定するため、サンプルの各デバイスに湿気を侵入させ、リフローが行われる標準的な温度を通過させた後、さらに温度サイクルを与えるテストを実施しました。デバイスに上記のストレスを加えた後、電気的なテストを行い、湿気による影響を正確に確認するため、X線および超音波顕微鏡によってデバイス内部の状態を解析しました。アルテラが行ったこの耐湿テストは、「*Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-Hermetic Solid State Surface Mount Devices*」(J-STD-020A) に準拠したものとなっています。アルテラがさらに実施した信頼性試験と半田付けテストの結果から、アルテラのデバイスをリフローするときの温度としては **220 °C** が適当であり、またこの温度がデバイス本体の許容最大温度であることが確認されています。MSL はドライ・バックに貼られたラベルに記載されています。ドライ・バック開封からボードに実装されるまでの時間が弊社推奨時間を超えたデバイスに対する推奨ベーキング条件も表記されています。

アルテラはデバイス・サイズ、ピン数、パッケージなどが異なる幅広い製品を供給しています。この幅広い製品群は設計者にとっては便利なオプションとなりますが、これによって各パッケージごとの湿気に対する感度を 1 つのレベルで規定することが困難になります。例えば、ダイ・サイズがより大きくピン数の多い QFP パッケージのデバイスは、ダイ・サイズが小さくピン数の少ない QFP パッケージのデバイスよりも湿気に対してより敏感になる傾向があります。このため、アルテラでは幅広いダイ・サイズ、ダイの形状、ピン数のデバイスを抽出して、各パッケージの湿気に対する感度をテストしています（類似したパッケージが同じような感度を持つ傾向はありますが、同一パッケージのすべてのデバイスが全く同じフロア・ライフを持つとは限りません）。アルテラでは、これらの幅広いデバイスを対象に実施したテスト結果に基づき、各デバイスとパッケージの組み合わせに応じた感度を規定しています。アルテラのデバイスの湿気に対する感度を示すもっとも信頼できる最新情報はドライ・パックのラベルに記入されており、デバイスの使用にあたってはこの情報を必ず参照する必要があります。デバイスを新しいドライ・パックに移し替える場合は、指定されていたフロア・ライフと有効期限を示す日時を新しいドライ・パックのラベルに慎重に再記入する必要があります。

湿気に対して敏感なデバイスのリフロー

湿気に対して敏感なデバイスをドライ・パックから取り出した場合や、湿気が完全にコントロールされた環境から移動させた場合は、ドライ・パック表面のラベルに記載されているフロア・ライフの時間内にデバイスをプリント基板に半田付けする必要があります。ただし、30℃以下の温度で相対湿度が 10% 以下に保たれている乾燥デシケータ内にこれらのデバイスを無制限に保存することができます。湿度管理されていない環境にデバイスが保管された場合は、125℃で 12 時間のベーキングを行い、規定されたフロア・ライフの時間内にプリント基板に実装しなければなりません。



湿気に対して敏感なデバイスの保管方法、取り扱い方法については、アプリケーション・ノート、AN 71 「*Guidelines for Handling J-Lead, QFP & BGA Devices*」（日本語版「J リード、QFP、BGA デバイスの取扱方法」）および「*Standard for Handling, Packing, Shipping and Use of Moisture/Reflow Sensitive Surface Mount Devices (IPC/JEDEC J-STD-033)*」を参照してください。

リフロー中にデバイスのプラスチック本体の温度は 225℃以下に保つ必要があります（350mm³ 以下のパッケージは 240℃）、温度上昇率を毎秒 1～3℃の範囲にする必要があります。アルテラがテストした結果では、この条件が守られていると、リフロー後にデバイスがどのような湿度条件でも安全に動作します。

表面実装用デバイスを取り外すときのガイドライン

半田付けの完了後に、プリント基板の手直しを行うために表面実装用のデバイスを取り外す必要が生じることがあります。アルテラのデバイスは取扱いが容易になるように設計されていますが、プリント基板からの取り外しは慎重に行う必要があります。プラスチック・パッケージの不適切な加熱や取り外しによって、デバイスが熱的なダメージを受けたり、リードを損傷する可能性があります。また、これによって生じる劣化が原因となって、デバイスの再使用が不可能になったり、不良解析が困難になる可能性があります。このため、デバイスに対する熱的なダメージやリードの損傷の危険性を防ぐために、下記に示すガイドラインを理解しておくことが非常に重要になります。

熱的なダメージを防ぐ方法

表面実装デバイスの取り外しには、半田付け済みの他の電子部品と同じような手順と注意事項が必要になります。効果的な半田付けを行うためには、温度、温度の変化率、対象デバイスに与える各温度の時間をもっとも重要なパラメータとなります。これらの熱に関するガイドラインは、デバイスをプリント基板から取り外す場合にも重要となり、取り外しに半田ごて、ヒート・ガン、オープンいずれを使用したときにもこれらのガイドラインが適用されます。もっとも重要な点は、プラスチック・パッケージの温度が 220 °C を超えないようにすることです (350mm³ 以下のパッケージは 235 °C)。加熱時間を調整することによって、ほとんどの場合はパッケージ本体の温度を 220 °C 以上に上げることなく、デバイスを安全に取り外すことができます (350mm³ 以下のパッケージは 235 °C)。

熱的なダメージの発生を防ぐためには、下記のガイドラインにしたがった作業を行うことが必要です。

- デバイスのプラスチック本体とリード／ボールに隣接する PCB にサーモカップル (熱電対) を取り付ける。リードの温度をモニタして半田がきれいに取り除かれるようにし、同時にパッケージ本体の温度をモニタしてデバイスが保護されるようにします。この場合、パッケージ本体とリードの温度差が 15 °C になることがあるので、1 個所のみで温度を測定するのは危険です。サーモ・カップルを直接ヒート・シンクに取り付けることはせず、パッケージのサブストレートまたはパッケージの直近の PCB 上に取り付けてください。
- 湿気に敏感なプラスチック・パッケージのデバイスが加熱された場合、デバイス内部に侵入した湿気が急激に膨張してデバイスを破壊させることがあります。アルテラが実施したテスト結果では、リフロー後のアルテラ・デバイスはあらゆる湿度レベルでも安全に動作することが確認されています。ただし、デバイスが JEDEC 規定の耐湿レベル (Moisture Sensitivity Level: MSL) を超える高湿度条件に置かれていた場合は、125 °C で 12 時間のベーキングを行って湿気を取り除き、推奨フロア・ライフ時間内にデバイスをボードから取り外してください。

い。JEDEC 規定の MSL に対してアルテラは評価テストを実施しています。MSL はドライ・パックに貼られたラベルに記載されています。ただし、ボード上のすべてのデバイスが規定フロア・ライフ時間内で作業されている場合は、ベーキングは不要です。

リードの損傷を防ぐ方法

アルテラは QFP、SOIC および J リードの各パッケージに業界標準のリード材質とアッセンブル方法を採用していますが、これらのパッケージのデバイスは十分に注意して取り扱い、パッケージのデバイスのリードに損傷を与えて半田付けに関連した問題が発生しないようにする必要があります。また、リードに極端に高い温度を与えるとリードのメッキが酸化によるダメージを受けることがあり、リード上に残留したプリント基板からの半田がブリッジしてピン間のショートの原因になることがあります。このようなリードの損傷を防ぐためには、デバイスを取り外す前にリードが均一化された温度で適切な時間だけで加熱されるようにしなければなりません。実際の温度と時間は、加熱の方法と使用するツールによって異なり、何回かの実験が必要です。

リードの損傷を防ぐためには、下記のガイドラインにしたがった作業を行うことが必要です。

- デバイスの本体とリードにサーモカップルを取り付け、リード/ボールの温度をモニタして半田がきれいに取り除かれるようにし、同時にパッケージ本体の温度をモニタしてデバイスが保護されるようにします。この場合、パッケージ本体とリード/ボールの温度差が 15 °C 以上にならないようにする必要があります。1 箇所のみで温度を測定するのは危険です。
- プリント基板上の半田が十分に加熱されたら、真空ペンを使用してプリント基板からデバイスを引き上げます。デバイスを引き上げる時は、デバイスが回転したり、左右にぶれないようにしてください。また、デバイスを再度使用する場合やアルテラに不良解析を依頼する場合は、リードに触れたり、リードを切断しないようにしてください。
- プリント基板からデバイスを取り外した後、すぐに脱イオン化された純水でリードに付着した余分な半田や残渣を取り除きます。
- 真空ペンを使用して、取り外されたデバイスをアルテラが認定しているトレイにすぐに収納します。収納されるデバイスは、トレイ内の正しい位置に置かれるようにしてください。



アルテラが認定しているトレイに関する詳細は、アプリケーション・ノート、AN 71 「*Guidelines for Handling J-Lead, QFP & BGA Devices*」 (日本語版「J リード、QFP、BGA デバイスの取扱方法」) を参照してください。

参考文献

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc. *Component Packaging and Interconnecting with Emphasis on Surface Mounting (ANSI/IPC-SM-780)*. New York: Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc., 1988.

Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc. *Test Methods Manual (IPC-TM-650)*. New York: Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits, Inc.

JEDEC/Electronic Industries Alliance, Inc. *Preconditioning of Non-Hermetic Surface Mount Devices Prior to Reliability Testing (JESD22-A113B)*. New York: JEDEC/Electronic Industries Alliance, 1999.

JEDEC/Electronic Industries Alliance, Inc. *Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Non-Hermetic Solid State Surface Mount Devices (J-STD-020A)*. New York: JEDEC/Electronic Industries Alliance, 1999.

JEDEC/Electronic Industries Alliance *Standard for Handling, Packing, Shipping & Use of Moisture/Reflow Sensitive Surface Mount Devices (J-STD-033)*. New York: JEDEC/Electronic Industries Alliance, 1999.

JEDEC/Electronic Industries Alliance *Acoustic Microscopy for Non-Hermetic Encapsulated Electronic Components (J-STD-035)*. New York: JEDEC/Electronic Industries Alliance, 1999.

JEDEC/Electronic Industries Alliance, Inc. *Symbol & Labels for Moisture-Sensitive Devices (JEP113-B)*. New York: Electronic Industries Alliance, 1999.

Altera, The Programmable Solutions Company, スタイル化されたアルテラのロゴ、各製品名、商標またはサービス・マークの表示がある他のすべての単語は、特に指定のない限り、Altera Corporation の米国および該当各国における商標またはサービス・マークです。他のすべてのブランド名、製品名は保有各社の商標です。Altera products are protected under numerous U.S. and foreign patents and pending applications, maskwork rights, and copyrights. Altera warrants performance of its semiconductor products to current specifications in accordance with Altera's standard warranty, but reserves the right to make changes to any products and services at any time without notice. Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services.

Copyright© 2002 Altera Corporation. All rights reserved.



I.S. EN ISO 9001

ALTERA

日本アルテラ株式会社

〒163-1332

東京都新宿区西新宿 6-5-1

新宿アイランドタワー 32F 私書箱 1594 号

TEL.03-3340-9480 FAX.03-3340-9487

<http://www.altera.co.jp>

E-mail:japan@altera.com

本社 Altera Corporation

101 Innovation Drive,

San Jose, CA 95134

TEL : (408) 544-7000

<http://www.altera.com>

この資料に記載された内容は予告なく変更されることがあります。最新の情報は、アルテラの web サイト (<http://www.altera.com>) でご確認ください。この資料はアルテラが発行した英文のアプリケーション・ノートを日本語化したものであり、アルテラが保証する規格、仕様は英文オリジナルのものです。