

## エレクトロニクスパッケージの新しい基板:

### アルミニウム・シリコンカーバイト複合材料(AISiC)

AISiCは今日の高出力密度のSiやGaAsチップ用の理想的なパッケージ材料である。AISiC特異の材料特性としては、高熱伝導や、最大熱放散の為にデバイスの直接装着を可能にするICデバイスに適合できる熱膨張係数である。AISiCの低材質密度は携帯用のデバイス等の重量に敏感な用途には理想的である。本レポートは従来の電子放熱材の材料特性とAISiCのそれとを比較させた調査である。

#### 序文

最高熱放散は今日の高出力ガリウムヒ素(GaAs)やシリコン(Si)の集積回路装置にとって必要不可欠である。最高熱放散は、高熱伝導放熱基板または筒体に直接アクティブ装置を装着することによって得る事ができる。直接装着はICデバイスの応力不良を避ける為には、適合する放熱材の熱膨張係数(CTE)が必要である。

銅やアルミニウム等の従来の放熱材のCTE値はICデバイスのそれよりかなり高い。それを補う為に、ICデバイスは放熱デバイスと若干適合するCTEを持つ応力軽減インターフェイス部材に取り付けられる。耐熱性が非常に高いアルミナ基板等のインターフェイス材は、その代わり放熱の損失となる。

コパールのようなFe-Ni合金のパッケージ材料は適合するCTE値を有するが、熱伝導値が低い為、熱放散の利点がない。CuMoやCuWのパッケージ材料は熱伝導値も高く、CTE値も適合しているが、これらの材料は密度が高く、携帯装置など重量が影響する用途には向いていない。

AISiC(アルミニウム・シリコンカーバイト)の材質構造は、高性能な熱処理のパッケージ設計に合う特異の材料特性をパッケージ設計者に提供する。AISiCは高い熱伝導率と、ICデバイスの直接装着を可能にし適合するCTEを有している。AISiCはまた軽量で、携帯用の設計やその他軽量が望まれる用途に適合である。

さらにAISiCの材質とプロセスシステムには、従来のパッケージ材料と比較し、2つの重要な利点がある。まず、材料加工の段階でパッケージをNET-SHAPEに仕上げることができる。NET-SHAPE加工は特別な加工をすることなく、複雑な高精度パッケージ形状の開発を可能にする柔軟性がある。第2に、FEEDTHRU(貫通型)やシールリング、基板等の機能部品はA

ISiCの工程中にパッケージに密閉して組み込むことができる。この同時組み込み (CONCURRENT INTEGRATION™)と呼ばれる単工程は、制約が出る可能性のあるろう付け、はんだづけ等の後工程を省略することができる。このAISiCの持つ熱伝導性と適合するCTE、低密度の特性と、NET-SHAPE加工、そして同時組み込み (CONCURRENT INTEGRATION™)を合わせることによって、パッケージ技術のための設計の幅を向上することができる。

### **AISiCの構成材料システム**

AISiC材は、溶融アルミニウム金属をSiCからなるプリフォームに加圧浸透させることによって製造される。SiC製プリフォームや浸透金型は、NET-SHAPEパッケージ加工を考慮して、最終製品の特徴を全て組み込む。図1はSiCのリッドのプリフォームとそれに対応するNi-AuメッキされたAISiCのリッドとセラミックのFEEDTHRUS(貫通型)である。セラミックFEEDTHRUS(貫通型)は本文に後述する同時組み込み (CONCURRENT INTEGRATION™)の技術を適用した浸透工程中にこのリッドに組み込まれている。

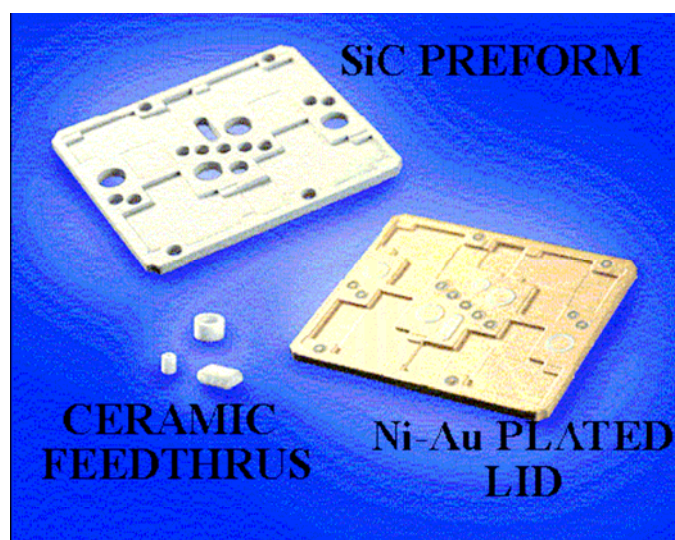


図1: SiCからなるプリフォームと  
Ni-Au メッキのAISiCのリッドとセラミックの FEEDTHRUS(貫通型)

AISiCのマイクロ構造は、図2に示すように、Alの連続金属層と、分離したSiC粒子層から構成されている。AISiCのマイクロ構造は、間隙が全くない高密度なので、気密材料となる。0.010インチの材料断面を測定した時の HE(ヘリウム)漏洩率は、 $10^{-9}$ atm cc/s よりも良かった。この気密レベルによって、AISiCのパッケージは機能部品に環境的な保護を与えることができる。

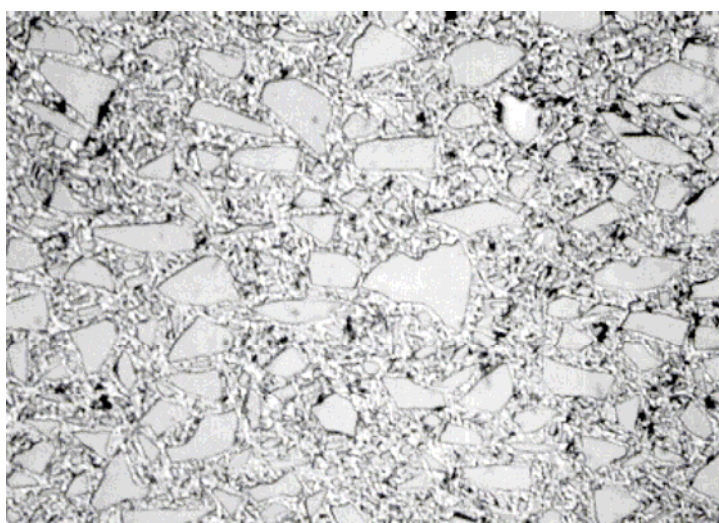


図2 : AlSiCのマイクロ構造(暗い部分がSiC)

AlSiC材特異の特性はそれを構成する材料の特性の組み合わせによるものである。AlSiCの特性はそれら構成要素の比率を変化させることによってできる。IC と適合するCTEを持つAlSiCの構成は、SiCの粒状物質の含有量が50から68Vol%である。表1はAlSiCとSi、GaAsと従来のパッケージ材料の材料特性を比較したものである。

表1: AlSiCと一般的なパッケージ、基板、IC 材料との特性比較(代表値)

材料	密度 g/cm <sup>3</sup>	CTE ppm/ 25-150°C	熱伝導 W/mK	曲げ強度 MPa	ヤング係数 GPa
Si	2.3	4.2	151		112
GaAs	5.23	6.5	54		
<b>AlSiC</b>	3.0	6.5-9	170-200	450	290
Kover(Ni-Fe)	8.1	5.2	11-17		131
CuW(10-20%Cu)	15.7-17.0	6.5-8.3	180-200	1172	367
CuMo(15-20%Mo)	10	7-8	160-170		313
Cu	8.96	17.8	398	330	131
Al	2.7	23.6	238	137-200	68
SiC	3.2	2.7	200-270	450	415
AlN	3.3	4.5	170-200	300	310
Alumina	3.98	6.5	20-30	300	350
Beryllia	3.9	7.6	250	250	345

AlSiC複合材料の熱伝導はアルミニウム金属と似かよっており、CTE値についてはアルミナと似ている。これらの属性を持つAlSiCパッケージは、熱放散を最大にして、製品の信頼性を向上するため、直接アクティブデバイスに装着するのに理想的である、

図3は-50°Cから350°Cの間のAlSiCとアルミナのCTEの瞬時値をグラフで示している。常温から150°Cの間のICと適合するAlSiCの平均CTE値は6.8ppm/°Cであり、これはGaAsやSiの装置の6.5と4.2ppm/°Cよりもわずかに高い。このアクティブデバイスとAlSiCとの間のCTE値の極小差は望ましく、これはろう付けやはんだ付けにより取り付け後にICチップにわずかな圧縮がかかる結果となる。これらの圧縮力は部品の破壊不良の危険性を減少させ、製品の信頼性の向上につながる。

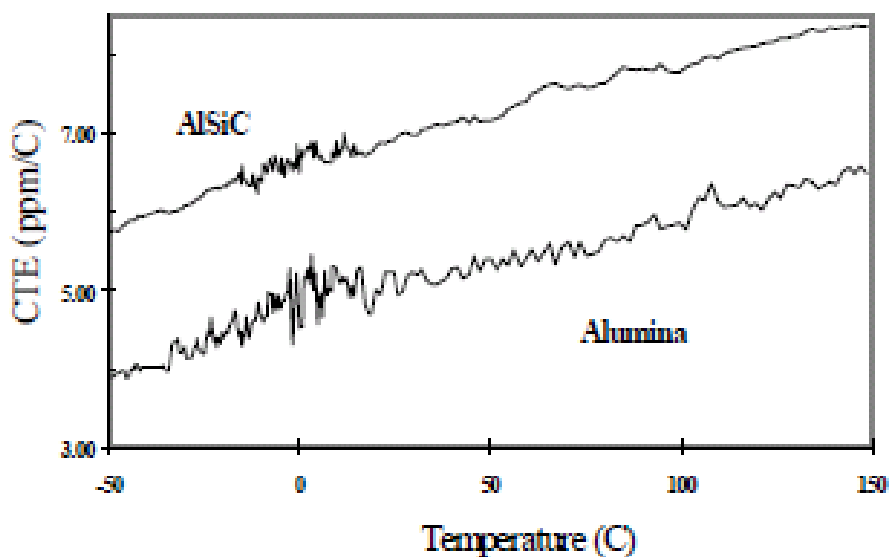


図3 : AlSiCのCTE瞬時値と温度

AlSiCの常温から400°Cの間の温度の作用としての熱伝導は図4のようである。これらのデータを、高い熱伝導の基板材として知られている Beryllia (BeO) や AlN のデータと比較している。

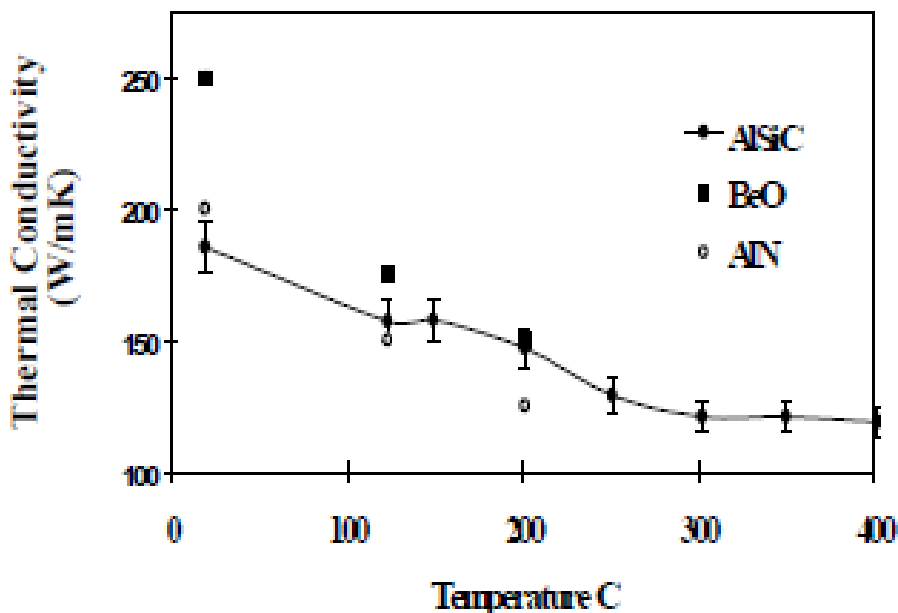


図4 : AlSiC, AlN, BeO の熱伝導率と温度

図4で示すように、AlSiCとAlNの熱伝導値は常温から150°Cの間では似ている。150°C以上になると、AlSiCはAlNよりも若干高い熱伝導値で、熱放散において良いデータを示している。BeO とAlSiCの熱伝導を比較すると、常温においては、215から300W/mK の BeO よりもAlSiCのほうがかなり低い。常温から上昇しIC出力のチップ作動温度においては、BeOとAlSiCの熱伝導値は同等になる、

AlSiCの強度と剛性を従来のパッケージ材料と比較する。AlSiCの最大曲げ強度はAl金属よりも2、3倍ある。

AlSiCのヤング係数、つまり材料の剛性はAlよりも3倍、Cuよりも2倍である。高い剛性と低密度の比率は構造的に比較的大きいが断面が薄い部品に望ましい。この属性によって、冷却表面を大きくする為にフィンのような部品を組み込むような設計が可能になる。図5は冷却フィンを一体化したAlSiC BGAのリッドを示している。

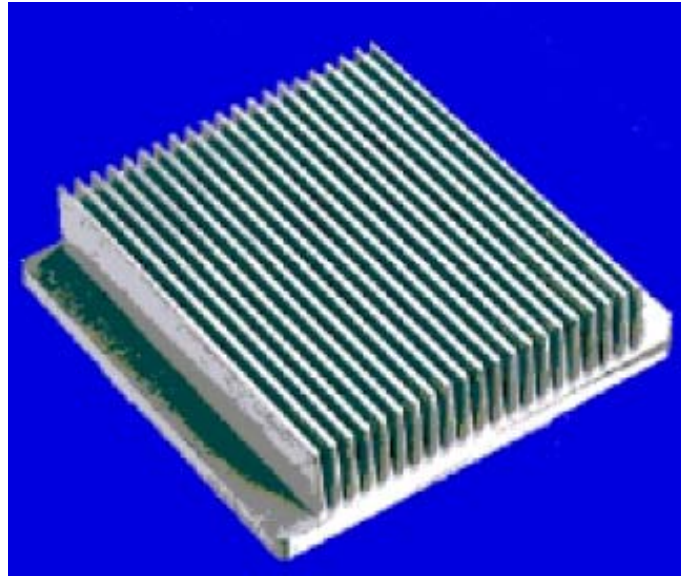


図5 : 放熱フィンを一体化したAlSiC BGAのリッド

### AlSiCメッキと一体化

AlSiCパッケージと基板は Ni や Ni-Au、アルマイト処理、プラズマ・フレイム・スプレイコーティングなど、従来のパッケージ材料と同じようなメッキ工程を使って、メッキすることができる。AlSiCパッケージはまた、従来の低温共晶ろう付けやはんだ付け技術を適用して、シールリングや FEEDTHRUS(貫通型)、基板と組み立てることができる。図6はAlloy-48シールリングと平坦はセラミック FEEDTHRUS(貫通型)がAlSiCのハウジングにろう付けされた物がある。

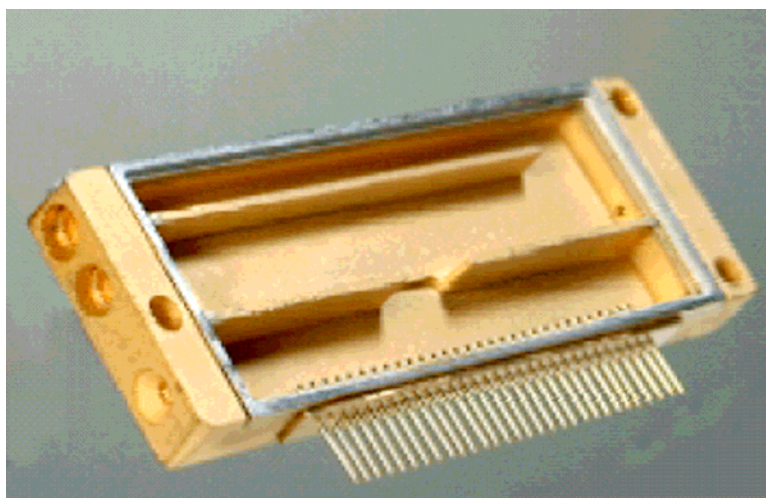


図6: AlSiCハウジングにシールリングと 30 ピンヘッダー同軸 FEEDTHRUS(貫通型)をろう付けした物。

シールリング、FEEDTHRU(貫通型)、基板は組み立て工程中にAISiCのパッケージに組み込まれる。同時組込みは、機能部品とAISiC材を1つの工程で密閉することができるという利点がある。同時組込み(CONCURRENT INTEGRATION™)されたAISiCハウジングの例が図7に示されている。このハウジングでは、高い熱伝導率の窒化アルミの基板がAISiCフレームに組み込まれている。さらに、アルミニウム金属の電気配線もまた、浸透工程中に、AlN基板の表面に付けられる。ハウジングははんだ付けとワイヤーボンディングを容易にする為にニッケルメッキされている。



図7: AlN基板とAISiCハウジングの同時組込み(CONCURRENT INTEGRATION™)

これまでの図に示されているAISiC基板、ヒートシンクやパッケージは幾何学的に多様であり、これらは NET-SHAPE に加工されていることに留意することが重要である。従来のパッケージ部材は通常ビレットやシートストックの状態から部品を加工する。これはコストがかかる。

## 結論

AISiCは高い熱処理が必要な部品やデバイスの理想的なパッケージ部材である。AISiCの低密度は携帯用の装置等の軽量化が要求されるアプリケーションには、最適である。さらに、NET-SHAPE加工や同時組込み(CONCURRENT INTEGRATION™)工程は従来のパッケージ材料よりもかなり設計的な利点がある。このような特徴は、高性能パッケージや熱処理設計における向上につながり、さらには製品そのものの信頼性につながる。

近年におけるAISiCの工程と材料の目を見張る発展は、軍用、民生の両分野でAISiCのヒートシンク、パッケージや基板への適用が認められるようになってきている。AISiCの製品設計はコストの面においても競争力があり、高い性能を提供できる。