

論文の内容の要旨

論文題目 「樹脂・窒化アルミニウムセラミックス
複合パッケージの開発に関する研究」

氏名 浅井 博紀

これまでセラミックパッケージおよびプラスチックパッケージは個々の特性を生かして小型化・高密度化する方向で発展してきた。しかし、パッケージに求められる機能が半導体素子の特性向上に伴って変化し、さらに同時に多くの機能を満足することが要求されるにつれ、従来の概念の枠内でパッケージを作製することに限界が生じてきている。本論文ではこうした課題を解決するための研究を行った。本論分は大きく分けて二つの主題より構成される。第一は、優れた電気特性・小型・薄型・高放熱性といった機能を同時に有しかつ低価格で製造できる新しいパッケージを提案し、その特性を測定することである。樹脂部品とセラミックス基板とを積層した新しいキャビティアップ構造のパッケージ(PCLP: Plastic and Ceramics Laminated Package)を提唱し、その最適な材料として液晶ポリマ(LCP)と窒化アルミニウム(AIN)を選択している(図1参照)。

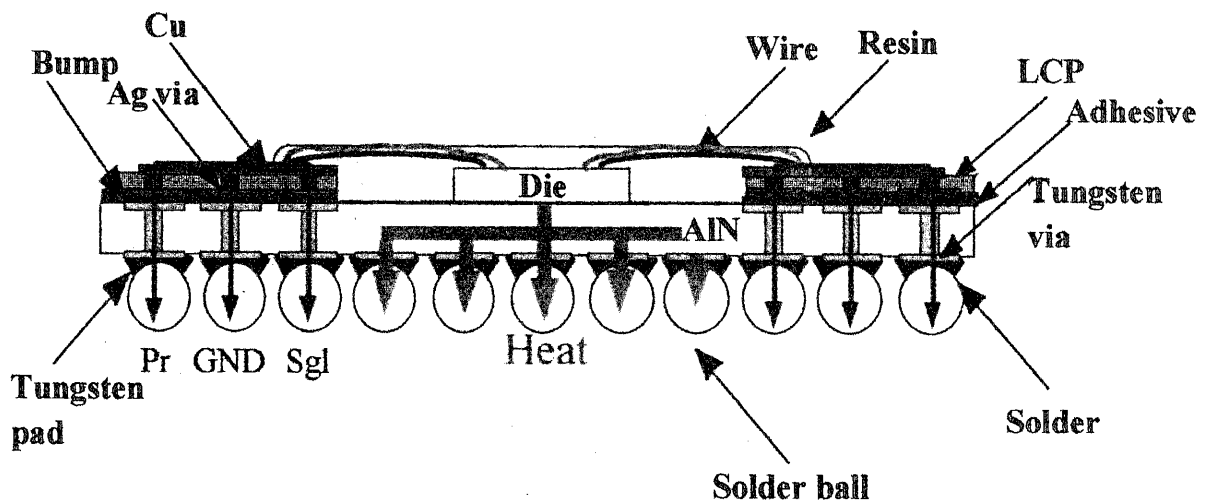


図1. 放熱性及び電気特性に優れた樹脂・セラミックス複合パッケージの断面図
(キャビティアップ構造・ワイヤーボンディング接続タイプ)

第二の主題は、新しいパッケージの製造や特性向上の鍵となる AIN の要素技術に関する研究を深耕することである。研究対象として、

1) 焼結助剤の検討、2) メタライズ方法の検討、3) 高強度接着方法の検討
である。これらの研究結果から、新たなパッケージを実用化していく上で、有用な知見を得ることとなった。

本研究がモチーフとしたパッケージ仕様は動作周波数 300-500MHz、消費電力は 2-5 W、入出力パッド数 200-600 程度、厚さが 2mm 以下の BGA パッケージである。PCLP では、電気特性の確保を樹脂部品とバルク銅配線を用いた配線部材により、また、放熱性の確保を高放熱性セラミックスとパッケージのキャビティアップ構造に達成した。パッケージの薄型化は AlN セラミックス厚さを薄くし、さらにパッケージの小型化は、放熱特性と同様、キャビティアップ構造の採用により実現した。パッケージの製造方法は、従来から用いられている簡便で一括処理が可能な印刷やプレスといった方法を採用することが可能で、低コスト化にも対応が可能である。

試作したパッケージは表層352配線、裏面664パッドのキャビティアップ構造のPCLPである。異種材料の積層体ではあるが反りは60 μ m以下であり、冷熱サイクル試験 (TCT) で1000サイクル及び高温・高湿試験で1000時間を実施しても、配線電気抵抗に殆ど変化は認められなかった。電気抵抗は、従来の高熱伝導性セラミック基板タイプと比較して約1/13に低下し、500MHzの信号に対しても使用可能であった。放熱特性は、キャビティダウン構造のパッケージと比べて、熱抵抗が約2°C/W (自然空冷)低かった。

樹脂・AlN 複合パッケージ特性向上の研究では、AlN 基板を常圧焼成する際に最も一般的な焼結助剤である酸化カルシウム(CaO)と酸化イットリウム(Y₂O₃)のどちらが適切であるか研究した。耐薬品性試験を実施したところ、CaO-AlNの方がY₂O₃-AlNよりも早く・多く重量減少を生じた。CaO-AlNでは粒界相が欠落していることが確認され、このことが基板表面部の基板強度の劣化につながった。また、CaO-AlN粒子の形状は球形に近く、粒界相とAlN粒子の濡れ性がよく、2面角が小さいため、AlN粒子同士の結合割合が小さくなり、表面近傍の粒界相の欠如による強度の劣化が顕著になった。一方、Y₂O₃-AlNでは粒界相の溶解は検出されず、ピン引張り強度、ピン曲げ試験の結果は良好で、TCT, PCTの信頼性試験後も強い強度を維持した。これらの結果から、樹脂・AlN複合パッケージにおいては、AlN粒子の耐薬品性だけでなく基板粒界相の耐薬品性と粒界相のAlNとの濡れ性も重要であることがわかり、焼結助剤としてY₂O₃が適切であることが判明した。

次にパッケージの放熱特性を向上させるため、AlN基板の最高熱伝導率270 W/[m・K]を有するAlN基板上に、印刷法でパターン形成が可能なメタライズ方法を研究した。アルミナ基板ではモリブデン(Mo)-マンガン法のような粒界相成分を利用したメタライズ法が一般的である。しかし、粒界相を持たないAlN基板にはこの方法が適用できないことから、窒化チタン(TiN)をメタライズ主成分として用い、これにMoを加えたメタライズ方法を研究した。引張り強度の最高値はTiNが80vol%の際に得られ、このときの破壊モードは基板破壊とメタライズ層破壊の混合モードであった。メタライズ基板の接合断面を分析した結果、AlN基板とメタライズ層間に反応層は認められず、AlNとTiNが直接接合していることが判明した(図2参照)。このMo-TiNメタライズ法は、粒界相を有する熱伝導率の低いAlN基板にも適用可能で、基板の熱伝導率が低い方が引張り強度は高くなる傾向が認められた。この傾向は、基板内粒界相がメタライズの際に再度液相化して、メタライズ層内に

移動したために、メタライズ強度が向上したことによるものと考えられる。Mo-TiN メタライズ基板の諸特性評価を行ったが、TCT による接合強度の変化はなく、メッキ後の表面も、ワイヤーボンディング性、半田濡れ性は良好でメタライズ基板として十分な特性が得られた。

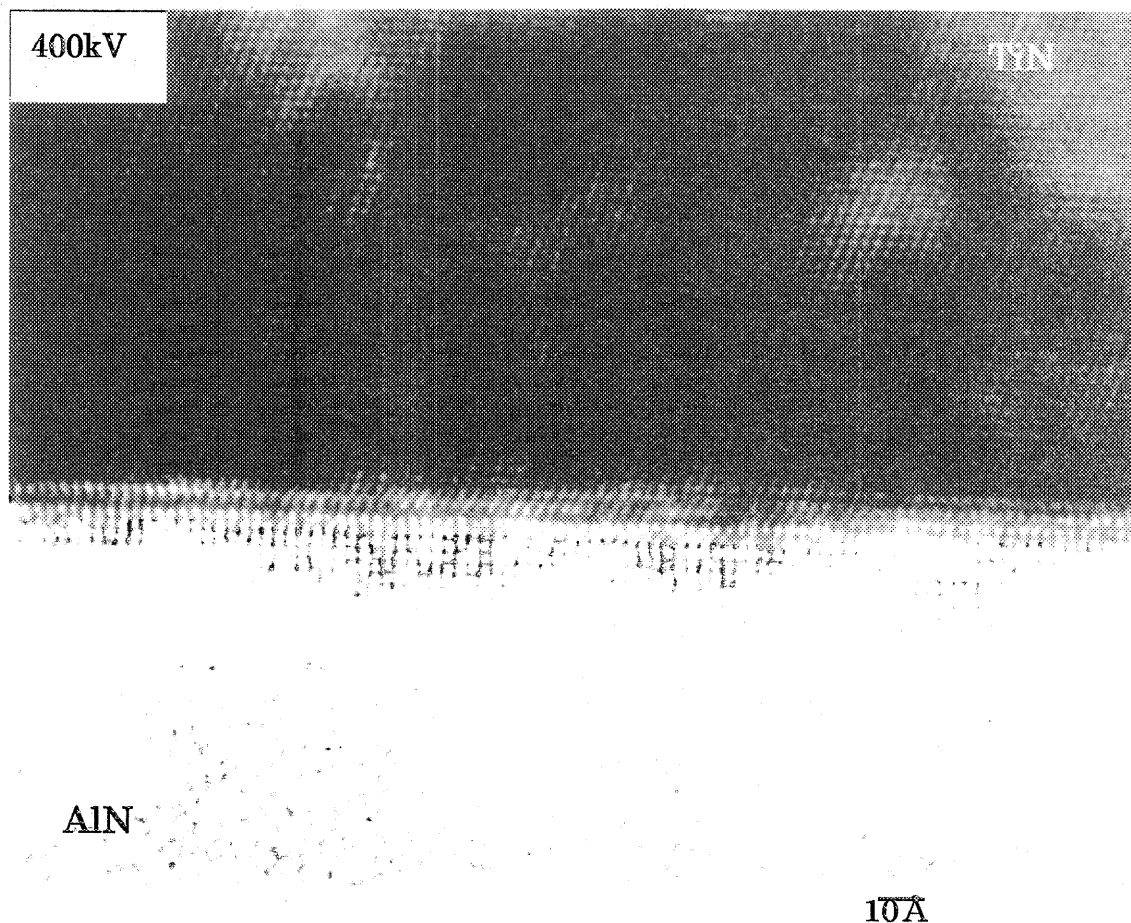
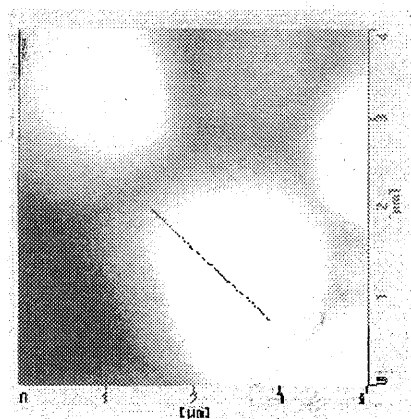


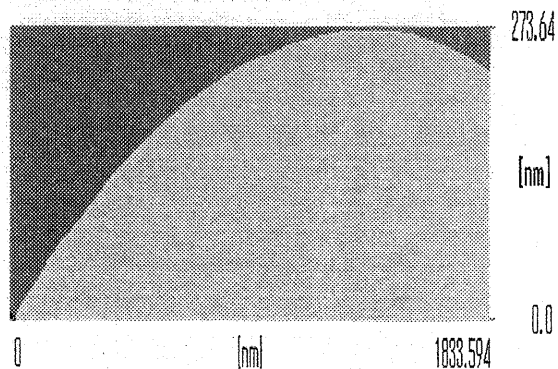
図 2 AlN/TiN 界面の TEM 像

AlN 基板と樹脂部品との積層には接着剤を使用する。ここでは、PCLP に適した流れ性の低いエポキシ変性ポリアミノビスマレイミド接着剤との接着性について研究した。引剥し強度は基板を研磨し、基板表面を粗くし表面積を大きくした方が引剥し強度は向上することがわかった。次いで低価格で高接着強度を実現するため、研磨によらない表面処理と AlN 基板の引剥し強度の関係について研究した。ほう酸カリウム ($K_2O \cdot n(B_2O_3)$) 水溶液に浸漬することで、基板粒子表面に高さ 30-100nm 程度の微小突起を形成すること可能になり、これにより引剥し強度を向上させることができた (図 3 参照)。また、基板表面に極性基を増やすことで引剥し強度が向上することもわかった。この知見を生かし、基板に酸素プラズマを 60 秒間照射し、 $K_2O \cdot n(B_2O_3)$ 水溶液に 3 分以上浸漬したところ、引剥し強度は、TCT800 サイクルを経ても 1.1N/mm の引剥し強度が実現できる接着を得ることができた。酸素プラズマ照射や $K_2O \cdot n(B_2O_3)$ 水溶液への浸漬は、AlN 基板表面の分散性の CH_x を減ら

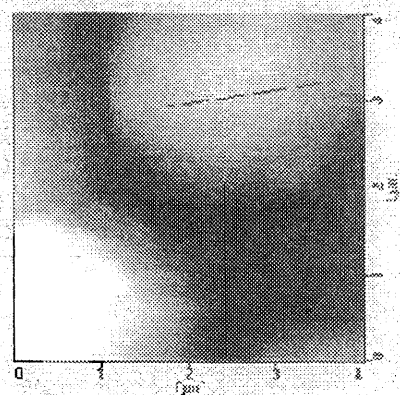
し、極性の COO, C=O や C-O を増加させることに寄与し、また表面に微細突起を形成してきた。



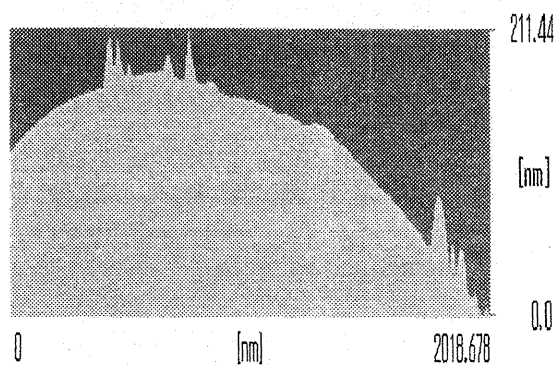
a-1) no immersion



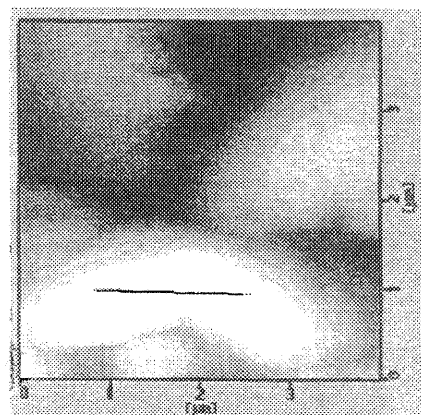
a-2) no immersion (raw profile)



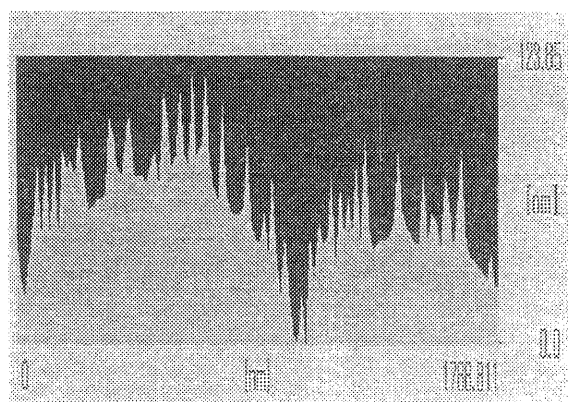
b-1) 3 min immersion



b-2) 3 min immersion (raw profile)



c-1) 10 min immersion



c-2) 10 min immersion (raw profile)

図3 $K_2O \cdot n(B_2O_3)$ 水溶液したときの浸漬時間による基板粒子形状の差を示す AlN 基板の平面 AFM 像及び断面形状。