

SiC パワーデバイス用基板の試作

—京都地域スーパークラスタープログラムの取り組み—

材料技術部門

当センターは、科学技術振興機構(JST)スーパークラスタープログラム(京都地域)長野サテライトに参画し、その中で低温溶射技術を用いて炭化ケイ素(SiC)パワーデバイス用金属セラミックス基板の作製技術の研究開発を進めています。低温溶射法によりアルミナ(Al_2O_3)基板および窒化ケイ素(AlN)基板に銅(Cu)厚膜を成膜する技術を開発し、SiCパワーデバイス用の金属セラミックス基板を試作しました。

■ スーパークラスタープログラムとは

スーパークラスタープログラムは、これまで各地域で取り組まれてきた地域科学技術振興施策の研究成果を活かしつつ、国主導で選択と集中、ベストマッチを行い、国際競争力の高い広域連携による「スーパークラスター」を形成することを目的とする事業です。長野地域では「信州型スーパーエネルギーデバイスクラスター」の形成を目指して長野県テクノ財団が代表機関となり、京都地域、愛知地域の両コアクラスターのプログラムにサテライトクラスターとして参画し「信州パワーデバイスクラスター」および「信州結晶デバイスクラスター」の形成に取り組んでいます。長野地域の研究開発は信州大学が中心となり、当センターも参画して取り組んでいます。

ここでは京都地域スーパークラスタープログラムの中で当センターが取り組んでいる研究開発の一部について紹介します。

■ 低温溶射による銅皮膜作成

SiCパワーデバイスはその特性から、高温で使用でき動作周波数が高いなど、ハイブリッドカーや新幹線、太陽光・風力発電等のパワーモジュール用次世代デバイスとして期待されています。図

1はSiCパワーデバイスパッケージのモデルです。SiCパワーデバイスに用いる金属セラミック基板は Al_2O_3 、 AlN 等のセラミック基板にCuまたはAlの配線パターンを施したものが使われています。当センターでは Al_2O_3 、 AlN の基板にCu配線パターンを施した金属セラミック基板の低温溶射法による作成に取り組んできました。低温溶射については本コーナーのNo. 349(2014.5)「低温溶射装置(新規設備)の紹介」をご覧ください。

パワーデバイス用銅パターンとしては $300\mu m$ 程度の厚膜が必要なため、低温溶射時の作動ガス圧力(ガス圧)、作動ガスのノズル出口温度(ガス温度)、溶射ガンのトラバース速度等を調整し厚膜作成条件を検討しました。図2は Al_2O_3 、 AlN およびアルミ合金A5052基板にガス圧、ガス温度を変

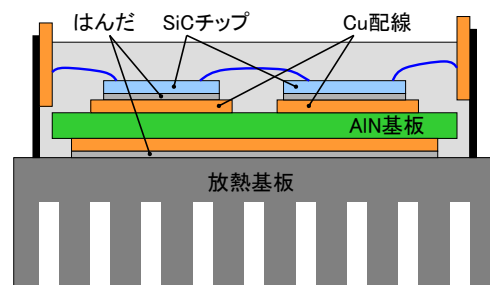


図1 SiCパワーデバイスパッケージのモデル

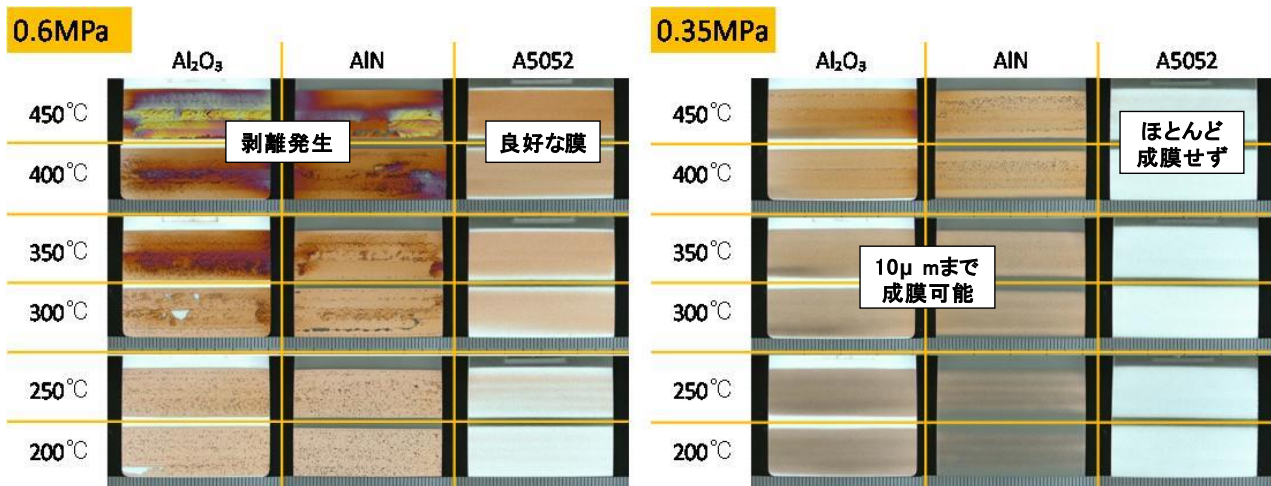


図2 溶射条件と基板ごとの皮膜の状態(ガス圧:左0.6MPa、右0.35MPa)

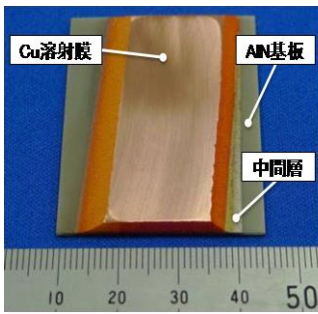


図3 AlN 基板上の厚さ 1300 μm の銅溶射膜

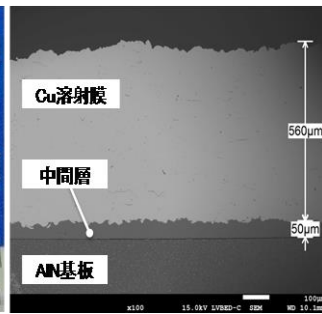


図4 中間層を適用した銅溶射膜の断面

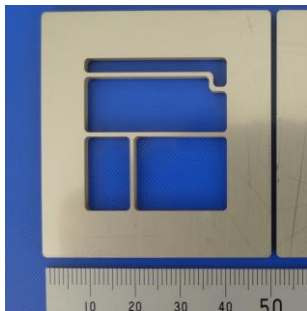


図5 パワーデバイス基板の溶射マスク

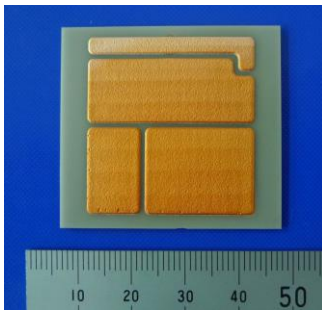


図6 試作した金属セラミックス基板

えてCu粉末を溶射した皮膜の状態です。低温溶射は粉末を高速で基板に衝突させ、そのエネルギーで基板に付着・堆積させるため、一般にガス圧を上げて粒子の衝突速度を高めた方が成膜効率は良くなります。また、粉末粒子が基板に付着する臨界速度は粒子が変形しやすい方が低くなるため、固相の範囲内で粒子の衝突時の温度を上げて柔らかくする必要があります。図2からわかるようにA5052基板への溶射ではガス圧0.6MPa、ガス温度400~450°Cで良好な銅溶射膜が形成できるのに対し、ガス温度を下げると銅の付着量が減る、すなわち成膜速度が遅くなります。また、ガス圧を0.35MPaに下げるとほとんど成膜できません。これに対し、 Al_2O_3 及びAlN基板の場合、0.6MPa、400°Cの条件では成膜後に剥離が発生しています。成膜後の基板温度は加熱された粒子の衝突により300°C前後に達します。室温まで冷却する過程で基板と膜の線膨張係数の差により界面に剪断応力が発生し、基板と膜の密着性が不十分である場合に剥離が発生すると考えられます。一方0.35MPa、300°Cの条件では処理後の基板温度を低く抑えられるため膜の剥離が発生せずに10 μm までの成膜が可能ですが、膜厚を稼ぐために溶射の回数を重ねると剥離が発生しました。

そこで皮膜の密着性を改善するため、界面の剪断応力を緩和する中間膜の適用を検討しました。 Al_2O_3 及びAlNと密着性の良い粉末を使用して数十ミクロンの中間膜を成膜しその上にCu皮膜を形成したところ、密着性が改善されて厚膜化が可能となり、図3に示すように1300 μm のCu厚膜の作

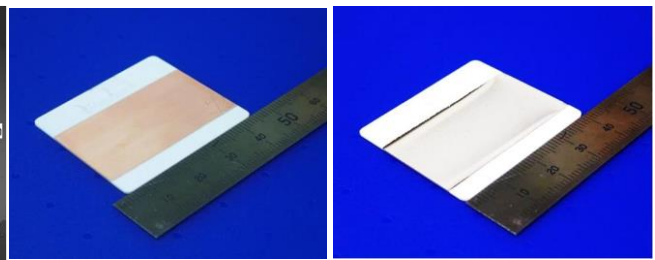


図7 CTE制御めっきによる試作実装基板
左： Al_2O_3 基板への銅メタライズ処理
右：銅溶射膜上に施したCTE制御めっき

製に成功しました。図4は皮膜断面です。マクロ的には空孔のない緻密な皮膜が得られています。50 μm の中間層の上にCu溶射膜を形成した場合、皮膜の引き剥がし強度は Al_2O_3 基板では5MPaから20MPaに、AlN基板では1MPaから25MPaに改善できました。

■ 金属セラミックス基板の試作

上記の結果を受けて、SiCパワーデバイス用金属セラミックス基板の試作に取り組みました。図5に示すSUS304製の溶射用マスクを用いてマスクングを施し、セラミックス基板の上にCuパターンを形成した試験用の金属セラミックス基板を作成しました。試験用基板の形状はDOWAパワーデバイス(株)(塩尻市)の協力を得て決定しました。今後は同社の協力を得てパワーデバイス用基板としての性能評価を進めます。

■ 京都市産業技術研究所との連携によるパワーデバイス用基板の作成

スーパークラスター事業の一環として、京都市産業技術研究所(京都市産技研)との広域連携によりSiCパワーデバイス用実装基板技術の新規探索を進めています。京都市産技研では、これまで開発を進めてきた熱膨張係数(CTE)制御めっきによるパワーデバイス用実装基板の作成に取り組んできましたが、セラミックス基板へのめっき処理の密着性が課題となっていました。そこで当センターで低温溶射法を用いて Al_2O_3 及びAlN基板へCu溶射皮膜を形成(メタライズ処理)し、その上に京都市産技研でCTE制御めっき処理を行いパワーデバイス用実装基板を作成しました(図7)。京都市産技研でめっき後の評価を行った結果、中間層を施した基板は良好な密着性を示し、その上のCTE制御めっきを施しても剥離することはありませんでした。今後、京都市産技研と連携して作成した基板の評価を進めます。

長野県工業技術総合センター
材料技術部門 金属材料部 山本潤一、傳田直史
TEL:026-226-2102 FAX:026-291-6243
E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp