

第4節 拡散接合 (S-DBC) による放熱性に優れたセラミックス絶縁基板の開発

(株)FJ コンポジット 津島 栄樹

はじめに

次世代自動車と呼ばれる電気自動車 (EV)、燃料電池車 (FCV)、ハイブリッドカー (HV および PHV) などは、電池に蓄えられた電力を利用してモーターを駆動する。電池からの電流は直流電流であるが、モーターの回転数を制御するには交流電流が有利である。このため、直流電流を交流電流に変換する必要が生じる。同様に、ブレーキング時にはモーターが発電装置になり、そこから発生する交流電流を直流に変換して電池に蓄電する事が行われる。この直交変換は半導体により行われており、この用途に使用される半導体をパワー半導体と呼んでいる。また、このパワー半導体による制御装置をパワーコントロールユニットと呼ぶ。パワーコントロールユニットでは、シリコン (Si) や炭化ケイ素 (SiC) などの半導体や各種の部品が、セラミックス上に形成された銅 (又はアルミ) 回路に接合されている。このセラミックスに銅回路が形成された部品を、セラミックス絶縁回路基板と呼ぶ。セラミックス絶縁回路基板は、従来はセラミックスとしてアルミナ (Al_2O_3) が使用され、厚さ 0.3 mm 程度の銅回路は Direct Bonding Copper (DBC) と呼ばれる技術により銅が直接セラミックスに接合されたものが使用されてきた。この時に使用される半導体は基本的には Si であった。近年、電気自動車の燃費向上の目的で使用される半導体が Si から SiC に代わろうとしている。この時、SiC は Si に比べて耐熱温度が高く、大電流・大電圧で使用され、銅回路の厚さも 1 mm 程度までの厚い設計となっている。

銅とセラミックスは熱膨張率が異なる材料であり、それらが張合わさったセラミックス絶縁基板では、温度差に伴い大きな剪断応力が発生する。この剪断力に耐えるだけの強固なセラミックスと銅の接合が求められる。この強固な接合技術として (株)FJ コンポジットが開発した技術が S-DBC 基板 (Sputtering Diffusion Bonding Circuit) がある。本節では、この S-DBC 基板に関して製造方法と特徴などを概説する。

1. セラミックスと銅の接合

セラミックスと銅を接合する方法は各種存在する。簡単な方法としては接着材 (樹脂系) を用いる方法がある。しかしながら、接着材では耐熱性が低く、熱伝導率も低く、接合強度も低い欠点がある。樹脂系以外にもガラスフリットなどを用いる方法もあるが、ガラス系は硬くて脆く、低熱伝導率であり、接着強度も弱いことから使用される事は少ない。

接着材以外の方法としては、セラミックス表面に無電解メッキを施し、表面に金属層を施した上に、ハンダやロウ付けで金属箔を接合する方法もある。メッキとセラミックスの接着強度は厚い銅を貼り付けるには不十分であり、薄い銅箔での使用に限定されている。メッキ以外にも蒸着やスパッタリング、CVD などの各種の下地処理方法があるが、何れもコストと性能の面で量産品に採用される事は難しい。

また、セラミックス側の接合面を予め金属化して、金属—金属のロウ付けによる接合技術がある。セラミックスの表面を金属化する方法としては、高融点金属法 (テレフケン法) とも言われている方法が一般的である。この方法は 1938 年にドイツのテレフケン社の Pulfrich によって始められた方法で、焼成前のアルミナ粉を成形したグリーンシートの段階で、その表面に Mo (モリブデン) や Mn (マンガン)、W (タングステン) などの粉末を印刷などの手法によりコーティングして、アルミナ等と一緒に 1700℃程度の温度で焼成すると、強固に Mo などの金属層が成形されたセラミックス基板となる。現在使用される高融点金属の主流は Mo と Mn の混合粉末で、両者を適当な比率で混合するとアルミナの焼結時の熱収縮と同じ熱収縮挙動を示す事が可能であり、焼成後のセラミックス板に反りを発生させる事無く表面を金属化したセラミックス板を製造することが出来る。この方法は半導体パッケージのセラミックス部品の表面処理に現在も多用されている。この方法は Mo/Mn 法 (モリマン法) などとも省略して呼ばれている。この方法で Mo/Mn の金属層が成形されたアルミナ基板は、その後 Ni (ニッケル) メッキが施され、銅板と銀ロウな

どの方法により接合が可能となる。この方法では事前にセラミックス板の準備が必要であり、コストも高いことから電気自動車用のセラミックス絶縁回路基板として使用される事は難しい。これらのセラミックスと金属との各種の接合方法を表1にまとめた。

表1 セラミックスと金属との各種接合方法¹⁾

	接合方法
固相-気相法	蒸着法
	イオンプレーティング法
	スパッター法
	CVD法
固層-液相法	メッキ法
	有機接着剤法
	エポキシ系接着剤
	酢酸ビニル系接着材
	無機接着剤法
	ケイ酸アルカリ系接着材
	リン酸塩系接着材
	酸化物溶剤法
	非結晶性溶剤
	結晶性溶剤
	金属溶剤法
	インジウム
	アルミニウム
	Pb-Sn-Zn-Sb系合金
	活性金属法 (Ti-Ni, Ti-Cu, Zr-Ni)
	水素化合物法 (TiH ₂ -Ni など)
	高融点金属法 (テレフンケン法)
	Mo-Mn法
	Mo法
	硫化銅と炭酸銀を使用する方法
	還元法
	直接接触させ接合する方法
加熱炉及びバーナ加熱	
溶射	
固相-固相系	直流電圧印加法
	圧着法
	高温加熱法
	粉末形成後接触させ焼結・結合
	直接接触させ接合する方法

一方、電気自動車などに使用される回路基板として、従来からセラミックス (Al₂O₃: アルミナ) に銅を接合した回路は使用されてきているが、その最も利用されている方法は DBC 法 (Direct Bonding Copper) による回路基板であった。この製品は銅の酸化物である Cu-O が銅の融点よりも僅かに低い温度で溶融することを利用して、表面が酸化された銅板でアルミナ板を挟み込み、熱処理することにより Cu-O が Al₂O₃ と接着する事を利用する接合方法である。この接合技術は連続炉を用いて大量生産が可能であることから広く普及している。一方、この方法で接合できるのは酸化物系セラミックスである。そのため価格も安い Al₂O₃ がその対象となる。この方法は窒化アルミ (AlN) セラミックスにも使用されている。基本的には窒化物系セラミックスには DBC 法では接合は出来ないが、AlN の場合はセラミックスとしては比較的反応性がある材料であり、酸素雰囲気中で加熱することにより AlN の表面に Al₂O₃ が生成されることから、この Al₂O₃ 表面に銅を貼り付ける方法である。しかしながら、Al₂O₃ や AlN などのセラミックスは強

度が低いことから、0.3 mm 以上の厚さの銅を接合すると、熱応力でセラミックスが破壊される事が発生する。そのため、これから期待される SiC 半導体を用いた大電流・大電圧の回路として利用される厚い銅を接合した回路を製造する事は困難である。そのため、強度の高いセラミックスである SiN（窒化珪素）を用いる必要があり、SiN に強固に銅を接合する技術が求められている。

2. 次世代自動車用セラミックス

電気自動車のパワーコントロールユニットに使用されるセラミックスは主に 3 種類で、 Al_2O_3 、AIN、SiN である。近年では Al_2O_3 の強度をアップする目的でジルコニアを添加した高強度 Al_2O_3 も検討されているし、AIN に関しても AIN ウィスカー (Thermalnite:U-MAP Co.,LTD) を添加して強度をアップした材料も検討されている。主なセラミックスの物性を表 2 に示した。

表 2 各種セラミックスの物性²⁾

	Al_2O_3	AIN	Si_3N_4
密度 (g/cm^3)	3.9	3.3	3.2
熱伝導率 ($W/m \cdot k$)	20	170	90
熱膨張係数 ($10^{-6}K$)	7.3	4.4	3
曲げ強度 (MPa)	450	500	800
破壊靱性 ($MPa \cdot m^{1/2}$)	4	2	6
誘電率 (-)	8.5	8.8	9
誘電損失 ($\times 10^{-4}@1MHz$)	3	3	3
体積低効率 ($\Omega \cdot cm$)	$> 10^{14}$	$> 10^{14}$	10^{14}
絶縁耐圧 ($kV \cdot mm^{-1}$)	20	20	10

ここで次世代電気自動車に使用されることが期待される材料は厚い銅 (0.5 mm 以上) を接合しても問題の無い材料となる。厚い銅をセラミックスと一体化すると熱サイクルにより接合界面には大きな剪断力が発生する。その剪断力は銅の厚さが厚くなるほど大きくなる。その結果、熱サイクルテスト (-40℃~170℃が一般的) 中にセラミックスの割れが発生することが確認されている。セラミックス母材にクラックが入った例を図 1、および図 2 に示した。

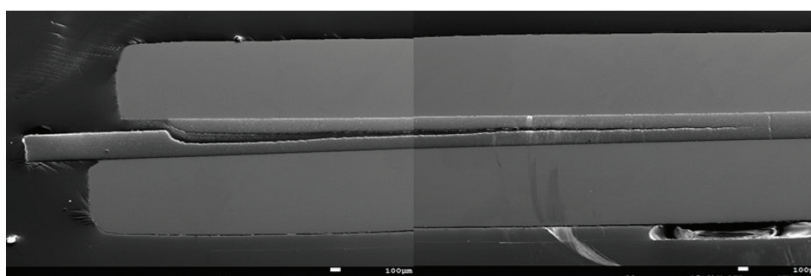


図 1 S-DBC 法 SiN/Cu = 0.32 mm / 1 mm - 40 ~ 250℃熱サイクル試験後の SiN 割れ
(接合強度がセラミックス母材強度を上回っている場合は、セラミックス母材破壊が発生する)

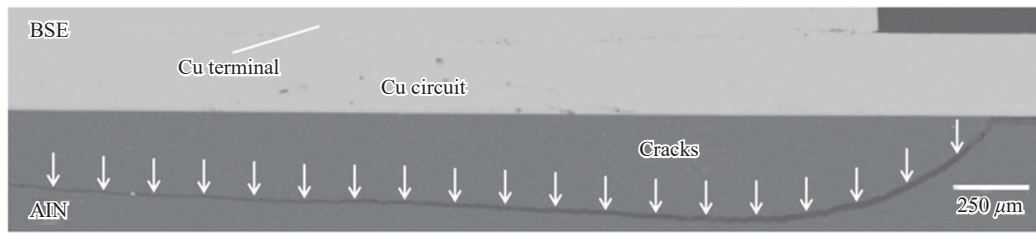


図2 AMB法による熱衝撃試験（-40～150℃）後 AlN/Cu = 1 mm / 0.3 mm（AlNにクラック）³⁾

図1は、弊社のS-DBC法（Sputtering Diffusion Bonding Circuit）により接合したものであるが、強度の高いSiNでもCu = 1 mmで熱サイクル温度が250℃と過剰な負荷を与えると割れる事が示された。熱サイクル温度が170℃の場合は、このような割れは発生する事は無い。

一方、図2に示すとおり、AlNの場合は銅厚さが0.3 mmで、熱サイクル温度が150℃と低い熱サイクルの試験後であるが、この程度の負荷でもAlNにはクラックが入る事が示されている。

我が社の実験でも、Al₂O₃とAlNは熱サイクル試験（-40～170℃）でクラックが生じることが確認されており、次世代自動車に使用するセラミックスとしては使用が困難であることが理解される。AlNに関しては銅回路の厚さは0.3 mm以下の0.15 mm程度が使用の限界とも考えられる。

勿論、SiNであっても銅が1 mm以上の厚さになればセラミックス自体に割れが発生する事が観察される事もある。使用限度となる銅の厚さは、絶縁回路の寸法（長さ）や形状により変化することから、あくまで一般的な目安と考えるべきである。

一方、セラミックス絶縁回路基板に対しては高い放熱性も要求される。AlNは170 W/mKと高い熱伝導率の材料であるがSiNは100 W/mK前後の値でしか無い。そのため、回路基板で使用されるSiNの板厚は0.32 mmと、AlNの0.635 mmの半分の材料が使用されていることが検討されている。実際にSiN = 0.32 mm品を使用して銅を接合しても、Cu = 1 mm厚さでも通常の評価ではSiNが割れる事は無い。即ち、SiNは厚さ半分でもAlNよりも強度が十分に高く、使用に耐えられることが理解される。

3. SiNへの銅の接合方法（AMB法の問題点）

上述のとおり、次世代の電気自動車のパワーユニットに使用されるセラミックス材としてはSiNが有望であることが理解出来たが、SiNにどの様にCuを接合するかは大きな問題であった。SiNは安定なセラミックスであることは反面、反応性が乏しく他の材料と結合（接合）し辛いことを意味している。そのため、Al₂O₃などで採用されているDBC法で接合する事は困難である。

そこで一般的に採用されている技術はAMB法（Active Metal Brazing）である。この方法は、一般的な銀ろう（Ag:Cu = 70:30%）にTiを1～2%程度添加したろう材である。銀ろうの共晶融点は780℃であり、通常は850℃程度の温度で接合される。活性銀ろうに関しては各種の成分や形状（粉末、シート）で販売が成されている⁴⁾。それらの活性銀ろうを用いればセラミックスと金属を直接接合することが可能である。シート状の活性銀ろうの製品紹介が各社のホームページに掲載されているが⁵⁾、その厚さは50 μm以上となっている。合金である銀ろうは硬いことから薄く圧延することが困難な材料である。50 μmのろう材を使用して300 μmの銅箔を接合するには厚すぎると考えられる。そのため、多くのAMB法の事業者はパウダー状の活性銀ろうを使用しているよう

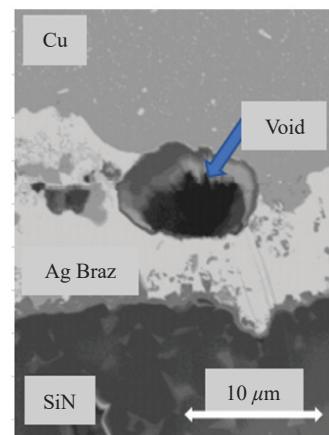


図3 AMB法におけるボイドの発生状況

だ。セラミックスの上にパウダー状のロウ材を有機バインダーを用いて塗り、アルゴン雰囲気の中で加熱して接合する方法が利用されている。この場合、ロウ材の厚さを $20\ \mu\text{m}$ 程度に削減が可能であること、シート状よりもパウダー状のほうが安価であるなどのコスト的な利点が発生する。一方で、使用する有機バインダーは加熱中に熱分解してガスとなる。このガス成分がセラミックスと銅の接合界面にボイドを生成する事になる。一般にパウダー系のロウ材ではボイドの発生を完全に防ぐことは困難であり、製品に多少のボイドがあることが観察される(図3)。

ここで、AMB法で使用される炉はアルゴン雰囲気の中で加熱されている。この理由は、窒素雰囲気では活性銀中のチタンと窒素が反応して窒化チタン(TiN)が生成されることから窒素雰囲気は避けられている。また、真空炉を使用した場合は、熔融して液体化したロウ材が真空中では激しく蒸発することから炉内の汚染が起こることから連続的に生産に利用するにはメンテナンスの問題が発生する。そのため、活性銀ロウは真空置換を行える炉でアルゴン雰囲気での使用が一般的である。そのため、AMB法の製造はバッチ式炉によることから生産性が低くコストアップの要因となっている。

また、使用する銀ロウもコストアップの要因である。銀の値段は高く、純銀の2021年時点の建値は90円/g程度である。経済状況の不安定な状況で価格は乱高下している。仮に $20\ \mu\text{m}$ の厚さにロウ材が使用されれば、セラミックスの標準サイズであるマスターカード(190*140mm)の面積2面では10g程度のロウ材が必要であり、900円の材料費となる。ところが、チタン入りの活性銀ロウの場合は、チタンが入っていることから活性銀ロウの製造工程で熔融するルツボなどにも激しく付着してしまい、その製造歩留まりは低い。そのため、活性銀ロウの価格は銀単体よりも遙かに高額である。その結果、AMB法の材料費も高額で、製造プロセスも高額であり、自動車向けには問題がある。

また、性能面に関しても銀ロウは合金であることから、純金属に比べて硬く・脆い機械的な性質を有し、同時に熱伝導率も低い傾向がある。そして銀ロウの最も大きな性能面での問題は、銀のマイグレーションの問題がある⁶⁾。銀のマイグレーションとは1955年に米ベル研究所で研究が行われ、BELL SYS. TECH. JOURNALに論文が発表されている。その後、ハイブリッド回路などの開発が進んで1980年代から多くの研究が発表されている。

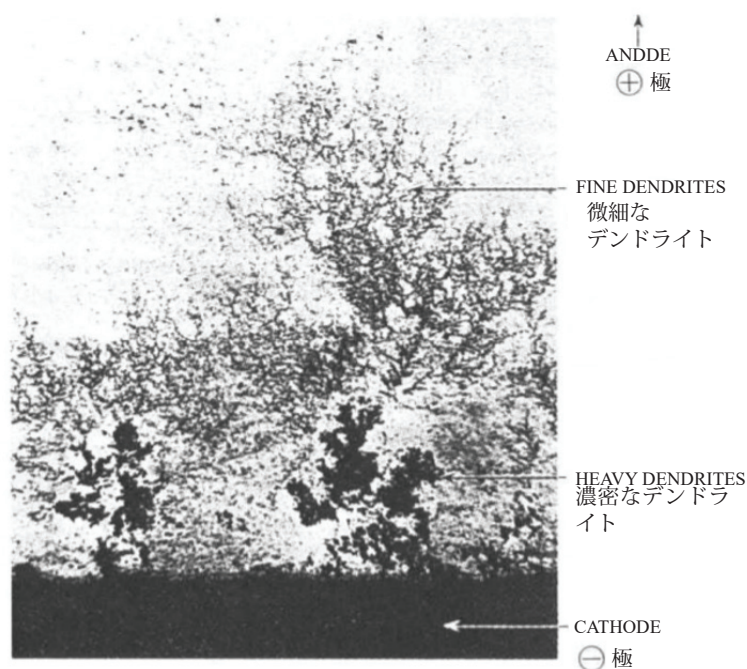


図4 石英板上で観察された銀のマイグレーション⁶⁾

(銀メッキの銀が電気化学的な反応でイオン化し、分離、移動、析出してデンドライトを形成)

銀のマイグレーションとは銀などの金属が電気化学的な反応により狭い絶縁体間隙を移動するもので、絶縁不良を引き起こす現象である。図4に石英板上に観察された銀のマイグレーションを示した。銀メッキされた電極から微細なデンドライト（樹枝状結晶）が成長していることが観察される。このマイグレーションを防止するためには絶縁回路の空間に樹脂などをポッティングして空間を作らないなどの対策が施されるが、これは余計なコストアップになるし、放熱の面でも問題がある。

AMB法はコストの面でも性能の面でも問題があり、実際に活性銀ロウを使用して接合している会社は少ない。例えば、Ag free AMB基板としてCu-P-Sn-Tiによる合金をロウ材として良好な結果が得られることが報告されている³⁾。また、活性銀ロウは高価なことから銅粉末+銀粉末+チタン粉末を混合して活性銀ロウのような使い方をしている事もあると聞いている。いずれにせよ、活性銀ロウはコストの面から量産品に採用されることは難しいと考えられる。

4. SiNへの銅の拡散接合法 (S-DBC法)

次世代の電気自動車に最も有望なセラミックスであるSiNに銅板を接合する方法は難しい課題である事を示した。これらの問題に対し、量産性でも物性でも価格でも優れた接合方法として、拡散接合を利用した絶縁回路基板を(株)FJコンポジットで開発を行った。拡散接合とは、まだなじみの少ない技術用語であり、使用する人夫々で異なる概念の技術として使用されている。ここで言う拡散接合とは、セラミックスと銅をロウ付けの様な熔融層を利用せずに、固体と固体のままに直接接合する事(固相拡散接合)を意味している。FJコンポジットでは、半導体用放熱板として銅板とモリブデン板のクラッド材を固相拡散接合する方法を確立して製造・販売してきた⁷⁾。この方法は、ホットプレス装置を用いて銅板とモリブデン板を交互に積層して、850℃以上の温度で10MPa程度の圧力を採用させることにより銅とモリブデンが一体化する技術である。この時、ホットプレスの雰囲気は高真空状態(10⁻³ Pa)で接合を行っている。高真空のため、銅の表面にある酸化銅の酸素は高温時に気散し還元された状況になると同時に、モリブデンとの界面はポイドフリーの状態となる優れた接合技術である。この技術は特許として国内外(日・米・中・欧)で成立している。この特許は複数層のMo箔(2層以上)を使用してCuとMoを接合した材料であり、従来からあったMoが1層でCuが2層の3層構造のCMC(Cu-Mo-Cuクラッド材)に対して、S-CMC(スーパーCMC)と新たな呼称も考案し、商標権も日米中で獲得した。この製造では銅とモリブデンの間には接着剤や接着層などは一斉使用せず、直接銅とモリブデンが接合されている。そのため接合界面における熱抵抗は無く、銅とモリブデンの熱物性からの伝熱の数式で得られた熱伝導率の値と測定値は一致する。即ち、接合層に不要な接合層が存在しない理想的な接合が得られる。この技術を利用してSiNと銅を直接接合出来れば、従来の問題点などは無くなる事になる。しかしながら、SiNと銅は接合に起因する因子も無く、単に温度と圧力を作用させても強固な接合を得る事は無かった。セラミックスの凸凹に銅が塑性変形してアンカー効果による僅かな接着力だけで接合されている接合体が得られるだけであった。そこで、セラミックスと強固な接合を成し得る成分の導入が必要であった。一般的な接合材料としてはチタンである。チタンは殆ど全ての元素と化合物を生成するほど活性な元素である。AMB法においてもチタンの作用でSiNと接合は成されている。即ち、 $\text{SiN} + \text{Ti} \rightarrow \text{TiN} + \text{TiSi}$ の反応によりSiNとTiは化学結合による強い力で接合する事が可能となる。そこで、ホットプレスによる熱圧着に加えて層間にTiを導入する方法を考えた。Tiを導入する方法は各種考えられるが、製造ムラが無く、何時でも均一に施工できる方法として蒸着技術の一種であるスパッタリングを選択した。スパッタリングとは、ターゲットと呼ばれる被覆する材料(Ti)を真空中でセットして、そこに電磁的な力で電荷させたアルゴン原子を衝突させ、その衝突エネルギーにより弾き出されたTi原子が材料を被覆する技術である。この技術は半導体や液晶などの製造に広く普及している技術である。この技術を利用して、SiNとCuの間にTiを被覆する事にした。TiのスパッタリングはSiN側でもCu側でもどちらでも接合に関しては可能である。また、被覆するTiの厚さは極めて薄くても接合には問題が無いことが判明している。現状の弊社のプロセスでは0.1 μm(100 nm)以下で十分であり、10 nm程度でも十分な接合力が得られている。この程度のTiをスパッタで被覆するには、適当な電圧を加えれば数秒でも被覆が可能であることは確認されている。

この様に、ホットプレスによる熱拡散接合の下地処理としてTiのスパッタリングを行う事により、銅板をSiNに

強固に接合することが可能となった。これらの基本的な製造工程を図5に示した。

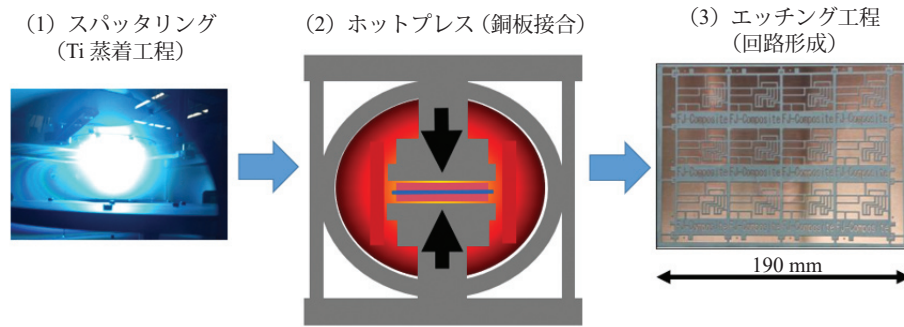


図5 S-DBCの基本工程図

- (1) Tiのスputタリング (Ti = 50 nm)
- (2) ホットプレスによる熱拡散固相接合 (10 MPa, 1000°C)
- (3) エッチングによる回路形成 (Cu層エッチング+ TiN層エッチングの2回)

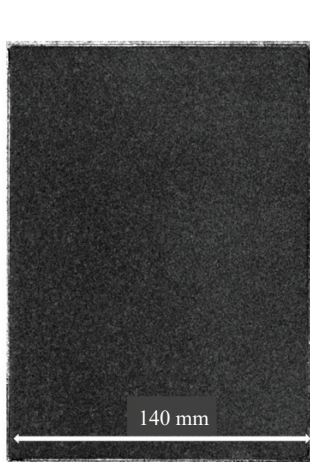


図6 S-DBC 接合界面 Fine-SAT 観察

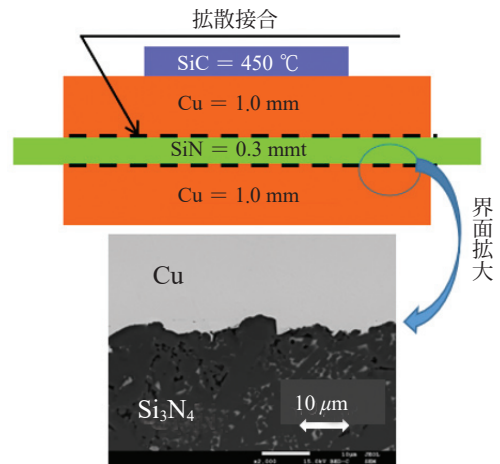


図7 S-DBC法によるセラミックスー銅の界面観察

(SiN上にはTiN層が存在するが、薄過ぎてSEM画像では確認する事が困難である)

図6はS-DBCのFine-SAT画像(超音波探傷Cスキャン)を示した。SiNの厚さは0.32mmで両面にCu = 1mmを熱拡散法で接合した。SAT画像に示されるとおり、界面には一切のボイドは存在しない。この理由は、高真空中(10⁻³Pa)で接合することから、接合界面に空気などのガス成分は完全に無くなっている事による。写真中の若干の白黒に斑に見える模様は銅の結晶粒が映っている。高温処理により銅は結晶の成長が起こり、数ミリ程度の大きさまで成長していることが観察される。

図7にはS-DBCの接合界面のSEM画像を示した。SiNの凸凹に対してCuは綺麗に塑性変形をしてその凸凹を埋めていることが観察される。また、接合界面にはTiN層が存在していることがX線分析などで判明しているが、このSEM画像にはTiN層が観察されない。これは、TiN層が50nm程度の薄いため確認が出来ないためである。

図8は図7の倍率を更に上げて、極めてマイクロな部分の接合界面のX線元素分析結果を示した。SEM画像に示した各ポジション5箇所の解析結果を示した界面から2 μm 程度SiNの位置①ではSiとNを検出している。また界面から1 μm 程度SiN側の位置ではSiとNの他にCuを検出している。更に界面から0.3 μm 程度の所③では、初めてTiを検出している。④の位置は界面に形成されたTiNの層になるが、そこではSi, N, Cu, Tiの4元素が観察される。また、界面から0.5 μm 程度Cu側の位置⑤ではCuのみの観察となっている。即ち、TiN層は界面付近の0.1 μm 程度の厚さにのみ形成されていることが示された。即ち、この接合では合金層はほとんど存在せず、純粋な銅がSiNに接合されていると言っても過言ではない構造となっている。合金層が存在しないことは、熱伝導率的にも有利であると同時に、強度的にも延性に富んだ柔軟性を有する構造であり、熱歪みに対して十分な変形能を有していることが推測される。

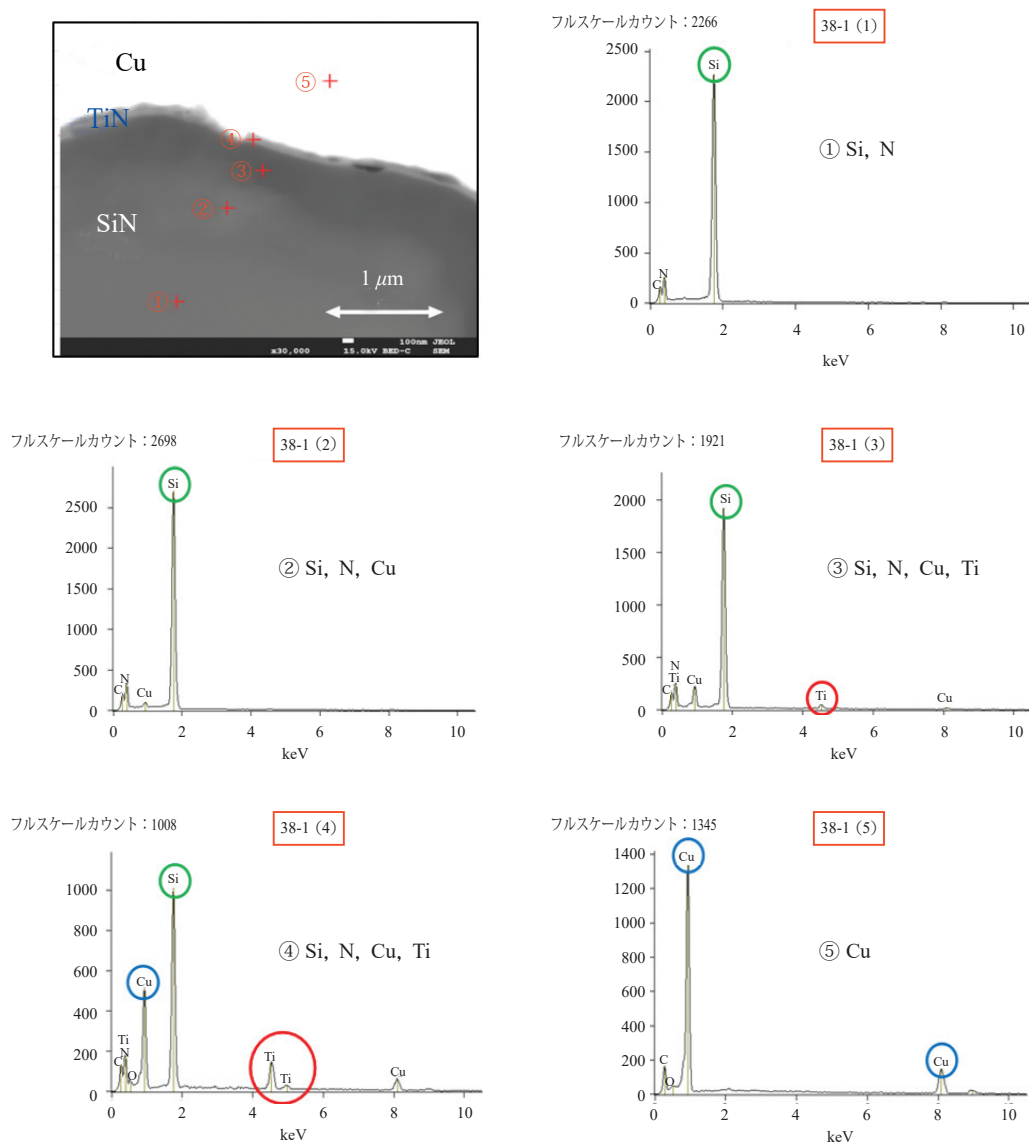


図8 S-DBC接合体の界面元素分析 (SEM画像) と各ポジションでのX線分析結果 (SEM画像①にはSiとNを検出, ③にはSi,N,Cu,Ti, ⑤にはCuのみを検出している)

5. 拡散接合法 (S-DBC 法) の物性

SiN 板と Cu の接合体の強度評価をする方法は各種あるが何れも単純では無く、夫々の方法において長所と短所を有している。一般的には短冊状に切り出した資料の銅の一部を引き剥がしてピール強度を測定する方法が行われている。例えば 5 ～ 10mm の幅で切り出した試験片を用意して、図 8 に示すようにサンプルをセットして銅板の端部を強制的に剥がして掴み部を作り、その掴み部を引き上げて剥離（ピール）する時の荷重を検出する方法である。

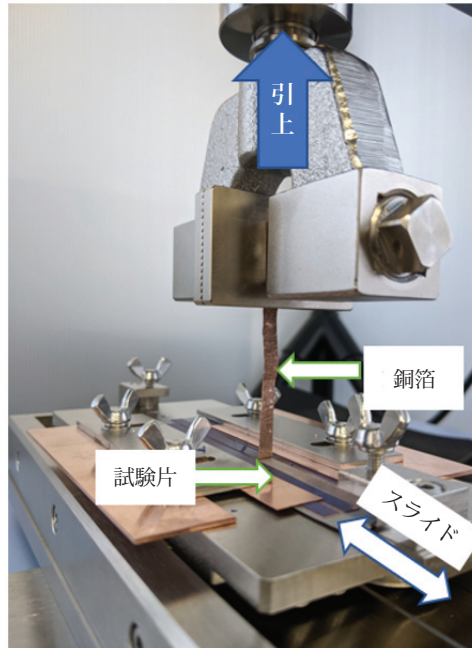


図 9 ピール試験の状況

図 9 において、SiN = 0.32 mm に Cu = 0.3 mm を両面に接合した、弊社 S-CMC と AMB 法の試料を用意し、幅 5mm に短冊状に切出して、それぞれのピール強度を測定した。その結果を表 3 に示した。S-DBC 法によるピール強度は AMB 法の 1.5 倍の値であることが示された。

表 3 S-DBC 法による SiN/Cu (0.3 mm) 品のピール強度と AMB 法の比較

S-DBC 法	15 MPa	Cu = 0.3 t 5 mm 幅
AMB 法	10 MPa	Cu = 0.3 t 5 mm 幅

同様に熱サイクル試験を実施した。熱サイクルの条件は (- 45 ～ 150 °C) で、Cu の厚さは 0.3 mm で、S-DBC は 3000 回の熱サイクル試験後も変化無く合格した。また、0.8 mm の厚さ - 40 ～ 200°C の温度範囲の熱サイクル試験にも合格していることがユーザーより報告を受けている。このように、S-DBC による拡散接合品は、接合強度や熱サイクルでも優れた値を示す理由は、殆ど純粋な銅の状態の銅が高温で軟化した状態となることから、銅の軟らかさがセラミックスとの熱膨張差を緩和しているためと推測している。同様に、熱伝導率においても AMB 法は合金である銀ロウがあることから熱伝導率の値を下げるのに対して、S-DBC は合金層が殆どないことから優れた熱伝導特性を示している。

実際に SiN = 0.32 mm (100 W/mK) を使用して両側に Cu = 0.8 mm (2 枚) を接合した S-DBC の板厚方向の熱伝導率は 250 W/mK 以上の高い値を示した。

6. まとめ

以上に固相拡散接合法による S-DBC 基板の特性に関してまとめてみた。その優れた機械的・熱的特性により、次世代 EV のパワーコントロールユニットに有望な技術である事が示された。現在、主流として使用されている Al₂O₃ は接合強度・母材強度・熱特性などの面で、SiC 素子の基板としては使用する事が困難である。そのため省エネ化が進んだ EV においては、SiN を用い拡散接合法による S-DBC が使用されるであろう。その時は、特性と同時にコストの面でも優れている必要がある。FJ コンポジットで開発した S-DBC は価格の面においても銀を使用しないことや単純なプロセスから安価に製造する事が可能であり、同時に量産性に優れている。SiC 半導体素子が普及するとき、セラミックス絶縁回路基板は S-DBC となり、その結果として地球温暖化防止に貢献できることが期待されている。

出 典

- 1) 高塩治男 まてりあ：日本金属学会報 24 (2) 113-120 (1985 年)
- 2) 株式会社トクヤマ HP (https://www.tokuyama.co.jp/research/recent_study/aln_filler.html)
- 3) 寺崎伸幸 スマートプロセス学会 第 7 巻 第 5 号 (2018 年 9 月) P172-175
- 4) 東京ブレイズ株式会社 HP (<https://www.tokyobraze.co.jp/material/reactive-silver-wax/>)
- 5) 田中貴金属株式会社 HP (<https://tanaka-preciousmetals.com/jp/products/detail/active-brazing-for-brazing-filler-metals/?nav=use>)
- 6) 小山内英世 他 まてりあ：日本金属学会報 第 56 巻 第 1 号 (2017 年) P24-26 DOWA
- 7) 特許第 3862737 “クラッド材およびその製造方法、クラッド材の成型方法”