

セラミックコーティング研究体 研究会

常温・低温プロセスを支える接合界面現象の解明に向けて

研究会趣旨 近年、セラミックスの常温・低温プロセスが各分野で注目され、その中でも市場性の観点から融点の大きく異なる金属やガラス、樹脂基材へのコーティングなどへの注目が集まりつつある。しかしながら、例えば、樹脂上へのセラミックスコーティングや透明導電膜の開発では、密着性や長期信頼性に大きな課題がある。SiC パワーモジュールでは、コンデンサや抵抗器などの受動部品と配線基板との熱膨張係数差により、熱衝撃 環境下におけるクラック発生、剥離の発生などが大きな課題となっている。このような課題は遮熱・耐環境部材のコーティング分野でも長年にわたり議論検討されてきた。また、膜の密着力と相反して界面近傍の相互熱拡散や残留応力の発生がデバイスの電気・機械物性そのものに大きな影響を与えることから、多様な金属、セラミックス、樹脂等の異種材料接合の自在な界面制御が、部材デバイス自体の性能や信頼性、長期安定性の確保、ひいては実用的な技術に繋げる重要な課題であることは明らかである。本研究会では、現在、注目されているセラミックスコーティング技術や異種材料接合技術を中心に、専門分野をまたがり基礎的視点から、常温・低温プロセスを支える接合、界面現象の解明にむけた議論をおこなうことで、コーティング分野における長年の重要な課題でもある接合界面現象について理解を深め、実用的な課題解決につなげることを目的とする。

日 時： 2019 年 2 月 22 日(金)～2 月 23 日(土)

22 日(金) 技術交流会 19:00～21:00

23 日(土) 研究会 9:00～17:00

場 所： かんぼの宿・熱海：静岡県熱海市水口町 2-12-3

主催・共催：日本セラミックス協会/セラミックコーティング研究体、ADCAL

参加費 日本セラミックス協会会員・ADCAL 会員無料、非会員 10,000 円
(ただし、宿泊費は各自負担)

締 切 2019 年 1 月 31 日 (木)

※定員になり次第、締め切りますので、お早めにお申込ください。

申込先 相馬 (産総研) : m.sohma@aist.go.jp

プログラム

午前：9：00～12：15

【厚膜コーティング：AD法】

① 9：00～9：45 明渡 純/産総研

「常温衝撃固化現象とAD法の成膜メカニズムについて」

② 9：45～10：30 黒岩芳弘/広島大

「ペロブスカイト型強誘電体AD膜の放射光による構造評価」

10：30～10：45 休憩

③ 10：45～11：30 長谷川誠/横浜国立大

「エアロゾルデポジション法により作製したセラミックスコーティングの組織と結晶配向性」

【特別講演・常温接合】

④ 11：30～12：15 須賀唯知/東京大学

「表面活性化常温接合法」

午後 13：00～17：00

【厚膜コーティング：コールドスプレー法】

⑤ 13：00～13：45 小川和洋/東北大

「コールドスプレーによる異種材料成膜とその成膜メカニズム」

【薄膜コーティング：物理蒸着】

⑥ 13：45～14：30 山本哲也/高知工科大

「ガラス基板上とポリマーフィルム基板上 Ga 添加 ZnO 透明導電膜とにおける特性相違」

⑦ 14：30～15：15 室谷裕志/東海大

「樹脂基板への光学薄膜成膜技術」

15：15～15：30 休憩

【薄膜コーティング：化学溶液法】

⑧ 15：30～16：15 土屋哲男/産総研

「光MOD法による酸化物薄膜結晶成長機構」

⑨ 16：15～17：00 長田実/名古屋大

「ナノシートコーティング：現状と課題」

講演概要

【厚膜コーティング：AD法】

① 明渡 純/産総研

常温衝撃固化現象とAD法の成膜メカニズムについて

AD法以外にも、これまで固体粒子の衝突付着現象を利用した成膜技術が、CS法やEPID法、GD法など、いくつか報告されている。一般にこれらの成膜手法では、微粒子の持つ運動エネルギーが基材あるいは微粒子間の衝突により局所的な熱エネルギーとして開放され、材料融点以上の高温になり粒子間結合が生じるものと考えられてきた。しかしながら、明らかにAD法より成膜エネルギーが大きいCS法では、緻密なセラミックス膜は形成できず上記運動エネルギーの大小だけでは成膜原理を説明しきれない。

実際、粒子衝突によるエネルギー解法メカニズムについて議論している報告例も少なくなく、さらに、この様な手法で形成された微粒子膜の粒子間結合状態、粒界構造が同じかどうか不明でない。本報告では、これまでの実験事実に基づいて、AD法における粒子間結合メカニズムについて論じる。

② 黒岩芳弘/広島大

ペロブスカイト型強誘電体 AD 膜の放射光による構造評価

ガラス基板の上にエアロゾルデポジション(AD)法で製膜したチタン酸バリウム BaTiO_3 やチタン酸鉛 PbTiO_3 、またチタン酸ビスマス $\text{Bi}_4\text{Ti}_3\text{O}_{12}$ などのペロブスカイト型強誘電体 AD 膜とその粉末原料の構造評価を放射光 X 線回折により行った。これらの AD 膜では構造の膜厚依存はほとんどないが、as-deposition で特異な方向に配向しながら膜成長することを見出した。電子密度分布解析の結果から、その配向の特徴は粉末原料の化学結合の特徴に関連付けて議論できることがわかった。as-deposition の AD 膜と粉末原料では相転移挙動にも明かな違いがあるので、それらの結果と合わせて結晶構造の特徴を紹介する。

③ 長谷川 誠/横浜国立大

エアロゾルデポジション法により作製したセラミックスコーティングの組織と結晶配向性

エアロゾルデポジション(AD)法は、セラミックス粒子を室温にて基材に衝突させることにより結晶質なセラミックス膜を形成する手法である。膜の形成は基材衝突時の粒子の破壊や塑性変形と考えられ、この成膜現象は常温衝撃固化現象と呼ばれる。一般に、金属や合金の多結晶体に塑性変形が生じると、複数のすべり系の活動により変形集合組織が形成することが知られている。それゆえ、AD法において粒子に塑性変形が生じるならば、膜が結晶配向を有しても不思議はないと考えられる。しかし、AD法により作製した膜の結晶配向についての報告はほとんど見られない。本講演では、成膜条件の違いが組織及び結晶配向に与える影響についてご報告する。

【特別講演・常温接合】

④ 須賀唯知/東京大学

タイトル：表面活性化常温接合法

表面活性化常温接合(SAB)は、イオン衝撃により接合表面の吸着層や酸化層を除去し、表面エネルギーを直接利用して、接触のみにより常温で接合する方法である。この方法のルーツは古く、1985年ごろからわが国で始まった超高真空常温接合の研究に遡ることができる。当初は、超高真空という特殊な環境が必要とされ、具体的な応用は限られていたが、研究の進展とともに拡張手法も提案され、接着剤やはんだなどを使わず、また加熱も必要ない常温での直接接合が可能であることから、現在は、様々な分野で適用が検討され、また実用に供されている。本講演では、本技術の概要とその展開を紹介するとともに、その将来展望を解説する。

【厚膜コーティング：コールドスプレー法】

⑤ 小川和洋/東北大

コールドスプレーによる異種材料成膜とその成膜メカニズム

コールドスプレー (CS) 法は、粒子を高速ガス流により基材材料に衝突させた際の運動エネルギーを利用して固相のまま成膜可能なコーティング技術である。これまでCS法は金属材料の成膜が主であったが、近年、一部のポリマーやセラミックス材料の成膜も可能になってきている。金属材料同士の成膜においては、粒子および基材表面に生成する自然酸化皮膜を衝突時の運動エネルギーにより破壊させ、新生面同士を露出させることで成膜が可能になると考えられるが、ポリマーやセラミックスの場合は、異なる成膜メカニズムが考えられる。ここでは、ポリマーやセラミックス等による異種材料の成膜可否とその成膜メカニズムに関し、講演する。

【薄膜コーティング：物理蒸着】

⑥ 山本哲也/高知工科大

ガラス基板上とポリマーフィルム基板上 Ga 添加 ZnO 透明導電膜とにおける特性相違

無機酸化物薄膜を異種基板上において成膜し、電気・光学特性を応用が要望する物性まで実現させるべくは、膜構造と物性（機械的特性も含む）との関係有無の解明が必須である。六方晶 Wurtz 鋳型 ZnO は立方晶ビッグサイト型 In_2O_3 とは異なり、室温成膜でも、ガラス基板及びポリマーフィルム基板上で柱状型結晶子配列から構成される多結晶構造を成し、かつ結晶子内は c 軸配向性を呈するといった特徴を有する。加えて上記配列構造の膜厚依存性は観察されない。本研究会では、これまでの成果を整理すると共に、成膜方法、初期成長機構及び残留応力（真応力と熱応力）制御との3つの観点から、課題を明らかにしたい。

⑦ 室谷裕志/東海大

樹脂基板への光学薄膜成膜技術

光学部品の光学特性の改善や波長制御等の目的で光学薄膜が用いられている。また、装飾用（加飾）分野でも、メッキにない質感から光学薄膜が用いられる。従来、光学薄膜の成膜基材の主役は光学特性・機械的特性・温度特性等から、ガラス等の無機材料が用いられていた。しかし、価格・重量・成形性等の点で優位な樹脂への代替もすすんでいる。樹脂への成膜上の問題点は成膜温度・アウトガス等がある。特にプラスチックの女王と呼ばれるアクリルは高い密着性を得ることが従来技術では困難である。そこで、スパッタリングと真空蒸着を組み合わせた新しい成膜方法により密着性の改善を試みた。この成膜法を含めて樹脂への成膜技術について発表する。

【薄膜コーティング：化学溶液法】

⑧ 土屋哲男/産総研

光 MOD 法による酸化物薄膜結晶成長機構

持続的発展社会の構築には、従来、高温焼成が必要であったセラミックス部材の低温・高速製造プロセスの開発と同時に、その特長を生かした新しい機能性部材を開発する必要がある。これらの課題を解決するため、金属有機化合物やナノ粒子のレーザー反応により、大気中、低温で機能性セラミックス膜をコーティングする手法を開発した。レーザー反応は光の波長と照射パルスエネルギー及びパルス幅により制御できるため、膜の深さ方向での結晶成長を自在にコントロール可能である。本講演では、光 MOD 法によるガラス基板、単結晶基板、及び樹脂基板上への酸化物エピタキシャル膜・配向膜及びフレキシブル

ルセラミック膜の生成機構について議論する。

⑨ 長田 実/名古屋大

ナノシートコーティング：現状と課題

グラフェンの研究を契機に、原子レベルの厚さをもつ 2 次元物質の開発が活発に行われている。中でも、酸化物に代表されるセラミックス系ナノシートは重要な研究ターゲットであり、新しいコーティング技術としての応用が検討されている。ナノシートの 1 つの魅力として、液媒体中に分散したコロイドとして得られるため、様々な水溶液プロセスを用いることで、1nm 単位で膜厚を精密に制御したナノ薄膜の製膜が可能な点にある。また、ナノシート法により常温緻密化したセラミックス膜は、優れた電氣的、機械的性質を有し、ナノ結晶の持つ特異機能の付与が可能となる。本講演では、ナノシートコーティング技術の現状と課題について議論したい。