

平成21年 5月25日現在

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007～2008  
 課題番号：19360343  
 研究課題名（和文） 中低温イオン液体を用いた還元拡散法による電気化学的薄膜形成プロセス  
 研究課題名（英文） Electrochemical Thin Layer Processing by Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Baths at Medium-Low Temperatures  
 研究代表者  
 邑瀬 邦明 (MURASE KUNIAKI)  
 京都大学・大学院工学研究科・准教授  
 研究者番号：30283633

研究成果の概要：スズイオンを含む溶液に浸した金属銅素地を陰極とし、ある条件で電解を行う。するとスズイオンは銅素地表面でスズ原子に還元されると同時に素地内部へと拡散し、銅素地は Cu-Sn 合金（スペキュラム合金）となる。還元拡散と呼ばれるこのような現象は、水溶液が使えない 100～200 °C の中低温を必要とし、本研究では作業環境のよい疎水性イオン液体を溶媒に用いる技術を開発した。ここでは Cu-Sn 合金薄膜形成に加え、Cu-Zn 合金（黄銅）の形成にも成功した。これらは自然順応型の新しい装飾めっきプロセスとして期待される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	11,900,000	3,570,000	15,470,000
2008年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
年度			
年度			
年度			
総計	16,000,000	4,800,000	20,800,000

研究分野：材料電気化学

科研費の分科・細目：材料工学・金属生産工学

キーワード：イオン液体、室温熔融塩、常温熔融塩、還元拡散、電析、電気めっき、合金形成、薄膜

## 1. 研究開始当初の背景

イオン液体とは、イオン（陽イオンと陰イオン）のみを構成単位とし、室温付近でも液体状態を保つ物質の総称である。多くのイオン液体の重要な特徴は、通常の有機溶媒と異なり事実上蒸気圧がなく（不揮発性）、また、比較的高い温度領域 100～250 °C（いわゆる中低温）でも分解・燃焼せず熱的に安定なこと（不燃性）である。1980年代に Wilkes らにより  $\text{BF}_4^-$  を陰イオンとするイオン液体が報告されて以後、含フッ素陰イオン（トリフルオアト  $\text{TfO}^-$ 、イミド  $\text{Tf}_2\text{N}^-$  など）に種々のカ

チオン種を組み合わせた疎水性イオン液体の基礎・応用研究が活発になった。

イオン液体のもう一つの重要な特長に電気化学的安定性があり、この特長を応用した電気化学デバイス（電池など）の研究が進んでいる。また、水溶液から電析できない卑な酸化還元電位をもつ金属の電析に、イオン液体溶媒の浴を使う研究も行われている。本研究の代表者（邑瀬）は、疎水性イオン液体の中でも特に、脂肪族4級アンモニウム陽イオンとイミド陰イオンの組み合わせからなる一連の液体が5V以上の非常に広い電位窓を有

することにいち早く着目し、その一つである TMHA-Tf<sub>2</sub>N を溶媒として用いた卑な金属の電析研究に着手した (TMHA<sup>+</sup>と Tf<sub>2</sub>N<sup>-</sup>の構造は後述)。その結果、Mg、Ni、Zn、Cu など、各金属電析が可能なることを見出した (*Trans. Mater. Res. Soc. Jpn.*, **29**, 55 (2004); *J. Appl. Electrochem.*, **31**, 1089 (2001))。

このように、イオン液体 TMHA-Tf<sub>2</sub>N は電析溶媒として有望であるが、その欠点として液体の粘性の高さがある。TMHA-Tf<sub>2</sub>N の室温付近における粘性は水より2桁高く、このような高粘性は、イオンの移動を伴う電析プロセスでは好ましくない。しかし一方で我々は、100 °C 付近では、TMHA-Tf<sub>2</sub>N の粘性が室温に比べ一桁以上低下し、その結果、イオン液体中のイオンの移動が改善される (速くなる) ことを見いだした (*J. Appl. Electrochem.*, **37**, 339 (2007))。

## 2. 研究の目的

本研究の代表者は、上述の背景を踏まえ、イオン液体を用いる電析技術開発の方向性として「卑な金属の電析」も重要であるが、これとは別の方向性として「中低温における電析用途の開拓」も目指すべきと考えた。水溶液や揮発性の有機溶媒を、中低温で使用するには技術的困難を伴う。また、高い温度の溶媒として従来から研究されてきた「高温溶融塩」は一般に大気開放下で使用することはできない。これに対し、不揮発性で耐熱性に優れた疎水性イオン液体の多くは中低温域の大気中でも安定に使用でき、その際の作業環境もよい。そこで本研究は、還元拡散法による銅系合金皮膜 (Cu-Sn や Cu-Zn など) の形成技術に着目し、イオン液体を用いるプロセスの中低温化を目的とした。

還元拡散法とは、金属素地上で別の金属イオンを電気化学的に還元し同時に素地内に拡散させ、1段階で合金形成を行う手法である。例えば、Cu-Sn 合金薄膜を形成しようとする際にはまず、水溶液からの電気めっきや無電解めっき等の既存技術を使い、適当な基材表面に Cu 皮膜を形成する。得られた貴な純 Cu 皮膜を卑な Sn<sup>2+</sup>イオンのみを含む浴に浸漬し、単体 Sn の析出電位より貴な電位でカソード電解する。その結果、Cu 表面での Sn<sup>2+</sup>イオンの還元拡散が起こり Cu-Sn 皮膜が形成される。低融点の Sn や Zn を含む合金系は拡散が比較的速く、Cu-Sn および Cu-Zn 系では水溶液系での還元拡散による合金化も報告されている。本研究ではこれを中低温化し、水溶液を使用する場合と比較して速い製膜速度を達成することを目標とした。また、皮膜の特性 (組織構造、外観、不純物の挙動など) および浴の耐久性の面から、イオン液体を使用する上での問題点抽出も目的とした。その上で、金属や樹脂など種々の素地上

への合金形成挙動を調べた。

上述のような還元拡散を用いる合金皮膜形成法は、従来型の合金めっきに比べて環境負荷を小さい可能性がある。なぜならば、合金電析では一般に、複数の原料金属塩ばかりでなく各成分金属の酸化還元電位を調節するための配位子や添加剤を加えた複雑な溶液を浴とするのに対し、このプロセスでは単一の金属塩のみを含む簡単な浴を使用できることから、合金形成が2段階となる一方で廃液処理が簡便となるためである。Cu-Sn 系皮膜は、アレルギーを誘引するニッケルめっきの代替として重要である上、近年はリチウム電池の新しい負極材料としての可能性が指摘されている。また、Cu-Zn 系皮膜 (真鍮) は金色の色調をもつ皮膜であり、京都の伝統産業である仏具など付加価値の高いめっき皮膜として重要である。

## 3. 研究の方法

### (1) イオン液体および金属塩

図1にはイオン液体を構成する代表的なイオン種をまとめる。

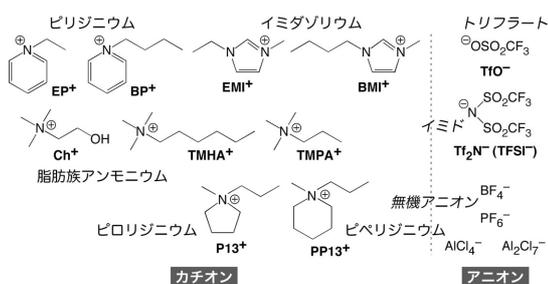
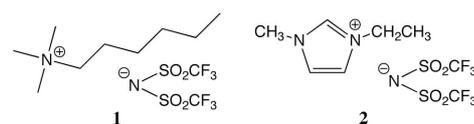


図1 代表的なイオン液体構成イオン種

本研究においては、脂肪族4級アンモニウム塩の TNHA-Tf<sub>2</sub>N (trimethyl-*n*-hexylammonium bis[(trifluoromethyl)sulfonyl]amide; **1**) および、より高い熱的安定性が期待されるイミダゾリウム塩 EMI-Tf<sub>2</sub>N (1-ethyl-3-methylimidazolium bis[(trifluoromethyl)sulfonyl]amide; **2**) を使用した。このうち **2** は市販のもの、**1** は臭化物 TMHA-Br とリチウム塩 Li-Tf<sub>2</sub>N から合成したものである。イオン液体に溶解させるための金属イミド塩 M(Tf<sub>2</sub>N)<sub>2</sub> (M = Sn, Zn) は、対応する酸化物もしくは塩基性炭酸塩にイミド酸 bis[(trifluoromethyl)sulfonyl]amine を反応させて調製した。イオン液体の熱的安定性は、熱分析装置を使用して評価した。



### (2) 銅素地

本研究以前から、我々は Cu 板を使用し、その表面の Cu-Sn 合金化を研究していた (*Electrochem. Solid-State Lett.*, **9**, C69 (2006))。

本研究では、装飾めっきへの応用の可能性を検証するため、高分子基板表面に無電解めっきで形成した Cu 薄膜の合金化を試みた。高分子基板には、耐熱性エポキシ基板（日立化成製 高 Tg エポキシ多層材料 MCL-E-679 の電解 Cu 箔層を溶解除去したもの）を用いた。また、無電解めっきには市販のもの（奥野製薬製 ATS Addcopper IW）を使用した。

### (3) 還元拡散による合金化

還元拡散による合金化では、合金化前の Cu 素地の電位制御が重要である。例えば Cu-Sn 合金形成の場合、単体スズ（スズ活量  $a_{\text{Sn}} = 1$ ）ではなく合金化したスズ（ $a_{\text{Sn}} < 1$  のスズ）が選択的に得られるような電極電位に素地の電位を保持する必要がある。これを実現するため、図 2 に示すような定電位法と接触めっき法（以下「接触法」）のいずれかを使用した。定電位法では、合金化しようとする Cu 素地を作用電極、金属 Sn 板を対極として、 $\text{Sn}^{2+}$  イオンを含むイオン液体に両者を浸漬し、ポテンショスタットを使用する三電極法により、Sn 棒の擬参照電極に対してわずかに貴な電位に Cu 素地を保持した。これに対し接触法は、合金化しようとする Cu 素地と金属 Sn を、 $\text{Sn}^{2+}$  イオンを含むイオン液体に浸漬し、外部を無抵抗電流計で短絡するのみである。装置は簡便になるが、電位は  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$  の平衡電位に対して貴であることが保証されるだけで一定に制御はできない。

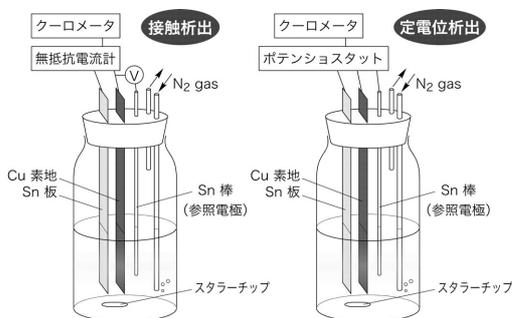


図 2 還元拡散による電気化学的合金化装置

合金化の際の浴温度は  $90 \sim 190 \text{ }^\circ\text{C}$  の範囲で一定に制御した。電解浴は、グローブボックスなどの特殊環境ではなく、大気中に設置したが酸化等を防ぐ目的での窒素パージを行った。

### (4) 皮膜の解析

得られた皮膜の同定には X 線回折を使用した。表面および断面の観察には走査型電子顕微鏡 SEM を、組成分析にはエネルギー分散型 X 線分析装置 EDX を用いた。EDX 装置は本研究予算で設備備品として購入したものである。本研究ではこの他に、積分球を用いた可視光の反射スペクトル測定、および X 線光電子分光法 XRD による皮膜内の不純物元素の解析を行った。

## 4. 研究成果

### (1) イオン液体の熱的安定性

本研究以前の研究において、イオン液体 TMHA-Tf<sub>2</sub>N を溶媒とする  $\text{Sn}^{2+}$  浴は、温度  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  で 72 h にわたる還元拡散に使用すると濃褐色に変色することが分かっていた。本研究ではまず、イオン液体の熱重量分析を系統的に行った。その結果、TMHA-Tf<sub>2</sub>N および EMI-Tf<sub>2</sub>N とともに  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  までは昇温速度や雰囲気にかかわらず重量変化が見られないことがわかった（図 3）。すなわち、TMHA-Tf<sub>2</sub>N 浴の  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  での着色は、物質の出入り（気体発生や空気との化合など）を伴わないイオン液体の変成によると推察された。一方、 $200 \sim 300 \text{ }^\circ\text{C}$  では、TMHA-Tf<sub>2</sub>N に重量減少が明瞭に見られたのに対し、EMI-Tf<sub>2</sub>N の重量減少は小さく、このことから空気中においては EMI-Tf<sub>2</sub>N がより熱的に安定であると実証された。実際、イオン液体 EMI-Tf<sub>2</sub>N を溶媒とする  $\text{Sn}^{2+}$  浴は、 $150 \sim 170 \text{ }^\circ\text{C}$  でも着色が少ないことがわかった。これを踏まえ、以後はイオン液体 EMI-Tf<sub>2</sub>N を溶媒に使用した。

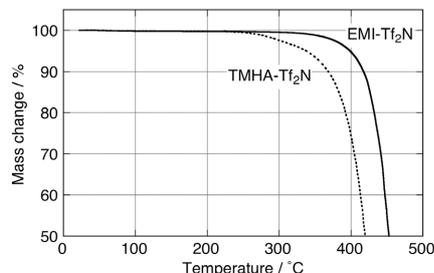


図 3 各イオン液体の熱重量分析結果（測定雰囲気：空気）

### (2) Cu-Sn 合金形成

#### ① 接触法による銅板表面の合金化

イオン液体 EMI-Tf<sub>2</sub>N を溶媒に用い、 $190 \text{ }^\circ\text{C}$  以下の種々の浴温で接触法による Cu-Sn 合金皮膜形成挙動を調べた。72 h の合金化後の膜厚の、合金化温度に対するプロットを図 4 に示す。EMI-Tf<sub>2</sub>N を  $170 \sim 190 \text{ }^\circ\text{C}$  で使うことにより、温度  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  の水溶液を用いる還元拡散に比べ、6 倍の合金化速度を達成した。また、同データの Arrhenius プロットは溶媒にかかわらずほぼ 1 本の直線に乗り（図 4 b）、その傾きから皮膜形成のみかけの活性化エネルギーは約  $60 \text{ kJ mol}^{-1}$  と見積もられた。微小電極を用いるカソード分極測定、もしくは平板電極を用いる電位ステップクロノアンペロメトリーによって解析した、イオン液体内の  $\text{Sn}^{2+}$  イオンの拡散の活性化エネルギーは、粘性の大きな TMHA-Tf<sub>2</sub>N でも  $30 \sim 35 \text{ kJ mol}^{-1}$  程度であった。すなわち、Cu-Sn 合金形成の律速過程は、あくまで固体中の Sn および Cu 原子の拡散であるといえる。

温度  $170 \sim 190 \text{ }^\circ\text{C}$  での合金化により、膜厚  $3 \text{ } \mu\text{m}$  をこえる Cu-Sn 皮膜が容易に得られ、その断面の EDX 線分析が可能となった（図 5）。

ここからは、接触法による Cu-Sn 皮膜が、表面側の  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相と内側の  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  相からなる傾斜組成をもつことが明らかとなった。これは、後述の合金化挙動の熱力学とも相容れる結果である。

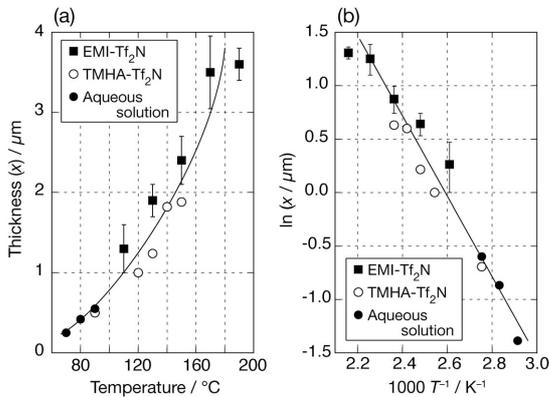


図4 接触法 (72 h) で得られた Cu-Sn 合金の膜厚 (b)は(a)の Arrhenius プロット)

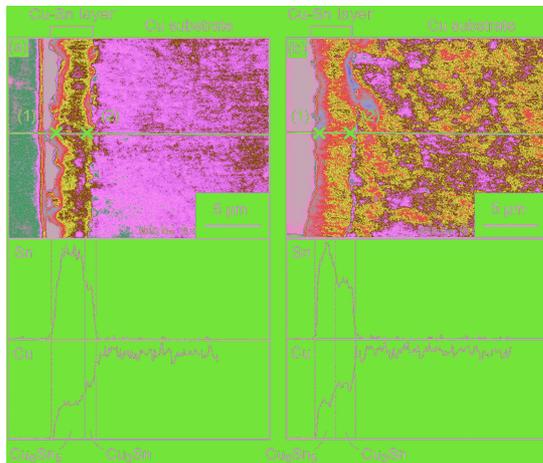


図5 接触法により (a) 170 °C および (b) 190 °C で得られた Cu-Sn 皮膜の断面 SEM 像と EDX 分析結果

XPS による Cu-Sn 合金の深さ方向分析では、合金表面にイオン液体由来の不純物が残留しているものの、合金内部からはこれらが検出されないことがわかった。このことは、一般的な合金めっきに見られるような溶媒の「巻き込み」が起こっていないことを示しており、還元拡散法の長所であると思われる。

### ② 高分子基板上的銅薄膜の合金化

耐熱性エポキシ基板表面に製膜した無電解 Cu 薄膜 (厚さ 0.5 μm) の合金化は定電位法にて行った。その結果、(a) Cu 薄膜は温度 150 °C で 24 h 以内に完全に合金化されること、(b) 得られる Cu-Sn 金属間化合物相は合金化電位に依存すること、(c) 得られた Cu-Sn 合金の密着性は良好なこと、(d) 得られた Cu-Sn 合金皮膜の表面形態は合金化前の Cu 薄膜の表面形態を引き継いでいること、が明らかになった。(b)に関しては、電位 +5~+10 mV vs.

$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^0$  で得られた合金膜が  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相主体であったのに対し、+20~+40 mV では  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  相が主相であった。既存の熱力学データに基づいて考察 (熱力学計算) したところ、これらの合金化挙動は熱力学的予測と一致することがわかった。

上記(d)の結果も、本手法の特徴を示している。すなわち、平滑な Cu 素地を用意しておけば、得られる Cu-Sn 合金表面も自ずと平滑になる (図6)。一般の Sn めっきのように、添加剤等を使用して Sn のデンドライト析出に気を使う必要はないといえる。

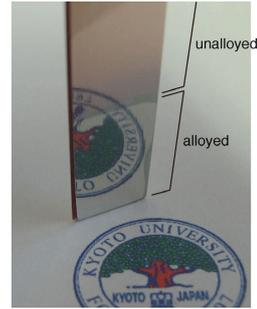


図6 エポキシ基板上の電解 Cu 箔 (鏡面) を合金化して得られた Cu-Sn 皮膜

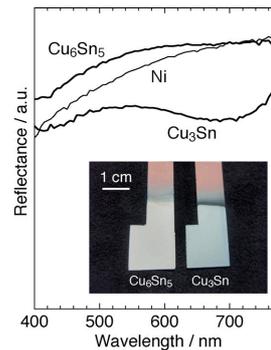


図7  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相、 $\text{Cu}_3\text{Sn}$  相、および純 Ni の反射スペクトル

このように本手法では、電位制御によって  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  もしくは  $\text{Cu}_3\text{Sn}$  の単相を簡便に得ることができた。これ利用し、各金属間化合物の物理化学的性質を調べた。各相の色調を比較したところ、 $\text{Cu}_3\text{Sn}$  は  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  に比べ青っぽいことがわかり、Ni 代替としては  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相が適していることがわかった (図7)。また、希硫酸中でのアノード分極では各相とも不動態化がみられ、純 Sn あるいは純 Cu と異なり耐食性を有することが明らかとなった。

### (3) Cu-Zn 合金形成

Cu-Zn 合金形成に関しては、まず接触法による Cu 板表面への合金形成を試みた。その結果、条件によっては金色の色合いをもつ黄銅表面が得られた (図8)。しかしながら合金化挙動は再現性に乏しく、その原因が金属 Zn (接触法での対極、もしくは定電位法での擬参照電極) の浸漬電位の不安定性であると

わかった。これは金属 Zn の表面酸化膜によるものと思われた。そこで、表面酸化膜の溶解を促進する目的で  $Zn(Tf_2N)_2$  にかえて塩化物  $ZnCl_2$  により建浴したところ、安定した電位を得ることに成功した。現在、この浴を使用し、定電位法による合金化試験を系統的に行っている。



図8 接触法によるCu板表面の黄銅化(左:合金化前、右:合金化後)

#### (4) 今後の展望

本研究ではイオン液体を溶媒とする、新しい還元拡散法を研究し、高分子上へのCu-Sn合金形成など、いくつかの技術開発に成功した(図9)。前述のように、Cu-Sn合金はリチウムイオン電池の新しい負極材料としても期待されており、その方面からの評価を含めた新たな基盤研究(B)(No. 21360369)を平成21年度から開始した。

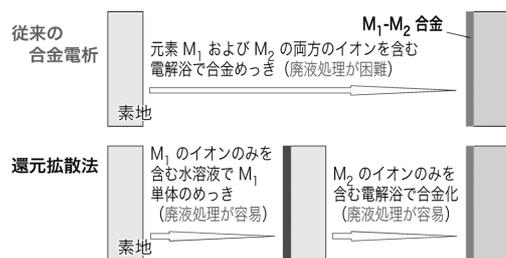


図9 従来型の合金電析と還元拡散による合金形成の比較

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

1. A. Ito, K. Murase, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Alloy Metallization of Polymer Substrate through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, *Electrochemistry*, Vol. 77, No. 8, 2009, in press, 査読有
2. 呂瀬邦明, 中低温イオン液体を用いた還元拡散法による銅合金形成, 溶融塩および高温化学, 52巻, 1号, 14~21頁, 2009年, 査読無し [解説論文]
3. A. Ito, K. Murase, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Alloy Metallization of Polymer through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, *ECS Transactions*, Vol. 16 (Molten Salts and Ionic Liquids 16), 2009, in press, 査読有

4. A. Ito, K. Murase, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Alloy Metallization of Polymer Substrate through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, *Proceedings of 2008 Joint Symposium on Molten Salts*, p. 542-546, 2009, 査読無
5. K. Murase, A. Ito, and H. Sugimura, Faster Growth of Cu-Sn Layers through Reduction-Diffusion Method using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, *ECS Transactions*, Vol. 11, No. 28 (Electrodeposition of Nanoengineered Materials and Alloys 2), p. 103-109, 2008, 査読有
6. 呂瀬邦明, 中低温イオン液体を用いた還元拡散による銅合金形成, 化学工業, Vol. 59, No. 3, p. 207-213, 2008, 査読無 [解説論文] (口絵ページにカラー写真あり)
7. K. Murase, R. Kurosaki, T. Katase, H. Sugimura, T. Hirato, and Y. Awakura, Electrochemical Alloying of Copper Substrate with Tin Using Ionic Liquid as an Electrolyte at Medium-Low Temperatures, *J. Electrochem. Soc.*, Vol. 154, No. 11, p. D612-D616, 2007, 査読有

[学会発表] (計21件)

1. 築瀬功造, 伊藤輝, 呂瀬邦明, 一井崇, 杉村博之, イオン液体中での定電位法によるCu素地表面の黄銅化, 電気化学会第76回大会, 2009年3月29日, 京都大学
2. 築瀬功造, 伊藤輝, 呂瀬邦明, 一井崇, 杉村博之, イオン液体中での還元拡散法によるCu-Zn合金形成, 表面技術協会第119回講演大会, 2009年3月17日, 山梨大学
3. 呂瀬邦明, 中低温イオン液体を用いた還元拡散法による銅合金形成, 第168回溶融塩委員会, 2009年1月27日, 神戸大学 [依頼講演]
4. 築瀬功造, 西崎ゆい, 呂瀬邦明, 一井崇, 杉村博之, 中低温イオン液体を用いた定電位法によるCu-Zn合金形成, 平成20年度材料化学研究会・鉄鋼プロセス研究会合同研究会, 2008年12月19日, 大阪大学
5. 築瀬功造, 西崎ゆい, 呂瀬邦明, 一井崇, 杉村博之, イオン液体中での定電位法によるCu-Zn合金形成, 第10回関西表面技術フォーラム, 2008年12月2日, 甲南大学
6. A. Ito, K. Murase, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Alloy Metallization of Polymer Substrate through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, 2008 Joint Symposium on Molten Salts, Oct. 20, 2008, Kobe, Japan

7. K. Murase, A. Ito, Y. Nishizaki, T. Ichii, and H. Sugimura, Copper Alloy Metallization through Reduction-Diffusion Method Using Medium-Low Temperature Ionic Liquid Baths, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (PRIME 2008), Oct. 16, 2008, Honolulu, Hawaii
  8. A. Ito, K. Murase, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Metallization of Polymer through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperature, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (PRIME 2008), Oct. 15, 2008, Honolulu, Hawaii
  9. K. Murase, A. Ito, T. Ichii, and H. Sugimura, Cu-Sn Metallization of Polymer through Reduction-Diffusion Method Using Ionic Liquid Baths at Medium-Low Temperatures, 59th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Sept. 7, 2008, Sevilla, Spain
  10. 築瀬功造, 西崎ゆい, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, 中低温イオン液体浴を用いた Cu 素地表面の一段階黄銅化, 表面技術協会第 118 回講演大会, 2008 年 9 月 1 日, 近畿大学
  11. 伊藤 輝, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, イオン液体浴を用いた還元拡散による Cu-Sn 合金形成挙動, 表面技術協会第 118 回講演大会, 2008 年 9 月 2 日, 近畿大学
  12. 伊藤 輝, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, 中低温イオン液体浴を用いた還元拡散法による高分子表面の Cu-Sn メタライジング, 電気化学会第 75 回大会, 2008 年 3 月 31 日, 山梨大学
  13. 西崎ゆい, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, 中低温イオン液体浴を用いた還元拡散法による Cu 素地表面の一段階黄銅化, 電気化学会第 75 回大会, 2008 年 3 月 29 日, 山梨大学
  14. 邑瀬邦明, 中低温イオン液体を用いた還元拡散法による銅合金皮膜形成, 京都大学界面科学高等研究院第 3 回全体セミナー, 2008 年 3 月 17 日, 京都大学[依頼講演]
  15. 伊藤 輝, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, 中低温イオン液体を用いた還元拡散法による樹脂上への Cu-Sn 合金形成, 表面技術協会第 117 回講演大会, 2008 年 3 月 13 日, 日本大学 (津田沼)
  16. 伊藤 輝, 邑瀬邦明, 一井 崇, 杉村博之, 還元拡散による Cu 薄膜の Cu-Sn 合金化, 第 9 回関西表面技術フォーラム, 2007 年 12 月 12 日, 近畿大学
  17. 邑瀬邦明, イオン液体を用いた中低温還元拡散法による銅合金の形成法, 溶融塩委員会創立 50 周年記念第 38 回溶融塩化学講習会, 2007 年 10 月 30 日, 神戸大学[依頼講演]
  18. 西崎ゆい, 邑瀬邦明, 一井 崇, 粟倉泰弘, 杉村博之, イオン液体中での Cu 素地の電気化学的 Cu-Zn 合金化, 表面技術協会第 116 回講演大会, 2007 年 9 月 18 日, 長崎大学
  19. 伊藤 輝, 邑瀬邦明, 一井 崇, 粟倉泰弘, 杉村博之, イミダゾリウム型イオン液体を用いる電気化学的 Cu-Sn 合金形成, 表面技術協会第 116 回講演大会, 2007 年 9 月 18 日, 長崎大学
  20. K. Murase, A. Ito, and H. Sugimura, Fast Growth of Cu-Sn Layers through Reduction-Diffusion Method using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, 212th The Electrochemical Society (ECS) Meeting, Oct. 9, 2007, Washington, DC
  21. A. Ito, K. Murase, and H. Sugimura, Fast Growth of Cu-Sn Layers through Reduction-Diffusion Method using Ionic Liquid Bath at Medium-Low Temperatures, 2nd International Congress on Ionic Liquids (COIL-2), Aug. 6, 2007, Yokohama, Japan
- [その他]
- 学会発表 6 を行った伊藤 輝が Distinguished Presentation Award (溶融塩奨励賞) を受賞
- Web site :  
[www.mtl.kyoto-u.ac.jp/groups/sugimura-g/](http://www.mtl.kyoto-u.ac.jp/groups/sugimura-g/)
6. 研究組織
- (1) 研究代表者  
 邑瀬 邦明 (MURASE KUNIAKI)  
 京都大学・大学院工学研究科・准教授  
 研究者番号 : 30283633
  - (2) 研究分担者  
 杉村 博之 (SUGIMURA HIROYUKI)  
 京都大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号 : 10293656  
 粟倉泰弘 (AWAKURA YASUHIRO)  
 京都大学・大学院工学研究科・教授  
 研究者番号 : 70109015
  - (3) 研究協力者  
 一井 崇 (ICHHI TAKASHI)  
 京都大学・大学院工学研究科・助教  
 研究者番号 : 30447908  
 伊藤 輝 (ITO AKIRA)  
 京都大学・大学院工学研究科・修士課程学生 (現 株式会社キーエンス)  
 西崎 ゆい (NISHIZAKI YUI)  
 京都大学・大学院工学研究科・修士課程学生 (現 川崎重工業株式会社)