

令和 2 年 6 月 29 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K06864

研究課題名（和文）めっきにおける水素共析と水素誘起現象の機構解明

研究課題名（英文）Elucidation of Mechanisms of Hydrogen Co-deposition and Hydrogen-Induced Phenomena in Electrochemical Deposition

研究代表者

福室 直樹 (Naoki, Fukumuro)

兵庫県立大学・工学研究科・准教授

研究者番号：10347528

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、電解および無電解めっきにおける水素共析と水素誘起現象の機構を昇温脱離スペクトル、X線回折および透過電子顕微鏡を用いて調べた。高水素濃度のPtおよびPd電析膜には超多量空孔が形成され、低温粒成長などの金属原子拡散の促進が観察された。無電解Ni-P/Auめっき膜中の多量の水素は、エレクトロニクス実装用の鉛フリーはんだの濡れ性を向上した。超化学量論的水素化物PdH_x (1 < x < 2)の電気化学合成に成功し、その結晶構造を解析した。これらの結果は金属-水素系の研究においてきわめて重要であり、様々な応用が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、PtおよびPd電析膜について水素共析によって生成した超多量空孔が、格子収縮や低温粒成長等の顕著な水素誘起現象を引き起こすことを明らかにした。また、電解チャージと無電解めっきによってこれまで得られていない超化学量論的水素化物PdH_x (1 < x < 2)の合成に成功した。これらは金属-水素系の研究において非常に重要な成果であり、学術的意義が大きい。電子部品の基板実装において、無電解Ni-P/Auめっき膜中の水素がはんだ濡れ性の向上に寄与することを見出し、企業からのめっき膜中の水素の分析依頼と技術相談に応じ、水素の問題の解決に貢献したことは社会的意義が大きい。

研究成果の概要（英文）：In this study, the mechanisms of hydrogen co-deposition and hydrogen-induced phenomena in electro and electroless deposited metal films were investigated using thermal desorption spectroscopy, X-ray diffraction, and transmission electron microscopy. In the electrodeposited Pt and Pd films with high hydrogen concentrations, hydrogen-induced superabundant vacancies were formed and the enhancement of metal atom diffusion such as low-temperature grain growth was observed. A large amount of co-deposited hydrogen in the electroless Ni-P/Au films improved the wettability of lead-free solders for electronic packaging. We succeeded in the electrochemical synthesis of superstoichiometric hydride PdH_x (1 < x < 2) and analyzed its crystal structure. These results are extremely significant in the study of metal-hydrogen system and are expected to be used in various applications.

研究分野：めっき膜および金属中に侵入した水素の存在状態分析と透過電子顕微鏡による構造解析

キーワード：めっき 水素 空孔 金属原子拡散 水素脆化 水素化物 昇温脱離スペクトル 電子顕微鏡

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

水溶液中から電気化学的還元反応によって金属薄膜を析出させる電解および無電解めっきでは、析出条件によって同時に水素発生が起こり、水素の一部は膜中に共析する。めっき技術の応用上では、膜中に共析した水素がひび割れやふくれ、鉄鋼素材の水素脆化等の問題を引き起こすことが以前から問題となっていたが、微量で拡散しやすい水素の分析は困難であるため、めっき膜中の水素の挙動とその影響については定性的な議論に留まっていた。

申請者は、2006年頃からめっき膜中に共析した水素の存在状態とそれが膜の構造と物性に与える影響について解析する研究を開始し、2014～2016年に科学研究費基盤研究(C)「金属電析における水素誘起超多量空孔の挙動解明と組織制御への応用」を受けて、Cu電析膜に見られる室温粒成長の主因が膜中に共析した水素によって生成した超多量の原子空孔であることを明らかにした¹⁾。銅基板上に電析した高水素濃度のPd膜では、室温で水素の脱離とともにPd膜の粒成長と界面相互拡散によってCu-Pd合金層が形成されることを報告した²⁾。また、鉄-炭素(Fe-C)合金電析膜では炭素濃度の増加に伴う水素濃度の増加と格子定数の変化から、空孔-水素-炭素(Vac-H-C)クラスターの構造を推測した³⁾。しかしながら、めっき膜中の水素の挙動は複雑であり、水素誘起現象について未解明な点が多く残されていることから、本研究を着想するに至った。

2. 研究の目的

めっき膜の析出過程では、膜中への水素の共析とともに多量の原子空孔(水素誘起超多量空孔)が生成し、後に室温で粒成長や界面相互拡散などの構造変化を引き起こすことがある。しかし、金属の種類とめっき条件によって水素の挙動は大きく変化するため未解明な現象が多く残されている。本研究では、低温と高温における水素熱脱離スペクトル測定を新たに導入し、めっきにおける水素共析と水素誘起現象の機構を解明することを目的とする。実用上でCuおよびAgめっき膜に観察される室温粒成長、無電解Pdめっき膜のはんだ接合における構造変化、および高静水圧下で電析したNiめっき膜の構造に及ぼす水素の影響を詳細に解析するとともに、Fe-C合金電析膜を用いて鋼の水素脆化への水素と空孔の相互作用機構を解析することを試みる。

3. 研究の方法

本研究では研究期間内に、(1)水素共析と水素誘起効果の機構解明、(2)無電解Pdめっき膜中の水素の存在状態とはんだ接合への影響、(3)Fe-C合金電析膜をモデル試料とした水素脆化の機構解明の三項目について主に検討する。

項目(1)については、Pt、PdおよびNiの電析膜について、浴組成(金属塩、錯化剤、pH、添加剤等)と電析条件(電位、電流密度、温度等)を系統的に変化させた時の水素の吸着、発生および共析の変化を電気化学水晶振動子マイクロバランス(EQCM)法によって解析する。めっき膜中の水素の存在状態と含有量は、昇温脱離スペクトル(TDS)によって水素熱脱離スペクトルを測定して解析する。今年度は、低温測定ユニットと液体窒素を用いて-100℃からの低温TDS測定と、卓上型高温管状炉を購入して1500℃までの高温TDS測定を行うことを検討する。Niめっきについては、400MPaまで昇圧できる高圧セルを用い、高静水圧下で電析した膜の構造と水素共析に及ぼす圧力の影響を調べる。

項目(2)については、基本的な析出条件で得られた無電解Pdめっき膜の水素の存在状態をTDSで分析し、室温放置後、はんだ接合後および熱処理後の変化を調べる。はんだ接合後と熱処理後の界面の構造変化を、走査電子顕微鏡(SEM)と透過電子顕微鏡(TEM)を用いて解析する。はんだボールのシェア試験とプル試験等を行って接合強度を評価する。

項目(3)については、純Feめっき膜の引張試験片を作製するため、銅箔上にクラックが存在せず、平滑で均一な膜厚の膜が得られる電析条件を検討する。低温TDS測定を行って、鉄鋼材料の水素脆化の原因となる拡散性水素の存在状態を詳細に解析する。めっき直後、室温放置および熱処理後の試料について水素の存在状態の変化を調べる。これらの試料について引張試験を行ってヤング率を求め、試験片の破面観察を行って水素脆化を評価する。

4. 研究成果

(1) 水素共析と水素誘起効果の機構解明

Ptめっきでは、水素発生電位よりも析出電位が負になるとPt膜中の水素共析量が急激に増加し、約0.6%の格子収縮が観察された。水素のアンダーポテンシャル析出が起こる電位範囲で、水素の吸着状態の変化と吸着から共析への変化が起こることが明らかにされた⁴⁾。昇温脱離スペクトルでは顕著な水素の脱離ピークが500K付近に見られ、水素濃度は原子比で $H/Pt = 0.1$ であった。熱処理温度500Kで格子収縮の緩和と粒成長が観察された。水素が共析していないPt膜では、この熱処理によって粒成長は起こらなかった。これらの結果から、高濃度の水素の共析とともに多量の空孔が形成されることが示唆された。Pd電析膜では析出電位が負になり電流効率が大きく低下すると格子間にも水素が侵入することがわかった。低温TDS測定を実施することはできなかったが、Pd膜の高温TDS測定を実施して中の水素の全量測定を行うことができた。高静水圧下のNi電析では、圧力の増加とともに水素気泡の発生が見られなくなり、Ni膜中の水素共析量が増加した。電解液中への水素の溶解によって水素の化学ポテンシャルが増加することが示唆され、今後、水素発生反応への圧力の影響について電気化学測定を行って調査する。

(2) 無電解Pdめっき膜中の水素の存在状態とはんだ接合への影響

当初は無電解 Ni-P/Pd/Au めっき膜の Pd 膜中の水素に着目していたが⁵⁾、無電解 Ni-P/Au めっき膜では置換 Au めっきによって析出直後の Ni-P 膜中に多量に共析した水素の脱離が抑制され(図 1(a), (b))、膜中水素量の増加とともにはんだ濡れ性が向上した^{6), 7)}。これについては、はんだ表面の酸化膜が水素によって還元されると考えらる。無電解 Ni-P/Pd/Au めっき膜では、Pd めっきの間に Ni-P 膜中の水素がほとんど脱離し、無電解 Ni-P/Au めっき膜よりも膜中水素量が少なくなった(図 1(c), (d))⁷⁾。電解チャージによって水素を添加することで無電解 Ni-P/Pd/Au めっき膜中の水素量は増加し、はんだ濡れ性は水素濃度の増加とともに向上した。はんだ接合強度と接合界面の相構造への水素の影響は見られなかった。

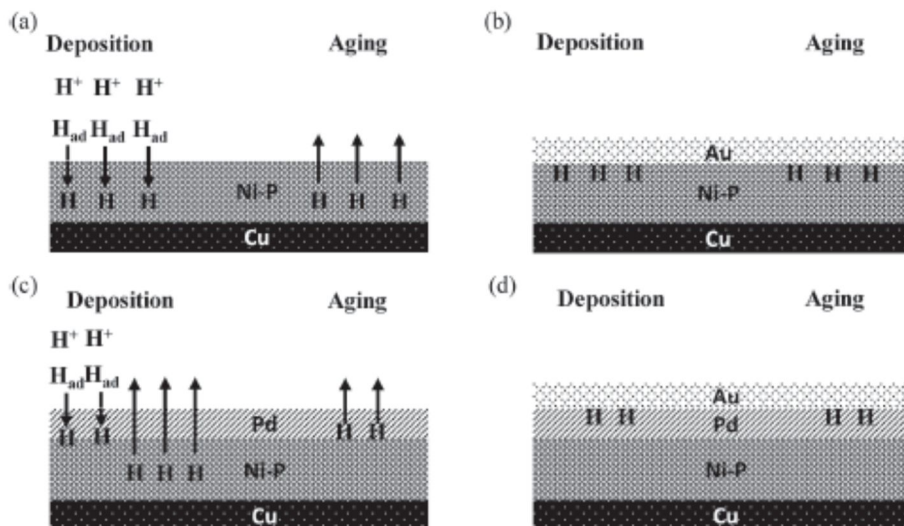


図 1 無電解 Ni-P/Au および Ni-P/Pd/Au めっき膜における水素の共析と脱離の模式図⁷⁾
 (a) Ni-P 膜, (b) Ni-P/Au 膜, (c) Ni-P/Pd 膜, (d) Ni-P/Pd/Au 膜

(3) Fe-C 合金電析膜をモデル試料とした水素脆化の機構解明

Fe-C 合金電析膜の炭素濃度と水素濃度を調節して水素脆化を評価する予定であったが、膜質が非常に脆くて引張試験片を作製することができなかった。電析条件を変えても膜質を改善することができず、引張試験片の作製が困難であったため、止むを得ず検討を中止した。

(4) 電気化学合成した超化学量論組成水素化物 PdH_{x ≤ 2} の構造

項目(1)において電解チャージによって高水素濃度($x > 1$)の PdH_x が得られることが示唆され、項目(2)において置換 Au 膜に水素脱離を抑制する効果があることがわかったため、これらの電気化学的手法を応用して超化学量論組成水素化物 PdH_{x ≤ 2} を得ることに成功した⁸⁾。Au 膜で被覆しない PdH_{x ≤ 2} は室温で 7 日以内にほとんどの水素が脱離したが、Au 膜で被覆すると 14 日後も $x = 1$ の高水素濃度を保つことができた。図 2 に PdH_x の水素濃度と格子定数の関係および PdH₂ の結晶構造の模式図を示す。PdH_x の格子定数は面心立方構造の Pd の格子間に水素が侵入することによって水素濃度の増加に対して直線的に増加し、 $x = 1.0$ では岩塩型構造の PdH となって格子定数は最大となる。これまで $x > 1$ の PdH_x の結晶構造は知られていなかったが、 $1 < x ≤ 2$ の範囲では、面心立方構造のまま水素濃度の増加とともに格子定数は直線的に減少した。この結果から、 $x > 1$ では侵入した水素が模式図に示すように H₂ 分子として存在することが示唆された。

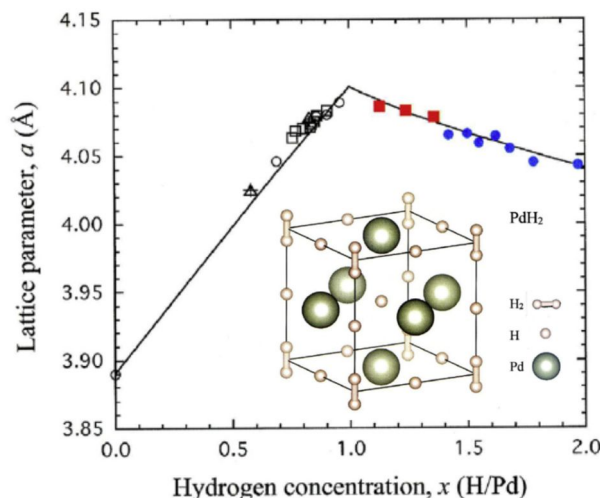


図 2 PdH_x の水素濃度と格子定数の関係および PdH₂ の結晶構造の模式図⁸⁾

今後、この超化学量論的水素化物 $\text{PdH}_{x \leq 2}$ 中の水素の存在状態について中性子回折および固体 NMR による解析を行うとともに、超伝導特性を評価する。

本研究において、高水素濃度の Pt および Pd 電析膜を用いて検討したことによって、水素誘起超多量空孔の形成とそれによる構造への顕著な影響を解析することができた。また、めっき膜中への水素共析に及ぼす高静水圧の影響を調べることができた。電子部品の回路実装に用いられている無電解 Ni-P/Au めっきについては、Au 膜による水素脱離抑制とそれによるはんだ濡れ性の向上の効果を見出した。Fe-C 合金電析膜を用いて水素脆化の機構を解析することはできなかったが、電気化学的手法によって超化学量論的水素化物 $\text{PdH}_{x \leq 2}$ が得られ、大きな発見をすることができた。

文献

- 1) 福室直樹, 吉田裕輝, 山崎貴昭, 深井 有, 八重真治 ; 日本金属学会誌, **80**, 736 (2016).
- 2) N. Fukumuro, M. Yokota, S. Yae, H. Matsuda and Y. Fukai ; *J. Alloy. Comp.*, **580**, S55 (2013).
- 3) N. Fukumuro, S. Kojima, M. Fujino, Y. Mizuta, T. Maruo, S. Yae, and Y. Fukai ; *J. Alloy. Comp.*, **645**, S404 (2015).
- 4) A. Yokoyama, S. Karatsu, M. Sumikawa, N. Fukumuro and S. Yae ; *ECS Trans.* **75(52)** 55(2017).
- 5) 小田幸典, 福室直樹, 八重真治 ; 表面技術, **69**, 308 (2018).
- 6) 小田幸典, 相良優作, 福室直樹, 八重真治 ; 表面技術 **69**, 415 (2018).
- 7) 小田幸典, 相良優作, 福室直樹, 八重真治 ; 表面技術 **70**, 163 (2019).
- 8) N. Fukumuro, Y. Fukai, H. Sugimoto, Y. Ishii, H. Saitoh, S. Yae ; *J. Alloy. Comp.*, **825**, 153830 (2020).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 N. Fukumuro, Y. Fukai, H. Sugimoto, Y. Ishii, H. Saitoh, S. Yae	4. 巻 825
2. 論文標題 Superstoichiometric hydride PdH _x 2 formed by electrochemical synthesis: Dissolution as molecular H ₂ proposed	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 J. Alloy. Comp.	6. 最初と最後の頁 153830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jallcom.2020.153830	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 小田幸典, 福室直樹, 八重真治	4. 巻 69
2. 論文標題 無電解純PdとPd-Pめっき膜中の水素	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 308-309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4139/sfj.69.308	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 小田幸典, 相良優作, 福室直樹, 八重真治	4. 巻 69
2. 論文標題 無電解 Ni-P/Au めっき膜のはんだ濡れ性に及ぼす膜中水素の影響	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 415-417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4139/sfj.69.415	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 小田幸典, 相良優作, 福室直樹, 八重真治	4. 巻 70
2. 論文標題 無電解Ni/AuおよびNi/Pd/Auめっき膜中の水素の挙動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 表面技術	6. 最初と最後の頁 163-167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4139/sfj.70.163	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 A. Yokoyama, S. Karatsu, M. Sumikawa, N. Fukumuro, and S. Yae	4. 巻 75(52)
2. 論文標題 Influence of Hydrogen Adsorption on Electrodeposition of Platinum from Chloro Complex Solution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ECS Transaction	6. 最初と最後の頁 55-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/07552.0055ecst	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Y. Oda, N. Fukumuro, S. Yae	4. 巻 47
2. 論文標題 Intermetallic Compound Growth between Electroless Nickel/Electroless Palladium/Immersion Gold Surface Finish and Sn-3.5Ag or Sn-3.0Ag-0.5Cu Solder	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Electronic Materials	6. 最初と最後の頁 2507-2511
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11664-018-6067-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 信吉裕太, 山本拓司, 前田光治, 福室直樹, 八重真治	4. 巻 44
2. 論文標題 高圧力下での無電解ニッケル-リンめっき	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 化学工学論文集	6. 最初と最後の頁 35-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1252/kakoronbunshu.44.35	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 N. Fukumuro, Y. Fukai, S. Yae
2. 発表標題 Influence of Hydrogen on Room-Temperature Grain Growth of Electrodeposited Cu Films
3. 学会等名 2nd Nucleation and Growth Research Conference (NGRC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Nishimoto, N. Fukumuro, T. Yamamoto, K. Maeda, M. Moritoki, S. Yae
2. 発表標題 Hydrogen generation and nickel electrodeposition under high hydrostatic pressure
3. 学会等名 2nd Nucleation and Growth Research Conference (NGRC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Sagara, Y. Oda, Y. Matsumura, N. Fukumuro, S. Yae
2. 発表標題 Analysis of Hydrogen in Electroless Nickel/Electroless Palladium/Immersion Gold Multilayer Films Using Thermal Desorption Spectroscopy
3. 学会等名 2nd Nucleation and Growth Research Conference (NGRC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八重真治, 福室直樹
2. 発表標題 めっきにおける水素共析と水素誘起現象の解析
3. 学会等名 2019年 関西表面技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 松村祐亮, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni/Pd/Auめっき膜中の水素とはんだ濡れ性との関係
3. 学会等名 第83回半導体・集積回路技術シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松村祐亮, 相良優作, 小田幸典, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 昇温脱離スペクトルによる無電解Pdめっき膜中水素の全量分析
3. 学会等名 表面技術協会第140回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木下剛志, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 塩化物浴からの白金電析膜の共析水素と構造への影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年秋季(第165回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田 凌, 木下剛志, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 ジニトロスルファト白金(II)酸水溶液を用いる白金電析における水素共析
3. 学会等名 第21回関西表面技術フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni/Pd/Auめっき膜中の水素がはんだ濡れ性に及ぼす影響
3. 学会等名 表面技術協会第141回講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福室直樹, 深井 有, 杉本秀彦, 石井 靖, 齋藤寛之, 八重真治
2. 発表標題 電気化学的手法によって合成した超化学量論の水素化物 PdH _x 2の結晶構造
3. 学会等名 日本金属学会2020年春期(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋本倫也, 福室直樹, 深井 有, 八重真治
2. 発表標題 超化学量論の水素化物PdH _x 2の電気化学合成
3. 学会等名 日本金属学会2020年春期(第166回)講演大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 N. Fukumuro, Y. Fukai, A. Matsumoto, S. Yae
2. 発表標題 Hydrogen-Induced Structural Changes in Electrodeposited Metal Films
3. 学会等名 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kinoshita, A. Yokoyama, A. Matsumoto, N. Fukumuro, S. Yae
2. 発表標題 Analysis of Hydrogen Adsorption and Incorporation during Electrodeposition of Platinum Films
3. 学会等名 22nd Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Yokohama, M. Tayakout-Fayolle, N. Fukumuro, S. Yae, K. Itoh, K. Maeda, T. Yamamoto
2. 発表標題 Kinetic Modelling of Electroless Nickel-Phosphorus Plating under High Pressure
3. 学会等名 8th Pacific Basin Conference on Adsorption Science and Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kinoshita, A. Yokoyama, A. Matsumoto, N. Fukumuro, S. Yae
2. 発表標題 Atomistic State of Absorbed Hydrogen in Electrodeposited Platinum Films
3. 学会等名 2018 ECS and SMEQ Joint International Meeting (AiMES 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本孝宣, 阿部晃平, 福室直樹, 松本 歩, 山本拓司, 前田光治, 八重真治
2. 発表標題 高静水圧下でのニッケル電析と水素発生
3. 学会等名 第7回JACI/GSCシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 八重真治、福室直樹
2. 発表標題 めっきにおける水素共析と水素誘起現象の解析
3. 学会等名 2018年関西表面技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下剛志, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 塩化物錯体溶液から電析した白金膜中の共析水素の存在状態
3. 学会等名 第80回マテリアルズ・テラリング研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解パラジウムめっき膜中の水素
3. 学会等名 第28回マイクロエレクトロニクスシンポジウム秋季大会(MES2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解 Ni/Pd/Au めっき膜中の水素
3. 学会等名 表面技術協会第138回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小田幸典, 相良優作, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni-P/Auめっき膜のはんだ濡れ性に及ぼす膜中水素の影響
3. 学会等名 表面技術協会第138回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西本孝宣、阿部晃平、福室直樹、山本卓司、前田光治、八重真治
2. 発表標題 高静水圧下での電気化学測定
3. 学会等名 2018年電気化学秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿部晃平、西本孝宣、福室直樹、山本拓司、前田光治、八重真治
2. 発表標題 高静水圧下で電析したニッケルの膜中水素
3. 学会等名 2018年第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相良優作、小田幸典、松村祐亮、福室直樹、八重真治
2. 発表標題 電子部品の接合に影響する無電解Ni/AuおよびNi/Pd/Auめっき膜中の水素
3. 学会等名 2018年第3回関西電気化学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福室直樹、深井 有、八重真治
2. 発表標題 めっきにおける水素誘起超多量空孔の生成とその影響
3. 学会等名 2018年度 日本金属学会 水素誘起超多量空孔(SAV)研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 松村祐亮, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni/AuおよびNi/Pd/Auめっきの膜中水素とはんだ濡れ性との関係
3. 学会等名 表面技術協会第139回講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福室直樹, 小田幸典, 相良優作, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni-P/Pd/Auめっき膜中の水素の挙動とはんだ接合への影響
3. 学会等名 日本金属学会2019年春季(第164回)講演大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西本孝宣, 阿部晃平, 福室直樹, 松本 歩, 山本拓司, 前田光治, 八重真治
2. 発表標題 電析時の圧力がニッケル膜中の水素量に及ぼす影響
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相良優作, 小田幸典, 松村祐亮, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni \ Au積層めっき膜中の水素が電子部品の接合に及ぼす影響
3. 学会等名 電気化学会第87回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福室直樹
2. 発表標題 金属電析における水素共析と水素誘起現象
3. 学会等名 日本真空学会関西支部 & 日本表面科学会関西支部合同セミナー2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横山綾乃、木下剛志、福室直樹、八重真治
2. 発表標題 白金めっき時の水素の吸着と吸蔵
3. 学会等名 第77回マテリアルズ・テラリング研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 S. Yae, A. Yokoyama, N. Fukumuro
2. 発表標題 Influence of Adsorption of Hydrogen on Its Incorporation during Electrodeposition of Platinum
3. 学会等名 68th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小田幸典, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 無電解Ni/Pd/Auの厚膜パラジウム条件下でのんだ接合金層の解析
3. 学会等名 表面技術協会第136回講演大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横濱大空, Tayakout-Fayolle Mélaz, 福室直樹, 八重真治, 伊藤和宏, 前田光治, 山本拓司
2. 発表標題 高压力下における無電解ニッケル リンめっきの反応機構
3. 学会等名 化学工学会第49回秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横山綾乃, 木下剛志, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 白金電析時の水素共析に及ぼす吸着水素の影響
3. 学会等名 第19回関西表面技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 横山綾乃, 木下剛志, 松本 歩, 福室直樹, 八重真治
2. 発表標題 白金電析中の水素吸着と共量関係
3. 学会等名 表面技術協会第137回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木下剛志、横山綾乃、松本 歩、福室直樹、八重真治
2. 発表標題 白金電析膜に共析した水素の存在状態 -電析条件による変化-
3. 学会等名 日本金属学会第162回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福室直樹、小田幸典、横山綾乃、角川 舞、森 優輔、松本 歩、八重 真治
2. 発表標題 無電解パラジウムめっき膜中の水素の存在状態
3. 学会等名 日本金属学会第162回講演大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 角川 舞、福室直樹、八重真治
2. 発表標題 パラジウム電析のEQCM測定と析出膜中水素の測定
3. 学会等名 電気化学会第85回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

兵庫県立大学大学院工学研究科 化学工学専攻 表面エネルギー化学研究グループ http://www.eng.u-hyogo.ac.jp/group/group39/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	八重 真治 (Yae Shinji) (00239716)	兵庫県立大学・工学研究科・教授 (24506)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	深井 有 (Fukai Yuh) (80055136)	中央大学・理工学部・名誉教授 (32641)	