

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月30日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360284

研究課題名（和文） 長寿命固体酸化物燃料電池作製のためのケイ素フリー耐熱性ガスシール技術開発

研究課題名（英文） Development of Si-free Sealing Technique for Solid Oxide Fuel Cells with Long-term Durability at High-temperatures

研究代表者

明石 孝也（AKASHI TAKAYA）

法政大学・生命科学部・教授

研究者番号：20312647

研究成果の概要（和文）： 酸化ジルコニウムを分散させたアルミニウム中間層を用いた液相酸化接合によって、固体酸化物燃料電池構成部材のイットリア安定化ジルコニアとステンレス合金の間に酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムの複合層を生成させることで、高い酸素ガスシール性と優れた耐熱サイクル性を有するシールを形成することに成功した。また、酸化ニッケルを分散させたアルミニウム中間層を用いた液相酸化接合によっても接合部の耐熱サイクル性を向上させた。

研究成果の概要（英文）： Silicon-free gas sealing technique was developed, employing liquid-phase-oxidation (LPO) joining of yttria-stabilized zirconia (YSZ) and stainless alloy via ZrO_2 -dispersed Al interlayer. During the LPO-joining, the ZrO_2/Al_2O_3 composite interlayer was formed between YSZ and Fe-Cr alloy. The composite interlayer had an excellent oxygen gas seal property, and high durability under thermal cycles. Furthermore, it was also confirmed that the composite interlayer formed via NiO-dispersed Al interlayer had high durability under thermal cycles.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	9,400,000	2,820,000	12,220,000
2011年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2012年度	2,700,000	810,000	3,510,000
総計	14,700,000	4,410,000	19,110,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学・構造・機能材料

キーワード：長寿命化，燃料電池，接合，材料加工・処理，ナノ材料

1. 研究開始当初の背景

固体酸化物燃料電池(SOFC)の商品化が近づくにつれ、固体酸化物燃料電池の耐久性・信頼性に対する要望は極めて厳しいものとなり、1000時間運転後における劣化率が0.1%以下であることが要求されていた。SOFCの劣化原因には様々なものが挙げられるが、例えば、燃料電池の構成部材にケイ素（ガラスなど）が含まれると、 $SiO_2 + 2H_2O$

→ $Si(OH)_4(g)$ などの反応によって、ケイ素成分が燃料極に輸送され、燃料極の3相界面（固体電解質／燃料極／ガス界面）において $SiO_2(s)$ となって析出し、燃料極の性能を低下させることが指摘された。

しかしながら、研究開発当初から現在までに開発されている固体酸化物燃料電池の中には、ガスシールのためにガラスを用いたものが数多くある。したがって、これらの燃料

電池では初期性能は優れるものの、長時間の使用によって絶縁性の $\text{SiO}_2(\text{s})$ が燃料極に析出し、初期性能を維持できないことが懸念される。したがって、ガラスに代わる新しいケイ素フリーの高温用ガスシール技術の開発が望まれる。本研究は、固体酸化物燃料電池(SOFC)の耐久性を向上させるために、ケイ素を含むガラスシールに代わる、ケイ素フリーの新しい高温用ガスシール技術を提供するものである。

2. 研究の目的

本研究では、固体酸化物燃料電池(SOFC)の長寿命化のためのケイ素フリーの新しい高温用ガスシール技術として、我々が開発したアルミニウムの酸化を利用した液相酸化接合技術を SOFC 構成部材の接合に適用し、接合部のガスシール性評価と耐熱性評価を行う。

Fig. 1 に、 ZrO_2 を分散させた Al 中間層を用いた液相酸化接合の機構を示す。Al が熔融することによって、YSZ とステンレス合金の隙間を埋め、熔融 Al が酸化することにより、 $\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ コンポジットからなるガスシールを形成する。



Fig. 1 Procedure of liquid-phase-oxidation (LPO) joining between Fe-Cr alloy and YSZ to disperse ZrO_2 particles in Al_2O_3 layer.

3. 研究の方法

(1) ZrO_2 分散 Al 中間層によるガスシール

鏡面研磨を施した YSZ 焼結体に、2-メトキシエタノールと Zr テトラ-n-ブトキシドのブタノール溶液から作製した ZrO_2 前駆体溶液をスピコートし、873 K で焼成した。その後、YSZ 焼結体の両面に Pt 電極を取り付け、YSZ の接合面に厚さ約 $1 \mu\text{m}$ の Al を真空蒸着し、接合面を鏡面研磨したステンレス合金(SUS430、一端閉管)と 1073 K、2 h の条件で液相酸化接合した。YSZ における酸素の透過速度を、YSZ 両端の Pt 電極に 0.1 V - 0.9 V の電圧をかけて、その定常状態の電流値から導出し、接合部における酸素ガスシール性の指標とした。また、室温~1003 K、昇降温速度 10 K/min の条件で熱サイクル処理を行い、熱サイクル過程における酸素ガスシール性評価も同様の手順により行った。

(2) NiO 分散 Al 中間層によるガスシール

粒径約 100 nm の Ni 粒子を 873 K、3 h の条件で焼成して作製した NiO 粒子を蒸留

水と混合し、その懸濁液を厚さ約 $1 \mu\text{m}$ の Al 膜を真空蒸着した YSZ 基板上に滴下を行なった。NiO 粒子を被覆した YSZ 焼結体に鏡面研磨したステンレス合金(SUS430)を接触させ、真空雰囲気、昇温速度 10 K/min で昇温した。昇温過程において、試料温度 953 K に達した時点で 15 min の保持を行い試料部に空気を導入した後、1273 K、6 h の条件で液相酸化接合を行った。接合後試料の熱サイクル処理を、室温~1073 K、昇降温速度 5 K/min の条件で行い、界面の微細構造観察には走査型電子顕微鏡(SEM)により行った。

4. 研究成果

(1) ZrO_2 分散 Al 中間層によるガスシール

Fig. 2 に Al 中間層および ZrO_2 を分散した Al 中間層を用いて液相酸化接合した試料の熱サイクル後において、YSZ に流れた電流値の定常値を示す。この電流値は YSZ 中を透過する酸化物イオンの輸送に起因すると考え、接合部における酸素ガスリークの指標とした。 ZrO_2 を分散していない Al 中間層によって接合した試料において、定常電流値は 8 サイクルまで減少し、10 サイクル以降では急激な定常電流値上昇が見られ、シール部における酸素ガスリークを示唆した。一方、 ZrO_2 を分散した Al 中間層によって接合した試料において、定常電流値は 9 サイクルまでは減少し、10 サイクルから 30 回まで定常電流値の上昇を抑制できた。このことから、熱サイクル過程での亀裂発生を抑制できたと言える。

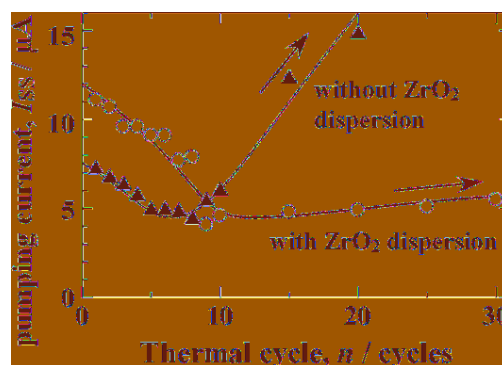


Fig. 2 Oxygen pumping current as a function of number of thermal cycles for Fe-Cr tube sealed with YSZ plate by LPO-joining.

(2) NiO 分散 Al 中間層によるガスシール

Fig. 3 に、Al 中間層および NiO を分散した Al 中間層を用いて液相酸化接合した試料の熱サイクル処理後の試料断面の SEM 像を示す。NiO を分散していない Al 中間層によって接合した試料においては、10 サイクル後に Al_2O_3 /ステンレス合金界面で剥離している様子が観察できる。一方、NiO を分散した Al 中間層によって接合した試料においては、

50 サイクル後においても、接合界面における剥離は見られなかった。

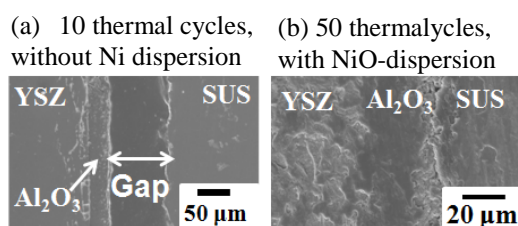


Fig. 3 Cross-sectional SEM images of YSZ/stainless alloy interface joined via Al interlayer and subjected thermal cycles.

以上、本研究により、固体酸化燃料電池(SOFC)の耐久性を向上させるためのケイ素フリーの新しい高温用ガスシール技術を提供することに成功した。

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 25 件)

- (1) S. Miyamoto, T. Hasegawa, H. Takahashi, T. Yonezawa, H. Kiyono, T. Yanase, T. Nagahama, T. Shimada: Fabrication of ZnO Nanorods by Atmospheric Pressure Solid Source CVD Using Ethanol-Assisted Low Temperature Vaporization”, *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 査読有, **85** (2013) 1287-1292.
- (2) M. Ando, I. Oikawa, S. Ohki, M. Tansho, T. Shimizu, H. Maekawa, H. Kiyono: O-17 NMR study of defects in $\text{LnO}_{1.5}\text{-CeO}_2$ ($\text{Ln}=\text{La}$ and Nd), *Chemistry letters*, 査読有, **42** (2013) 57-59.
- (3) 南口誠, 丸岡大佑: 「ナノ金属粒子分散による構造用酸化セラミックスのき裂治癒」セラミックス, セラミックス, 査読有, **48** (2013), 42-46.
- (4) D. Maruoka, M. Nanko: “Recovery of Mechanical Strength by Surface Crack Disappearance via Thermal Oxidation for Nano-Ni/ Al_2O_3 Hybrid Materials”, *Ceram. Intl.*, 査読有, **39** (2013), 3221-3229.
- (5) M. Ueda, Y. Inoue, H. Ochiai, M. Takeyama, T. Maruyama: “The Effect of Water Vapor on the Transition from Internal to External Oxidation of Austenitic Steels at 1073 K”, *Oxidation of Metals*, 査読有, **79** (2012) 485-494.
- (6) H. Kiyono, Y. Matsuda, T. Shimada, M. Ando, I. Oikawa, H. Maekawa, S. Nakayama, S. Ohki, M. Tansho, T. Shimizu, P. Florian, D. Massiot: “Oxygen-17 nuclear magnetic resonance measurements on apatite-type lanthanum silicate ($\text{La}_{0.33}(\text{SiO}_4)_6\text{O}_2$)”, *Solid State Ionics*, 査読有, **228** (2012) 64-69.
- (7) S. Hayashi, Y. Takada, I. Saeki, A. Yamauchi, Y. Nishiyama, T. Doi, S. Kyo, M. Sato: “Effect of Alloy Fe Content and Partial Pressure of Oxygen on the Formation and Phase Transformation Behavior of Al_2O_3 Scale”, *Materials and Corrosion*, 査読有, **68** (2012) 862-868.
- (8) S. Hayashi, S. Takagi, R. Yamagata, T. Narita, S. Ukai: “Formation of Exclusive Al_2O_3 Scale on Nb and Nb-rich Alloys by Two-Step Oxygen-Aluminum Diffusion Process”, *Oxidation of Metals*, 査読有, **78** (2012) 167-178
- (9) D. Maruoka, M. Nanko: Recovery of Mechanical Property on Nano-Co Particles Dispersed Al_2O_3 via High-Temperature Oxidation”, *Mater. Trans.*, 査読有, **53** (2012) 1816-1821.
- (10) M. Nanko, D. Maruoka, N. D. Thuy: “Multi-Functional Metal/Ceramic Hybrid Composites for Structural Applications”, *Materials Science Forum*, 査読無, **706-709** (2012) 1984-1989.
- (11) M. Nanko, D. Maruoka, N. D. Thuy: “Multi-Functional Metal/Ceramic Hybrid Composites for Structural Applications”, *Materials Science Forum*, 査読無 **706-709** (2012) 1984-1989.
- (12) M. Nanko, D. Maruoka and Y. Sato: “High-Temperature Oxidation of Y_2O_3 -Doped Al_2O_3 Matrix Composites Dispersed with Nano Ni Particles”, *Intl. J. Appl. Ceram. Technol.*, 査読有, **9** (2012) 172-177.
- (13) Y. Masubuchi, Y. Sato, A. Sawada, T. Motohashi, H. Kiyono, S. Kikkawa: “Crystallization and Magnetic Property of Iron Oxide Nanoparticles”, *J. Europ. Ceram. Soc.*, 査読有, **31** (2011) 2459-2462.
- (14) H. Kiyono, T. Tsumura, T. Kiyono, M. Toyoda, S. Shimada: “Formation of needle-like titanium oxynitride particles through nitridation of hydrated titanates”, *Ceram. Intl.*, 査読有, **37** (2011) 1813-1817.
- (15) M. Ando, I. Oikawa, Y. Noda, S. Ohki, M. Tansho, T. Shimizu, H. Kiyono, H. Maekawa: “High field O-17 NMR study of defects in doped zirconia and ceria”, *Solid State Ionics*, 査読有, **192** (2011) 576-579.
- (16) I. Oikawa, M. Ando, Y. Noda, K. Amezawa, H. Kiyono, T. Shimizu, M. Tansho, H. Maekawa: “Defects in scandium doped barium zirconate studied by Sc-45 NMR”, *Solid State Ionics*, 査読有, **192** (2011) 83-87.

- (17) T. D. Nguyen and D. Maruoka, M. Nanko: "Oxidation of Mo/Al₂O₃ Hybrid Materials at High Temperatures", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 査読有, **20** (2011) 12015-12020.
- (18) T. Akashi, Y. Katsuyama, and K. Matsushima: "Effects of polymer addition and supercritical drying on sol-gel HfO₂ coating on polycrystalline SiC substrate", *Proceedings of Unified International Technical Conference on Refractories*, Kyoto, Oct. 31-Nov. 2, 査読無, (2011), 1-E-20T.
- (19) 守吉佑介, 明石孝也: 「セラミックスの粒成長と緻密化」, 耐火物, 査読有, **63** (2011) 572-579.
- (20) 明石孝也, 守吉佑介: 「熱力学と反応速度論: 固相を生成する反応」, 耐火物, 査読有, **63** (2011) 505-510.
- (21) Y.-L. Aung, T. Watanabe, T. Asahi, H. Kiyono, M. Sakamoto, S. Nakayama: "Electrical conductivities of sodium rare earth borate glasses", *Ceram. Intl.*, 査読有, **36** (2010) 2323-2327.
- (22) H. Kiyono, Y. Noritake, S. Shimada: "Improvement of high-temperature oxidation resistance to water vapor by alumina coating on beta-sialon ceramic", *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 査読有, **32** (2010) 681-684.
- (23) H. Kiyono, T. Sakai, M. Takahashi, S. Shimada: Thermogravimetric analysis and microstructural observations on the formation of GaN from the reaction between Ga₂O₃ and NH₃, *J. Cryst. Growth*, 査読有, **312** (2010) 2823-2827.
- (24) Sakamoto, S. Shimada, H. Kiyono, J. Tsujino, I. Yamazaki: "Water vapor- controlled thermal plasma chemical vapor deposition of double-layered TiN/PSZ coatings on Si and WC-Co substrates", *Materials Science and Engineering: B*, 査読有, **172** (2010) 201-206.
- (25) D. Maruoka and M. Nanko: "Influence of Si-Doping of Nano-Ni Dispersed Al₂O₃ Composites on High-Temperature Oxidation", *Mater. Trans.*, 査読有, **51** (2010) 1570-1573.
- [学会発表] (計62件)
- (1) 上田光敏, 丸山俊夫, 竹山雅夫: 「素過程からみた耐熱鋼の高温水蒸気酸化」, 第152回日本金属学会講演大会, 2013年3月29日, 東京理科大学(東京都).
- (2) 高田雄都, 林重成, 鶴飼重治: 「β-Ni-Fe-Al合金上に形成するAl₂O₃スケールの相変態に及ぼすFeの影響」, 日本金属学会春期講演大会(152回), 2013年3月29日, 東京理科大学(東京都).
- (3) 守屋充, 明石孝也, 恒川聡, 幅崎浩樹: 「AlコートNi合金基板上へのナノ粒子マウントと耐摩耗性評価」, 第51回セラミックス基礎科学討論会, 2013年1月9~10日, 仙台国際センター(宮城県).
- (4) 島山恭輔, 明石孝也: 「NiO粒子を分散させたAl中間層により接合したYSZとステンレス合金の界面構造」, 第38回固体イオニクス討論会, 2012年12月3~5日, 京都テルサ(京都府).
- (5) 橋本裕也, 明石孝也: ZrO₂分散Al中間層を用いて接合したYSZ/ステンレス合金界面の酸素ガスシール性と耐熱サイクル性評価, 第38回固体イオニクス討論会, 2012年12月3~5日, 京都テルサ(京都府).
- (6) D. Maruoka, M. Nanko: "Mechanical Recovery on Various Volume Fraction of Nano-Ni Dispersed Al₂O₃ Hybrid Materials via Thermal Oxidation", MSE2012, Sep. 24-28, 2012, Darmstadt, Germany.
- (7) D. Maruoka and M. Nanko: "Crack-Healing Function of Nano-Ni Particles Dispersed Al₂O₃ Hybrid Materials at Various Heat Treatment Conditions", PM2012, Oct.14-18, 2012, Yokohama, Japan.
- (8) D. Maruoka, M. Nanko: "High-Temperature Oxidation Kinetics for Recovery of Mechanical Strength on Nano-Ni Dispersed Al₂O₃ Hybrid Materials", Pacific RIM Meeting on electrochemical and solid-state science (PRiME 2012), Oct. 7-12, 2012, Hawaii, USA.
- (9) M. Ueda, Y. Kurata, K. Kawamura and T. Maruyama: "The effect of Water Vapor on the Distribution of Oxide Precipitates during Internal Oxidation of Ni-5Cr Alloy at 1073 K", PRiME2012, High Temperature Corrosion Materials Chemistry 10, Oct. 7-12, 2012, Hawaii, USA.
- (10) Y. Hashimoto, T. Akashi: "Oxygen Gas Sealing between YSZ and Fe-Cr Alloy by Liquid-Phase-Oxidation Joining via ZrO₂-dispersed Al Interlayer", Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid State Science 2012 (PRiME 2012), Oct. 7-12, 2012, Hawaii, USA.
- (11) M. Moriya, T. Akashi, S. Tsunekawa, H. Habasaki: "Mounting of ZrO₂ Nanoparticles on Ni Alloy Plate via Al Coated Layer and its Wear Resistance", IUMRS-International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM 2012), Sep. 23-28, Yokohama, Japan.
- (12) 上田光敏, 落合彦太郎, 井上雄基, 竹山雅夫, 丸山俊夫: 「1073 Kにおいて

- Fe-Cr-Ni 合金に形成する内部酸化層中の酸素透過に及ぼす水蒸気の影響」, 第 59 回材料と環境討論会, 2012 年 9 月 26 日, 旭川市大雪クリスタルホール (北海道).
- (13) 高田雄都, 林 重成, 鶴飼重治: 「 β -Fe-41.5at.%Al-Ni 合金の高温酸化挙動におよぼす Ni の影響」, 第 59 回材料と環境討論会, 2012 年 9 月 25 日, 旭川市大雪クリスタルホール (北海道).
- (14) 丸岡大佑, 南口誠: 「ナノ Ni 分散 Al_2O_3 ハイブリッドのき裂治癒効果における高温酸化速度論」, 日本金属学会 2012 年秋大会, 2012 年 9 月 17-19 日, 愛媛大学 (愛媛県).
- (15) 丸岡大佑, 南口誠: 「ナノ Ni 分散 Al_2O_3 ハイブリッドのき裂治癒効果」, バルクセラミックス若手セミナー, 2012 年 8 月 27-29 日, 国民宿舎 鳩ノ巣荘 (東京都).
- (16) D. Maruoka, M. Nanko: "Crack-healing behavior of nano-metal dispersed Al_2O_3 hybrid materials", International Workshop on Materials in Harsh Environments, Aug. 5-7, 2012, Tomamu, Hokkaido.
- (17) K. Hatakeyama, T. Akashi (招待講演): "Liquid-Phase-Oxidation Joining of YSZ and Fe-Cr alloy via NiO-dispersed Al interlayer", The 6th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-6), Mielparque-Yokohama, Japan, June 26-28, 2012.
- (18) M. Ueda, Y. Inoue, H. Ochiai, M. Takeyama, T. Maruyama: "The Effect of Water Vapor on the Transition from Internal to External Oxidation of Austenitic Steels at 1073 K", 8th International Symposium on High-Temperature Corrosion and Protection of Materials, May 20-25, 2012, Les Embiez, France.
- (19) 畠山恭輔, 明石孝也: 「NiO ナノ粒子を分散させた Al 中間層により接合した YSZ とステンレス合金の界面構造」, 日本セラミックス協会 2012 年年会, 2012 年 3 月 19-21 日, 京都大学 (京都府).
- (20) 畠山恭輔, 明石孝也: 「NiO を分散させた Al 中間層による YSZ とステンレス合金の接合」, 日本セラミックス協会基礎科学部会 セラミックス基礎科学討論会第 50 回記念大会, 2012 年 1 月 12-13 日, 国際ファッションセンター, (東京都).
- (21) 林 重成 (招待講演): 「保護性酸化スケール形成と合金中の固溶酸素」, 日本金属学会 秋期大会, 2011 年 11 月 8 日, 沖縄コンベンションセンター, (沖縄県).
- (22) 上田光敏, 河村憲一, 丸山俊夫: 「酸化皮膜中の動力的組織変化に及ぼす外部電流の影響」, 2011 年秋期大会 (第 149 回) 日本金属学会講演大会, 2011 年 11 月 7 日, 沖縄コンベンションセンター (沖縄県).
- (23) 橋本裕也, 明石孝也: 「1073 K で液相酸化接合した YSZ/ステンレス合金界面における酸素ガスシール性評価」, 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム, 2011 年 9 月 7-9 日, 北海道大学 (札幌キャンパス) (北海道).
- (24) 上田光敏: 「金属複酸化物における動力的組織変化の定量的予測」, 第 7 回固体イオニクスセミナー, 2011 年 9 月 4-6 日, ひみのはな (富山県).
- (25) 上田光敏, 河村憲一, 丸山俊夫: 「酸素ポテンシャル勾配下に置かれた金属酸化物中の動力的組織変化に及ぼす外部電流の影響」, 第 7 回固体イオニクスセミナー, 2011 年 9 月 4-6 日, ひみのはな (富山県).
- (26) M. Nanko, D. Maruoka, N. D. Thuy, "Multi-Functional Metal/Ceramic Hybrid Composites for Structural Applications", Thermec2011, 2011 年 8 月 5 日, Quebec City Convention Center, Canada.
- (27) S. Hayashi (招待講演), S. Takagi, S. Ukai and T. Narita: "Formation of Protective Alumina Scale on low-Al Niobium Alloys by two-step Oxygen-Aluminum Diffusion Treatment", 8th International Conference on Diffusion in Materials", July 6, 2011, Dijon, France.
- (28) D. T. M. Dung, M. Nanko: "Kinetic Analysis of Internal Oxidation of Ni(Al) Solid Solution Prepared by Pack Cementation", 日本金属学会 2011 年春期 (第 148 回) 大会, 2011 年 3 月 26 日, 東京都市大学 (東京都).
- (29) 豊田浩平, 林 重成, 鶴飼重治: 「水蒸気雰囲気中における純 Ni の高温酸化」, 日本金属学会 2011 年春期 (第 148 回) 大会, 2011 年 3 月 26 日, 東京都市大学 (東京都).
- (30) 阿内三成, 林 重成, 成田敏夫, 鶴飼重治: 「 $(Ni,Pt)_3Al$ 上での Al_2O_3 皮膜の形成・成長に及ぼす H_2O の影響」, 日本金属学会 2011 年春期 (第 148 回) 大会, 2011 年 3 月 26 日, 東京都市大学 (東京都).
- (31) 新居毅篤, 林 重成, 鶴飼重治: 「Pt コーティングによる Ni-低 Al 合金上への Al_2O_3 スケール形成」, 日本金属学会 2011 年春期 (第 148 回) 大会, 2011 年 3 月 26 日, 東京都市大学 (東京都).
- (32) 林 重成, 高木真介, 鶴飼重治, 成田敏夫, 増田井出夫, 長田泰一, 梶原堅一: 「Ni オブ基金合金上へのアルミナ皮膜形成」, 日本金属学会 2011 年春期 (第 148 回) 大会, 2011 年 3 月 26 日, 東京都市大学 (東京都).
- (33) 志村維大, 加藤翔, 畠山恭輔, 明石孝也: 「イットリア安定化ジルコニアとステン

- レス合金の液相酸化接合と酸素ガスリーク評価」, 第 36 回固体イオニクス討論会, 2010 年 11 月 26 日, 仙台市情報・産業プラザ (宮城県) .
- (34) T. Akashi, T. Shimura: "Liquid-Phase Oxidation Joining of Ytria-Stabilized Zirconia and Fe-Cr Alloy via Al Interlayer as a Gas Sealing Technique for Planar SOFCs, 3rd International Congress on Ceramics (ICC3) Nov. 18, 2010, Osaka, Japan.
- (35) T. Akashi, T. Shimura: "Liquid-Phase Oxidation Joining of Ytria-Stabilized Zirconia and Fe-Cr Alloy via Al Interlayer and Oxygen Permeation along the Joined Interface", International Symposium on High-temperature Oxidation and Corrosion 2010 (ISHOC-10), Nov. 8-Nov.11, 2010, Zushi, Kanagawa, Japan.
- (36) M. Nanko: "Fabrication of Oxide Nano-Rod Array Structure via Internal Oxidation of Alloys", International Symposium on High-temperature Oxidation and Corrosion 2010 (ISHOC-10), Nov. 8-Nov.11, 2010, Zushi, Kanagawa, Japan.
- (37) S. Hayashi, I. Saeki, Y. Sishiyama, T. Doi, S. Kyo, M Segawa: "In-situ Measurement of the Phase Transformation Behavior of Al₂O₃ Scale during High-temperature Oxidation using Synchrotron Radiation", International Symposium on High-temperature Oxidation and Corrosion 2010 (ISHOC-10), Nov. 8-11, 2010, Zushi, Kanagawa, Japan.
- (38) 笠原 翔, 林 重成, 鶴飼重治, 本田和彦, 近藤泰光, 柳原勝幸: 「Fe-低 P 合金の高温酸化スケールの生成および密着性におよぼす P の影響」, 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会, 2010 年 9 月 26 日, 北海道大学 (北海道) .
- (39) 南口 誠, レ チュン ズン: 「高温における Fe₂O₃ 焼結体の機械的特性」, 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会, 2010 年 9 月 26 日, 北海道大学 (北海道) .
- (40) 新居毅篤, 林 重成, 鶴飼重治: 「Ni-低 Al 合金への元素コーティング法による Al₂O₃ スケール形成能付与」, 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会, 2010 年 9 月 25 日, 北海道大学 (北海道) .
- (41) A. Shaaban, S. Hayashi, S. Ukai: "Acceleration of α -Al₂O₃ Formation on Ni50%Al at 1150 °C Using Nano Metallic Coatings", 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会, 2010 年 9 月 25 日, 北海道大学 (北海道) .
- (42) 北島由梨, 林 重成, 西本 工, 成田敏夫, 鶴飼重治: 「 α -Al₂O₃ 皮膜の早期形成機構に及ぼす Fe コーティングの影響」, 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会,

- 2010 年 9 月 25 日, 北海道大学 (北海道) .
- (43) 阿内三成, 林 重成, 成田敏夫, 鶴飼重治: 「Ni-25Al-10Pt 合金に形成する θ -Al₂O₃ 酸化皮膜に及ぼす水蒸気の影響」, 日本金属学会 2010 年秋期 (第 147 回) 大会, 2010 年 9 月 25 日, 北海道大学 (北海道) .
- (44) 明石 孝也, 志村維大, 加藤 翔: 「液相酸化接合したイットリア安定化ジルコニア/ステンレス合金界面における酸素ガスリーク評価」, 2010 年電気化学秋季大会, 2010 年 9 月 3 日, 神奈川工科大学 (神奈川県)

[図書] (計 1 件)

- (1) 明石 孝也 (分担執筆): 第 6 版 電気化学便覧, 電気化学会編, 第 7-3-2 節, pp. 264-266, 「荷電粒子の輸送の現象論とダイナミックス」, 丸善出版, 2012.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: ナノ粒子含有膜の形成方法

発明者: 明石孝也

権利者: 明石孝也, 法政大学

種類: 特許

番号: 特願 2012-201773

出願年月日: 平成 24 年 9 月 13 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

chem. ws. hosei. ac. jp/wp/faculty/無機化学研究室

6. 研究組織

(1) 研究代表者

明石 孝也 (AKASHI TAKAYA)

法政大学・生命科学部・教授

研究者番号: 20312647

(2) 研究分担者

南口 誠 (NANKO MAKOTO)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号: 90272666

林 重成 (HAYASHI SHIGENARI)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 10321960

清野 肇 (KIYONO HAJIME)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 50281788

上田 光敏 (UEDA MITSUTOSHI)

東京工業大学・理工学研究科・助教

研究者番号: 90376939

(3) 連携研究者

なし