

機関番号：11301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22760550

研究課題名 (和文)

高強度レーザー場での化学気相析出を利用した金属基材の硬質セラミックスコーティング

研究課題名 (英文)

Ceramics Coating of Metal Substrate by Chemical Vapor Deposition under Intense Laser Field

研究代表者

伊藤 暁彦 (ITO AKIHIKO)

東北大学・金属材料研究所・助教

研究者番号：20451635

研究成果の概要 (和文)：

高強度レーザー光をレンズで拡げて原料気相中に照射することで、比較的大きな領域に活性な反応場を創り出すことができる。このような高強度レーザー場において化学気相析出を行うことで、コーティングプロセスが著しく活性化される。本研究では、チタン系基材への  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 、TiON および TiN をはじめとするセラミックス膜のコーティングを行い、合成条件が膜の組織や結晶配向に与える影響について調べることで、膜の微細構造や界面構造を精緻に制御したコーティングプロセスを確立した。

研究成果の概要 (英文)：

A laser irradiation to chemical vapor deposition process enhanced chemical reactions and mobility of adsorbed species on a surface, leading a high-speed deposition of ceramics coating with orientation and microstructure control. In the present study, we demonstrated the preparation of  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ , TiON and TiN films at high deposition rate with orientation, composition and microstructural control.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料加工・処理

キーワード：化学気相析出・レーザー工学・セラミックス・コーティング・配向制御

## 1. 研究開始当初の背景

化学気相析出 (CVD: Chemical Vapor Deposition) 法は、気相からの析出反応により基材をコーティングする方法であり、合成温度や炉内圧力を変化させることで、原子レベルでの多様な構造制御が可能である。その被覆性が高いことから、実用コーティング法として幅広く使用される。近年、CVD プロセスへのレーザー導入が試みられているが、い

れもパルスレーザービームを局所的 (直径数 m 程度) に集光して、基板の局部加熱や原料ガスの選択的光化学反応に用いている。しかしこれらの方法では、従来の熱 CVD 法と差別化できるほどの優位性が認められず、大面積コーティングを強みとする CVD 法へのレーザー導入の利点が生かされていない。

本研究代表者らは、高強度の連続発振レーザービームをレンズで拡げて原料ガスおよび基板へ照射する CVD 法を提案し、この活

性な反応場を利用して、セラミックス基材上に結晶配向性の高いセラミックス膜を低温で合成できることを明らかにしてきたが、本手法を用いることで、従来の CVD 法では難しかった金属基材への硬質セラミックスコーティング技術の開発へと研究の展開が可能であるとの着想に至った。

## 2. 研究の目的

高強度レーザー場を用いて気相中に発生させた活性な反応場を、新しい化学気相析出プロセスの場として利用する。本研究では、この独創的な CVD プロセスを確立するとともに、従来法では基材加熱温度が高いために基材の熱劣化が問題となっていた金属チタンおよびチタン系サーメット基材上にアルミナや窒化チタンなどのセラミックスコーティング膜を合成する手法を確立することを目的とする。

## 3. 研究の方法

レーザーCVD 法を用いて、各種基材への TiN 膜および  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜等のコーティングを行い、合成条件が膜の組織や結晶配向に与える影響について調べる。合成した膜は、X 線回折装置を用いて結晶相を同定し、走査型電子顕微鏡を用いて表面および断面形態の観察を行う。TiN 膜の気相成長においては TiN<sub>x</sub> 膜や Ti(O,N) 膜が生成しやすいが、酸素原子ドープによる耐酸化性の向上や可視光応答光触媒活性の発現が注目されている。X 線光電子分光 (XPS) 装置を用いて化学結合状態を精査することで、本研究より得られる知見の波及効果をより広いものとしたい。一方、 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は結晶配向面により機械的強度が大きく変化する。さらに、本手法で合成した配向膜の合成条件依存性や、成長方向に沿って生成するナノポア (空隙) などの特異なナノ構造が、本申請者の最近の研究で明らかになってきていることから、結晶配向や微細構造は後方散乱電子回折像 (EBSD) 観察および透過型電子顕微鏡を用いて詳細に評価する。膜の基材との密着性は、ロックウェル圧痕評価法 (ISO-26443) にて行う。このように、レーザー照射条件が基材上にコーティングした膜の組織や結晶配向に与える影響を調べる。

## 4. 研究成果

半導体レーザーを用いたレーザーCVD 法により、Al(acac)<sub>3</sub> 原料を用いて AlN およびサーメット基材上に  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜を合成した。薄膜密着強度評価装置を用いて、サーメット基材上に成膜した  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の密着強度を評価

した。これにより、レーザー出力、成膜温度、成膜雰囲気、炉内圧力および原料供給温度などの成膜条件が、コーティング膜の微細構造と密着性に及ぼす影響を明らかにし、サーメット基材上に成膜した  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜において、良好な密着性を示すコーティング膜を合成した。

一方、半導体レーザーを用いたレーザーCVD 法により、TTIP 原料を用いて Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 基板上に TiN 膜を合成した。レーザー出力 200 W および NH<sub>3</sub> 流量 100 sccm のとき、炉内圧力 0.6 から 2.0 kPa では、立方晶型の TiON 膜が生成した。炉内圧力を 0.6 kPa から 2.0 kPa へと増加させると、膜の格子定数は、0.420 から 0.422 nm へと増加した。TiO 中の O を N で置換すると、格子定数は  $a_{\text{TiO}} = 0.4185 \text{ nm}$  から  $a_{\text{TiN}} = 0.424 \text{ nm}$  の間で変化することが報告されている。一方、レーザー出力 100 W、炉内圧力 0.6 kPa のとき、TiO、rutile-TiO<sub>2</sub>、anatase-TiO<sub>2</sub> とともに、Ti<sub>2.86</sub>O<sub>4</sub>N 相が生成した。これは、擬 brookite 型結晶構造を持つ Ti<sub>3</sub>O<sub>5</sub> の O の一部を N で置換した化合物である。TiON 膜 (42 mol%N) の表面には、三角形のファセットが成長していた。一方、TiON 膜 (65 mol%N) では、微細な正方形の粒子が成長していた。また、原料に酸素を含む Ti(OiPr)<sub>2</sub>(dpm)<sub>2</sub> を原料に用いた場合であっても、NH<sub>3</sub> 雰囲気中で合成することで、TiN 膜が生成することがわかった。

## 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 21 件)

1. Preparation of LaRuO<sub>3</sub> Films by Microwave Plasma-enhanced Chemical Vapor Deposition. *Thin Solid Films* 520 (2012) 1847-1850: M. Kimura, A. Ito, T. Kimura, T. Goto. 【査読有】
2. Rh-nanoparticle-dispersed ZrO<sub>2</sub> films prepared by laser chemical vapor deposition. *Surface and Coatings Technology* 206 (2012) 3006-3010: A. Honda, T. Kimura, A. Ito, T. Goto. 【査読有】
3. Preparation of Ba-Ti-O films by Laser Chemical Vapor Deposition. *Materials Chemistry and Physics* 133 (2012) 398-404: A. Ito, D.Y. Guo, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
4. Effect of Precursor Supply on (100) and (001) Orientations of  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Film Prepared by Laser CVD. *Key Engineering Materials* 508 (2012) 3-6: K. Hokuto, A. Ito, T. Kimura, T. Goto. 【査読有】

5. Growth of *b*-axis-oriented BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Nanopillars by Laser Chemical Vapor Deposition. Key Engineering Materials 508 (2012) 185-188: D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  6. Ba<sub>2</sub>TiO<sub>4</sub> and Ba<sub>4</sub>Ti<sub>13</sub>O<sub>30</sub> Thick Films Prepared by Laser Chemical Vapor Deposition and Their Microstructure. Key Engineering Materials 508 (2012) 199-202: D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  7. Preparation of *c*-axis-oriented Y<sub>2</sub>Ba<sub>4</sub>Cu<sub>7</sub>O<sub>15.5</sub> Films by Laser CVD with Ultrasonically Nebulized Precursor. Key Engineering Materials 508 (2012) 207-210: A. Ito, M. Sato, T. Goto. 【査読有】
  8. Preparation of Titania Solid Films by Laser CVD using CO<sub>2</sub> Laser. Key Engineering Materials 508 (2012) 279-282: M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  9. Microcolumnar and Granular Structures of TiO<sub>2</sub> Films Prepared by Laser CVD using Nd:YAG Laser. Key Engineering Materials 508 (2012) 287-290: M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  10. Dielectric properties of Ba<sub>4</sub>Ti<sub>13</sub>O<sub>30</sub> film prepared by laser chemical vapor deposition. Journal of Materials Science 47 (2012) 1559-1561: D.Y. Guo, A. Ito, T. Goto, R. Tu, C.B. Wang, Q. Shen, L. Zhang. 【査読有】
  11. Effect of laser power on microstructure and dielectric properties of BaTi<sub>5</sub>O<sub>11</sub> films prepared by laser chemical vapor deposition method. Journal of Materials Science: Materials in Electronics (2012) accepted: D.Y. Guo, A. Ito, T. Goto, R. Tu, C.B. Wang, Q. Shen, L. Zhang. 【査読有】
  12. Preparation of (020)-oriented BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> thick films and their dielectric responses. Journal of the European Ceramic Society 32 (2012) 2459-2467: A. Ito, D.Y. Guo, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  13. Dome-like and dense SiC-SiO<sub>2</sub> nanocomposite films synthesized by laser chemical vapor deposition using CO<sub>2</sub> laser. Surface and Coatings Technology 205 (2011) 2818-2822: S. Yu, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  14. Fast epitaxial growth of *a*-axis- and *c*-axis-oriented YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7.5</sub> films on (100) LaAlO<sub>3</sub> substrate by laser chemical vapor deposition. Applied Surface Science 257 (2011) 4317-4320: P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  15. Laser chemical vapor deposition of TiN film on Ti(C, N)-based cermet substrate using Ti(OiPr)<sub>2</sub>(dpm)<sub>2</sub>-NH<sub>3</sub> system. Journal of the Ceramics Society of Japan 199 (2011) 310-313: Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  16. High-speed epitaxial growth of (100)-oriented CeO<sub>2</sub> film on r-cut sapphire by laser chemical vapor deposition. Surface and Coatings Technology 205 (2011) 4079-4082: P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  17. Deposition of α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films on Ti(C, N)-based cermet substrate by laser chemical vapor deposition using a diode laser. Journal of the Ceramics Society of Japan 119 (2011) 570-572: Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  18. (006)-oriented α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films prepared in CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> atmosphere by laser chemical vapor deposition using a diode laser. Materials Science and Engineering B 176 (2011) 984-989: Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  19. Effect of NH<sub>3</sub> Atmosphere on Preparation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-AlN Composite Film by Laser CVD. Key Engineering Materials 484 (2011) 172-176: Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  20. Preparation of α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiN Multilayer Coating on Ti(C,N)-Based Cermet by Laser CVD. Key Engineering Materials 484 (2011) 188-191: Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
  21. High-speed growth of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7.5</sub> film with high critical temperature on MgO single crystal substrate by laser chemical vapor deposition. Superconductor Science and Technology 23 (2010) 125010: P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto. 【査読有】
- 〔学会発表〕 (計 49 件)
1. Effect of precursor vaporization temperature on microstructure of TiO<sub>2</sub> films prepared by laser CVD using Nd:YAG laser, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 日本セラミックス協会 2012 年年会 (2012.03.19) 京都市 (京都大学)
  2. 高強度レーザー反応場を利用した強配

- 向結晶の高速気相析出 (招待講演), 伊藤 暁彦, 日本セラミックス協会 2012 年年会 (2012.03.19) 京都市 (京都大学)
3. (110)-oriented Ba  $\beta$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films prepared on AlN substrate by laser chemical vapor deposition, You Yu, A. Ito, R. Tu, T. Goto, ASPT2011 (2012.03.09) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
  4. High-speed preparation of titania films by laser chemical vapor deposition, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, ASPT2011 (2012.03.09) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
  5. High-speed growth of TiO<sub>2</sub> films by laser chemical vapor deposition using Nd:YAG laser, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, セラミックス基礎科学討論会第 50 回記念大会 (2012.01.12) 両国 (国際ファッションセンター)
  6. Effect of Ba/Al molar ratio on the preparation of Ba beta-alumina films by laser chemical vapor deposition, You Yu, A. Ito, R. Tu, T. Goto, セラミックス基礎科学討論会第 50 回記念大会 (2012.01.12) 両国 (国際ファッションセンター)
  7. レーザー CVD 法により合成した Al-Ti-O 系膜の微細構造, 西垣祥太郎, 伊藤 暁彦, 後藤孝, セラミックス基礎科学討論会第 50 回記念大会 (2012.01.12) 両国 (国際ファッションセンター)
  8. レーザー CVD 法による配向性  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の合成と微細構造観察, 伊藤 暁彦, 尤玉, 塗溶, 後藤孝, セラミックス基礎科学討論会第 50 回記念大会 (2012.01.12) 両国 (国際ファッションセンター)
  9. Rapid synthesis of titania films by laser chemical vapor deposition using Nd:YAG laser, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 5th IMR-KU Joint Seminar (2011.12.12) Seol (Korea University)
  10. Microstructure of Titania Films Prepared by Laser Chemical Vapor Deposition, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 4th French Research Organizations-Tohoku University Joint Workshop on Frontier Materials (FRONTIER-2011) (2011.12.05) 仙台市 (東北大学)
  11. Preparation of Beta Alumina Films by Laser Chemical Vapor Deposition, You Yu, A. Ito, R. Tu, T. Goto, International Symposium of Materials Integration In conjunction with the 2nd International Symposium on Advanced Synthesis and Processing Technology for Materials (ASPT2011), KINKEN-WAKATE 2011 (2011.12.01) 仙台市 (江陽グランドホテル)
  12. Preparation and characterization of TiO<sub>2</sub> film by laser chemical vapor deposition, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, International Symposium of Materials Integration In conjunction with the 2nd International Symposium on Advanced Synthesis and Processing Technology for Materials (ASPT2011), KINKEN-WAKATE 2011 (2011.12.01) 仙台市 (江陽グランドホテル)
  13. High-speed preparation of TiO<sub>2</sub> film by laser CVD using CO<sub>2</sub> laser, M. Gao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第 122 回東北大学金属材料研究所所内講演会 (2011.11.24) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
  14. レーザー CVD により合成した  $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 膜の優先配向成長, 伊藤 暁彦, 後藤孝, 2011 年度セラミックス総合研究会 (2011.11.18) 山梨市 (山梨大学)
  15. High-Speed Deposition of Highly Oriented CeO<sub>2</sub> and YBCO Films by Laser Chemical Vapor Deposition for Superconducting Tape (招待講演), P. Zhao, A. Ito, R. Tu, 3rd International Symposium on Advanced Ceramics and Technology for Sustainable Energy Applications (ACTSEA2011) (2011.10.30) Pingtung
  16. レーザー CVD 法による Al-Ti-O 系膜の合成, 西垣祥太郎, 伊藤 暁彦, 後藤孝, 平成 23 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会 (2011.10.27) 郡山市 (日本大学)
  17. レーザー CVD 法により合成した TiO<sub>2</sub> 膜の生成相と微細構造, 佐藤隆宏, 伊藤 暁彦, 後藤孝, 平成 23 年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会 (2011.10.27) 郡山市 (日本大学)
  18. レーザー CVD 法による Ti(O,N)膜の合成と組成の傾斜機能制御, 米崎達也, 伊藤 暁彦, 後藤孝, 平成 23 年度粉体粉末冶金協会 秋季大会 (2011.10.26) 吹田市 (大阪大学)
  19. レーザー CVD 法によるエピタキシャル BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 膜の合成とその誘電特性, 伊藤 暁彦, 郭冬云, 塗溶, 後藤孝, 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム (2011.09.07) 札幌市 (北海道大学)

20. レーザー CVD によるアルミナ硬質コーティングの配向成長と微細構造 (招待講演), 伊藤暁彦, 後藤孝, 日本セラミックス協会 第 24 回秋季シンポジウム (2011.09.07) 札幌市 (北海道大学)
21. Preparation of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  film on Hastelloy C276 tape by laser chemical vapor deposition using a liquid source, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, The 4th International Symposium on Functional Materials (ISFM2011) (2011.08.02) 仙台市 (東北大学)
22. High-Speed Coating of Structural Ceramics by Laser Chemical Vapor Deposition (招待講演), A. Ito, T. Goto, The 5th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-5) (2011.06.22) 横浜市 (メルパルク横浜)
23. Highly (100)-oriented  $\text{CeO}_2$  film prepared on (100) MgO single crystal substrate by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第 121 回東北大学金属材料研究所所内講演会 (2011.05.24) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
24.  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  coating on cutting tools by laser chemical vapor deposition (招待講演), Y. You, A. Ito, R. Tu, Engineering Ceramics 2011 (2011.05.08) Smolenice
25. Preparation of  $\text{BaTi}_2\text{O}_5$  films on (100), (110) and (111) MgO substrates by laser CVD, D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 日本セラミックス協会 2010 年年会 (2011.03.16) 浜松市 (静岡大学)
26. Microstructure of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  films prepared by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, Takeharu Kato, 日本セラミックス協会 2010 年年会 (2011.03.16) 浜松市 (静岡大学)
27. (100)-oriented  $\text{CeO}_2$  films prepared on (100)  $\text{SrTiO}_3$  substrates by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 日本セラミックス協会 2010 年年会 (2011.03.16) 浜松市 (静岡大学)
28. Epitaxial growth of  $\text{BaTi}_2\text{O}_5$  films on (100), (110) and (111) MgO substrates by laser CVD, D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto, グローバル COE プログラム「材料インテグレーション国際教育研究拠点」2010 年度 若手研究者研究報告会 (2011.03.01) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
29. Preparation of  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  films on Ti(C, N)-based cermet substrate by laser chemical vapor deposition, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, グローバル COE プログラム「材料インテグレーション国際教育研究拠点」2010 年度 若手研究者研究報告会 (2011.03.01) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
30. High-speed growth of YBCO films on (100) MgO,  $\text{LaAlO}_3$  and  $\text{SrTiO}_3$  single crystal substrates by laser CVD, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, グローバル COE プログラム「材料インテグレーション国際教育研究拠点」2010 年度 若手研究者研究報告会 (2011.03.01) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
31. High-speed preparation of *a*-axis- and *c*-axis-oriented  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  film on Hastelloy C276 tape by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第 49 回セラミックス基礎科学討論会 (2011.01.11) 岡山市 (岡山コンベンションセンター)
32. レーザーCVD 法によりサーメット基板上に合成した  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  膜の微細構造, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第 49 回セラミックス基礎科学討論会 (2011.01.11) 岡山市 (岡山コンベンションセンター)
33. レーザーCVD 法により合成した  $\text{Ti}(\text{O},\text{N})$  膜の配向と微細構造に及ぼす成膜温度の影響, T. Yonesaki, A. Ito, T. Goto, 第 49 回セラミックス基礎科学討論会 (2011.01.11) 岡山市 (岡山コンベンションセンター)
34. High-speed growth of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-d}$  film with high critical temperature on (100)  $\text{SrTiO}_3$  single crystal substrate by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, KINKEN-WAKATE 2010 (2010.12.02) 仙台市
35. Preparation of  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-AlN}$  composite films using  $\text{Al}(\text{acac})_3\text{-NH}_3$  by laser chemical vapor deposition, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, KINKEN-WAKATE 2010 (2010.12.02) 仙台市
36. Effect of laser power on (020) orientation of  $\text{BaTi}_2\text{O}_5$  film prepared by laser CVD on (100) MgO substrate, D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto, KINKEN-WAKATE 2010 (2010.12.02) 仙台市
37. High-Speed Growth of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  Film

- by Laser Chemical Vapor Deposition (招待講演), T. Goto, P. Zhao, A. Ito, International Workshop on Advanced Materials and Technologies for Global Energy and Environmental Challenges (2010.12.06) South Africa
38. (020)-oriented BaTi<sub>2</sub>O<sub>5</sub> film prepared on (100) MgO substrate by laser CVD, D.Y. Guo, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第120回東北大学金属材料研究所講演会 (2010.11.24) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
  39. レーザーCVD法によるSiC-SiO<sub>2</sub>ナノコンポジット膜の合成, A. Ito, S. Yu, R. Tu, T. Goto, 第一回セラミックスエンジニアリングワークショップ (2010.11.14) 大阪市 (大阪国際会議場)
  40. Laser Chemical Vapor Deposition of Oriented Alpha-alumina Coatings (招待講演), A. Ito, T. Kimura, T. Goto, The 4th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-4) (2010.11.14) 大阪市 (大阪国際会議場)
  41. High-speed Preparation of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-δ</sub> Film on Polycrystalline Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Substrate by Laser Chemical Vapor Deposition Using Nd:YAG Laser, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, The 4th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-4) (2010.11.14) 大阪市 (大阪国際会議場)
  42. Effect of Laser Power on Preparation of Ti(O,N) Films by Laser Chemical Vapor Deposition Using a Diode Laser, T. Yonesaki, A. Ito, T. Goto, The 4th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-4) (2010.11.14) 大阪市 (大阪国際会議場)
  43. Laser Chemical Deposition of AlN Film by Using Al(acac)<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub> Precursors, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, The 4th International Symposium on Advanced Ceramics (ISAC-4) (2010.11.14) 大阪市 (大阪国際会議場)
  44. Effect of deposition temperature on the microstructure of AlN films prepared by laser CVD using a diode laser, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 粉体粉末冶金協会平成22年度秋季大会 (2010.11.09) 京都市 (京都大学)
  45. レーザーCVD法により合成したTiON膜の微細構造に与える合成条件の影響, A. Ito, H. Joo, T. Goto, 粉体粉末冶金協会平成22年度秋季大会 (2010.11.09) 京都市 (京都大学)
  46. レーザーCVD法により合成したTi(O,N)膜の組成と微細構造に及ぼすレーザー出力の影響, T. Yonesaki, A. Ito, T. Goto, 平成22年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会 (2010.10.28) 仙台市 (東北大学さくらホール)
  47. Preparation of AlN film by laser CVD using Al(acac)<sub>3</sub> and NH<sub>3</sub> Precursors, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 平成22年度日本セラミックス協会東北北海道支部研究発表会 (2010.10.28) 仙台市 (東北大学さくらホール)
  48. High-speed growth of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> film with high critical temperature on MgO single crystal substrate by laser chemical vapor deposition, P. Zhao, A. Ito, R. Tu, T. Goto, Tohoku-Novosibirsk Research Student Workshop (2010.09.19) Novosibirsk
  49. Deposition of α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films on cermet substrate under CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> atmosphere by laser CVD, Y. You, A. Ito, R. Tu, T. Goto, 第119回東北大学金属材料研究所講演会 (2010.05.27) 仙台市 (東北大学金属材料研究所)
- [その他]  
ホームページ等  
<http://db.tohoku.ac.jp/whois/detail/40a373e0809c5b4bba29cf54eba0a89.html>
6. 研究組織  
(1) 研究代表者
- 伊藤 暁彦 (ITO AKIHIKO)  
東北大学・金属材料研究所・助教  
研究者番号：20451635