

## 1. 研究室概要

大学名	青山学院大学		研究者	重里有三
			職位	教授
研究領域	無機薄膜工学・プラズマ工学・半導体工学		窓口担当	研究推進課
研究キーワード	透明導電膜・スマートウインドウ・光触媒・機能性酸化物薄膜・窒化物薄膜・スパッタリング			
住所	〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1, J 棟 J412			
電話	042-759-6223	E-mail	yuzo@chem.aoyama.ac.jp	
FAX	042-759-6493	URL	http://www.chem.aoyama.ac.jp/Chem/ChemHP/inorg1/	

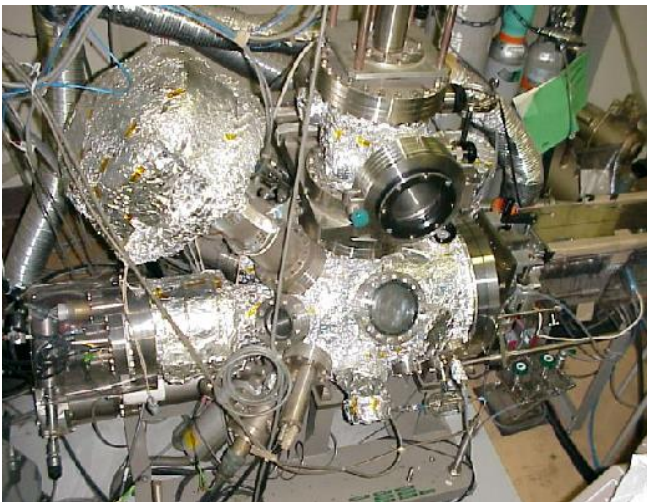
## 2. 技術PR事項

### 『様々なスパッタリングによる機能性材料の成膜』

#### 1. 概要

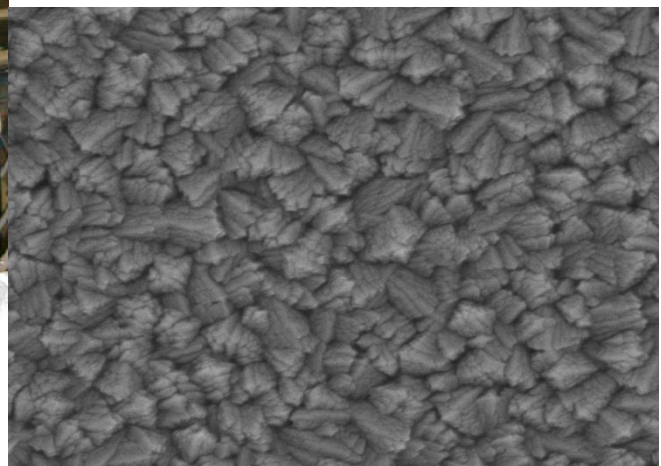
高度な機能を有する無機薄膜の合成方法としてスパッタリング法やイオンプレーティング法などの物理的気相成長(PVD)法は、幅広い産業分野に於いて極めて重要な要素技術である。

これらの薄膜の電気的、光学的、熱的、力学的な物性は、欠陥構造(結晶としての不完全性、或いは不純物の存在形態)、結晶粒の微細構造や薄膜界面の構造に大きく依存することが知られている。現在、応用範囲の多様化、高度化に従って、さらに高度な機能性を有する薄膜を設計・作製する必要にせまられており、そのためにはこれらの薄膜について欠陥構造、微細構造と薄膜諸物性の相関関係を詳しく調べ、薄膜中の欠陥を高度に制御する成膜方法を確立しなければならない。当研究室では主としてDC或いはRFグロー放電を用いたプラズマプロセスにより、透明導電膜、透明酸化半導体、光触媒薄膜、サーモクロミック膜、熱電変換材料、高機能窒化物薄膜、バリアー膜、超高硬度薄膜等の様々な高度な機能を有する酸化物や窒化物の無機薄膜の合成と、得られた薄膜の構造・物性のキャラクタリゼーションに関する研究を行っています。



「高エネルギー負イオン、スパッタフラグメントの in-situ 解析、ESCA、SEM 解析が可能なスパッタ装置」

「高活性酸化チタン光触媒の FE-SEM 像」



#### 2. 希望する連携内容(共同研究、試作品作りなど)と相談に対応できる技術分野

透明導電膜 (ITO, IZO, AZO, GZO, ATO, TTO, NTO 等)、透明酸化半導体 (a-IGZO, a-ITZO, a-IZO 等)、窒化物系機能性薄膜 (GaN, AlGa<sub>n</sub>, InGa<sub>n</sub>, InN, AlN, WN<sub>x</sub>, MoN<sub>x</sub> 等)、超硬質膜 (TiAlN<sub>x</sub>, TiSiN<sub>x</sub>, TiSiAlN<sub>x</sub>, DLC 等)、エレクトロクロミック素子 (WO<sub>3</sub>, NiO<sub>x</sub>, MoO<sub>x</sub>, InN<sub>x</sub>, SnN<sub>x</sub>)、サーモクロミック膜 (VO<sub>2</sub>, W:VO<sub>2</sub> 等)、種々の光学薄膜 (NbO<sub>x</sub>, TiO<sub>2</sub>, SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>2</sub> 等)、種々の金属薄膜(遷移金属から貴金属まで)、バリアー膜 (SiN<sub>x</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, DLC, 等)、光触媒膜 (TiO<sub>2</sub>, WO<sub>3</sub>, 等) の物理気相成長法(反応性スパッタリング、イオンプレーティング、活性化蒸着法等)や化学気相成長法(種々の CVD 法)に関するコンサルティング(実験機から生産機まで)、共同研究から試作まで。最新の技術動向を含む真空成膜装置設計の助言。プロセッシングプラズマの発生、診断。さらに、これらの機能性薄膜に関する構造解析、化学状態解析、光・電子物性解析等。種々の薄膜デバイスに関するコンサルティング。

### 3. 特記事項

#### ●代表論文 (2013-2016) :

- Junjun Jia, Nobuto Oka, and Yuzo Shigesato, "Direct observation of the band gap shrinkage in amorphous In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO thin films", *J. Appl. Phys.* 113. 163702 (2013).
- Junjun Jia, Yoshifumi Torigoshi, and Yuzo Shigesato, "In situ analyses on negative ions in the indium-gallium-zinc oxide sputtering process", *Appl. Phys. Lett.* 103, 013501 (2013).
- Naoki Tsukamoto, Sakae Sensui, Junjun Jia, Nobuto Oka, Yuzo Shigesato, "Study on reactive sputtering to deposit transparent conductive amorphous In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO films using an In-Zn alloy target", *Thin Solid Films*, 559 (2014) 49.
- C. W. Ow-Yang, J. Jia, T. Aytun, M. Zamboni, A. Turak, K. Saritas, Y. Shigesato, "Work function tuning of tin-doped indium oxide electrodes with solution-processed lithium fluoride", *Thin Solid Films*, 559 (2014) 58-63.
- Minhide Kusayanagi, Azusa Uchida, Nobuto Oka, Junjun Jia, Shin-ichi Nakamura, Yuzo Shigesato, Al-doped ZnO films deposited on a slightly reduced buffer layer by reactive dc unbalanced magnetron sputtering", *Thin Solid Films*, *Thin Solid Films*, 555 (2014) 93.
- Junjun Jia, Aya Yoshimura, Yukihiro Kagoya, Nobuto Oka, Yuzo Shigesato, "Transparent conductive Al or Ga doped ZnO films deposited by off-axis sputtering", *Thin Solid Films*, *Thin Solid Films*, 559 (2014) 69.
- Nobuto Oka, Yuta Sannno, Junjun Jia, Shin-ichi Nakamura, Yuzo Shigesato, "Transparent conductive Nb-doped TiO<sub>2</sub> films deposited by reactive dc sputtering using Ti-Nb alloy target, precisely controlled in the transition region using impedance feedback system" *Applied Surface Science*, 301(2014) 551-556.
- Junjun Jia, Aya Yoshimura, Yukihiro Kagoya, Nobuto Oka, Yuzo Shigesato, "Transparent conductive Al or Ga doped ZnO films deposited by off-axis sputtering", *Thin Solid Films*, 559 (2014) 69-77.
- N. Oka, S. Yamada, T. Yagi, N. Taketoshi, J. Jia, Y. Shigesato, "Thermophysical Properties of SnO<sub>2</sub>-based Transparent Conductive Film: Effect of Dopant Species and Structures, Compared with In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-, ZnO-, TiO<sub>2</sub>-based Films", *Journal of Materials Research*, 29(15) (2014) 1579-1584.
- J. Jia, N. Oka, M. Kusayanagi, S. Nakatomi, Y. Shigesato, "Origin of carrier scattering in polycrystalline Al-doped ZnO films" *Applied Physics Express*, 7(10):105802, (2014.9).
- H. Kizuka, T. Yagi, J. Jia, Y. Yamashita, S. Nakamura, N. Taketoshi, Y. Shigesato, "Temperature dependence of thermal conductivity of VO<sub>2</sub> thin films across metal-insulator transition" *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol.54 No.5 053201 (2015.4.13).
- H. Kotake, J. Jia, S. Nakamura, T. Okajima, Y. Shigesato, "Tailoring the crystal structure of TiO<sub>2</sub> thin films from the anatase to rutile phase" *Journal of Vacuum Science & Technology A Vacuum Surfaces and Films*, 33(4), 041505 (2015).
- Hasan Kurt, Junjun Jia, Yuzo Shigesato, Clewa W. Ow-Yang, "Tuning hole charge collection efficiency in polymer photovoltaics by optimizing the work function of indium tin oxide electrodes with solution-processed LiF nanoparticles", *Journal of Materials Science Materials in Electronics*, 26, 9205 (2015).
- N. Oka, A. Murata, S. Nakamura, J. Jia, Y. Iwabuchi, H. Kotsubo, and Y. Shigesato, "Visible-light active thin-film WO<sub>3</sub> photocatalyst with controlled high-rate deposition by low-damage reactive-gas-flow sputtering", *APL materials*, 3, 104407 (2015).
- Ayaka Suko, Junjun Jia, Shin-ichi Nakamura, Emi Kawashima, Futoshi Utsuno, Koki Yano, Yuzo Shigesato, "Crystallization behavior of amorphous indium-gallium-zinc oxide films and its effect on thin-film transistor performance", *Japanese Journal of Applied Physics*, 55, 035504 (2016).
- Junjun Jia, Haruka Yamamoto, Toahiro Okajima, Yuzo Shigesato, "On the Crystal Structural Control of Sputtered TiO<sub>2</sub> Thin Films" *Nanoscale Research Letters*, December 2016, 11:324.
- Junjun Jia, Clewa Ow-Yang, Güliz Inan Akmehe, Shin-ichi Nakamura, Kunihisa Kato and Yuzo Shigesato, "Formation of homologous In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(ZnO)<sub>m</sub> thin films and its thermoelectric properties", *Journal of Vacuum Science & Technology A*, 34, 041507 (2016).
- Mareike V. Frischbier, Hans F. Wardenga, Mirko Weidner, Oliver Bierwagen, Junjun Jia, Yuzo Shigesato, "Influence of dopant species and concentration on grain boundary scattering in degenerately doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films", *Thin Solid Films*, Vol. 614, 62-68 (2016).
- Mirko Weidner, Junjun Jia, Yuzo Shigesato, Andreas Klein, "Comparative study of sputter-deposited SnO<sub>2</sub> films doped with antimony or tantalum", *physica status solidi (b)*, Vol. 253, issue 5, 923-928 (2016).
- Junjun Jia · Shin-ichi Nakamura · Yuzo Shigesato, "Crystallization behavior during transparent In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ZnO film growth", *physica status solidi (a)*, (DOI: 10.1002/pssa.201532887) (2016).
- Miyazaki, E. Maruyama, J. Jia, H. Machinaga, Y. Shigesato, "Indium oxide-based transparent conductive films deposited by reactive sputtering using alloy targets", *Y. Japanese Journal or Applied Physics*, Volume 56, Number 4, (2017.3) 045503 1-7.
- Y. Isosaki, Y. Yamashita and T. Yagi, J. Jia, N. Taketoshi, S. Nakamura, Y. Shigesato, "Structure and thermophysical properties of GaN films deposited by reactive sputtering using a metal Ga target", *J. Vac. Sci. Technol. A* 35(4), (2017) 041507 1-7.
- Junjun Jia, Ayaka Suko, Yuzo Shigesato, Toshihiro Okajima, Keiko Inoue, Hiroyuki Hosomi, "Evolution of Defect Structures and Deep Subgap States during Annealing of Amorphous In-Ga-Zn Oxide for Thin-Film Transistors", *PHYSICAL REVIEW APPLIED* 9, (2018) 014018.
- J. Jia, K. Taniyama, M. Imura, T. Kanai and Y. Shigesato, "Visible-light Active TiO<sub>2</sub> Photocatalyst by Multilayered with WO<sub>3</sub> Film", *Phys.Chem.Chem.Phys.*, 19, (2017) 17342.

#### ●代表著書 :

- [1]「光触媒 基礎・材料開発・応用」2005年5月27日、発行元：株式会社エヌ・ティー・エス  
発行者：吉田隆、編著者：橋本和仁、大谷文章・工藤昭彦  
第1編光触媒の基礎 第3章 光触媒の設計と調整 3.10 スパッタ法による光触媒薄膜の調整 P.202-213.  
第2章 材料 2.3.10 酸化タンゲステン可視光応答型光触媒 P.676-679.
- [2]「電子材料ハンドブック」発行：朝倉書店、編：木村忠正、他。  
7.11 ITO, IZO 薄膜の作成方法と構造・物性、P.584-589、2006.
- [3]「透明導電膜の技術：改定2版」発行元：オーム社、日本学術振興会

166 委員会編、P113-153,184-193, 2006.

[4] 「薄膜ハンドブック」発行元：オーム社、2008年. 日本学術振興会薄膜第131委員会（編纂）

ISBN-13: 978-4274205194

第I編 第1章 1.2節 1.2.3項 パルススパッタリング法

第I編 第4章 4.5節 4.5.5項 ITO および IZO 透明導電膜

[5] “Handbook of Transparent Conductors”, Chapter 5 In Based TCOs, P.149-169, Springer, ISBN978-1-4419-1637-2.

[6] 「半導体プロセス・形状シミュレーション技術-加工精度向上のツボ-」重里有三、高木茂行、オーム社、2012.10  
出版、ISBN:978-4-274-21274-1.