

## 汎用マグネトロンスパッタ装置を用いた ITO ナノワイヤーの形成

## Formation of ITO Nanowires using Conventional Magnetron Sputtering

高知工科大<sup>1</sup>, 積水化学工業<sup>2</sup> ○山本 直樹<sup>1</sup>, 森澤 桐彦<sup>1</sup>, 村上 淳之介<sup>2</sup>, 中谷 康弘<sup>2</sup>Kochi Univ. of Technol.<sup>1</sup>, Sekisui Chemical Co., Ltd.<sup>2</sup>, ○Naoki Yamamoto<sup>1</sup>, Kirihiro Morisawa<sup>1</sup>,Junnosuke Murakami<sup>2</sup> and Yasuhiro Nakatani<sup>2</sup>, E-mail: yamamoto.naoki@kochi-tech.ac.jp

**緒言:** 有機電子デバイスや太陽電池では ITO 透明電極が用いられることが多く、デバイス性能の向上を図る上でこの上に導電性の ITO ナノワイヤーが形成できると好都合である。本研究では汎用マグネトロンスパッタ装置を用いて ITO 膜とナノワイヤーを連続形成する技術を開発した<sup>(1)</sup>。

**実験方法:** アップスパッタ方式の平行平板型汎用マグネトロンスパッタ装置を用いた。基板温度、スパッタガス、スパッタパワー、ITO スパッタ・ターゲットに含有した SnO<sub>2</sub> の量などの因子と ITO ナノワイヤーの成長との関係について検討を行った。基板には主に Corning Eagle XG ガラス板を用い、polyethylene naphthalate (PEN)板についても検討を行った。

**結果:** 形成温度とナノワイヤーの成長の関係を図 1 に示す。100℃近傍から膜表面に塊状物の形成が見られ、約 175℃で急にナノワイヤーが密集して成長することがわかった。ナノワイヤーは幹の先端にボール状ヘッドを有した。EDX 分析により幹部とヘッド部はほとんど同じ In-Sn-O 組成からなることを明らかにした。スパッター初期段階に 10–50 nm の ITO 膜が形成され、それに続いて ITO ナノワイヤーが成長した。ナノワイヤーは ITO 結晶の<400>方向に成長することを XRD および TEM により観察した。ITO ターゲット中の SnO<sub>2</sub> 含有量約 3wt.%-約 30wt.%の範囲で ITO ナノワイヤーが成長し、濃度とともに幹の太さが細くなり、密度が増加することを明らかにした。いずれのナノワイヤーも導電性を有していることを確認した。なおスパッタ Ar ガス雰囲気中に極微量の酸素を添加（例えば Ar ガス中の酸素ガス分圧比 0.5%）することによりナノワイヤーが成長しなくなることがわかった。スパッタ初期に形成される極薄 ITO 膜は下地層の材料や形状にかかわらずナノワイヤーを成長させる上で重要な役割を有する。そして樹脂（PEN）や湾曲した基板にもナノワイヤーを成長させられることを確認した。上記の形成因子を選択することにより芝生状あるいは樹木状ナノワイヤーを太さ、長さを調整して成長させることが可能である（図 2）。

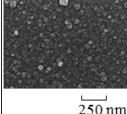
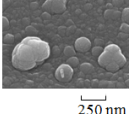
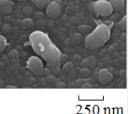
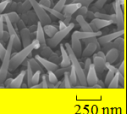
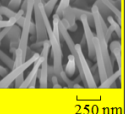
| 基板温度 (°C)               | 33                                                                                  | 100                                                                                 | 150                                                                                 | 175                                                                                 | 300                                                                                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 成膜時間 (秒)                | 600                                                                                 |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| Ar 圧 (Pa)               | 0.666                                                                               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| パワー (W)                 | 300 (DC)                                                                            |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| SnO <sub>2</sub> (wt.%) | 7.0                                                                                 |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
| 酸素無添加                   |  |  |  |  |  |
|                         | 250 nm                                                                              | 250 nm                                                                              | 250 nm                                                                              | 250 nm                                                                              | 250 nm                                                                              |

図1 基板温度とITOナノワイヤー成長の関係

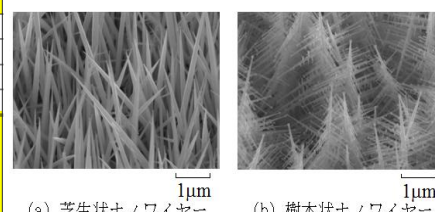


図2 ITOナノワイヤーの形状

- (1) N. Yamamoto, K. Morisawa, J. Murakami, Y. Nakatani and A. Kubo, 2013 MRS Fall meeting, SS13.70, 4. Dec. 2013 (Boston).