

**新規電子触媒デバイスの創製：
TiO₂ 薄膜におけるアヴァランシェ電子増倍効果発現と制御の試み**
**Development of Novel Electron-Catalyst Devices:
Investigation on the Onset and control of Avalanche Electron Multiplication Effect**

神奈川大学工学部 電気電子情報工学科 °山崎友貴, 佐藤 知正, 松木 伸行*

Kanagawa Univ. °Yuuki Yamazaki, Tomomasa Sato and Nobuyuki Matsuki*

*E-mail: matsuki@kanagawa-u.ac.jp

【はじめに】アナターゼ型 TiO₂ による光触媒効果（本多—藤嶋効果）は 380 nm よりも短波長の紫外光吸収による電子—正孔対発生を基に発現するので、光触媒能は紫外光強度に律速される。特に太陽光・環境光の届かない場所で光触媒機能を発現させるためには補助紫外光源の設置が必要であった。

本研究では、紫外光吸収による電子—正孔対発生ではなく、TiO₂ 内にキャリア注入を行うことでアヴァランシェ電子増倍を引き起こし、強力な触媒効果を発現させる新規な「電子触媒デバイス」の創製を提案する。アヴァランシェ電子増倍に伴う急激な電流増加によって素子破壊が引き起こされることが懸念される。そこで、素子内に導電性ナノワイヤー（NWs）を分散固定し、アヴァランシェ電子増倍現象をナノワイヤー近傍で同時多発的に発生させ、アヴァランシェ電子増倍開始電圧の低電圧化と非破壊連続安定駆動する構造を検討した。

【実験】本デバイスは[TiO₂ 層/NWs 分散層/TiO₂ 層]/ガラス基板の 3 層構造として作製した。TiO₂ 層の製膜は RF マグネトロンスパッタリングにより TiO₂ 焼結体ターゲット（純度：4N）を使用して行った。同 TiO₂ 層を製膜後、600°C、2h の熱アニール処理を施した。次に、銀ナノワイヤー（Ag NWs）(ACS MATERIALS 社 Agnw-40) 分散液を、グリセリンで 10 倍に希釈した分散液をスピコートによって 1 層目 TiO₂ 表面に分散塗布した。なお、グリセリンの添加は、液粘性を高めて回転遠心力方向にナノワイヤーを配向させるために加えた。その後、100°C、20h、250°C、1h の低温加熱によりグリセリンを蒸発除去した。上部 TiO₂ 層の形成時、Ag NWs の酸化を防ぐため、高周波電力と O₂ 分圧を低減し製膜を行った。また、ナノワイヤーによる低電圧化の効果を調べるため、比較試料として Ag NWs 分散層を有しないデバイスも作製した。

ナノワイヤーの配向は光学顕微鏡により観察し、デバイス特性は電流—電圧（I-V）測

定により評価した。

【結果・考察】図 1 に、TiO₂ 膜上に配向分散させた Ag NWs の光学顕微鏡像を示す。Ag NWs は TiO₂ 膜上へ一定方向に付着していることがわかる。

図 2 に、作製したデバイスの I-V 特性を示す。Ag NWs 分散層無しの I-V 特性では 3 kV 付近で電流が増加しているものの、急激な立ち上がりは観察されていない。一方、Ag NWs 分散層有りの I-V 特性では 2 kV を超えた付近から急激に電流が増大しており、電圧減少掃引時にも電圧増加時とほぼ同じ I-V 履歴を示している。このことから、Ag NWs による局所電子増倍で破壊的電流増大が抑制されるとともに、アヴァランシェ電子増倍現象開始の低電圧化の効果が得られたと考えられる。

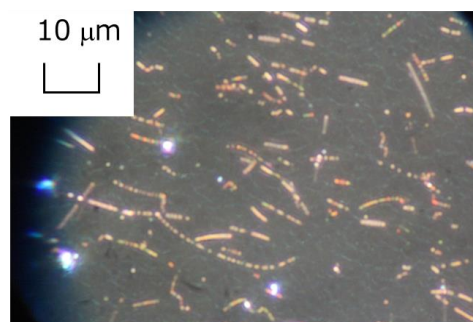


図 1 Ag NWs を配向分散させた TiO₂ 膜表面の光学顕微鏡像

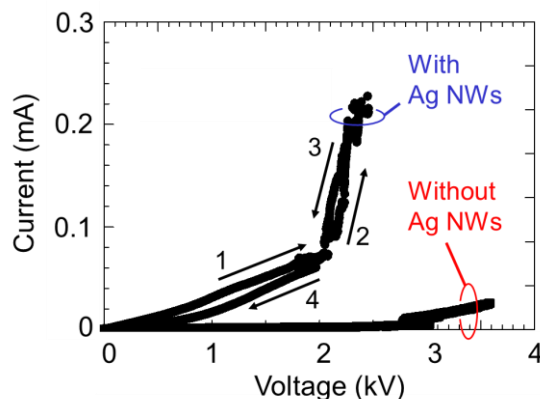


図 2 電子触媒デバイスの電流—電圧特性