

Title	Fabrication and characterization of transparent electrodes using silver nanowires
Author(s)	徳野, 剛大
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/59950">https://hdl.handle.net/11094/59950</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

【18】

氏名	徳野剛大
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第25632号
学位授与年月日	平成24年9月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科知能・機能創成工学専攻
学位論文名	Fabrication and characterization of transparent electrodes using silver nanowires (銀ナノワイヤ透明導電膜の作製と特性評価)
論文審査委員	(主査) 教授 菅沼 克昭 (副査) 教授 南埜 宣俊 教授 藤原 康文 教授 安田 秀幸 教授 平田 勝弘 教授 中谷 彰宏 教授 浅田 稔 准教授 能木 雅也

### 論文内容の要旨

本研究では、プラスチックフィルム上に作製するフレキシブル透明導電膜として、銀ナノワイヤ透明導電膜の低温プロセスについて検討した。また、高導電性を有する透明導電膜を作製するために、銀ナノワイヤの分散液を用い、泡をテンプレートとする自己組織化現象を利用して、銀ナノワイヤ網目配線透明導電膜を作製することができた。

プレス法により、プラスチックフィルム上に銀ナノワイヤ透明導電膜を室温作製することに成功した。エタノールと水で洗浄した銀ナノワイヤ透明導電膜を25MPaで室温プレスしたところ、光透過率80%、シート抵抗10Ω/□の銀ナノワイヤ透明導電膜を作製することができた。この特性は、200℃で加熱処理した銀ナノワイヤ透明導電膜の特性と同等である。高導電性を発現したメカニズムは、プレス法による銀ナノワイヤ間の圧着であることを解明した。さらに、プレス法を用いることで銀ナノワイヤ透明導電膜の表面粗さを低下させ、銀ナノワイヤ透明

導電膜上に有機薄膜太陽電池を作製することに成功した。

銀ナノワイヤにカーボンナノチューブを添加することで、60℃の低温プロセスでプラスチックフィルム上に透明導電膜を作製することに成功した。そのメカニズムとして、カーボンナノチューブが銀ナノワイヤ間を橋渡しすることで透明導電膜の導電性が向上することを見出した。この手法を用いると、基材に圧力を加えることなく、低温プロセスで透明導電膜を作製可能である。

泡中の銀ナノワイヤの自己組織化現象を利用して、高導電性を有する網目配線透明導電膜を作製した。泡中の銀ナノワイヤは泡の稜線に凝集する性質を有する。この性質を利用して、銀ナノワイヤを含んだ泡を2枚のガラス板で挟み、網目配線透明導電膜を作製した。200℃で加熱処理した網目配線透明導電膜は、光透過率84%でシート抵抗 $6.2\Omega/\square$ という高導電性を示した。このシート抵抗の値は、ランダムネットワークを利用した銀ナノワイヤ透明導電膜の約1/3の値だった。高導電性が得られた理由は、ランダムネットワークを利用した銀ナノワイヤ透明導電膜の厚みが100-200nmであるのに対して網目配線の厚みが $2-20\mu\text{m}$ と厚いためであることを解明した。

本研究で提案した銀ナノワイヤ透明導電膜の作製プロセスは、いずれも溶液法で簡便に作製可能であることから、ロール・トゥ・ロールプロセスに適用可能である。そのため、本成果は有機・無機太陽電池、有機EL照明、あるいは、タッチパネルなどの次世代フレキシブルデバイスの実用化に大きく寄与することが期待される。

### 論文審査の結果の要旨

透明導電膜は、太陽電池・有機EL照明・タッチパネルなどのエレクトロニクスデバイスにとって重要な構成要素である。従来は、透明導電膜として主にスズ添加酸化インジウム (ITO) 透明導電膜が用いられてきた。しかしながら、インジウム資源枯渇によるインジウムの価格高騰の問題から、ITO 透明導電膜の代替材料が求められていた。本研究では、銀ナノワイヤを用いた塗布による透明導電膜作製に注目し、課題であった低温プロセスの可能性の検討、各種特性の向上に焦点を当て、塗布法による ITO 代替透明導電膜形成の可能性を見極め、新たな技術の提案を行うことを目的とした。その結果として、以下の成果が得られている。

- (1) 銀ナノワイヤを合成しプラスチック基板へ塗布し、透明導電膜を作製した。従来は、十分な低抵抗と高い光透過率を得るためには 200℃以上の加熱焼成が必要であったが、塗布膜プレス法を用いることで、室温でプラスチックフィルム上に銀ナノワイヤ透明導電膜の作製に成功し、シート抵抗値  $10\Omega/\square$ 、光透過率 80%以上を達成した。
- (2) プレス法で作製した銀ナノワイヤ透明導電膜の繰り返し屈曲試験を行ったところ、加熱焼成法では数十回で劣化するのに対して、1000 回までほとんど変化しない優れたフレキシブル性を示すことが判った。微細組織観察から、プレスにより銀ナノワイヤの交叉箇所が機械的につぶれ、良好な金属結合を形成していることを明らかにした。
- (3) プレス法により、銀ナノワイヤ透明導電膜の表面粗さを 100nm 程度まで低減でき、これによって銀ナノワイヤ透明導電膜上に有機薄膜太陽電池を作製し、蒸着で形成した ITO 膜と同等の発電効率を得ることに成功した。
- (4) 機械的圧力を加え無い場合でも、銀ナノワイヤとカーボンナノチューブをハイブリッド化することで、60℃の低温キュアプロセスでプラスチックフィルム上に透明導電膜を作製できることを示した。
- (5) 透明導電膜の導電性・透明性を向上させるため、泡中の銀ナノワイヤの自己組織化現象を利用して立体網目状透明導電膜の作製に成功した。作製した透明導電膜は、透過率 84%、シート抵抗  $6.2\Omega/\square$  を示した。

以上の様に、本論文は銀ナノワイヤを用いた ITO 代替透明導電膜の溶液塗布による作製に取り組み、従来不可能であった低温プロセスを実現した。得られた成果と技術提案は、いずれも塗布による簡便な方法で作製可能であることから、ロール・トゥ・ロール・プロセスに適用が可能である。ITO 代替透明導電膜は、有機太陽電池・有機EL素子・タッチパネルなどの多くのフレキシブルデバイスへ必要とされており、広範囲な応用が期待される。

よって本論文は、博士論文として価値あるものと認める。