

和文タイトル和文タイトル和文タイトル和文タイトル和文タイトル和文タイトル Titles in English Titles in English

柏木 行康¹, 小泉 淳², 竹村 康孝³, 垣内 宏之⁴

Yukiyasu KASHIWAGI¹, Atsushi KOIZUMI², Yasutaka TAKEMURA³, Hiroshi KAKIUCHI⁴

¹大阪市立工業研究所, ²大阪大学大学院, ³奥野製薬工業株式会社, ⁴大研化学工業株式会社

¹Osaka Municipal Technical Research Institute,

²Division of Materials and Manufacturing Science, Graduate School of Engineering, Osaka University,

³Okuno Chemical Industries Co., Ltd., ⁴Daiken Chemical Co., Ltd.

The patterned transparent electrodes on GaN-based light emitting diode (LED) were formed by the screen printing of indium tin oxide nanoparticle (ITO np) pastes as wet process in place of sputter deposition of metal oxides as dry process. The ITO nps were synthesized by the controlled thermolysis of the mixture of indium complexes and tin complexes. The ITO np pastes were prepared by three-roll milling of the mixture of the solvent, the resin, and the ITO nps. The direct patterning of ITO np pastes were carried out by screen printing on GaN-based LED substrates. After printing, the transparent conductive ITO film was formed by sintering at 850 °C for 10 minutes under the atmospheric condition. The produced device emitted light when the on-voltage was exceeded.

1. はじめに

発光ダイオード(LED)は、白熱電球や蛍光灯に比べて発光効率が高く、低消費電力、低発熱などの特長を有する用色や混合色である白色への変換が比較的容易であることから頻用されている。

一方、ナノ粒子(np)ペーストは、近年のプリンテッド・エレクトロニクスの主要材料として広く検討されている材料である^{1,2,3}。プリンテッド・エレクトロニクスとは、これまでフォトリソグラフィを高めるため、直径が1~100 nmというきわめて微小な金属微粒子からなる np ペーストが用いられる。

2. ITO ナノ粒子ペースト

2.1 ペーストの作製

2.1.1 ナノ粒子の合成

印刷可能な ITO np ペーストは、熱分解制御法によって得られた平均粒子径 25 nm の ITO np を用いて^{4,5}。前駆体である脂肪酸インジウムと脂肪酸スズを混合し、300~350°Cで加熱分解することによって、ITO np を合成した。

2.1.2 ナノ粒子の物性評価

蛍光 X 線分析を行った結果、In:Sn 比は 95:5 であった。得られた ITO np の透過型電子顕微鏡像を Fig. 1 に示す。粒子径は 3~15 nm 程度のもので混在していた。この粒子のトルエンによる粒度分布測定を

行ったところ、Fig. 2 に示すように平均粒子径が 25 nm であることがわかった。得られた ITO np の透過型電子顕微鏡像を図1に示す。

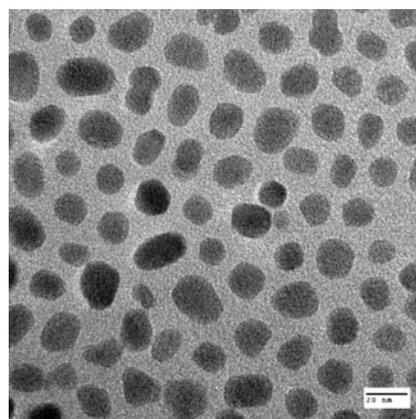


Fig. 1 TEM images of ITO nps

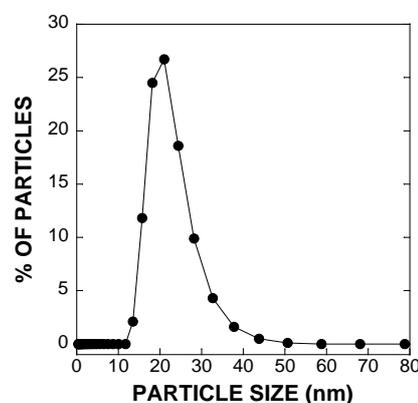


Fig. 2 Particle size distribution of ITO nps measured by dynamic light scattering

Table 1. Electronic and optical properties of ITO thin films formed by screen printing

form	sintering temp.	sintering condition	thickness	sheet resistance (Ω/\square)	resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$)	Transmittance	HAZE value
film	480°C	air, 30 min.	350 nm	857	3.0×10^{-2}	97%	2%
		air, 30 min. →N ₂ , 30 min.	350 nm	187	6.5×10^{-3}	97%	2%
	850°C	air, 10 min.	517 nm	100	5.2×10^{-3}	96%	2%
fineline	850°C	air, 10 min.	—	—	5.8×10^{-3}	—	—
film	—	spattering (ref.)	160 nm	11.9	1.9×10^{-4}	96%	0%

2.2 ナノ粒子の分散方法

ITO np ペーストは、ITO np に樹脂、溶剤、分散剤などを適宜添加し、三本ロールミルを用いた分散により調整した・・・ITO 薄膜と同等またはそれ以上の特性を有していた。

3. 印刷による GaN:Eu 上への透明電極形成

GaN 系半導体積層基板は発光層として赤色の GaN:Eu を選択し、ITO np ペーストをスクリーン印刷によって直接印刷して、透明電極を形成した。GaN 系半導体積層基板・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・電極内全体および電極－半導体接触面内の電気的な均一性が必要であることから、印刷法によって形成した透明電極が電気的均一性を有していることが明らかとなった。

4. まとめ

以上より、ITO np ペーストのスクリーン印刷によって、GaN 上の透明電極の常圧での直接パターン形成に成功した。また、赤色 LED の全面発光が観測されたことから、電極および電極－GaN 界面の均一性が得られていることがわかった。

謝辞

本研究の一部は、独立行政法人 科学技術振興機構 研究成果展開・・・受けて行われた。

参考文献

- 1) S. E. Habas, H. A. S. Platt, M. F. A. M. van Hest, D. S. Ginley: "Low-Cost Inorganic Solar Cells: From Ink To Printed Device", Chem. Rev., 110, pp. 6571-6594, 2010.
- 2) 柏木行康, 山本真理, 斉藤大志, 大野敏信, 中許昌美: "熱分解制御法による多様なナノ粒子の大量合成", 科学と工業, 86, pp. 164-171, 2012.
- 3) 中許昌美: "ITO 透明導電膜形成用インクの開発とその特性", 表面技術, 60, pp. 631-635, 2009.
- 4) 中許昌美, 山本真理: "金属錯体の熱分解制御による酸化スズおよび酸化インジウムナノ粒子の合成", 科学と工業, 78, pp. 503-508, 2004.
- 5) A. Nishikawa, T. Kawasaki, N. Furukawa, Y. Terai, Y. Fujiwara: "Room-Temperature Red Emission from a p-Type/Europium-Doped/n-Type Gallium Nitride Light-Emitting Diode under Current Injection", Appl. Phys. Express, vol. 2, 071004, 2009.

連絡先

連絡先氏名 柏木 行康
 所属機関 地方独立行政法人 大阪市立工業研究所
 有機材料研究部
 所在地 〒5x6-85x3 大阪市城東区森之宮 4-5-90
 電話番号 (06)6x63-70x3
 FAX 番号 (06)6x63-70x9
 E-mail kashiwagi@omtri.or.jp