

Title	FE光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子に関する研究
Author(s)	青木, 勝詔
Citation	大阪大学, 2006, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46826">https://hdl.handle.net/11094/46826</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

氏名	青木勝詔
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 20563 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	FE 光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西川 雅弘
	(副査) 教授 片山 光浩    教授 飯田 敏行    教授 田中 和夫 教授 兒玉 了祐    教授 西原 功修    教授 三間 園興 教授 朝日 一      助教授 上田 良夫

### 論文内容の要旨

本論文は、電界電子放出 (Field Emission: FE) 光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子に関する研究をまとめた。

第 1 章「緒論」では、本研究を行うに至った社会的背景、研究目的を述べ、FE 光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子の開発における本研究の位置づけを明らかにした。

第 2 章「FE デバイス構造設計」では、電界計算シミュレーションに基づき、FE ディスプレイデバイス用電極構造の主流である 3 極構造電界電子放出素子の設計計算を行い、電界電子放出特性のしきい値電界が  $2 \text{ V}/\mu\text{m}$  の電界電子放出材料を用いることで、ゲート電圧による ON/OFF 制御が可能なエミッタ素子を構築可能なことを示した。

第 3 章「材料作成・評価技術」では、ナノカーボン材料の種類と合成方法・装置と電子放出特性の評価方法について説明した。

第 4 章「ナノカーボン材料の構造・形態制御による電子放出特性の高性能化」では、ナノサイズダイヤモンドを用いた尖鋭化構造の形成、およびカーボンナノチューブ (CNT) の形態 (細さ・密度・配向性) 制御と電界電子放出特性をまとめた。4-2 節では、カソードアーク法によるカーボンエミッタの作製に関する研究をまとめた。炭素系材料ガス中のアーク放電により、基板加熱を行うことなく室温付近の温度領域でナノダイヤモンドを形成した。ナノダイヤモンドをマスクとして  $sp^2/sp^3$  のエッチングレートの差を利用し、フォトマスクを使用することなく、ナノサイズの突起を形成するプロセスと電界電子放出特性の向上をまとめた。4-3 節では、熱 CVD 法及び RFCVD 法により成長形態の異なる CNT を作製し、CNT の形態と電界電子放出特性との相関を検討した。これら配向状態の異なる CNT からの電界電子放出特性を比較し、CNT の配向性と電界電子放出特性の相関および欠陥からの電子放出を議論した。4-4 節では、CNT 電子放出素子の FE ディスプレイへの適用を想定し、ガラス基板の耐熱温度 ( $\leq 600^\circ\text{C}$ ) 以下の温度での熱 CVD による CNT の合成を検討した。アセチレンガスをを用い合成温度 ( $400\sim 600^\circ\text{C}$ ) で、Ni 系触媒が低温合成に寄与することを示した。さらに、あらたな触媒材料として CuNi を提案し  $400^\circ\text{C}$  の低温で繊維状構造のカーボンナノファイバーの合成に成功し、電界電子放出特性を得た。

第 5 章「パターン化された CNT による電界電子放出の高効率化と特性安定化」では、電界電子放出の高効率化を目的として、触媒をパターン化することで高密度配向 CNT の選択成長をおこない、電界集中係数  $\beta$  の増加を図った。FE 光源向けの電子放出素子を目的として、Fe/Al 積層触媒を用い、触媒パターンニングによる CNT のバンドル構造

により高効率化を行い、電界電子放出特性および特性安定性を、計算機実験による電界分布計算と比較し議論した。さらに印刷法によるエミッタ形成を想定し、CNTの大量合成の収量検討実験を行った。

第6章「実用化への課題」では本論文で開発したCNTを電子放出素子に用いてFE光源およびFEディスプレイの実用化を行う際の課題を検討した。

第7章「総括」では、本研究にて得られた成果を総括し、FE光源とFEディスプレイに向けたナノカーボン電子放出素子の今後を展望し本論文の総括とした。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、電界電子放出 (Field Emission: FE) 光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子に関する研究をまとめ、以下の結果を得ている。

(1)電界計算シミュレーションに基づき、FEディスプレイデバイス用電極構造の主流である3極構造エミッタ素子の設計計算を行い、電界電子放出特性のしきい値電界が  $2\text{ V}/\mu\text{m}$  の電子放出材料を用いることで、ゲート電圧によるON/OFF制御が可能なエミッタ素子を構築可能なことを示した。

(2)ナノサイズダイヤモンド尖鋭化構造の形成、カーボンナノチューブ (CNT) の形態 (細さ・密度・配向性) 制御と電界電子放出特性をまとめた。カソードイックアーク法によるカーボンエミッタの作製に関する研究をおこない、炭素系材料ガス中のアーク放電により、基板加熱を行うことなく室温付近の温度領域でナノダイヤモンドを形成した。ナノダイヤモンドをマスクとして  $\text{sp}^2/\text{sp}^3$  のエッチングレート差を利用し、フォトマスクを使用することなく、ナノサイズの突起を形成するプロセスにより電界電子放出特性を向上させた。また、熱CVD法及びRFCVD法により成長形態の異なるCNTを作製し、CNTの形態と電界電子放出特性の相関を検討した。これら配向状態の異なるCNTからの電界電子放出特性を比較し、CNTの配向性と電界電子放出特性の相関と欠陥からの電子放出を議論した。CNT電子放出素子のFEディスプレイへの適用を想定し、ガラス基板の耐熱温度 ( $\leq 600^\circ\text{C}$ ) 以下の温度での熱CVDによるCNTの合成を検討した。アセチレンガスを用い合成温度 ( $400\sim 600^\circ\text{C}$ ) で、Ni系触媒が低温合成に寄与することを示した。さらに、新たな触媒材料としてCuNiを提案し、 $400^\circ\text{C}$ の低温において繊維状構造のカーボンナノファイバー合成に成功し、電界電子放出素子としての可能性を実証した。

(3)電界電子放出の高効率化を目的とし、触媒のパターン化により高密度配向CNTを選択成長し、電界集中係数 $\beta$ を増加させた。FE光源向け電子放出素子開発を目的としてFe/Al積層触媒を用い、触媒パターン化によるCNTのバンドル構造により高効率化を図った。電界電子放出特性の改善および特性安定性について、電界分布計算に基づき考察した。さらに、印刷法によるエミッタ形成利用を想定し、CNT大量合成の収量検討実験を行った。

(4)開発したCNTを電子放出素子に用いてFEDおよびFELの実用化を行う際の課題を抽出・検討した。

以上のように、本論文は電界電子放出 (Field Emission: FE) 光源とディスプレイ開発に向けた電子放出素子に関する研究の成果であり、博士論文として価値あるものと認める。