

氏 名 伊 藤 茂 生
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学位記番号 論 工 博 第 3464 号
 学位授与の日付 平 成 11 年 9 月 24 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 低電圧電界放出ディスプレイの開発に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 山 田 公 教 授 石 川 順 三 教 授 藤 田 茂 夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、実用的な電界放出ディスプレイ（以下 FED と略す）を実現するために、高効率低電圧駆動の電界放出素子および低電圧励起高輝度発光蛍光体の開発研究を行い、その成果をまとめたものであり、8章からなっている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的、および FED の概要と特長について述べ、本研究の目的を達成するために必要な課題を明らかにしている。

第2章は、フラットパネルディスプレイの現状として、LCD (Liquid Crystal Display), PDP (Plasma Display Panel), 無機 EL (Electroluminescence), および有機 EL の現状と課題について述べ、さらにフラットパネルディスプレイとしての FED の位置付け、およびその開発の必要性を述べ、FED 構造や電子源の現状と動向について概観している。

第3章では、平面型電界放出素子、エッチングコーン型電界放出素子および Spindt 型蒸着コーン型電界放出素子の三種類の電界放出素子を試作し、電界放出電流の真空気密容器中における安定性等の特性評価を行っている。その結果、Spindt 型電子放出素子が、電子放出特性に優れ、基板の材料や大きさの影響を受けないことから、FED パネル用電子源として優れていることを明らかにしている。

第4章では、高い発光効率を持つ硫化物系蛍光体の FED 用への応用について検討している。すなわち、蛍光体粒子の大気焼成における酸化・分解、結晶歪み、高湿度雰囲気中の光照射、電子線励起による発光特性を検討し、これらの条件の下で生じる劣化要因を明らかにしている。具体的には、低電圧電子線励起発光の場合、発光領域が浅いこと、また、加湿雰囲気下では光触媒酸化反応が起こり、蛍光体表面に硫酸塩が形成されるために発光特性の劣化が生じることを明らかにしている。さらに、 H_2O 組成比の高い真空雰囲気中では、電子線励起により、蛍光体表面に硫酸塩が形成され、酸素や硫化物系ガスの放出や蛍光体自体の分解飛散が生じることを明らかにしている。以上の結果から、電子源が 1 mm 以下の距離で蛍光体に対向している FED の構造では、硫化物系蛍光体から放出されるガスや蛍光体物質が電子源へ飛散付着するため、FED 用蛍光体として従来の硫化物系蛍光体は適さないことを示している。

第5章では、低電圧 FED 用蛍光体として酸化物系蛍光体を開発した結果について述べている。モノカラー用蛍光体に $\text{ZnO}:\text{Zn}$ を選び、各種ガスの影響について検討している。この結果、この蛍光体は極めて安定で FED 用に適していることを明らかにしている。一方、カラー FED 用蛍光体のために、青色発光蛍光体: ZnGa_2O_4 , 緑色発光蛍光体: $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}$, および赤色発光蛍光体: $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}$ を開発した。特に、 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}$ および $\text{SrTiO}_3:\text{Pr}$ の発光スペクトルの半値幅は、従来の硫化物系蛍光体に比べて狭く、色純度が優れていることを明らかにしている。また、 ZnGa_2O_4 粉末に Mn^{+} イオン注入を行い、発光センターを極表面に導入することにより、発光効率の改善が可能であることを実証している。

第6章では、種々のエミッタチップ材料の検討を行い、エミッタ材料に Mo を用いることにより大面積基板上で均一性のよいコーン形成を実現している。さらに、コーン高さを変えて試作した Spindt 型電界放出素子の電子放出特性と、SEM による断面観察結果、および有限要素法による解析結果から、コーン先端部とゲート膜の最適位置関係や電子ビームの拡がりや構造の関係を明らかにしている。また、抵抗層構造を持つ電子源を提案し、本電子源では電子放出の安定性と空間均一性に優れ、かつ高電流密度が得られることを明らかにしている。

さらに、真空気密容器中で電界放出素子を安定に動作させるため、各種ガスの影響について系統的に調べている。その結果、C系やO系ガス導入の場合、エミッタ材料の仕事関数が高くなり、電子放出特性を低下させること、 H_2 や CH_4 の場合、逆に仕事関数が低くなることを明らかにしている。これらの結果から、FEDの寿命特性の劣化の要因は、電子線励起により蛍光体表面から放出されるガスによる電界電子放出特性の低下によることを明らかにしている。またFowler-Nordheimの理論式から、仕事関数と電子放出面積の変化率を解析することにより、電子放出状態を明らかにすることに成功している。

以上の結果から、エミッタ材料や蛍光体材料の検討により、真空容器内のエミッタ表面へのガス吸着による電子放出の低減を抑えることにより、電界放出素子の長時間の安定動作が可能であることを明らかにしている。さらに、試作したモノカラーFEDの全点灯状態における電子放出寿命特性は、実用レベルの1万時間以上を達成している。

第7章は、1kV以下の低電圧における電子線励起による発光領域の深さを、カラー蛍光体の $ZnGa_2O_4$ を用いて実験的に明らかにしている。また、試作したフルカラー低電圧FEDの構造および特性について検討を行い、試作したFEDパネルは、TV用ブラウン管より色再現範囲が広く、アノード電圧400Vで輝度 154 cd/m^2 を実現している。

第8章は結論であり、本研究で得られた成果について要約し、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、実用的な電界放出ディスプレイデバイス（以下FEDと略す）の実現のために、高効率低電圧駆動の電界放出素子および低電圧励起高輝度発光蛍光体の開発を行い、それらの基礎的研究結果をまとめたもので、得られた主な成果は次のとおりである。

1. FED用電界放出素子アレイのエミッタ材料および構造を検討し、高電流密度で安定動作出来る電界放出素子構造を提案した。また、各種ガス（Ar, N_2 , CO等）がエミッタ材料の仕事関数や電子放出面積に及ぼす影響を明らかにし、真空気密容器中で長期間安定に動作出来る電界放出素子の開発に成功した。

2. 従来の硫化物系蛍光体材料の発光特性の劣化を検討し、蛍光体の分解、ガス放出などがその主要因であることを明らかにした。その結果、低電圧FED用発光材料に硫化物系蛍光体が適さないことを示し、新しい蛍光体の開発が必要であることを明らかにした。

3. 上記の結果を踏まえ、酸化物系の3色カラー蛍光体を開発した結果、それらが硫化物系蛍光体に比べて電子線励起による表面分解反応が抑制され、優れた発光特性を持つことを明らかにした。また、蛍光体の粉末粒子にイオン注入を行い、発光センターを極表面に導入することにより、新しい蛍光体の開発や発光効率の改善が可能であることを実証した。

4. 1kV以下の低電圧における電子線励起による発光領域の深さを、カラー蛍光体の $ZnGa_2O_4$ を用いて実験的に明らかにし、低電圧蛍光体における発光センターの形成に対する指針を与えた。

5. モノカラーおよびフルカラー低電圧FEDの試作を行ない、モノカラーFEDでは1万時間以上の寿命特性を得ることに成功した。また、カラーFEDでは、TV用ブラウン管より色再現範囲が広く、アノード電圧400Vで輝度 154 cd/m^2 を得ることに成功し、実用的なFEDを実現した。

本論文は、電流密度の高い電界放出素子、および分解反応を抑制し発光効率の高いカラー蛍光体材料の開発を行い、長寿命、高信頼性・低電圧FEDを実現した結果をまとめたものであり、得られた成果は、学術上、實際上寄与するところが少ない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年7月12日、論文内容とそれに関連した試問を行った結果、合格と認めた。