

電界集束スピント型電界放射陰極アレイを用いた平面撮像管に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学 公開日: 2017-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 本田, 悠葵 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00010192

(課程博士・様式7) (Doctoral qualification by coursework, Form 7)

学 位 論 文 要 旨

Abstract of Doctoral Thesis

専 攻： ナノビジョン工学

氏 名：本田 悠葵

論文題目：電界集束スピント型電界放射陰極アレイを用いた平面撮像管に関する研究

論文要旨：

本論文は、磁界集束型平面撮像管の電子ビーム集束系と比較して格段に小型な集束系を備えた電界集束型平面撮像管を実現するために、集束電極を一体化した電界集束スピント型電界放射陰極アレイ(以下、Field Emitter Array: FEA と呼称する)の電極構造検討やアレイピッチの最適化に関する研究およびアクティブマトリクス駆動回路を適用したスピント型 FEA のハイビジョン駆動を実現するために、画素部をレベルシフト構成とし、水平および垂直走査パルスを実圧化(5V)する新たなアクティブマトリクス駆動回路に関する研究についてまとめたものである。

第1章では、本研究の背景と目的について述べた。

第2章では、平面撮像管に適用する2種の電子ビーム集束系として、磁界集束系と電界集束系を示し、撮像特性をはじめとする諸特性およびそれぞれの課題について述べた。

第3章では、ゲート電極上に集束電極を積層した構造(以下、集束電極積層構造と呼称する)の電界集束スピント型 FEA を適用した平面撮像管を試作した結果について述べた。集束電極積層構造の電界集束スピント型 FEA から電界集束時に取り出せる電子ビーム量の最小値は約 $0.5\mu\text{A}/\text{pix}$ まで減少し、高品質な映像を得るための目標値(最小値 $1\mu\text{A}/\text{pix}$ 以上)を満たすことができない。これは電界集束時に集束電極近傍に形成される減速電界により電子は減速し、半数以上の電子が失速してゲート電極へと戻ることが主な要因である。磁界集束系を用いた撮像実験により、失速によりゲート電極へ戻る電子量を抑制する事が、出力映像に発生する輝度ムラの抑制に有効であることを確認した。

電界集束スピント型 FEA から取り出せる電子ビーム量を向上させる電極構造の検討には電子軌道解析を用いるが、マクスウェル分布を用いて電子初速度を仮定する従来の解析モデルでは、放射電子特性の解析精度が不十分であった。そこで電界集束スピント型 FEA から取り出せる電子ビーム量を向上させる電極構造の検討に先立ち、放射電子特性を高精度に解析する新たな解析モデルを提案した。新たな解析モデルでは、アクセプタンスカーブ(アノード電流-アノード電圧特性)の解析値が実測値と一致するように電子初速度を設定する。提案手法により、集束電極積層構造電界集束スピント型 FEA の放射電子特性は、解析値と実測値がほぼ一致する事を確認した。

次に、提案する解析モデルを用いて電界集束スピント型 FEA から取り出せる電子ビーム量を向上させる電極構造を検討した。結果、集束電極をゲート電極開口部より $0.2\mu\text{m}$ 下に配置するゲート電極凸構造およびボルケーノ構造の電界集束スピント型電界放射陰極(以下、Field Emitter: FE と呼称する)では、集束電極積層構造と比較して FE から取り出せる電子ビーム量を 1.8 倍～1.9 倍(集束電極電圧が 15V の場合)に向上できることを確認した。併せて、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FE の放射電子特性の解析値は実測値とほぼ一致する事を確認し、アクセプタンスカーブの実測値に基づく電子初速度を用いた電子軌道解析モデルの妥当性を確認した。

第 4 章では、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA を平面撮像管に適用するための最適な FEA ピッチを検討し、FEA ピッチを $3.1\mu\text{m}$ としたボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA および同 FEA を適用した平面撮像管を試作した結果について述べた。ボルケーノ構造 FEA から取り出せる電子ビーム量の最小値は約 $2\mu\text{A/pix}$ であり、高品質な映像を得るための目標値(最小値 $1\mu\text{A/pix}$ 以上)を満たすことができた。また、撮像実験により、ボルケーノ構造 FEA を適用した平面撮像管において電子ビームの電界集束効果が得られ、出力映像の輝度ムラが抑制されることを確認した。試作した平面撮像管の画素サイズ $20\times 20\mu\text{m}^2$ は NTSC 方式テレビ用 1 インチ撮像素子における画素サイズに相当すること、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA は NTSC 規格(1 画素当たりの駆動時間 約 80ns)で駆動していることから、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA を適用した平面撮像管は、磁界集束系を適用した平面撮像管と比較して格段に小型な電子ビーム集束系を備えた NTSC 方式テレビ用撮像素子の実現可能性を示すことができた。

第 5 章では、平面撮像管のハイビジョン化に向けて、アクティブマトリクス駆動回路を適用したスピント型 FEA の応答速度を向上させる新たなアクティブマトリクス駆動回路を提案した。提案する回路を適用したスピント型 FEA の陰極電位の応答特性を回路解析により評価し、ハイビジョン規格の 1 画素の駆動時間である 13.5ns の期間内に全電子ビーム量のうちの約 97%が放射されることを確認した。また、提案するアクティブマトリクス駆動回路の設計を検証するため、評価用素子を試作し、スピント型 FEA のハイビジョン規格での駆動に見通しを得ることができた。

第 6 章では、結論および電界集束型平面撮像管のハイビジョン化へ展望について述べた。ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA を適用した平面撮像管における放射電子特性から、平面撮像管をハイビジョン化した場合の電子ビーム量を見積もった結果、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA から取り出せる電子ビーム量の最小値は約 $1\mu\text{A/pix}$ であり、高品質な映像を得るための目標値(最小値 $1\mu\text{A/pix}$ 以上)を満たす見積もり結果を得た。これらの結果より、ボルケーノ構造電界集束スピント型 FEA を適用した平面撮像管は、磁界集束系を適用した平面撮像管と比較して格段に小型な電子ビーム集束系を備えたハイビジョン方式テレビ用撮像素子についても実現の見通しを得ることができた。