

審査の結果の要旨

氏名 駒崎 友亮

電子ペーパーは紙に類似した表示特性を有する反射型ディスプレイである。電子ペーパーの一種であるツイストボール式電子ペーパーは優れた屋外環境への適用性を有し、大型デジタルサイネージ用途が期待されるが、1. 二色微粒子の運動機構及び帯電機構の詳細が明らかになっていない、2. 低照度環境での視認性が低い、3. マルチカラー表示が実現されていない、などの問題点があった。そこで本論文では、二色微粒子の運動機構及び帯電機構の詳細を数理モデルと実験によって明らかにし、その知見に基づいて、無機 EL を用いた反射/自発光デュアルモードツイストボール式電子ペーパー、磁気による駆動電圧制御を用いたマルチカラーツイストボール式電子ペーパー、の 2 種類の高機能電子ペーパーの開発を行った。以下に本論文の各章の内容をまとめる。

第 1 章では、電子ペーパーの一般的な性質に関して解説し、ツイストボール式電子ペーパーを含む各種電子ペーパーの構造及び特性について説明した。また、デジタルサイネージ用ディスプレイとしての電子ペーパーの問題点を示し、機能性材料の添加によるツイストボール式電子ペーパーの高機能化によって問題点を解決できる可能性を指摘した。

第 2 章では、二色微粒子の運動機構及び帯電機構についての理論を構築するとともに、実験によってこれらの理論の検証を行った。二色微粒子の運動理論では、粘性抵抗と静電気力との釣り合いを考えることで二色微粒子の運動を導出した。この理論からは、二色微粒子の回転の可否が二色微粒子とキャビティの直径の比及び半球ごとの表面電荷密度のバランスによって決定されることなどが示された。また、帯電機構の理論では、キャビティ内壁及び二色微粒子の半球ごとの接触帯電における帯電傾向が電荷分布を決定することが示された。実験では、キャビティ内壁の帯電傾向を変えてツイストボール式電子ペーパーを作製し、これらの理論の検証を行った。定量的な比較は困難であったが実験結果は各理論と定性的に一致し、理論の合理性を実証することができた。

第 3 章では、片側の半球に無機 EL 蛍光体を導入した二色微粒子を合成し、これを電子ペーパー化することで交流電圧印加によって発光が可能なデュアルモードツイストボール式電子ペーパーを作製し、各種評価を行った。作製した電子ペーパーは直流電圧印加によって粒子回転、交流電圧印加によって発光が可能であることが確認され、低照度環境における高視認性を実現したツイストボール式電子ペーパーの開発にはじめて成功した。さらにこの電子ペーパーを発展させ、有機蛍光色素を用いて二色の発光色を実現する二色発光デュアルモード電子ペーパーについても検討を行った。クマリン 6 を添加した二色微粒子は、発光色の違いは小さいものの、確かに交流電場下で両側の半球が異

なる色で発光し、この微粒子を用いた電子ペーパーもわずかに異なる2色の光を発した。これにより、二色発光電子ペーパーの原理確認ができたと言える。

第4章では、磁力による二色微粒子の回転駆動電圧制御技術を開発し、これを応用したマルチカラー電子ペーパーを作製した。磁性ナノ粒子を添加した二色微粒子の駆動電圧は電子ペーパー背面に設置した磁性シートの磁場によって磁性ナノ粒子濃度に応じてほぼ線形に変化した。この技術を応用して印加電圧によって各色の二色微粒子の向きを個別制御するマルチカラー電子ペーパーを作製したところ、2種類の二色微粒子を用いた電子ペーパーではほぼ理想的な粒子の個別駆動が可能であり、4色のマルチカラー表示を実現することができた。これにより、ツイストボール式電子ペーパーのマルチカラー化にはじめて成功した。

第5章では、実験中に見出された電子ペーパー内の空間電荷分極及びそれによって発生する電荷放出時の表示逆転現象について検討を行い、そのメカニズムを明らかにした。また、この現象を用いて少ないスイッチング素子で電子ペーパーを駆動する新たな駆動方法を開発した。この結果はツイストボール式電子ペーパーの表示保持性向上や駆動回路の単純化に役立つものである。

第6章では、第2～5章で得られた結果及び各章間の結果の関連性についてまとめ、ツイストボール式電子ペーパーの設計指針や今後の展望について述べた。

以上のように、本研究ではツイストボール式電子ペーパーの基礎特性を明らかにするとともに、新たな機能を実現する高機能電子ペーパーの開発及び新規駆動法の開発を行った。これらにより、屋外デジタルサイネージ用ディスプレイとしてのツイストボール式電子ペーパーの機能性向上に貢献した。

なお、本論文第5章は、鳥居 徹との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験及び解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上1991字