

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 14236 号
------	---------------

氏 名 PARK Jeonghwan

論文題目

Toward high performance of micro-LEDs via sidewall engineering for next-generation display
(次世代ディスプレイにおけるサイドウォールエンジニアリングによるマイクロLEDの高性能化に向けた研究)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	天野 浩
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	教授	大野 雄高
委員	名古屋大学	未来材料・システム研究所	准教授	本田 善央
委員	名城大学	理工学部	教授	竹内 哲也
委員	大阪大学	工学研究科	教授	小島 一信

論文審査の結果の要旨

PARK Jeonghwan 君より提出された博士論文「*Toward high performance of micro-LEDs via sidewall engineering for next-generation display* (次世代ディスプレイにおけるサイドウォールエンジニアリングによるマイクロLEDの高性能化に向けた研究)」は、6Gと呼ばれる次世代大容量・超低遅延・超多重・超高速通信におけるインターネットとのインターフェースの一つとして、ウェアラブルデバイスとしてのGa₂N系マイクロLEDディスプレイの社会実装を目指した研究成果をまとめたものであり、第5章より構成されている。

第1章では、Ga₂NによるLEDの開発の歴史やマイクロLEDディスプレイ社会実装の意義と課題について言及している。次世代通信を利用したAIサーバーとの即時双方向通信では、両手の自由度を確保するためにメガネ型ディスプレイが必要である。従来のTVやPC用画面と比較して、眼との距離が極めて近くなるために、画素の大きさ、いわゆるピクセルは10ミクロン角以下となり、従来照明やディスプレイなどに用いられているLEDの300ミクロン角以上と比べて極めて小さくなる。ピクセルの形成にはエッチングが必要であり、大量生産には主にドライエッチングが用いられる。その際、エッチング側面にエッチングダメージが生じ、非輻射再結合準位が増大するため、これまでの報告例ではピクセルサイズが小さくなるにつれて非輻射再結合準位の増大した領域が相対的に多くなるため、効率は低下してしまう。またピクセルサイズが小さくなると、相対的に側面から光が出射する割合が増える。そのためLEDの面積を同じに揃えて周辺長を変えると、非輻射再結合準位割合の変化と光取り出しの変化が相殺する。また誘導結合型反応性イオンエッチング(ICP-RIE)などのドライエッチングにより側壁にダメージが増えた後、テトラメチルアンモニウムヒドロキシド(TMAH)を用いた化学薬品による処理を行うと、非輻射再結合準位割合を減らすことが出来る一方、側面の形態が変化して平坦性が増すために側面からの光取り出し効率が減少する。ピクセルサイズの減少とともに明らかになったこれらの課題についてまとめている。

第2章では、本研究で用いたICP-RIEの動作原理と塩素ガスを用いたエッチング特性について、まとめている。

第3章では、ICP-RIEによるエッチング時にバイアスパワーを変えることにより物理エッチングと化学エッチングを制御可能であることを紹介している。特に転位密度の高いサファイア基板上のLEDについて、化学エッチングを用いることにより側面の荒れを生じさせ、光取り出し効率をあげることが出来ることを紹介している。

第4章では、面積を一定として周辺長を変えたLEDを試作し、周辺長が短い場合には内部量子効率が高いが光取り出し効率が低く、周辺長が長い場合には内部量子効率は低くなるが光取り出し効率は高くなることを実験的に示している。また側壁がm面で覆われる大きさの異なる三角形のLEDも試作して、二つとも同じ特性を示すことを再確認している。

第5章では、実験的に得られた結果をまとめている。特に側面からの光取り出しが重要であることが明らかになったことから、ディスプレイへの応用ではクロストークが大きな課題となる。そのため側面から出た光を前方方向に向けるためのアルミニウム鏡を用いたLED構造を提案している。

本研究で示されたマイクロLEDディスプレイのピクセルに関する設計指針は、次世代の眼鏡型ディスプレイの社会実装を加速するための重要な成果であり、学術的にもLED側面のダメージと光取り出し効率の両方を定量的に扱ったのは本研究が初めてであり価値が高い。以上の点から、PARK Jeonghwan君は、博士(工学)の学位を受ける資格が十分であると判断した。