

酸化亜鉛系半導体発光デバイスの開発

育成研究：JSTイノベーションサテライト岩手 平成17年度採択課題
「酸化亜鉛系半導体発光デバイスの開発」

代表研究者：岩手大学 地域連携推進センター
産学官連携教員 柏葉 安兵衛



■ 研究概要

高品質な酸化亜鉛(ZnO)単結晶基板上へ、独自に開発したプラズマアシスト反応性蒸着(PARE)法を用いてp形ZnO薄膜を作製することでZnO-pnホモ接合発光ダイオード(LED)を試作した。このZnO-LEDから、電流注入により励起子に起因した波長375nm付近の紫外線発光を得ることに成功した。

■ 研究内容、研究成果

ZnOは青色から近紫外線領域のLED材料として着目されている。ZnOの原料であるZnとOは地球上に豊富に存在する資源であることから、現在のGaN系LEDよりも安価に提供可能と考えられている。また、人体や環境に対しても優しい材料である。さらにZnOの励起子結合エネルギーがGaNより大きく、高効率なLEDの実現が期待されている。しかし、ZnOの導電特性の制御が困難で、ZnO-LEDの実現は困難といわれてきた。本研究の特徴は、ZnO-LEDを作製するためにZnO単結晶基板を利用し、PARE法により高品質な窒素ドーパドZnO薄膜の作製をおこなった点である。ZnO単結晶基板は、一般的にZnO薄膜の堆積基板に使用されている単結晶サファイア基板と異なり、基板と薄膜間の格子不整合および熱膨張係数の違いが無いいため、高品質なZnO薄膜の作製に最も適している。図1は、我々が開発したPARE装置の概略図と外観写真である。この手法は、プラズマを利用しているために低温でのZnO薄膜の作製が可能である。さらに、簡単な設備で量産に適しており、安全な原料を使用してZnO薄膜を作製できる。図2は、PARE法で作製した窒素ドーパドZnO薄膜(ZnO:N薄膜)の光学特性をあらわすフォトルミネッセンス(PL)および結晶性をあらわすX線回折(XRD)の測定結果である。PLスペクトルでは、自由励起子発光に起因する強い紫外線発光が確認された。また、結晶欠陥に起因した可視光領域の発光は弱かった。XRD測定では、ZnO単結晶基板の測定結果と同等の結果が得られた。これらのことから、本研究において高品質なZnO:N薄膜を得ることに成功したといえる。図3は、本研究で作製したパッケージに実装したZnO-LEDの写真とLEDチップの構造図である。非常に単純な構造となっている。図4は、ZnO-LEDへ電流を注入した際の発光スペクトルと紫外線カメラで撮影した発光の様子である。波長375nm付近に強い紫外線発光が確認された。波長がPLスペクトルにおける自由励起子発光と一致し、そのピークが鋭いことから励起子発光といえる。ZnOの大きなメリットである励起子による紫外線を発光するZnO-LEDの作製に成功した。

■ 今後の展開、将来の展望

ZnO-LEDの実用化のためには、さらなる発光効率の向上が必要である。ZnO薄膜をワイドバンドギャップ化したMgZnO薄膜の作製と高品質化、その導電特性の制御とヘテロ接合の形成が課題となる。現在までに、PARE法によるMgZnO薄膜の作製に取り組んでいる。また、ZnO単結晶基板は岩手県内企業で製造されており、ZnO単結晶基板の育成から高効率紫外線発光LEDの作製と応用製品の製造までを県内でおこなうことができれば、雇用促進を含め地域を活性化することが可能となる。蛍光体の励起効率は、400nm程度の可視光よりも波長の短い紫外線で高く、特に赤色蛍光体でその傾向が強いので、紫外線ZnO-LEDを利用すると演色性の高い高効率白色照明が実現できると考えられる。ZnO-LEDを利用した照明などの実現によって、地球規模での省エネルギー化を進めることができることを期待している。

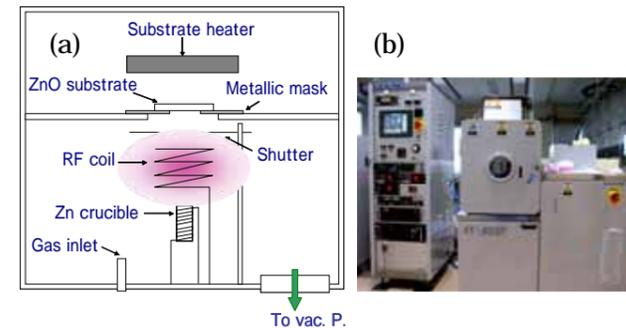


図1 プラズマアシスト反応性蒸着装置
(a)概略図、(b)外観写真

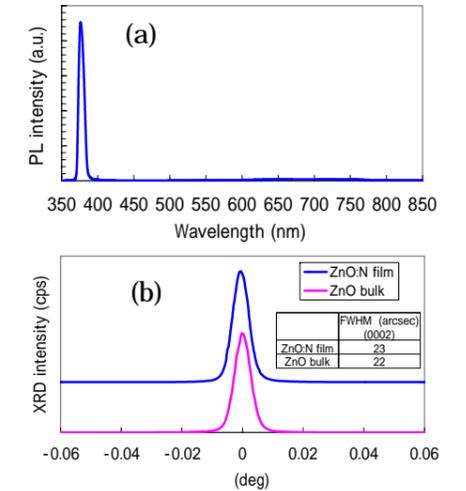


図2 (a) ZnO:N薄膜のPL測定結果(@300 K)
(b) ZnO:N薄膜のXRD測定結果
(ZnO (0002)面のscan)

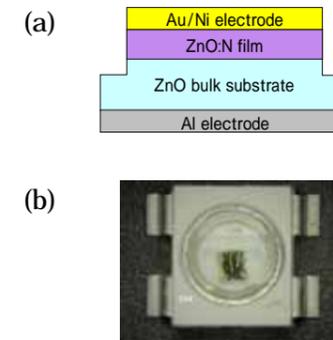


図3 (a) ZnO-LEDの構造図
(b) パッケージ実装したZnO LEDの写真

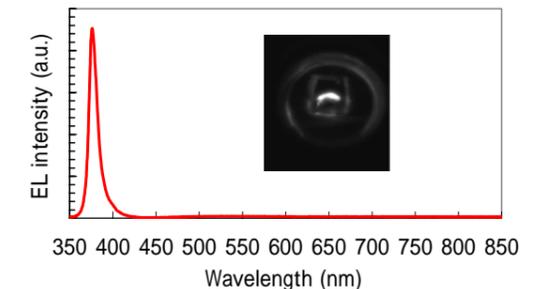


図4 ZnO-LED発光スペクトルとUVカメラで撮影した発光の様子

■ 研究体制

- ◆ 代表研究者
国立大学法人岩手大学地域連携推進センター、産学官連携教員、柏葉安兵衛
- ◆ 研究者
新倉郁生 (岩手大学地域連携推進センター)、小島勉 (シチズン東北株式会社)、
中川玲 (シチズン東北株式会社)、中川美智子 (岩手大学地域連携推進センター)、
阿部貴美 (岩手大学地域連携推進センター)、相馬 岳 (JST サテライトイノベーション岩手)、
田中雅志 (JST サテライトイノベーション岩手)
- ◆ 共同研究機関
国立大学法人岩手大学
シチズン東北株式会社

■ 研究期間

平成18年04月～平成21年03月