

【特別推進研究】

理工系（工学）



研究課題名 ナノ結晶効果によるエネルギー・環境適合デバイスの革新

上智大学・理工学部・教授

きしの かつみ
岸野 克巳

研究分野：応用光学・量子光工学

キーワード：光エレクトロニクス、半導体、光物性、レーザー

【研究の背景・目的】

窒化物半導体(InGaN系)では、緑、さらに赤色域になると急激に発光効率が減少し、赤色域LEDは全く光らない。半導体レーザーの動作電流も緑色域では長波長化とともに急増する。GaNナノコラムは、研究代表者らが最初に発見し、先導的に研究を進めてきた一次元ナノ結晶である。本研究では、図2(a)に示す規則配列GaNナノコラム結晶を用いて、コラム細線化で発現されるナノ結晶効果を学術的に解明し、ナノ結晶効果によってInGaN系デバイスが直面する材料的課題を克服して、革新的なエネルギー・環境適合デバイスの基盤技術を開拓することを目的とする。

【研究の方法】

GaNナノコラムは貫通転位フリーで、自立性結晶であり、基板によらずに高品質結晶が得られ、コラム細線化とともに、In組成揺らぎの抑制、格子歪の低減化、結晶欠陥発生の抑制、光取り出し効率の向上が期待される。これらのナノ結晶効果はInGaN系材料の発光効率向上に寄与し得る。本研究では、GaNナノコラム内にInGaN量子井戸層を内在化させ(図1挿入図)、コラム径Dを未踏破の100-10nm域まで細線化させながら、ナノ結晶効果の学術的な解明を目指す。さらに電子のド・ブロイ波長程度(~30nm)のコラム径で顕在化する一次元量子輸送現象、量子ドット効果などのナノコラム物性を探求する。規則配列InGaN系ナノコラムでは、フォトニック結晶効果、コラム径による発光色制御が得られる。本研究では、ナノ結晶効果とナノコラム効果を活用して、InGaN系デバイスの課題解決に挑戦する。

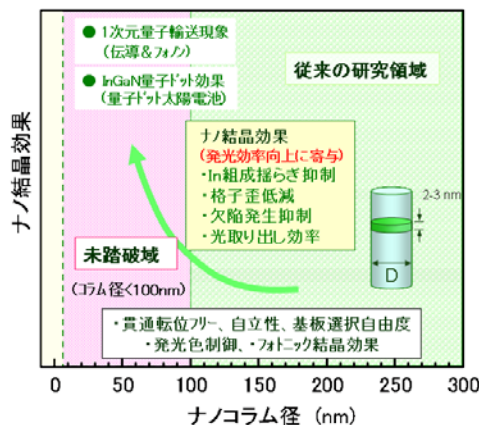


図1 ナノ結晶効果

【期待される成果と意義】

ナノコラム細線化によってナノ結晶効果の系統的探索が進み、ナノコラム物性の解明が本格的に進展しよう。ナノコラムLED(図2(b))によって赤色域LEDの高効率化が進めば、三原色発光のすべてがInGaN系で得られる。ナノコラムの発光色制御性は、三原色ナノコラムLEDの一体集積化をもたらし、フォトニック結晶効果によって、面発光型緑色半導体レーザーが開拓されよう。これらはフルカラー映像装置の低消費電力化に貢献する。一方、超細線InGaNナノコラム内に作られるInN量子ドット多段構造は、量子ドット太陽電池材料として期待される。

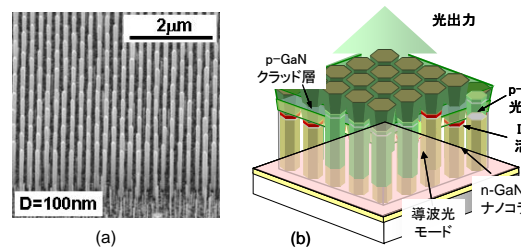


図2 (a)規則配列ナノコラム、(b)ナノコラムLED/LD

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- H. Sekiguchi, K. Kishino et al., "Emission color control from blue to red with nanocolumn diameter of InGaN/GaN nanocolumn arrays grown on same substrate", Appl. Phys. Lett. **96**, 231104 (2010).
- K. Kishino, H. Sekiguchi et al., "Improved Ti-mask selective-area growth (SAG) by rf-plasma-assisted molecular beam epitaxy demonstrating extremely uniform GaN nanocolumn arrays", J. Cryst. Growth **311**, 2063-2068 (2009).

【研究期間と研究経費】

平成24年度-28年度
414,500千円

【ホームページ等】

<http://www.ee.sophia.ac.jp/kishino/>