水熱合成単結晶 ZnO 基板の薄膜化プロセスと微小共振器構造への応用

Thinning process of hydrothermal ZnO wafers and its application to microcavities

東北大多元研　°嶋 紘平，小島一信，秩父重英

IMRAM Tohoku Univ., °K. Shima, K. Kojima, S. F. Chichibu

E-mail: kshima@tohoku.ac.jp

【はじめに】ZnO は禁制帯幅が広く(3.37 eV)、励起子束縛エネルギーが 59 meV と大きいため、それらの特徴を活かした発光デバイス[1]の開発が期待されている。なかでも、微小共振器中の励起子ポラリトンを利用するポラリトンレーザは、発振に必要な閾値電流密度が非常に小さいため省エネルギーコヒーレント光源として有望である[2]。ZnO 微小共振器中の励起子と光子の相互作用を強めるためには、ZnO 活性層中の貫通転位(TD)[3]や点欠陥性の非輻射再結合中心(NRC)[4]を減らす必要がある。水熱合成法単結晶バルク ZnO 基板は、エピタキシャル成長 ZnO 層と比較して TD 密度が低いため、室温における励起子寿命を延ばすうえで有利と考えられる。本研究では、単結晶バルク ZnO 基板を薄膜化し、その両面に分布ブラッグ反射鏡を配置するポラリトンレーザ構造の形成[5,6]を目指して、ZnO 基板の研磨により導入される欠陥が非輻射再結合寿命に及ぼす影響を時間分解フォトルミネッセンス(TRPL)法により評価した。

【実験と結果】水熱合成法による単結晶バルク ZnO 基板(500 μm 厚)の O 極性面を化学機械研磨(CMP)し[7]、ZnO 層を 1.3 μm (7λ-thick cavity)程度まで薄膜化した。10 mm×5 mm の領域内で ZnO 層のオフ角は 0.049°であり、Li らのプロセス[5]と比較してより均一な層厚分布を実現した。Fig. 1 に、CMP 前後でのバンド端(NBE)発光の室温における PL 強度減衰曲線を示す。CMP により薄膜化された ZnO の室温 PL 寿命が大幅に減少しなかったことから、新たな TD または NRC(Zn 空孔および O 空孔の複空孔：$V_{Zn}V_O$[8]等)の発生を抑えた研磨プロセスを実現することができたと考えられる。

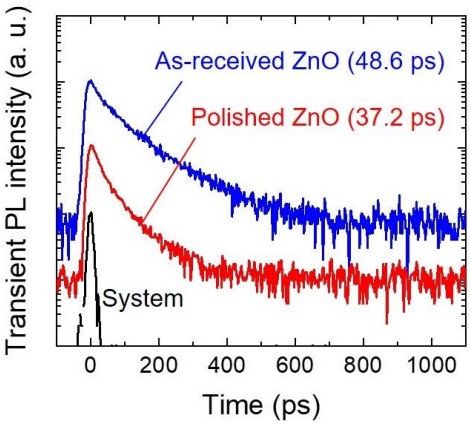

Fig. 1. PL decay signals at 300 K for the NBE emissions of the ZnO samples before and after CMP under weak excitation conditions. The 1/*e* lifetimes are indicated.

【謝辞】本研究は、キヤノン財団および文科省附置研アライアンスならびに科研費(研究活動スタート支援 17H06514 他)の援助を受けた。

【文献】 [1] Tsukazaki, Chichibu *et al.*, Nature Mater. **4**, 42 (2005). [2] Imamoglu *et al.*, PRA **53**, 4250 (1996). [3] Sugahara *et al.*, JJAP **37**, L398 (1998). [4] Chichibu *et al.*, APL **86**, 021914 (2005). [5] Li *et al.*, APL **102**, 191118 (2013). [6] 古澤,秩父他 2014 年春季応用物理学会 17a-E10-6. [7] 粕谷,秩父他 2018 年秋季応用物理学会 20p-234A-9. [8] Chichibu *et al.*, Semicond. Sci. Technol. **20**, S67 (2005).

© 2019年 応用物理学会