

X線レーザーを用いた紫外光発光の発光特性評価

Scintillation properties for UV crystal evaluated by a X-ray laser

古川裕介¹⁾, 田中桃子²⁾, 中里智治¹⁾, 巽敏博¹⁾, 錦野将元²⁾, 山谷寛²⁾, 永島圭介²⁾, 木村豊秋²⁾, 村上英利¹⁾, 斎藤繁喜¹⁾, 猿倉信彦¹⁾, 西村博明¹⁾, 三間罔興¹⁾, 鏡谷勇二²⁾, Dirk Ehrentaut³⁾, 福田承生³⁾

Yusuke FURUKAWA, Momoko TANAKA, Tomoharu NAKAZATO, Toshihiro TATSUMI, Masaharu NISHIKINO, Hiroshi YAMATANI, Keisuke NAGASHIMA, Toyooki KIMURA, Hidetoshi MURAKAMI, Shigeki SAITO, Nobuhiko SARUKURA, Hiroaki NISHIMURA, Kunioki MIMA, Yuji KAGAMITANI, Dirk EHRENTAUT, Tsuguo FUKUDA

¹⁾大阪大学レーザー研 ²⁾原子力機構 ³⁾東北大学多元研

13.9 nm 波長 X 線レーザーを励起パルスに用いた ZnO 結晶の発光特性評価を行った。380 nm 付近の発光寿命は 1.1 ns で、1053 nm 波長光の三倍波励起の場合とほぼ一致した。この高速な応答時間は、EUV 光源を検出するのに十分なほど短く、次世代リソグラフィ技術において大変有望である。

キーワード：X線レーザー、シンチレーター、酸化亜鉛

1. 目的

EUV 領域における光技術は、次世代リソグラフィ応用に向けて注目されている。またこの波長領域用の光学部品を開発するために様々な研究努力もなされてきた。特に、十分なサイズをもつ高効率・高速イメージングシンチレータ素子の開発は、リソグラフィ応用上の一要素である。そこで水熱法成長 ZnO 結晶は有力な候補である。その結晶成長技術は、結晶品位やロッド径~3 inch の観点でも大幅に進歩してきた[1]。ZnO は過去十年間に、発光ダイオード用材料やナノ構造材料として、その応答時間などの光学特性の向上のために多くの研究活動がなされてきた。バルク ZnO の利点は均一な大型結晶にあり、その製造コストも安く、高い利便性をもつ。この水熱法成長 ZnO の評価には、13.9 nm 動作のニッケルライク銀レーザーが理想的な光源である。その理由は、 μJ レベルまでの大きなパルスエネルギーと、数ピコ秒程度までの十分に短いパルス長である。

2. 方法

図 1 に実験光学系を示す[2]。励起源は 13.9 nm 動作の EUV レーザーであり、パルスエネルギーが 0.5 J 程度、パルス長 7 ps である(図 2)。試料の水熱法成長 ZnO は(0001)面カットされている。その発光スペクトル、及び発光寿命は 100 ps 時間分解能のストリークカメラで測定された。参照用の励起パルスに、EUV レーザー用励起源 1053 nm の 3 次高調波 351 nm (パルス長 100 ps) を用いた。

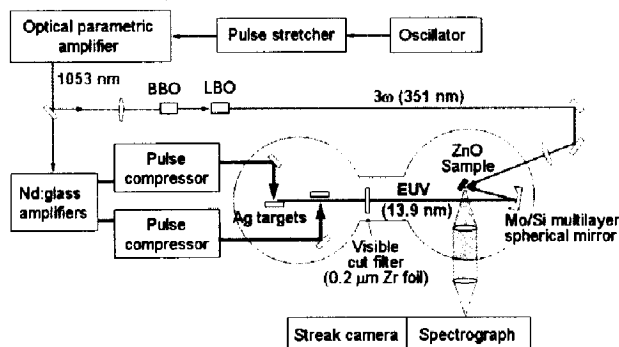


図 1. 実験光学系

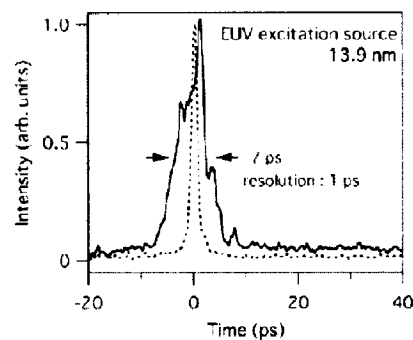


図 2. EUV パルスの時間波形

3. 研究成果

図3にストリークカメラ測定の結果を示す。EUV・UVの両方の励起条件で、ZnOエキシトン遷移による発光ピークは380 nm付近で観察された。さらに、減衰時間もまた光子エネルギーに大きな違いがあるにも関わらず近似していた。レーザープラズマ EUV 光源は、リソグラフィ応用上でナノ秒の放射時間をもつことから、発光寿命はその検出に十分なほどに短い。

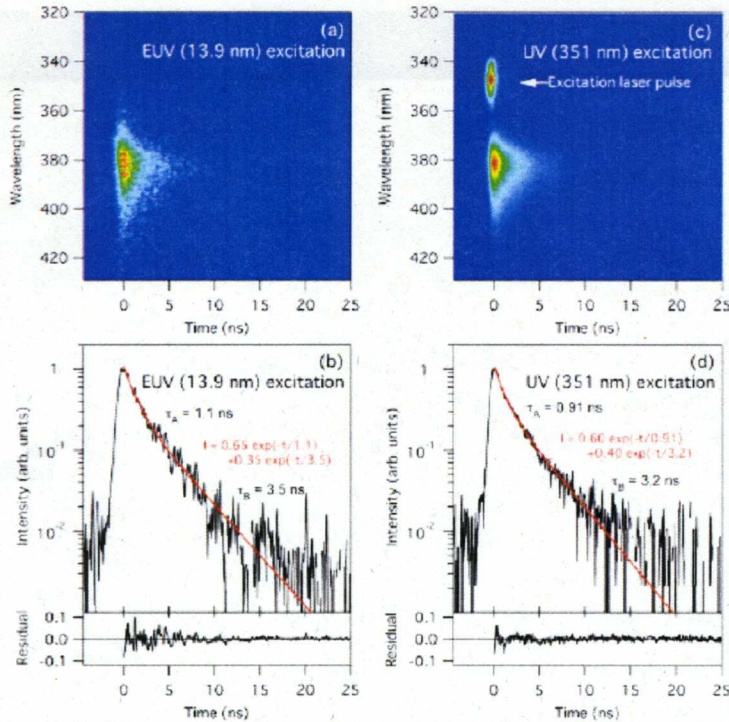


図3. (a)EUV レーザーのストリーク画像（3フレーム積算）。(b)ピーク部の時間波形。(c-d)UV 励起の場合のストリーク画像とピーク部の時間波形。

4. 結論・考察

結論として、水熱法成長の大型 ZnO 結晶は、将来的なリソグラフィ・イメージング応用上で極めて有望である。

5. 引用(参照)文献等

- [1] E. Ohshima et al., J. Cryst. Growth 260, 166 (2004)
- [2] M. Tanaka et al., Appl. Phys. Lett. 91, 231117 (2007); Y. Furukawa et al., J. Opt. Soc. Am. B. 25, B118-B121 (2008).