

## 光電流による ZnO 基板と ZnO 系薄膜のバンドギャップの評価

## Band gap evaluation of ZnO substrate and ZnO related films by photocurrent analysis

岩手大<sup>1</sup>、仙台高専<sup>2</sup>○阿部 貴美<sup>1</sup>、中川玲<sup>1</sup>、千葉鉄也<sup>1</sup>、中川美智子<sup>1</sup>、高橋修三<sup>1</sup>、千葉茂樹<sup>1</sup>、柏葉安宏<sup>2</sup>、  
大坊真洋<sup>1</sup>、新倉郁生<sup>1</sup>、柏葉安兵衛<sup>1</sup>、長田洋<sup>1</sup>Iwate Univ.<sup>1</sup>, Sendai Nat. College of Tech.<sup>2</sup>○T. Abe<sup>1</sup>, A. Nakagawa<sup>1</sup>, T. Chiba<sup>1</sup>, M. Nakagawa<sup>1</sup>, S. Takahashi<sup>1</sup>, S. Chiba<sup>1</sup>, Y. Kashiwaba<sup>2</sup>,  
M. Daibo<sup>1</sup>, I. Niikura<sup>1</sup>, Y. Kashiwaba<sup>1</sup>, H. Osada<sup>1</sup>

E-mail : tabe@iwate-u.ac.jp

## 【はじめに】

これまで我々は、プラズマアシスト反応性蒸着 (PARE)法により、蒸着原料に ZnMg 合金を用いて ZnO 単結晶基板上にノンドープ  $Mg_xZn_{1-x}O$  薄膜および窒素ドープ  $Mg_xZn_{1-x}O$  ( $Mg_xZn_{1-x}O:N$ ) 薄膜を作製し、分光反射特性、ホトルミネッセンス(PL)、分光エリプソメトリー(SE)から励起子の励起エネルギーが、また光導電特性からバンドギャップの評価が可能であることを示した[1]。今回は光導電特性の解析からバンドギャップの評価について検討をおこなったので報告する。

## 【解析方法】

光電流からバンドギャップを求めるために、以下のような計算式[2]を用いた。入射光のフォトン数  $I$ 、キャリア電流  $i$ 、光生成キャリア数  $n$ 、光電流  $I_{ph}$ 、表面からの距離  $x$ 、膜厚  $l$ 、吸収係数  $\alpha$ 、再結合寿命  $\tau$  とすると、比例定数  $A$ 、 $B$  を用いて、

$$I = \int_0^{\infty} A e^{-\alpha x} dx = \frac{A}{\alpha}, \quad (1)$$

$$\frac{dn(x)}{dt} = -\frac{di}{dx} + I \alpha e^{-\alpha x} - \frac{n}{\tau} \quad (2)$$

(2)式の定常解を求めて、表面再結合を無視できる条件下では、近似解として(3)式が求まる。

$$I_{ph} = B(1 - e^{-\alpha l}) \quad (3)$$

## 【実験結果および考察】

Fig. 1 は  $Mg_{0.08}Zn_{0.92}O:N$  薄膜の室温における PL スペクトル、消衰係数  $k$  から求めた  $(\alpha_k hv)^2-hv$  プロット、光電流  $I_{ph}$  から求めた  $(\alpha_{I_{ph}} hv)^2-hv$  プロットである。PL のピークはおよそ 3.5 eV で、 $(\alpha_k hv)^2-hv$  の  $hv$  軸との交点とほぼ同じ値であった。 $(\alpha_{I_{ph}} hv)^2-hv$  の  $hv$  軸との交点はおよそ 3.54 eV であり、これは  $Mg_{0.08}Zn_{0.92}O:N$  薄膜のバンドギャップエネルギーと考えられる。

ZnO 系材料は室温での励起子結合エネルギーが大きいため、PL、SE、分光反射特性では励起子起因のピークが支配的であるが、光電流を測定することでバンドギャップを求めることが可能となった。

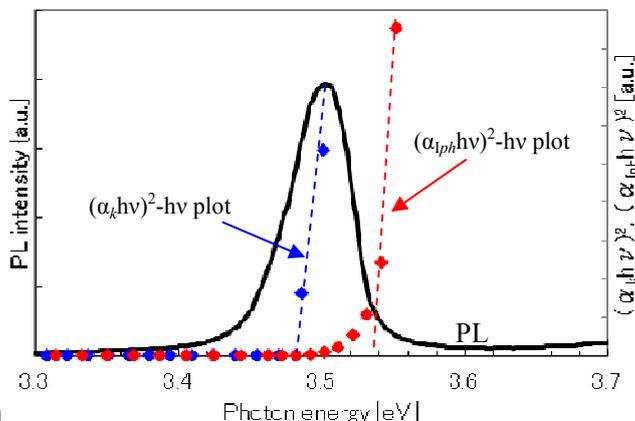


Fig. 1 PL spectrum,  $(\alpha_k hv)^2-hv$  plot using  $\alpha_k$  calculated from extinction coefficients  $k$  and  $(\alpha_{I_{ph}} hv)^2-hv$  plot  $\alpha_{I_{ph}}$  calculated from  $I_{ph}$  of the  $Mg_{0.08}Zn_{0.92}O:N$  films.

## 【謝辞】

本研究は、JST 復興促進プログラムの援助を受けておこなわれたものである。

## 【参考文献】

- [1] 阿部ほか、2013 年春季第 73 回応用物理学会学術講演会予稿集、p21-047.  
[2] H. B. DEVORE, Phys. Rev. **102**, (1956) 86.