17a-E10-11

MBE 法により成長した高抵抗 p 型 ZnO:N 薄膜の精密評価 ~N₂₍₀₎を起源とする double donor の検証~

Refined estimate of high-resistance p-type ZnO:N thin film ~ Verification of double donor originating from N_{2(O)} ~

鳥取大院工 [°]野田 佳佑,政本 卓也,木寺 亮太,松尾 拓朗,廣江 伸哉,

秋山 章雅, 行衛 孝明, 奥山 彰浩, 阿部 友紀, 笠田 洋文, 安東 孝止

Graduate School of Engineering, Tottori Univ.

[°]K. Noda, T. Masamoto, R. Kidera, T. Matsuo, S. Hiroe,

A. Akiyama, T. Yukue, A. Okuyama, T. Abe, H. Kasada, and K. Ando

E-mail: noda@optoele.ele.tottori-u.ac.jp

[はじめに] ワイドバンドギャップ半導体である ZnO は紫外発光デバイスとして期待されている. ZnO は自己補償効果により p 型伝導制御が困難となっているが, N アクセプタをドープすることにより新たに発生するドナー性欠陥についてはまだ不明である. そこで, ZnO:N 薄膜の全面 p 型化を阻害するドナー性欠陥の起源や特性を解明する必要がある.本講演では, ZnO:N 薄膜における窒素関連欠陥の解析結果について報告する.

[**測定試料・評価方法**] Zn 面 ZnO 基板上に ZnO:N 薄膜 を MBE 成長さ せた.成長条件を表1に示す.試料はNアクセプタの活性化のため, 成長終了後 MBE チャンバー外にて酸素雰囲気中 600℃でポストアニ ール処理を行った.

表1 成長条件

	VI/II比	Zn BEP [10 ⁻⁷ Torr]	NO flow rate [sccm]	O ₂ flow rate [sccm]
試料A	1.7	1.5	2.0	1.5
試料B	1.7	1.5	1.5	1.75

直流,交流磁場ホール効果測定(4端子 Van der Pauw 法),永続光伝 導測定(PPC),熱刺激電流測定(TSC),X線電子分光測定(XPS)により 評価・解析を行った.

[結果及び考察] 試料 A はポストアニール処理を 5 分間することによ り、高抵抗化し伝導型の判別ができなくなった.その詳細な挙動を調 べるため、Ar⁺レーザー(λ =514.5 nm)を用いて PPC 測定を行った.ZnO:N と undoped ZnO の測定結果を規格化したものを図 1 に示す.測定結果 より ZnO:N は undoped ZnO に比べ非常に大きな時定数の永続光伝導を 観測した.光照射後は永続光伝導により抵抗が減少する.この低抵抗 状態を利用することにより欠陥の伝導型判別が可能となる.

試料 B はポストアニール処理を 10 分間行うことにより p⁻に至った 可能性がある.この試料を用いて交流磁場ホール効果測定を行った. 交流磁場ホール効果測定は Ar⁺レーザーを 1 時間照射し,その後,レ ーザーを遮断し,暗状態にて行った.光照射直後,試料は n型に近い ホール起電力波形を示し,時間の経過とともに p型に近いホール起 電力波形を示した.

以上のことから, ZnO:N における PPC の起源はドナー性窒素関連 欠陥であると考えられる.また,これまでの研究から,この窒素関連 欠陥はダブルドナーである酸素位置に置換した窒素分子 N₂₍₀₎である と考えられる[1].

N₂₍₀₎の存在を確認するために XPS 測定を行った. XPS 測定には試料 A を使用した. 測定結果より ZnO:N のアニール後の試料において N₂₍₀₎と思われるピークの増加を観測した.

 $N_{2(0)}$ の準位について測定を行うため、試料 A を使用し PPC の波長 依存性を調べた.光源にキセノンを使用し、光照射 15 分間で測定を 行った.測定結果を図 2 に示す.測定結果より、700 nm(1.77 eV)よ り長波長では PPC が観測されないことが分かった.また、短波長に なるにつれて PPC 強度が大きくなることが分かった.このことから $N_{2(0)}$ が幅を持ったドナー性の欠陥バンド(図 3)を形成していることが 判明した.このドナー性欠陥バンドにより 1.7 eV 付近でフェルミ準 位がピン止めされ、ZnO:N の低抵抗化が阻害されていると考えられる. [1]T.Masamoto,et.al,phys.stat.sol.(c),to be published







図 2 PPC 波長依存性



[謝辞] 本研究は、文部科学省科学研究助成[基盤研究(C)No.23560010]を受けて行ったものである.