PtOx/ZnO ショットキー接合の DLTS による界面欠陥の評価

Evaluation of Interface Defect Properties of PtO_x/ZnO Schottky

contacts by using Deep Level Transient Spectroscopy

東大院工 ^O(M1)松村 美貴也, 田中 貴久, 内田 建

Faculty of Eng., The University of Tokyo, °Mikiya Matsumura, Takahisa Tanaka, Ken Uchida E-mail: matsumura@ssn.t.u-tokyo.ac.jp

【背景及び目的】酸化物半導体中に存在する点欠陥は、電気的・光学的な性質に大きな影響を及ぼす ため精力的に研究されてきた。酸化亜鉛 ZnO は移動度が高く、ナノ構造結晶を水熱合成法で成長させ ることができることから近年注目されている。ZnO においても、酸素空孔や格子間亜鉛といった点欠 陥が、その電気特性を大きく変化させることが知られている。ZnO をデバイス化した際に発生する ZnO 中の欠陥を評価することは極めて重要である。ZnO をトランジスタなどの電子デバイスに応用するた めには、整流素子の実現が望まれる。そのため、ZnO にショットキー接合を形成する研究は数多く報 告されているが、ON/OFF 比の高いショットキー接合を形成することは簡単ではない [1]。最近、ZnO (0001)面上に、酸素導入反応性スパッタリングによって PtO_x 電極を形成することで、広い電圧範囲で 6 桁以上の整流比を示すショットキー接合の作製に成功した報告[2]がなされており注目されている。し かし、PtO_x/ZnO ショットキー接合の界面欠陥について調べた報告は未だ存在しない。そこで、本研究 では ZnO (0001)面に PtO_x を反応性スパッタリングで製膜することでショットキー接合を作製した。 PtO_x 成膜中の酸素導入量を変えて形成した PtO_x/ZnO ショットキー接合における欠陥の密度、エネルギ 一準位、捕獲断面積を DLTS(Deep Level Transient Spectroscopy)によって評価したので報告する。

【実験方法】水熱合成による単結晶 ZnO 基板 (CrysTec)の Zn 極性面(0001)に対して,反応性スパッタ リングによって PtO_x 電極を作製した。RF 電力は 50W, Ar の導入量は 10 sccm に固定し,酸素の導入 量を 1 sccm と 3.5 sccm の 2 条件で作製した(全圧はそれぞれ 0.18 Pa, 0.23 Pa)。最終的に作製したデバ イスの構造を Fig.1 に示す。作製した試料に対して,室温の *I-V* 特性を評価するとともに,ZnO の欠陥 を評価するため DLTS (Deep Level Transient Spectroscopy) を行った。

【結果と考察】作製したショットキー接合の*I-V*特性を Fig.2 に示す。*I-V*特性をもとに、ショットキー接合の電流解析式から、障壁高さ $\Phi_{B,IV}$ と理想係数 *n* を求めた。抽出したパラメータを Table.1 に示す。酸素導入量が 3.5 sccm のサンプルは、1 sccm のものに比べて $\Phi_{B,IV}$ が大きくなり整流性が向上しているものの、理想係数が大きくなる。この傾向は既報[2]の PtO_x/ZnO ショットキー接合と合致する。Fig.3 には、DLTS データを示す。測定した温度範囲内では、1 sccm のサンプルと 3.5 sccm のサンプルではともに $E_c - E_T = 0.3$ eVのピークが1 つ検出され、E3 レベルであると考えられる[3,4]。また、今回観察された理想係数は 1.5 程度と従来の報告と同程度であるが、欠陥密度が 10¹⁸ cm⁻³ と従来報告されている ZnO ショットキー接合よりも数桁高い。一般に、ZnO ショットキー接合は障壁高さが 0.6-0.8 eV程度になることが多く、その起源は $E_c - E_T = 0.7$ eVの E4 レベルであるとする報告[2]もあるが、本研究では温度 250K 近傍でピークを持つ E4 レベルは観察されなかった。そのため、0.7 eV 程度のショットキー障壁高さは、E4 レベルでのフェルミレベル・ピニングでは無いと考えられる。

謝辞:本研究の一部は JST-CREST JPMJCR19I2 および JSPS 科研費 18H05243 の助成を受けて行われた。

[1] L. Brillson, Y. Lu, J. Appl. Phys. 109, 121301 (2011).
[2] A. Hyrand et al., J. Appl. Phys. 121, 024501 (2017).
[3] J. Simpson et al., J. Appl. Phys. 63, 1781 (1988).
[4] H. Von Wenckstern et al. Appl. Phys. Lett., 89, 092122 (2006).





Fig.1 Device structure of a PtO_x/ZnO Schottky diode.

Fig.2: Current-voltage characteristics of PtO_x/ZnO Schottky diodes.



Fig.3 DLTS spectrum and Arrhenius plot of PtO_x/ZnO Schottky diodes.

Table.1 Electrical properties of the PtO_x/ZnO Schottky contacts.

O_2	$\boldsymbol{\Phi}_{B,IV}$ [eV]	п	<i>N_d</i> [cm ⁻³]	$E_T[eV]$	<i>N_T</i> [cm ⁻³]	$\sigma_{c}[\mathrm{cm}^{2}]$
in sputtering		Ideality Factor	from CV			
1 sccm	0.76	1.30	3.52×10 ¹⁸	0.26	2.23×10 ¹⁸	1.27×10 ⁻¹⁶
3.5 sccm	0.85	1.65	5.51×10^{18}	0.28	3.69×10 ¹⁸	7.83×10 ⁻¹⁶