

反射CPM法を用いたNBITSを与えた際のギャップ内準位の変化

日大生産工(院) ○竹山 裕貴 日大生産工(院) 田中 聡
日大生産工(院) 大野 祐樹 日大生産工 清水耕作

1 まえがき

現在、液晶ディスプレイに利用されている代表的な酸化物半導体として、非晶質 InGaZnO_4 (以降 a-IGZO)、非晶質 InSnZnO_4 (以降 a-ITZO) がある。しかし、酸化物半導体を用いた TFT は NBIS (Negative Bias Illumination Stress) によってしきい電圧 (V_{th}) が負方向にシフトする問題があり、バックチャネルの固定電荷や MIS 界面のトラップが疑われているが、未だ解決していない。

TFT 特性の劣化は熱、バイアス、光照射に

よる不安定性が要因と考え、反射CPM法を用いてギャップ内準位を評価し特性不安定性の原因を解析する[1-2]。特に、反射CPM法は、トランジスタの状態でのギャップ内準位が評価できることからこれまでの透過型のCPMをよりデバイスに近い状態で評価することができる。

2 実験方法および測定方法

2-1 試料作製

Fig. 1に素子構造、Table. 1にa-IGZO、a-ITZOの成膜条件を示す。Table. 1の成膜条件でTFTの素子作製を行った。

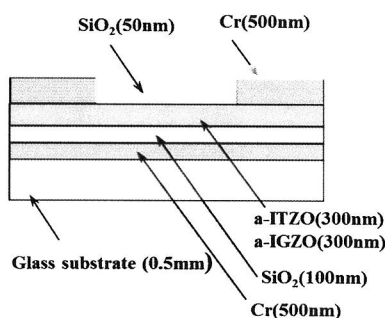


Fig.1 Cross sectional view of CPM/TFT sample

Table.1 Amorphous InGaZnO_4 and InSnZnO_4 film growth conditions

layer		1	2	3	4	5
Target		Cr	SiO ₂	ITZO	Cr	SiO ₂
Power [w]		DC50	AC200	DC50	DC50	AC200
Gas Flow rate [sccm]	Ar	100	100	100	100	100
	O ₂	0	1.0	3.0	0	1.0
Gas Pressure [Pa]		0.5	0.5	1.5	0.5	0.5
Growth Time [min]		2	8	40	2	8
Thickness [nm]			100	300		100
Patterning		Gate			Source/Drain	Contact hole

この試料に各ストレス条件を与えて反射 CPM 評価を行った。試料の熱処理 (anneal) は空气中 350℃ 1 時間、劣化条件として白色光 (3.1mW/cm²) を 1 時間印加した。

2-2 光電流一定法

光電流一定法 (CPM) は光電流を一定に制御することで、キャリア寿命を一定に保つことができ、その結果光エネルギーに対する光吸収係数を評価することができるので、ギャップ内の電子状態を知ることができる。基本的な評価原理は以下に示す。半導体に光を照射すると半導体が光を吸収する場合は、以下の式にしたがう。

$$I = I_0 \exp(-\alpha d) \cdots (1)$$

ただし I : 光透過強度、 I_0 : 光入射強度、 α : 光吸収係数 [1/cm²]、 d : 膜厚 [cm]

吸収された光に電場を印加することで、光電流は一般的に次の (2) 式で表せる。

$$I_{ph} \sim qN(E)(1-R)\{1 - \exp(-\alpha d)\}\eta\mu\tau \cdots (2)$$

ただし、 q : 電荷素量、 $N(E)$: 入射光速、 R : 反射係数、 α : 光吸収係数、 d : 膜厚、 η : 量子効率、 μ : 移動度、 τ : キャリア寿命、

Photoinduced Instability Analysis of Amorphous Oxide
Semiconductor Thin Film Transistor

Hiroki Takeyama, Satoru Tanaka, Yuhki Ohno and Kousaku Shimizu

E:電界である。

このとき光電流を一定にする理由は、フェルミ準位の位置に敏感であるキャリア寿命を一定にするためである。以上の条件の下、

$$I_{ph} \sim \text{Const} \cdot N(E) \alpha \dots (3)$$

一方、光吸収係数は、式(4)のような表式で記述される。

$$\alpha(h\nu) \propto E \sum \left| \langle i | \mu | f \rangle \right|^2 \delta(E_f - E_i - h\nu) \dots (4)$$

$$\propto h\nu |R(h\nu)|^2 \int_{E_f}^{\infty} g_v(E - h\nu) g_c(E) dE \dots (5)$$

式(5)の積分は、価電子帯と伝導帯の状態密度の積を積分したものであり、これは、一般に、光吸収の状態が、両者のバンドに依存しているものの、得られた信号は価電子帯および伝導帯の電子状態が反映されており分離できないものであるということが理解される。

$$\alpha = \frac{\text{Const.}}{N(E)} = \frac{\text{Const.}}{P/h\nu} \dots (6)$$

$$(P = N(E) \times h\nu) \dots (7)$$

この吸収係数は、光のエネルギーと密度に依存しており、式(7)であらわされるので、式(6)から吸収係数は決定することができる。

3 実験結果と考察

3-1 伝達特性

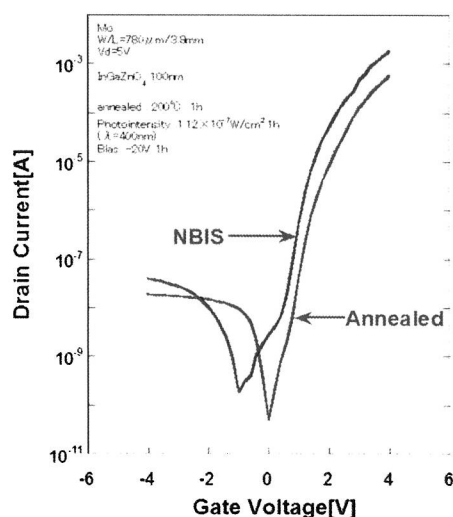


Fig.2 Transfer Characteristic

Fig.2 に a-IGZO の NBIS 前後の伝達特性を示

す。NBIS のストレス条件を与えるとしきい電圧が負方向にシフトした。NBS、IS のストレス条件を与えた場合の伝達特性はほとんど変化が見られなかった。

3-2 光電流一定法評価結果

Fig. 3, 4にa-IGZO、a-ITZOの反射CPMスペクトルを示す。

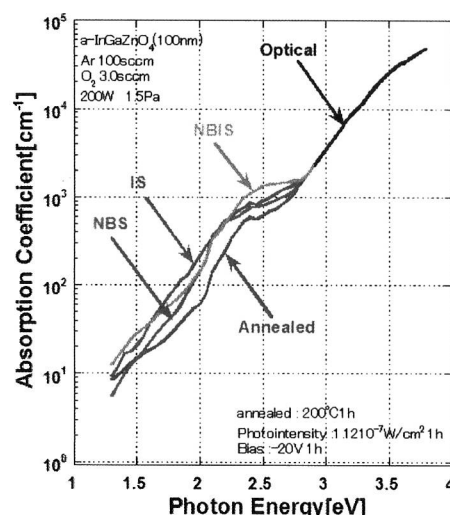


Fig.3 Reflection CPM Spectra of a-IGZO Before and After Stress

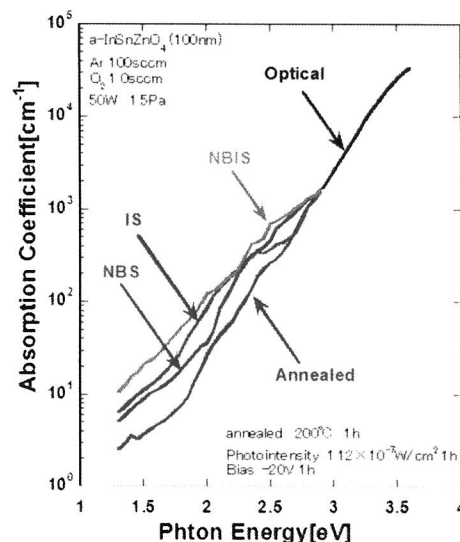


Fig.4 Reflection CPM Spectra of a-ITZO Before and After Stress

成膜直後に関しては1.4eV、2.4eV付近でサブギャップ吸収が起きていることがわかる。これに熱処理を行うとサブギャップ吸収は低下する。次に、白色光を照射すると吸収スペクトルは全体的に増加し、1.5eVのサブギャップ吸収が顕

著に増加した。光照射後再びアニール処理を行うと、スペクトルが光照射前の状態に戻るからアニール処理には回復作用、光照射には劣化作用があることが分かった。NBSを与えるとサブギャップ吸収の増加が観測でき、NBISに関してはNBSとISが複合したようなサブギャップ吸収の増加を確認できた。Fig. 4 a-ITZOの反射CPMスペクトルに関してはa-IGZOと同様に1.4eV、2.4eV付近でサブギャップ吸収の増加を確認できた。

3-3 波長依存性

Fig. 5、Fig. 6にa-ITZOの波長依存性を示す。

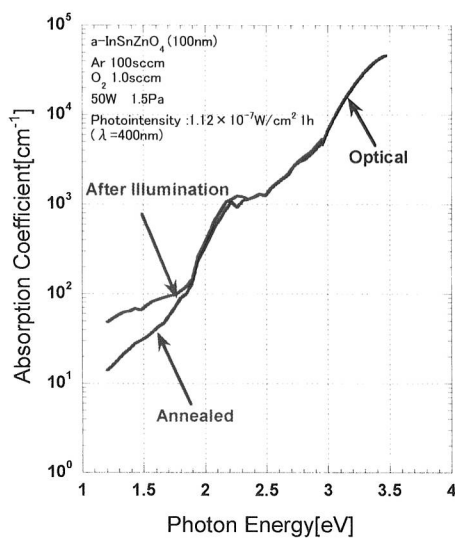


Fig.5 (a) $\lambda = 400\text{nm}$ (3.10eV)
Wavelength Dependence in

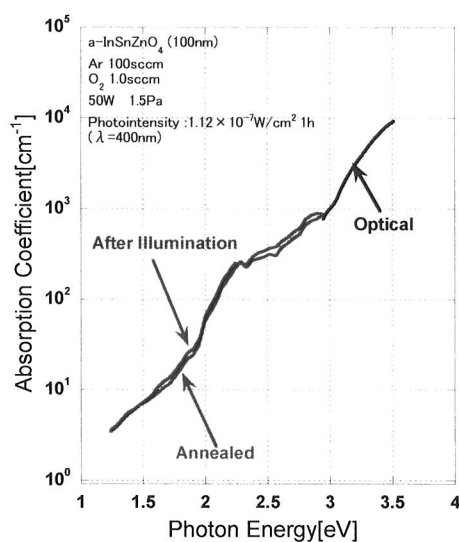


Fig.6 (b) $\lambda = 700\text{nm}$ (1.77eV)
Wavelength Dependence in

Fig. 5(a)ではバンドギャップ以上のエネルギーを持つ単色光を試料に照射すると1.4eV付近のサブギャップ吸収が増加していることが確認できた。(b)ではバンドギャップ以下のエネルギーを持つ単色光を照射したがサブギャップ吸収に大きな変化は見られなかった。

3-4 NBITS依存性

Fig. 7にNBITS依存性のCPMスペクトル変化を示す。

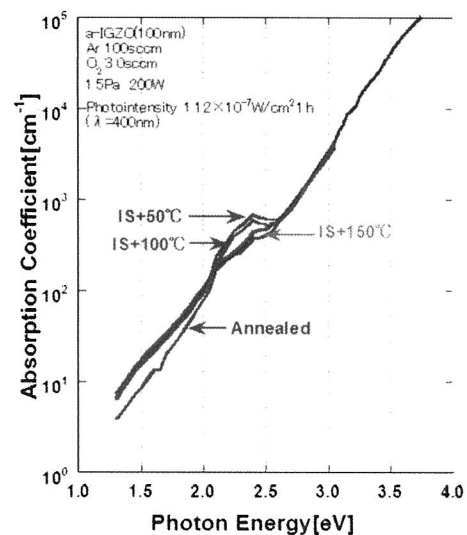


Fig.7 .NBITS Dependence in Reflection
CPM Spectra of a-IGZO

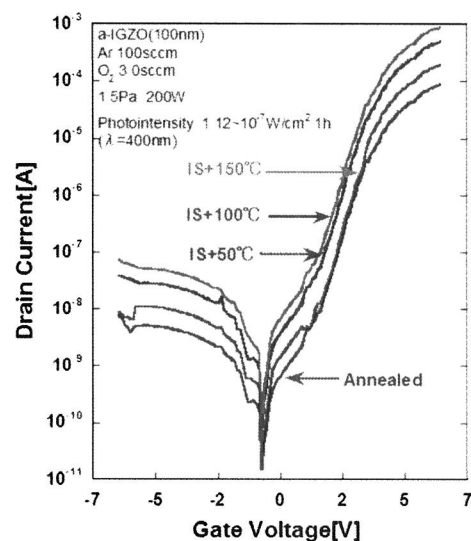


Fig.8. NBITS Dependence in Transfer
Characteristic of a-IGZO

Fig. 7にNBITS依存性のCPMスペクトル変化を示す。NBITSは熱(50℃～150℃)を変化させながらNBISを与えるストレスである。温度を変化させ

ていくと温度が高くなるにつれ吸収係数の下がり方は大きくなることが確認できた。また温度を与えるとNBIS+150°Cが1.7eV付近の準位で顕著に吸収係数が下がっている。回復作用が1.7eV付近において構造に影響を与えることが考えられる。Fig. 8にNBITS依存性の伝達特性結果を示す。温度が高くなるとドレイン電流が下がる傾向にあることがわかる。ドレイン電流は絶縁体層と関連性があると考えている。これらの結果より熱によってホールキャリア寿命が下がり、吸収係数下がることから、アニールの回復作用により欠陥準位が補填されていると考えられる。

5 まとめ

a-IGZO、a-ITZOのCPM測定結果から両者相関性があり1.4-1.7eV、2.4eV付近で準位が顕著に見られた。このことからこれらの準位は、Sn、Gaにまつわる準位には依存しないことが示唆される。また光吸収スペクトルの変化は状態密度と対応しており薄膜内部の構造変化に起因していると考えられる。a-ITZOの波長依存性においてはバンドギャップ以上の光を照射すると1.4eV付近で顕著にサブギャップ吸収が観測できたが、バンドギャップ以下では変化が見られなかった。NBITSに関しては欠陥があったとしてもアニールの回復作用により補填されると考えられる。

参考文献

- [1] Mai Phi Hungz, Dapeng Wang, Tasuya Toda, Jingxin Jiang and Mamoru Furuta ECS Journal of solid state science Technology. volume3, issue9, Q3023-Q3026, (July. 2014)
- [2] Sangwook Kima, Sunil Kima, Changjung Kima, JaeChul Parka, Ihun Songa, Sanghun Jeona, Solid-State Electronics Volume 62, Issue 1, P77-81, (August 2011)
- [3] Kyoung-Seok, Yongin, Ji-SimJung, Kwang-Hee Lee, Tae-Sang Kim, more authors Browse Journals & Magazines, Electron Device Letters, IEEE .Volume31 Issue8 P812-P814 (Aug. 2010)