ISSN 2186-5647

4-15

酸化物半導体の原子状水素供給および酸素プラズマ処理を用いたギャップ内準位の評価

日大生産工(院)　○柳澤 利樹
日大生産工　清水 耕作

1 まえがき

省電力化・高精細化を求め、非晶質酸化物半導体が注目されている。しかし酸化物 TFT は、NBI ストレスに対しては伝導帯下～1.5 eV の欠陥準位が顕著となり、特に Vt シフトやサブスレッショルドスイングと相関のあることがこれまでの検討で知られている。今回は、酸化物 TFT の性能低下の原因の一つである欠陥準位に着目し、CPM 法による評価を行った。

RF マグネトロンスパッタリング法を用いて TFT 素子を作製し、それぞれバックチャネル側の界面に原子状水素処理または酸素プラズマ処理を行う。そして光電流一定法による欠陥準位の評価、及び原子状水素供給と酸素プラズマ処理の影響を検討する。

2 実験方法および測定方法

測定に用いた TFT 素子の断面構造と成膜条件を図 1 と表 1 に示す。

Cr/a-SiO_2/a-ITZO/Cr と順に成膜し、原子状水素を供給する場合と酸素プラズマ処理をする場合の 2 通りの処理を行った。その後、それぞれ a-SiO_2 を 20 nm 堆積させアニール処理を行った。

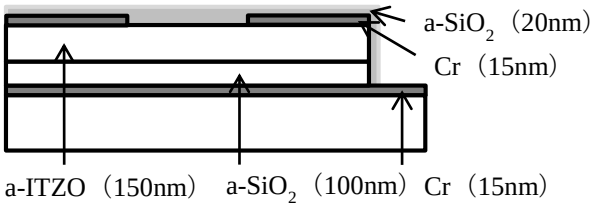

図 1　TFT 素子構造

表 1 成膜条件

Layer		1	2	3
Target		a-SiO_2	a-ITZO	a-SiO_2
Gas flow rate [sccm]	Ar	100	100	100
	O_2	1.0	1.0	1.0
Power [W]		150	50	150
Growth Pressure [Pa]		1.5	1.5	1.5
substrate position [%]		50	50	50
Temperature [℃]		250	250	26
Growth time [min]		70	15	14
annealed [℃]		350	350	350
Thickness [nm]		100	150	20

2.1 原子状水素供給

図 2 は原子状水素供給の概念図である。

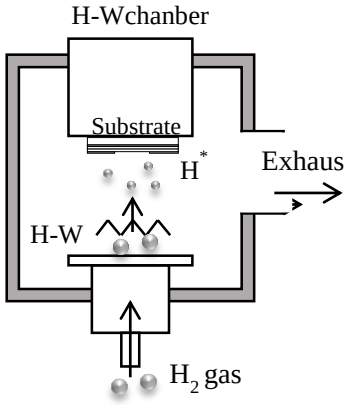

図 2 原子状水素供給

真空排気した H-W 室に H_2 を導入し、タングステンワイヤーの熱によって電子が熱励起され、原子状水素が生成される。そしてそこで形成された原子状水素を供給することで未結合手を終端させる。

2.2 酸素プラズマ処理

図 3 は酸素プラズマ処理の概念図である。

Evaluation of the Change in internal Bandgap States by Atomic Hydrogen and Oxygen Plasma Treatment

Toshiki Yanagisawa, and Kousaku Shimizu

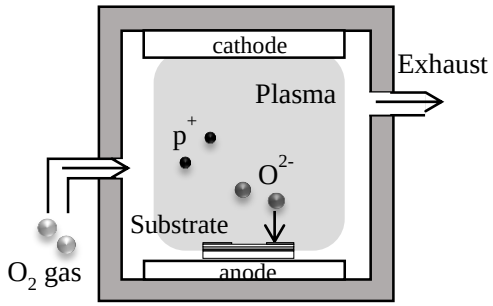

図 3 酸素プラズマ処理

真空排気した反応室内に O_2 ガスを導入し、アノード-カソード間に直流電圧を印加する。アノード-カソード間の電位差によって電子は加速され、この電子が O_2 分子に衝突する。衝突された O_2 分子は電離し、O^{2-}が生成される。O^{2-}はアノード-カソード間の電位差によってアノード側に加速し、未結合手を終端させる。酸素プラズマ処理の条件を表 3 に示す。

2.3 光電流一定法

光電流一定法（CPM：Constant Photocurrent Method）では、入射光エネルギと試料の光吸収係数の関係よりギャップ内の準位を評価する。

図 4 は反射 CPM 法の原理図である。

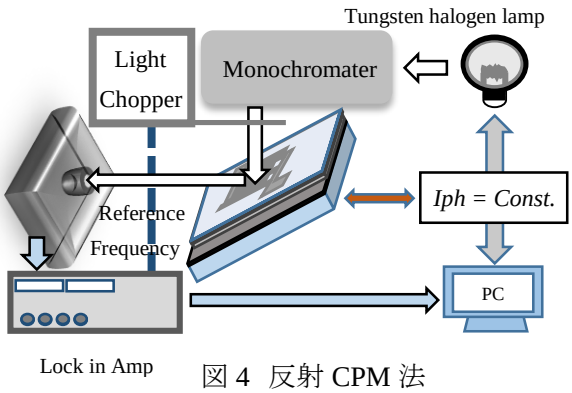

図 4 反射 CPM 法

タングステンハロゲンランプからの白色光をモノクロメータに通し、試料に照射する。入射光のエネルギに対応した二つの準位間で光吸収が起こる。この電流に対し外部電界を印加し、光電流が一定になるように入射光量を調整する。

このとき光電流を一定にすることにより、フェルミ準位の位置に影響されやすいキャリア寿命も一定になる。

光エネルギによって変化する光子束を求め、このときの光吸収係数を表す。CPM 測定の結果から、横軸を光エネルギ、縦軸を光吸収係数とし、ギャップ内準位を評価する。

3 実験結果および検討

図 1 に示す a-ITZO TFT に対し、反射 CPM 法を用いてギャップ内準位の評価を行った（図 5）。

酸素プラズマ処理による酸素の供給を行った場合、全体的に光吸収係数が減少し、特に 1.5 eV 付近の光吸収係数が減少したことが確認できた。一方で原子状水素の供給を行った場合、アニール処理のみを行ったときと比較して 1.5 eV 付近の光吸収係数が増加した。

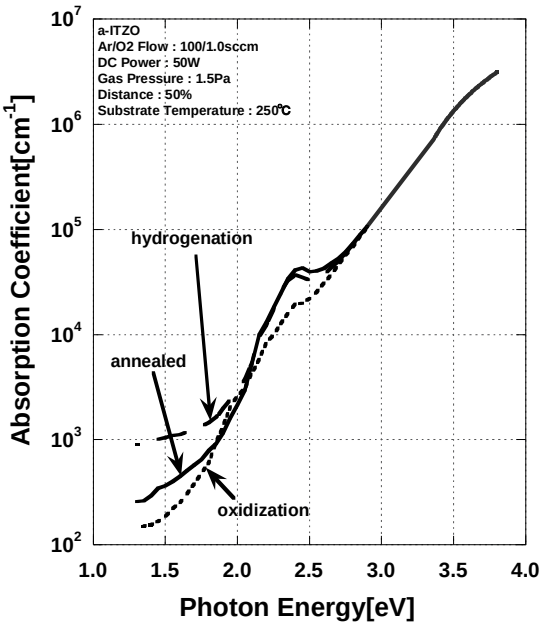

図 5 a-ITZO TFT ギャップ内準位評価

バックチャネル側の界面の状態を比較するためにそれぞれ原子状水素の供給または酸素プラズマ処理を行った。しかし a-ITZO のギャップ内準位を評価した結果、それぞれの光吸収係数が異なっていた。

図 5 の結果から酸素プラズマ処理を行った場合、バルク中の空孔が酸素イオンによって補填され、そのためバンドギャップ内の欠陥準位が大きく減少したと考えている。一方原子状水素の供給を行った場合、原紙上水素は、バルク中の酸素と結合し酸化される。さらにアニール処理を行うことで、より酸素が抜け、

空孔が増加したためだと考えられる。その結果 1.5 eV 付近の準位が増加したと考えられる。

酸素プラズマ処理または原子状水素供給を行うとバルク中にも影響を与えることが分かった。そこでバルクに影響を与えない条件を再検討する。

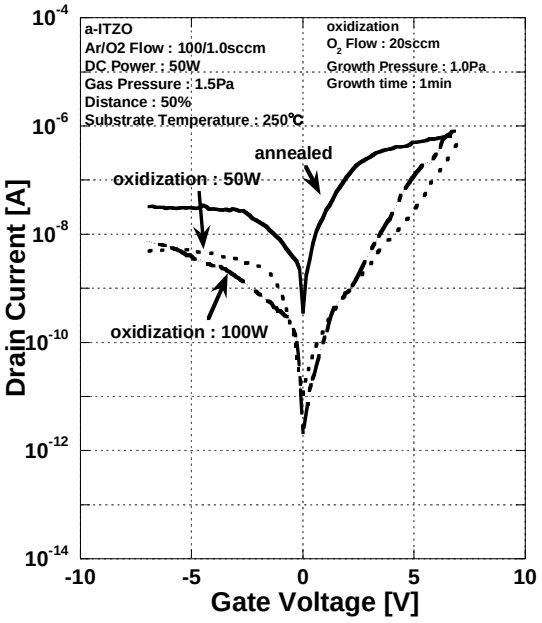

図 6 a-ITZO TFT 伝達特性

まずは酸素プラズマ処理の条件を 30min から 1min、放電パワーを 50W へ変更した。

図 6 より、OFF 電流は下がった。annealed の状態ではバックチャネル側の界面からリークしていたが、酸素プラズマ処理によってリーク電流が抑制された。酸素プラズマ処理を

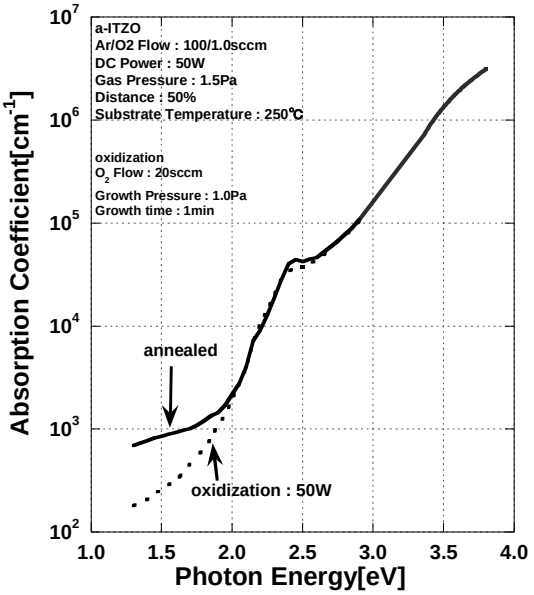

図 7 a-ITZO TFT ギャップ内準位評価

したことによってバックチャネル側の界面の空孔が補填されたためだと考えられる。一方で ON 電流は上がらず、サブスレッショルドスイングが上がった。

図 7 よりギャップ内準位が下がったことから、バルク中に酸素イオンが入ったことが分かった。そのため a-ITZO のバルク抵抗が上がり、サブスレッショルドスイングが上がったと考えられる。

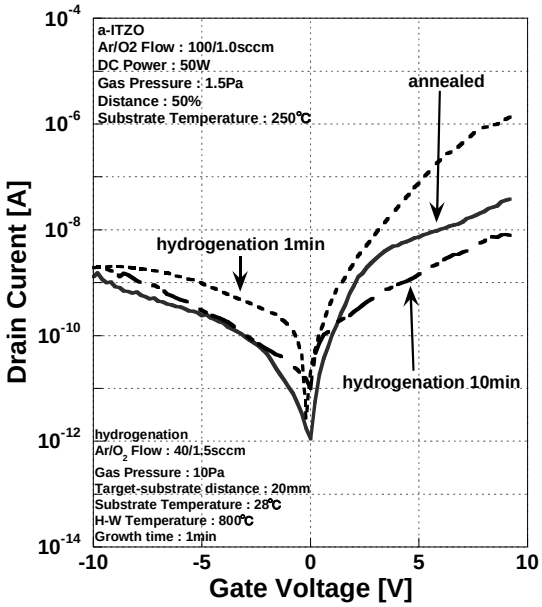

図 8 a-ITZO TFT 伝達特性

次に原子水素供給の条件を 10min から 1min へ変更した。図 8 より、1min の場合では OFF 電流が上がり、annealed の状態とサブスレッショルドが変化していなかった。

図 8 より、条件として不安定であると考えられる。

4 まとめ

パルス DC マグネトロンスパッタリング法で TFT 素子を作製し、それぞれバックチャネル側の界面に原子状水素の供給、または酸素プラズマ処理を行った。そして光電流一定法による欠陥準位の評価をした。

酸素プラズマ処理を行った場合、全体的に光吸収係数が減少し、特に 1.5 eV 付近の光吸収係数が減少した。これはバルク中の空孔が酸素イオンによって補填され、そのためバンドギャップ内の欠陥準位が大きく減少したと考えられる。原子状水素の供給を行った場合、1.5 eV 付近の光吸収係数が増加した。これは原子状水素を供給することによって酸素と結

合して還元し、空孔が増加したためだと考えられる。

バックチャネル側の界面の状態を比較するために、それぞれ原子状水素の供給または酸素プラズマ処理を行った。その結果 OFF 電流やサブスレッショルドスイングに影響を与えることがわかった。一方、NBIT ストレスを加えるとバルクに影響を与えることが考えられている。今後は NBIT ストレスを加え、ギャップ内準位の評価および伝達特性を比較検討する。

参考文献

[1] S.M.Sze 著 :「SEMICONDUCTOR DEVICES Physics and Technology」2nd Edition (2004)ISBN 978-4-7828-550-8 C 3055