In-Sn-Zn-O の水素化とポストアニールによる

TFT 信頼性の向上

a-ITZO

DC magnetron sputtering

100

1.0

1.5

250

350

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。 バックチャネル側の界面が信頼性に与える

影響について検討する。

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、バックチャネル側の界面 に原子状水素処理を行う。その後、表向き (Surface-up)・裏返し(Surface-down)・表向きで ガラスカバーを乗せたもの(Glass-covered)の 三種類をそれぞれアニールした。そして光電 流一定法による欠陥準位の評価、及び信頼性 の評価をした。

2 実験方法および測定方法

2.1 作製方法

測定に用いた素子の断面構造と成膜条件を 図1と表1に示す。パッシベーション(a-SiO₂) を製膜した後、水素化を行い、アニール処理 をした。



表 1 a-ITZO 成膜条件

2.2 原子状水素供給

Material

Method

Power [W]

Pressure [Pa]

Substrate temperature [°C]

annealing temperature [°C]

Gas flow rate [sccm]

図2は原子状水素供給の概念図である。

Ar

 O_2



図2 原子状水素供給

真空排気したホットワイヤ(H-W)室に水 素(H₂)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。この原子状水素を供給すること で未結合手を終端させる。本実験では、バッ クチャネルの界面のみに水素を終端させるた め、バルクに水素が入らないようにする必要 がある。水素ラジカルの濃度が高い場合、パ ッシベーション製膜後に水素化を行ってもバ ルク中への影響が大きいことが分かっている。 そこでタングステンホットワイヤを 800℃

Hot-wire hydrogenation for In-Sn-Zn-O and improvement of the TFT reliability

Toshiki Yanagisawa, and Kousaku Shimizu

日大生産工(院) ○柳澤 利樹 日大生産工 清水 耕作

に加熱し、雰囲気中の水素比をアルゴンとの 混合比 0.23%で水素化を行った。このときの 条件を表 2 に示す。

表2 原子状水素供給の条件

Gas flow rate [sccm]	Ar	30.0
	H_2	0.07
Hydrogen Ar base [%]		0.23
Pressure [Pa]		10
Substrate distance [mm]		20
Substrate Temperature [°C]		28
Time [sec]		20
Hot-Wire Temperature [°C]		800

以上の条件で水素化をするとバルク中を 劣化させず、バックチャネル界面のみに水素 を終端させることができた。

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 3 RCPM 法

図3はRCPM 法の原理図である。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

3.1 水素パッシベーションによる影響

パッシベーションを製膜した後、水素化を 行っている。そこで水素パッシベーションに よる伝達特性への影響について検討した。水 素化をする際のプロセスを2つの場合に分け て行った。それぞれのプロセスを図5に示す。



P-1は2.1の通りのプロセスである。P-2は、 a-ITZOを製膜した後、一度パッシベーショ ン膜(a-SiO₂)を製膜した。次に水素化を行 った後、水素パッシベーションをエッチン グした。そして Cr 電極を製膜し、再びパッ シベーション膜を製膜した。

水素化は水素比を 0.23%にして行った。このときの結果を図5に示す。

annealed を初期特性とする。annealed は μ =5.6 cm²/V/s, SS=741 mV/dec, V_t=1.3 V であった。

P-1 の場合、ON 電流は向上したが OFF 電 流が3桁増加していた。バックチャネル側の 界面に強制的に導入した水素が酸素と結合し、 熱処理時に揮発成分として抜けたため、キャ リア密度が増加したと考えている。

P-2 の場合、µ=15.8 cm²/V/s, SS=632 mV/dec,

V_t=1.1 V であった。ON 電流の向上を保ちつ つ、リーク電流を抑制することができた。ON 電流が P-1 と同様に向上していたことから、 パッシベーションをエッチングしても、バッ クチャネル界面の水素化の効果を確認するこ とができた。キャリア密度は、酸素含有率や 水素によって大きく影響を受けることがわか った。また電極である Cr は安定した水素化物 を形成しないことがわかっている。このこと から OFF 電流はバックチャネル側の界面だけ でなく、パッシベーションの欠陥によっても 影響されることがわかった。



図5 水素パッシベーションによる信頼性

3.2 水素化後アニール条件依存性

3.1 の結果より、以降は P-2 の工程で素子を 作製した。また 3.1 と同様に水素比を 0.23 % にしてバックチャネル界面に水素化を行い、 アニール処理をした。アニール処理する際、 表向きのままアニールしたサンプル

(Surface-up)・裏返しでアニールしたサンプ ル(Surface-down)・表向きのまま上にガラスカ バーを乗せたサンプル(Glass-covered)の三種 類を用意し、アニール条件依存性が信頼性に 与える影響について検討した。このときの結 果を図 6 と表 6 に示す。

annealed (Surface-up) を『表向きアニール』、 annealed after hydrogenation (Surface-up) を『水 素化後、表向きアニール』、annealed after hydrogenation (Surface-down) を『水素化後、 裏返しアニール』、annealed after hydrogenation (glass-covered) を『水素化後、表向きカバー アニール』とする。



図6 水素化後アニール条件依存性 評価

表6水素化後アニール条件依存性

	$\mu [\text{cm}^2/\text{Vs}]$	SS [mV/dec]	Vt [V]
annealed	3.3	715	1.3
Surface- up	13.4	607	0.6
Glass- covered	13.9	506	0.6
Surface- down	15.2	617	0.6

まず表向きアニールに対し、水素化後、表 向きアニールを比較した。3.1 と同様に ON 電 流や、移動度・サブスレッショルドスイング・ しきい電圧が向上していた。そのため水素化 の効果が得られていることが確認できた。

次に、水素化後のアニール時のサンプル状 態を比較した。

水素化後、表向きアニールに対して水素化 後、表向きカバーアニールの場合、ON 電流 が向上しリーク電流を抑制することができた。 カバーを乗せることにより、揮発成分が抜け るのを抑制し、バルクと界面が向上したため だと考えられる。(図7)





水素化後、表向きアニールに対して水素化 後、裏返しアニールの場合、ON 電流は向上 したがリーク電流が増加した。裏返しにして アニールしたため、バックチャネル側の界面 およびバルク中から抜けた揮発成分が、MIS 界面で補填されたためであると考えられる。 (図 8)



Surface-down 図 8 annealed after hydrogenation (Surface-down)

3.3 NBIS 評価



図9 NBIS 印加時の伝達特性評価

3.2 の結果より、NBIS を印加し、バックチ ャネル界面が信頼性に与える影響について検 討した。図4のP-2のプロセスで作製し、Gate 電極の製膜後に、NBIS (Negative Bias Illumination Stress)を印加した。このときの結

図6に対して比較すると、NBISを印加して も信頼性の劣化が抑制された。特に、水素化 後、表向きカバーアニールの場合はNBISを 印加してもON電流が向上しつつ、リーク電 流の抑制を保つことが確認できた。このこと から信頼性はMIS界面だけでなく、バックチ ャネル界面も関わっていると考えられる。

4 まとめ

果が図9である。

水素パッシベーションによるOFF電流への 影響では、水素化の後、水素パッシベーショ ンを剥離し、再度パッシベーションを製膜し た。水素パッシベーションをエッチングして も、ON 電流が向上していたことから、バッ クチャネル界面の水素化の効果、及びパッシ ベーション膜が TFT 特性に影響を与えている ことを確認することができた。キャリア密度 は、酸素含有率や水素によって大きく影響を 受けることがわかった。また OFF 電流はバッ クチャネル側の界面だけでなく、パッシベー ションの欠陥によっても影響されることがわ かった。また NBIS を印加しても信頼性の劣 化が抑制されることが確認できた。今後は NBIS について深く検討し、ギャップ内準位の 評価および信頼性を比較検討する。

参考文献

[1] Chur-ShyangFuh, Simon, MinSze Po-TsunLiu, Li-FengTeng, Yi-Teh Chou, Thin Solid Films, 520 (2011) 1489

[2] Jie Wu Yuting, ChenDaxiangZhou,

ZheHuHaitingXie, ChengyuanDong, Materials Science in Semiconductor Processing, 29 (2015) 277