

ホットワイヤ法による原子状酸素処理の非晶質 In-Sn-Zn-O 薄膜トランジスタの信頼性評価

日大生産工(院) ○玉井隆一

日大生産工 清水耕作

まえがき

省電力化・高精細化を目的として非晶質酸化物半導体の実用化研究がおこなわれている。しかし、酸化物 TFT はバックライト等の光に曝された状態でゲート電極に正バイアスを印加(Positive Bias Illumination Stress: 以降 PBIS)をすると、TFT の伝達特性が正の方向にシフトする現象が課題点としてある。[6] より TFT は正常な動作が不能になり、信頼性低下につながっている。その要因として半導体膜への水素拡散や膜中の酸素欠陥がある。そのため、信頼性を向上させる取り組みとして保護膜である SiN_x 膜の下に Si 系樹脂を用いることで SiN_x からの水素拡散を抑えることができ、信頼性が向上した報告がある。[1] また、半導体膜に酸素プラズマ処理を用いて膜中に酸素を導入させ、酸素空孔に補填することによってしきい値変化量を抑制できた報告がある。[2][7] 我々は酸化物 TFT 信頼性について反射型光電流一定法の評価で伝導体下約 1.5eV の欠陥準位が信頼性と顕著な相関を持っていることをこれまで明らかにした。この 1.5eV の欠陥準位はアニール時の半導体膜中の揮発成分の脱離と関係があることがわかっている。そのため、水素化や酸素プラズマ処理という方法で揮発成分の補填をし、信頼性の向上させることをこれまで行ってきた。[3][4]しかし、酸素プラズマ処理において、酸素補填時に半導体膜にプラズマダメージがあり、伝達特性および信頼性が低下する問題があった。そのため犠牲膜を用いる必要があった。犠牲膜とはプラズマによる酸素補填時に半導体膜へのプラズマダメージを低減させるために用いている。しかし、犠牲膜を用いることで TFT 作製工程が増えるという問題点があった。

今回はプラズマダメージを与えない方法としてホットワイヤによる酸素化を行い、信頼性向上を試みた。

目的

反射型光電流一定法 (Reflection Constant Photocurrent Method: 以降 RCPM)を用いて、酸化物 TFT の信頼性と関係の深い 1.5eV の欠陥準位に着目し、よりダメージの少ないホットワイヤ法で酸素化を行い、信頼性の向上を目指す。また、プラズマを用いないため犠牲膜を用いない方法での酸素化で TFT 作製工程の簡略化を目指す。

実験方法

DC 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、原子状酸素処理を行う。その後、PBIS によるストレス印加時のしきい値シフトについて検討した。また、RCPM によるバルク中の欠陥準位の評価を行い、信頼性との関係性を比較する。

原子状酸素処理装置

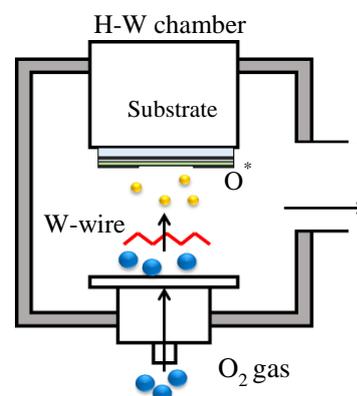


図1 原子状酸素処理装置概念図

図1は原子状酸素処理装置の概念図を示す。装置内に O_2 ガスを流入させ、タングステンワイヤの熱によって酸素原子を生成する。それを素子のバックチャネル界面から酸素原子を補填させる。また、図2に酸素プラズマ処理および原子状酸素処理を用いた際の TFT 作製工程の違いを示す。



図2 酸素プラズマ処理及び原子状酸素による素子作成工程

結果および考察

図3に原子状酸素処理と酸素プラズマ処理のPBISのストレス印加時のしきい値の変化量を表す。また、図4に原子状酸素処理と酸素プラズマ処理をした素子のRCPMによるバルク中の欠陥準位の結果を示す。

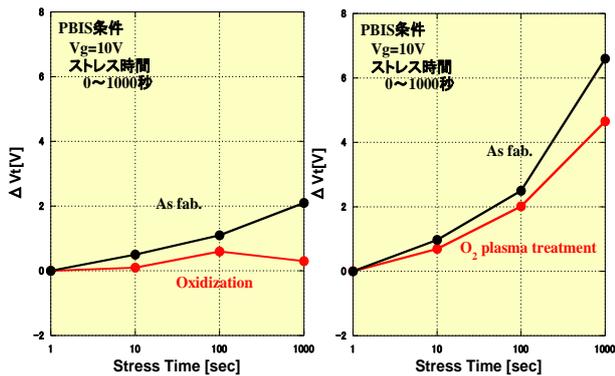


図3 PBISによるしきい値変化

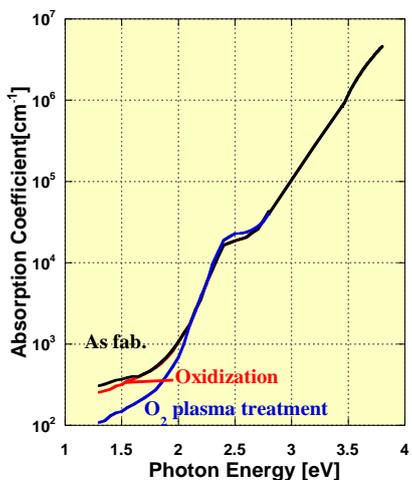


図4 RCMPによる欠陥準位評価

図3の結果から原子状酸素処理、酸素プラズマ処理ともにPBIS時にしきい値変化量を抑えられ、信頼性が向上していることがわかる。また、原子状酸素処理と酸素プラズマ処理を比較した際、原子状酸素処理の方がしきい値変化量を抑えられていることがわかる。原子状酸素処理はプラズマを用いていないためプラズマダメージがない。それにより、同じ酸素補填において、原子状酸素処理は酸素プラズマより信頼性が向上したのだと考えられる。

図4の結果から酸素プラズマでは信頼性に関係する1.5eVの欠陥準位が減少していることがわかる。これは図3の結果の信頼性が向上している結果と一致している。しかし、原子状酸素処理は図3の結果で信頼性が向上しているのに関わらず、1.5eVの欠陥準位にほとんど影響がない。これはRCPMがバルク中の欠陥準位を評価するものであり、界面評価がされないことが挙げられる。つまり、原子状酸素処理による酸素補填はバルクではなく、バックチャネルのみに酸素が補填されたことによって、このような結果が得られたのだと考えられる。逆に、酸素プラズマ処理では酸素補填時にバルクにまで影響を与えているということがわかる。

図5は原子状酸素処理をした素子にXPSでバック

クチャネル界面から深さ方向への分析をした結果を示す。この結果からバックチャネル界面から3nmまでO1sが3%程度、増加していることがわかる。これは図4のバルクにほとんど影響していないという結果と一致している。

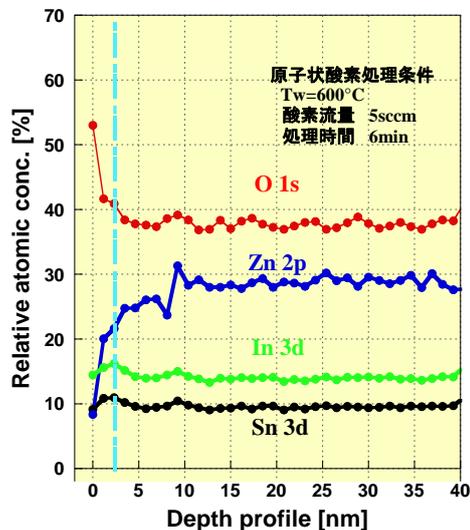


図5 XPSによる深さ方向分析

まとめ

- (1)酸素原子をバックチャネルに補填することで信頼性向上を確認した。
- (2)犠牲膜を用いない原子状酸素処理によって信頼性が向上した結果から TFT 作製プロセスの簡略化をすることができた。

参考文献

- [1]越智元隆 アモルファス酸化物半導体 In-Ga-Zn-O 薄膜トランジスタにおける電氣的欠陥が信頼性に与える影響に関する研究 奈良先端科学技術大学院大学博士学位論文 (2018)
- [2] Jae-Yun Lee, Kwan-Jun Heo, Seong-Gon Choi, Heung Gyoon Ryu, Jung-Hyuk Koh, and Sung-Jin Kim, JSTS (2021) 10
- [3]柳澤利樹、清水耕作 第14回 Cat-CVD 研究会 予稿集 20(2017)
- [4]鈴木貴祐、清水耕作 第16回 Cat-CVD 研究会 予稿集 52(2019)
- [6] Jang-Yeon Kwon, Do-Joong Lee and Ki-Bum Kim, Electronic Materials Letters (2011) 11
- [7] Y.-K. Moon, S. Lee, W.-S. Kim, B.- W. Kang, C. - O. Jeong, D. -H. Lee, and J. -W. Park, Appl. Phys. Lett. 95, 013507 (2009)