

TFT 用アモルファス酸化物半導体の最適製膜条件の特徴

Important factors to determine optimum growth condition for amorphous oxide semiconductor thin-film transistors

○神谷 利夫^{1,2}、井手 啓介¹、雲見 日出也²、細野 秀雄^{1,2}
(東工大応セラ研¹、東工大元素センター²)

○Toshio Kamiya^{1,2}, Keisuke Ide¹, Hideya Kumomi², Hideo Hosono^{1,2}
(MSL, Tokyo Tech¹, MCES, Tokyo Tech²)
E-mail: tkamiya@msl.titech.ac.jp

アモルファス酸化物半導体 (Amorphous Oxide Semiconductor: AOS) をチャンネルにもちいた薄膜トランジスタ (Thin-Film Transistor: TFT)^[1] はすでに、超高精細スマートフォンから 65 型有機 EL TV まで実用化されている。これまでに薄膜成長、デバイス構造、後熱処理などが TFT 特性と安定性に及ぼす影響について非常に多くの報告がされてきた。本発表では、薄膜成長についてそれらを総括し、特性のよい AOS TFT を作製するための共通条件について議論する。

これまでの RF マグネトロンスパッタリング製膜の報告から、次の傾向が認められる。(1) RF 電力が高いほど TFT 特性が向上する^[2]、(2) 全圧が低いほど膜密度が高く欠陥が少ない^[3,4]、(3) 基板ターゲット間距離が大きいと TFT 特性が悪くなる、(4) 製膜時酸素分圧は膜の電気伝導度が $10^{-3} \sim 10^{-6}$ S/cm 程度になるようにするのが良い^[5]。

これらの条件のうち、(1)~(3)は、スパッタリング法で結晶薄膜を作製する際に一般的に考えられることとは整合しない。これらの条件では成長薄膜に対するイオン衝撃が大きくなり、結晶性が低下すると考えられるためである。しかしながら、AOS 薄膜成長では基板加熱をしないか、100°C 程度の低温で行うことが一般的である。そのため、堆積前駆体が成長表面に付着した後に安定構造性を形成するためには、前駆体自身が運動エネルギーをもつか、プラズマからエネルギーを与えられる必要がある。分子動力学法などで、高エネルギーのイオン衝撃により緻密な膜が形成される機構などが報告されており^[6]、実際にアモルファス In-Ga-Zn-O (a-IGZO) ではこのような条件で密度の高い膜が得られるのは上述の通りである。一方でイオン衝撃による欠陥生成が気になるが、アモルファス酸化物半導体では、イオン結合性が強いため、構造の乱れによって欠陥が形成しにくいという特長があり^[7]、実際に上記の条件で作製した TFT は後熱処理をしなくても良好な移動度、S 値を示す。さらに、AOS TFT を室温で作製したとしても、均一性、安定性を向上させるためには、300~400°C 程度の後熱処理を施すことが一般的であり、これも、イオン衝撃によって形成した欠陥を低減しているものと考えられる。

(4) については、製膜時酸素分圧が低いと、酸素欠損によりドナーを形成するとともに、膜密度が低く、価電子帯直上欠陥の密度が増加すること、また、高すぎると、結合の弱い過剰酸素が電子捕獲順位を形成することから、狭い最適酸素分圧範囲があることを報告している [8]。

[1] K. Nomura et al., Nature **432**, 488 (2004); [2] Y. Kikuchi et al., Thin Solid Films **518**, 3017 (2010).; [3] Jeong et al., ECS ESSL **11**, H157 (2008); [4] Grochowski et al, J. Displ. Technol. **11**, 523 (2014); [5] T. Kamiya, H. Hosono, ECS Trans. **54**, 10 (2013); [6] K.-H. Müller, J. Appl. Phys. **62**, 1796 (1987); [7] T. Kamiya et al., Sci. Technol. Adv. Mater. **11**, 044305 (2010); [8] K. Ide et al., Appl. Phys. Lett. **99**, 093507 (2011).