

ESRを用いたIGZO薄膜の評価

Evaluation of IGZO thin films by using ESR

野中 裕介¹、黒澤 陽一¹、小松 良寛¹、石原 典隆¹、太田 将志¹、中島 基¹、廣橋 拓也¹、
高橋 正弘¹、山崎 舜平¹、生内 俊光²、保坂 泰靖²、肥塚 純一²

株式会社半導体エネルギー研究所¹、アドバンスド フィルム デバイス インク株式会社²

Yusuke Nonaka¹, Yoichi Kurosawa¹, Yoshihiro Komatsu¹, Noritaka Ishihara¹, Masashi Oota¹, Motoki Nakashima¹, Takuya Hirohashi¹, Masahiro Takahashi¹, Shunpei Yamazaki¹,
Toshimitsu Obonai², Yasuharu Hosaka², Junichi Koezuka²

Semiconductor Energy Laboratory Co. Ltd.¹, Advanced Film Device Inc.²

E-mail: yn1113@sel.co.jp

次世代の半導体材料として、In-Ga-Zn-O(IGZO)を含むOxide Semiconductor(OS)が注目されている。OSを活性層に用いたトランジスタは、省電力ディスプレイへの応用ですでに量産されている他、多くの用途に向けて研究開発が行われている[1, 2]。IGZO薄膜をデバイスに利用する際、その欠陥準位や電子状態はデバイス特性に影響を与えるため、これらを理解することは重要である。電子スピン共鳴(ESR)はこれら電子状態を理解するために、非常に強力なツールのひとつである。IGZOにおいて粉末試料を用いたESR測定が報告されているが[3]、本報告では薄膜IGZO試料についてESR測定を行った結果を述べる。

我々は、マグネトロンスパッタにて市販のInGaZnO4ターゲットを用いて石英ガラス基板上にIGZO薄膜100 nmを成膜し、アニール(N₂雰囲気、450℃)前後でESR測定を行った。その結果、アニール前後でg値の異なる複数種のシグナルが観測された(図1)。

as-sputteredのIGZO薄膜からは、g値が約2.01を示すシグナル(シグナルA)が見られた。このシグナルは非対称の線型を示し、アニールにより消失した。自由電子より大きいg値を持つことから、これは酸素原子の不対電子に対応していると考察している。

また、アニール後のIGZO薄膜からは、g値が約1.93を示し、ほぼ対称な線型を持つシグナル(シグナルB)が見られた。これは粉末InGaZnO4で報告されているESRシグナルのg

値1.939[3]に近い。シグナルBにおける積分強度の測定温度依存性を調査すると、キュリー則には従っておらず、測定温度にはほぼ依存しないという結果だった(図2)。これはパウリ常磁性における磁化率の温度依存性と類似している。

シグナルBのパウリ常磁性に類似した挙動から、このシグナルは伝導電子に関連した起源を持つことが予想される。これを確かめるために、様々な条件でアニールを行ったIGZO薄膜について、ESRで測定したシグナルBのスピン密度とVan der Pauw法で測定した薄膜の導電率との関係を調査した。その結果、シグナルBのスピン密度と導電率との間に良い相関が見られた(図3)。

よって、IGZO薄膜におけるg値約1.93を持つESRシグナルは伝導電子に関連した起源を持つと考えられる。また、当日はIGZO薄膜の結晶性とESRシグナルとの関係についても議論する。

[1] S. Amano et al., SID Symp. Dig. Tech. Pap. **41**, 626 (2010)

[2] H. Kobayashi et al., COOL Chips XVI, p.1. (2013)

[3] T. Matsuda et al, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 03CB03 (2014)

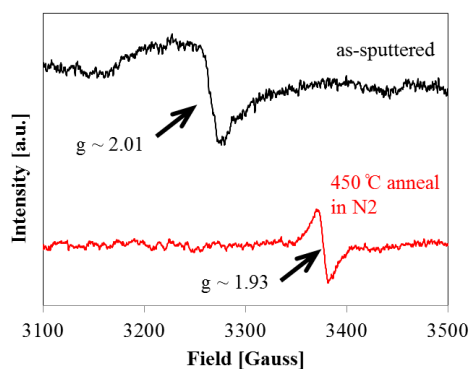


Fig. 1 ESR spectra of IGZO thin films

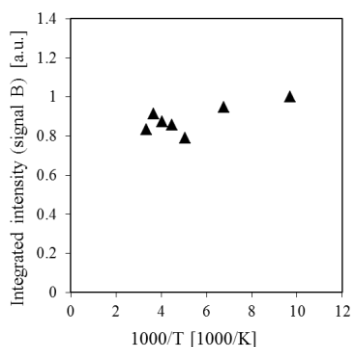


Fig. 2 temperature dependence of signal B

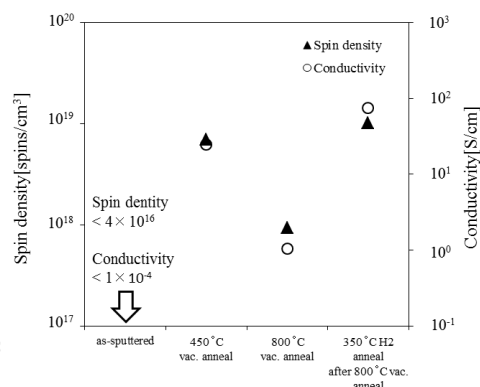


Fig. 3 spin densities and conductivities of IGZO thin films