

硬 X 線光電子分光法による In_2O_3 単結晶の電子状態評価Study on electronic state of In_2O_3 by hard x-ray photoelectron spectroscopy物材機構¹, パール・ドルーテ固体電子工学研究所², ライプニッツ結晶成長研究所³, SPring-8 物材機構⁴○長田 貴弘¹, ビアウゲン オバ², ガラカズ ビニエフ³, 上田 茂典⁴, 吉川 英樹¹, 井村 将隆¹,山下 良之^{1,4}, 呉 承俊¹, 坂田 修身⁴, 知京 豊裕¹NIMS¹, PDI², IKZ³, NIMS-Spring-8⁴, °T. Nagata¹, O. Bierwagen², Z. Galazka³, S. Ueda⁴,H. Yoshikawa¹, M. Imura¹, Y. Yamashita¹, S. Oh¹, O. Sakata⁴, and T. Chikyow¹,

E-mail: NAGATA.Takahiro@nims.go.jp

【はじめに】 In_2O_3 は、これまでに Sn を添加した ITO に代表される透明導電膜として研究・実用されてきた。さらに近年、電界効果トランジスタのチャンネル材の母材として用いられるようになり、バルク物性を正しく評価、制御する必要が出てきた。しかし、 In_2O_3 , SnO_2 や InN などの化合物半導体表面ではフェルミ準位ピンングによる表面電子縮退層(SEAL)の存在がヘテロ接合形成や界面近傍でのキャリア制御を困難にしている。本研究では、SEAL とバルクの電子物性を分離測定するために光電子の平均自由行程が長い硬 X 線光電子分光法(HAXPES : $h\nu = 5.95 \text{ keV}$)を用いて、 In_2O_3 単結晶試料を測定・評価を行った結果を報告する。

【実験手法】 熔融法で作製した In_2O_3 単結晶で未処理 (AS- In_2O_3) の試料と大気中、 1400°C の熱処理で酸素欠損量を低減した試料を測定した。HAXPES は SPring-8 内の NIMS ビームライン(BL-15XU)で実施した。測定角度依存性、測定温度依存性測定に光電子の平均自由行程が短い Al-X線($h\nu = 1486.6 \text{ eV}$)を用いた光電子分光法(SXPES)を組み合わせ、深さ方向のバンド構造変化とバルクの電子物性評価を行った。

【結果】図 1(a)は $\text{In}3d$ の結合スペクトルの角度依存性を示している。表面敏感(高角 TOA・SXPES)になるほどピークが高結合エネルギー側にシフト・非対称性変化を示し、この傾向は $\text{O}1s$ スペクトルでも確認できた。ピークフィットによる解析から図 1(b)に示す 1.0eV 程度のバンドの曲がりが見積もられたことから SEAL の存在が示された。熱処理をした試料では 5nm より深い領域でバンドの曲がり緩和し、HAXPES がバルク特性を検出していることを示している。また熱処理を行う事で価電子帯とフェルミ準位間に形成される酸素欠損由来のピークが劇的に減少した。発表では HAXPES の温度依存性から評価した電子物性の結果を併せて報告する。

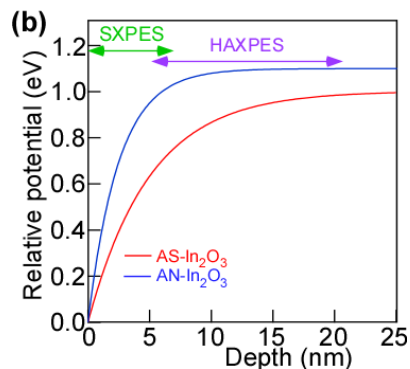
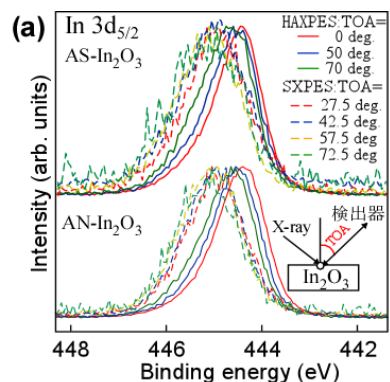


図 1 a) $\text{In}3d$ 結合スペクトルの測定角度(TOA)依存性。挿入図は測定配置図。b) $\text{In}3d$ 及び $\text{O}1s$ のフィッティング解析から求められたポテンシャル分布図。図中の矢印は HAXPES と SXPES の検出範囲。