

X線光電子回折法 (XPED) による Au/GaAs (001) 界面のキャラクタリゼーション

Characterization of Au/GaAs(001) Interface by X-Ray Photoelectron Diffraction (XPED)

簡 佩 薫*・尾 張 真 則**・工 藤 正 博**・二 瓶 好 正**

Pei-Xun JIEN, Masanori OWARI, Masahiro KUDO and Yoshimasa NIHEI

1. 緒 言

X線光電子分光法 (XPS) は非破壊的な表面分析手法として、厚さ 30 Å 程度までの固体表面層の元素組成・化学状態分析に広く応用されている。

近年、スペクトル強度の放出角度依存性が注目されて以来、(1) 異なる角度で放出される光電子を測定することにより、表面深さ方向分解能を高めた情報を得ることのできる角度分解型 X線光電子分光法 (ARXPS: Angle-Resolved X-Ray Photoelectron Spectroscopy) としての発展が始まった。さらに、(2) 単結晶試料を用いた場合は、光電子の回折現象に注目することにより表面層構造規則性および化合物結晶中の構成成分元素の原子位置、結晶中の特定の異種原子の位置などに関する知見が得られることが見出され、^{1)~5)} 新たに X線光電子回折法 (XPED: X-Ray Photoelectron Diffraction) としての展開がなされてきている。

本研究ではこの (XPED) 法を GaAs (001) 単結晶の上に薄い金 (6~7 Å) を蒸着した金属-半導体界面のキャラクタリゼーションに応用した。すでに極角 XPED パターンによる類似した系の解析は報告されたが、⁶⁾ 今回は方位角 XPED パターンも併用し、1~2 原子層の薄い表面層の解析にこの方位角 XPED が有効であることを示した。

2. 装置と実験

実験に用いた装置はミニコン制御による位置敏感検出器を備えた高感度 XPS 装置⁷⁾ の電子エネルギー分析器入口にアパーチャーを取り付け、光電子検出立体角を規制して角度分解能を高めたものである。試料マニピュレーターにより 2 軸 (極角・方位角) 回転および 3 軸 (X, Y, Z) 移動が行える。試料処理としては、スパッタエッチング、加熱、金属薄膜蒸着などが可能である。また、

測定中の真空度は 5×10^{-9} Torr 以下であった。角度制御は極角スキャンに対応する面外回転で 0.1° 以内、方位角スキャンに対応する面内回転で 1° 以内の精度を持っている。

Fig.1 は装置の構成図を、また Fig.2 は極角 (θ)、方位角 (ϕ) 回転角度の定義をそれぞれ示したものである。用いた GaAs (001) 単結晶は、表面を鏡面研磨した 12 mm × 8 mm × 0.3 mm のウエハである。エタノールとアセトン中でそれぞれ 5 分間超音波洗浄処理をした後装置に導入し、超高真空中で Ar^+ イオンスパッタとアニール

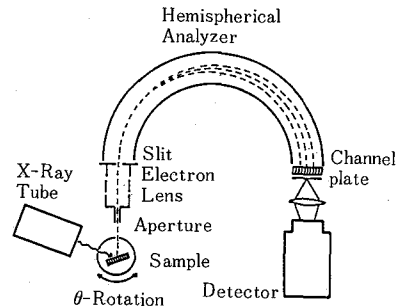


Fig.1 Geometric Arrangement of Spectrometer Components

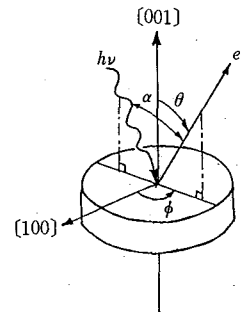


Fig.2 Definition of Angular Parameters. θ : Polar angle. ϕ : Azimuthal angle. $\alpha = 70^\circ$ (Fixed)

* 中国科学院物理研究所助理研究員

** 東京大学生産技術研究所 第4部

研 究 速 報
を交互に行うことにより、清浄な表面を得た。スパッタ条件は：Ar 圧力 $5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$ Torr, 加速電圧 170~300 V, イオン電流密度 $1 \sim 2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ であり、スパッタ時間は合計約 9 時間である。アニールはタングステンフィラメントによる輻射加熱, またはそれに電子衝撃を加える方式で 300°C, 30 分間行った。

金の蒸着は熱フィラメント型蒸着銃を用い, $1.4 \text{ \AA}/\text{min}$ 程度の蒸着速度で行った。蒸着膜厚は水晶共振式膜厚モニターと XPS 強度の評価から決定した。

XPED 測定の実際については, ほかの文献中に詳しく報告されている。⁸⁾

3. 結 果

表 1 は清浄表面, Au 層蒸着直後, 250°C, 300°C, 350°C,

400°C で加熱処理後の As 3d, Ga 3d, As 2P_{3/2}, Ga 2P_{3/2}, AsL₃M₄₅M₄₅, GaL₃M₄₅M₄₅, Au 4f_{7/2} の結合エネルギー (以下 B. E. 値と略する) および Au 5d のスプリット幅の値を示す一覧表である。この表から以下のことが結論される。

蒸着直後 Au 4f_{7/2} の B. E. 値はバルク状態の Au 4f_{7/2} の値と一致し, かつ 300°C 以下の加熱処理では変化しなかった。350°C から 400°C の加熱処理後には 0.2~0.3 eV 高 B. E. 値側にシフトした。一方, Au 5d スプリット幅は, 250°C 以下では 2.4~2.6 eV の典型的なバルク状態を表す値を示し, 350°C 以上では 2.0 eV の孤立原子状態に近い値を示した。⁹⁾

一方, 下地の GaAs に関するすべての光電子およびオーージェ電子の B. E. 値については, 蒸着ないし各加熱処

Table 1 Binding Energies (eV) of Au/GaAs (001)

	As3d	Ga3d	As2p _{3/2}	Ga2p _{3/2}	AsL ₃ M ₄₅ M ₄₅ *	GaL ₃ M ₄₅ M ₄₅ *	Au4f _{7/2}	Au5d (splitting)
								$\theta=0^\circ$
Initial	41.4	19.4	1321.3	1116.0	261.7	420.3		
Au Dep.	41.5	19.4	1321.3	1115.9	261.6	420.2	84.0	2.4
250°C	41.4	19.3	1321.3	1116.0	261.6	420.2	84.0	2.6
300°C	41.4	19.4	1321.3	1116.0			84.0	
350°C	41.4	19.3	1321.3	1116.0	261.7	420.3	84.2	2.0
400°C	41.4	19.3	1321.3	1115.9	261.7	420.2	84.3	2.1

* Apparent Binding Energy Scale

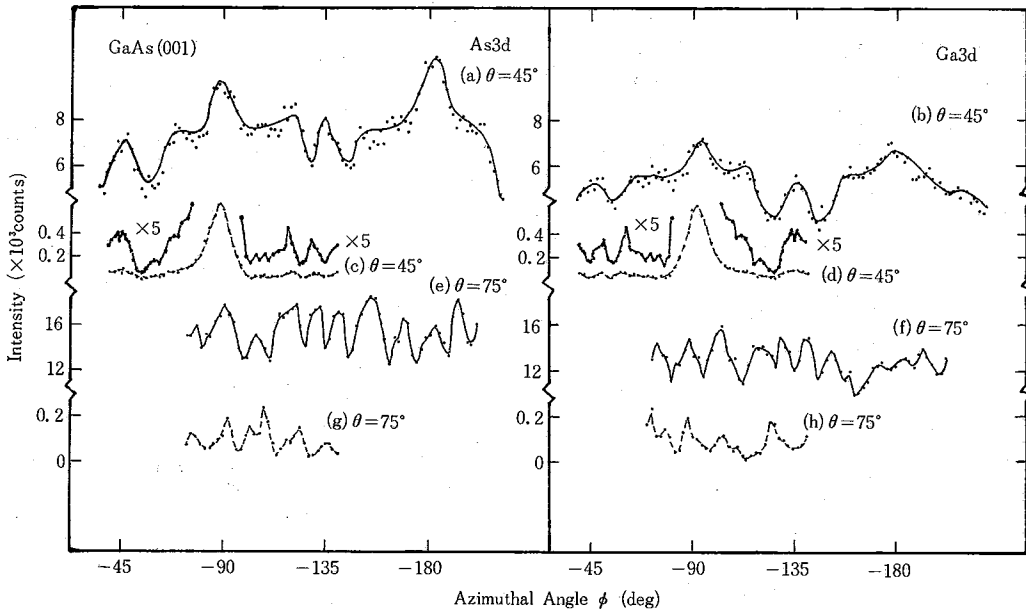


Fig.3 Azimuthal XPED patterns of As 3d and Ga 3d from initial GaAs(001). (a), (b) At $\theta=45^\circ$, (c), (d) At $\theta=45^\circ$, calculated patterns. (e), (f) At $\theta=75^\circ$, (g), (h) At $\theta=75^\circ$, calculated patterns

