

極薄絶縁膜の導入による Au/Ge 界面反応の抑制と フェルミレベルピンニングとの相関

Suppression of Reaction at Au/Ge Interface by Ultra-thin Insulator Insertion and its Correlation with Fermi Level Pinning

東大院工¹, JST-CREST² °西村 知紀^{1,2}, 長汐 晃輔^{1,2}, 喜多 浩之^{1,2}, 鳥海 明^{1,2}

The Univ. of Tokyo¹, JST-CREST², °T. Nishimura^{1,2}, K. Nagashio^{1,2}, K. Kita^{1,2}, A. Toriumi^{1,2}

E-mail: nishimura@adam.t.u-tokyo.ac.jp

【背景】Geに代表されるバンドギャップが狭い半導体材料は一般的に金属との界面に強いフェルミレベルピンニング (FLP) を生じることが知られている. 平木らはSiを始めとするFLPを生じる半導体材料において, 金属 (特にAu) を接触させた際に金属表面に半導体基板元素の酸化物が形成されることを見出しており, この反応とFLPとの相関をMetal induced gap states (MIGS) により説明できる可能性を提案しており[1], またこの反応は半導体表面が酸化することで抑制されることも報告されている[2]. 一方, 我々は強いFLPを生じる金属/Ge界面に極薄絶縁膜を導入することにより, 絶縁膜厚に応じたFLPの緩和が生じることを見出した. そこで本研究では, Au/Ge界面, 及びAu/極薄GeO₂/Ge界面における前述の反応を調べ, 金属/Ge及び金属/極薄絶縁膜/Geに生じるFLPの起源について理解を深めることを目的とした.

【実験手法】(100)面のGe基板をHF-last洗浄し, 一部のGe基板においては400°Cにおける酸素アニールにより各基板上に極薄の基板酸化膜を形成した. ここで極薄絶縁膜の膜厚はXPSにより決定した. 真空中の抵抗加熱蒸着によりAuを基板上に堆積し, 大気中にてAu-Geの共晶点(361°C)以下の温度における熱処理により界面反応を促進した. その後, これらの試料についてAu表面へのGeの析出をXPSにより評価した.

【結果・考察】Au(20 nm)/Geの試料では既にas-depo.で表面への相当量のGeの析出が観測された (Fig. 1). Auを100 nmと厚くするとas-depo.での析出はみられないが, 界面反応を促進した熱処理時間に応じた表面へのGeの析出が観測された. 一方, 0.5 nmのGeO₂の導入によりAu表面へのGeの析出速度は遅くなり, 更に2 nmのGeO₂の場合ではGeの析出がほぼ抑制されることが分かった (Fig. 2). このようにGeはAuに対して非常に反応性が高いことが分かる. これは多くの金属において, Ge上に成膜した時点で既に界面反応, 即ち原子の移動が生じ, 半導体中への金属原子の準位形成, 合金化による仕事関数の変調等の効果がFLPの起源となっている可能性を示唆する. 金属/Ge界面の強いFLPが基板面方位等の表面の影響を殆ど受けない点も合理的に理解できる. 一方で2 nmのGeO₂は前述の反応を十分抑制していると考えられる. しかしFLP強さを示すS factorは依然0.2と小さく, 強いFLPが存在している. この残留したFLPが極薄絶縁膜の種類によって異なることを考えると, 金属とは無関係に形成された絶縁膜に依存した半導体中のギャップ内準位であると推測される.

【結論】Au/Ge界面の反応性は非常に高いが, 極薄絶縁膜 (例えば2 nmのGeO₂) によって十分抑制される. 金属/Ge界面のFLPの起源としては界面反応に伴う原子移動自身の可能性を考慮しなければならない. また金属とは無関係に極薄絶縁膜に依存したFLPメカニズムを考慮する必要がある.

【参考文献】[1] 岩見基弘, 平木昭夫, 日本金属学会会報, 19, 333 (1980). [2] A. Hiraki and E. Lugujo, JVST 9, 155 (1972).

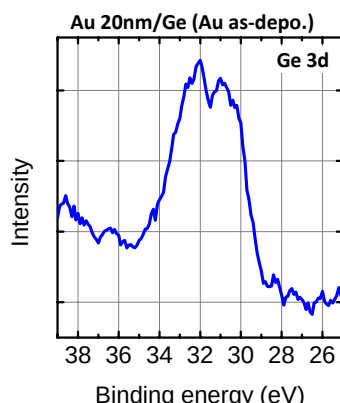


Fig. 1 XPS spectrum of the surface on 20 nm-thick Au deposited Ge.

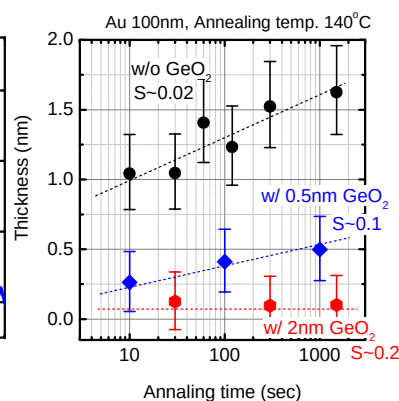


Fig. 2 GeOx thickness on Au as a function of annealing time. FLP strength (S factor) is also shown.