

SVL 多層膜構造による半導体のバンドギャップ制御

Band-engineering of semiconductor with a novel SVL multilayered structure

○高木宣俊、小川敬也、奥村英之、石原慶一 (京都大学)

○Nobutoshi Takagi, Takaya Ogawa, Hideyuki Okumura, Keiichi Ishihara (Kyoto Univ.)

E-mail: takagi@social-system.energy.kyoto-u.ac.jp

強い磁場は半導体の特性（光学特性等）に影響を与えることが報告されている。それらの報告においては、励起子基底状態の直接遷移モードから間接遷移モードへ（あるいはその逆）の遷移モードの変化等に起因するバンドギャップ(BG)変化が一般的とされる^[1]。しかしこれらの BG 制御には高磁場用の超伝導電磁石が必要です。そこで本研究では、いわゆるスピバルブ構造に着想を得た新しい SVL 構造 (spin-valve-like 構造) に基づく多層膜構造を利用して、半導体の光学遷移モードの制御を試みた。SVL 構造は、強磁性を有する下地膜からの非常に短い距離のために強い磁場（分子場）を半導体層に印加することのできる薄膜多層構造である。SVL 構造は、配向した強磁性膜 [FM] / 反強磁性膜 [AF] / 基板 [S] で構成される。FM / AF 境界における AF 層表面近傍の均一スピンは、エピタキシャル配向を有する FM 層内のスピンをピン止めすることが期待され、ある膜厚（交換相互作用が有効に働く程度）まではスピスが均一に規則化する。その上に半導体膜が堆積すると、一方向に配向した強い磁場（分子場）の効果によって光学特性が変化することが期待される。

本研究では、エピタキシャル配向したコバルト/ヘマタイト/サファイアの SVL 構造を用い、その上に形成された半導体 [ワイド BG 半導体] 材料である酸化チタン薄膜の特性を調査した。サファイア基板は配向 C (0001) の単結晶を用いた。その上にヘマタイトをスパッタ法で成膜し、固相エピタキシャル成長を利用して配向を得るため熱処理を 2 回行った。その後、コバルト、次いで酸化チタンをスパ

ッタ法により同様に堆積させた。また比較のため同条件でスライドガラス上に直接酸化チタンを堆積させた試料も用意した。下地層からの磁場の影響を調べるため、コバルトの膜厚のみを変化させた SVL 構造を有する試料を同様に作製し、光学特性の変化を調べた。

X 線回折測定によりヘマタイトのエピタキシャル配向が確認され (図 1)、VSM 測定によりコバルト薄膜が強磁性を有することを確認した。また、反射率測定からタウツ・プロットにより BG を推定したところ、コバルト膜厚による BG の変化が確認された。SVL 構造 (約 45nm の Co 層) 上の酸化チタンの BG は 4.2eV であり、スライドガラス (3.9eV) 上のものよりも大きかった。本発表では、BG の量子サイズ効果や歪の影響について更に考察をすすめるとともに、この新しい SVL 多層膜構造、磁気特性および光学特性の関係について詳細に議論する。

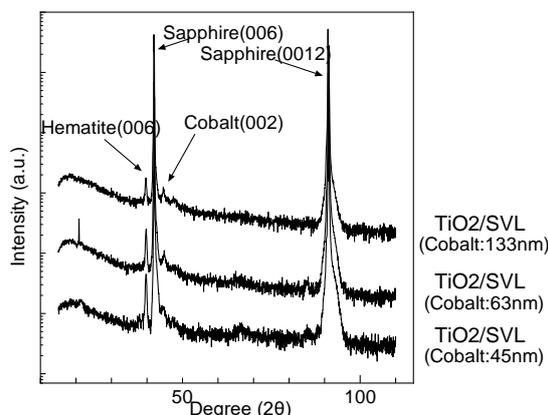


Figure 1 X-ray diffraction patterns of samples

[1] Butov, L. V., Mintsev, A. V., Lozovik, Y. E., Campman, K. L., & Gossard, A. C. (2000). From spatially indirect excitons to momentum-space indirect excitons by an in-plane magnetic field. *Physical Review B*, 62(3), 1548.