

可視光 OCT による半導体薄膜構造の非破壊内部観察

Nondestructive observation of a semiconductor thin film using visible light OCT

和歌山大シスエ¹、物材機構² ○石田 一将¹、尾崎 信彦¹、池田 直樹²、杉本 喜正²Wakayama Univ.¹, NIMS² °K. Ishida¹, N. Ozaki¹, N. Ikeda², Y. Sugimoto²

E-mail: ozaki@sys.wakayama-u.ac.jp

【はじめに】MEMS(Micro Electron Mechanical Systems)デバイスやシリコンフォトニクスなど、半導体微細加工を利用したデバイス開発は多岐に渡って進められている。これらのデバイスは、数 μm からサブ μm オーダーの膜厚を有する半導体薄膜構造をプラットフォームとすることが多く、微細加工前後や加工中の薄膜構造評価、検査用の装置が重要となる。しかしながら、既存の走査型電子顕微鏡(SEM)などでは薄膜内部の断面構造を観察する際に劈開などの破壊行程が伴う上、劈開端面における内部構造しか観察できない。そこで我々は、可視光広帯域光源を用いた高分解能光干渉断層計(可視光 OCT)の開発および非破壊検査応用の検討を行ってきた[1,2]。今回、この可視光 OCT を用いて膜厚数百 nm の半導体薄膜を空中に保持した微細構造の非破壊内部観察を行い、半導体薄膜をベースとしたデバイス作製時の検査技術への応用の可能性を検証した。

【実験手法】分子線エピタキシー法により GaAs 基板上に $\text{Al}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{As}$ 犠牲層約 $1.60 \mu\text{m}$ 、GaAs 薄膜(膜厚約 300 nm)を成長した後、ウェットエッチングにより犠牲層を除去し、GaAs 薄膜を空气中に保持したサンプルを作製した。Fig.1 にサンプルの断面 SEM 像を示す。このサンプルに対し、ハロゲンランプ(中心波長 662 nm 、帯域幅 287 nm)を光源とする、光軸分解能約 $0.86 \mu\text{m}$ 、面内分解能(プローブ径)約 $0.68 \mu\text{m}$ のスペクトルドメイン(SD)-OCT[2]を用いて観測を行った。

【実験結果と考察】SEM 画像より、GaAs 薄膜層と空気層の膜厚はそれぞれ 309 nm 、 $1.65 \mu\text{m}$ と見積もられた。同サンプルに対し、垂直上方から光入射して得られた OCT 断面画像(Fig.2(a))と、画像内の一光軸線上(緑線)の反射強度プロファイル(Fig.2(b))を示す。サンプルから得られたプロファイル(黒色曲線)には、3つの強度ピークが表れた。比較のため取得したエッチング前のサンプル(GaAs/AlGaAs 厚膜)のプロファイル(赤色曲線)では、GaAs 表面からの強い反射のみが計測されたのに対し、GaAs 薄膜サンプルでは、表面からの強いピーク(第一ピーク)に加え、GaAs 薄膜裏面からの反射と、空気層を介した GaAs 基板表面からの反射が、それぞれ、第二、第三ピークとして表れたと考えられる。第二、第三ピークの強度は第一ピークに比べ桁近く減少しており、これは GaAs 薄膜による可視光吸収によると考えられる。また、各ピーク間隔から見積もられる光学膜厚は、GaAs 薄膜が $1.69 \mu\text{m}$ 、空気層が $1.30 \mu\text{m}$ となった。GaAs の可視光に対する屈折率は約 4 程度であることを考えると、光学膜厚が予想よりも厚くなっている。これは可視光光源が広帯域であるために、GaAs の屈折率分散や吸光特性によって GaAs 薄膜を透過する際に光源スペクトル形状が変化したことが要因と思われ、今後、数値シミュレーションなどを用いて詳しく解析する必要がある。以上の結果より、定量的な計測にはまだ課題はあるものの、可視光 OCT を用いて厚さ約 300 nm の半導体薄膜の非破壊内部観察が可能であり、MEMS やシリコンフォトニクスなどの半導体光集積デバイス用検査技術への応用の可能性が示された。

【謝辞】本研究の一部は、JST 研究成果展開事業の支援を受けて実施された。[1] T. Nishi et al, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 08RE05 (2016). [2] K. Ishida, et al., Jpn. J. Appl. Phys. **57**, 08RE03 (2018).

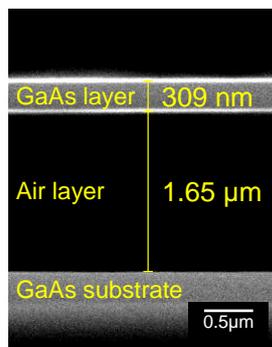


Fig.1 Cross-sectional SEM image of the GaAs thin film sample.

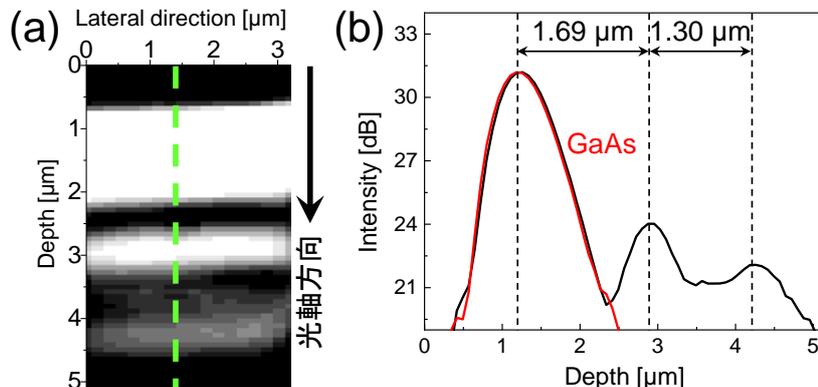


Fig.2 (a) Cross-sectional OCT image (b) Depth profile of the dashed line in (a).