

4x4 行列法を用いたテラヘルツ帯磁気光学エリプソメトリー法の開発

Development of THz Magneto-optical Ellipsometry with 4x4 Matrix Analysis

摂南大理工¹, 立命館大理工² ○長島 健¹, 達 紘平², 荒木 努²

Setsunan Univ.¹, Ritsumeikan Univ.², °T. Nagashima¹, K. Tachi², T. Araki²

E-mail: t-nagash@mpg.setsunan.ac.jp

テラヘルツ帯磁気光学エリプソメトリーは半導体中の自由キャリアの密度, 散乱時間及び有効質量を非破壊・非接触に, かつリファレンス測定を必要とせず取得できる¹. 現在急速に開発が進められている窒化物半導体デバイスを始めとする新規材料・デバイスの自由キャリア輸送特性評価に有用と期待される. 磁場下でのテラヘルツ帯偏光反射率測定結果から各種パラメータを導出するため適当な光学モデルを仮定する. 半導体試料は通常複数の層から構成されるが, 偏光反射率は磁場下では各層での誘電率テンソルの対角及び非対角成分に依存するため, 光学モデルを解析的な式で表現することは困難である. そこで解析法として Schubert によって提案された 4x4 行列法²を用いたテラヘルツ帯時間領域磁気光学エリプソメトリー法を開発した. 光学系の概略を Fig. 1 に示す. 4x4 行列法では各層の応答を移送行列で表し, 偏光複素反射率をそれらの積で記述することができる.

Fig. 2 は原理確認のために測定したノンドープ InAs ウェハの複素偏光反射率 r_{sp} の周波数変化を示す. r_{sp} の 2 番目の添字 p は入射波の偏光及び 1 番目の添字 s は磁場印加によって誘起された反射波の偏光成分を示す. 入射角は 67.5 度であった. 4x4 行列法による計算値 (実線) は妥当な有効質量を仮定すると実験値とよい一致を示すことがわかった. さらに AlGaAs/GaAs 2 次元電子ガス試料の測定結果を Fig. 3 に示す. 実験値はばらつきが大きいものの, 以前に超伝導マグネットを用いたテラヘルツ帯サイクロトロン共鳴法³によって測定した有効質量 $0.072m_0$ を仮定した計算値と矛盾しない値であることがわかった. 講演では窒化物半導体への適用可能性について言及する.

¹ K. Yatsugi, N. Matsumoto, T. Nagashima, and M. Hangyo, Appl. Phys. Lett. **98**, 212108 (2011).

² M. Schubert, Phys. Rev. B **53**, 4265 (1996).

³ H. Sumikura, T. Nagashima, H. Kitahara, and M. Hangyo, Jpn. J. Appl. Phys. **46**, 1739 (2007).

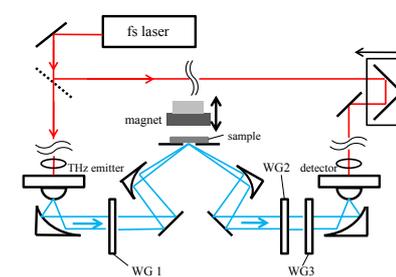


Fig. 1 Schematic diagram of THz-TD MO ellipsometry system.

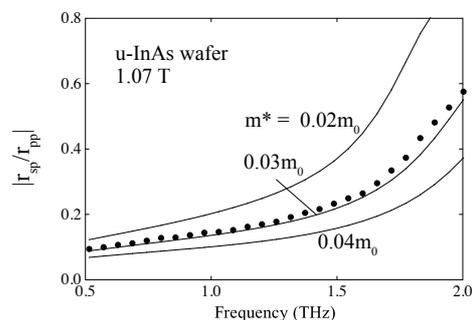


Fig. 2 Spectrum of normalized $|r_{sp}|$ of undoped InAs wafer.

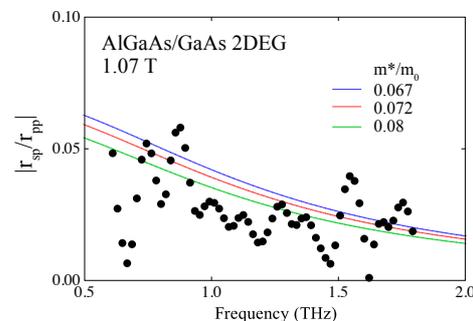


Fig. 3 Spectrum of normalized $|r_{sp}|$ of AlGaAs/GaAs 2DEG sample.