

補助事業番号 2024M-447

補助事業名 2024年度 テラヘルツエリプソメトリによる次世代半導体イメージング
評価システムの開発 補助事業

補助事業者名 大阪大学・准教授・中嶋誠

1 研究の概要

次世代半導体や6G材料の伝導特性の空間分布を取得できるテラヘルツ時間領域イメージングシステムの開発を実施する。

2 研究の目的と背景

次世代通信システム「6G」では周波数100GHz-3THzの「テラヘルツ波」と呼ばれる帯域の使用が想定されているが、この帯域での材料の電気特性評価に用いられるテラヘルツ波透過分光は透過率の低い材料に適用できないという大きな制約がある。我々は低透過率材料にも適用できる手法である「テラヘルツエリプソメトリ」の開発を行ってきた。しかし現時点では1回の測定に時間がかかるため高速化の実施、異方性試料への拡張などが必須となっている。テラヘルツ波時間領域エリプソメトリをさらに発展させ、信号強度・計測感度(ダイナミックレンジ)の向上を測り、高速に空間分布測定を取得できるシステムを開発する。

3 研究内容

テラヘルツエリプソメトリによる次世代半導体イメージング評価システムの開発

テラヘルツエリプソメトリシステムの高精度化・高速化に向けては、新規の光伝導アンテナの導入、高空間分解能自動ステージの導入、システム光学系の最適化を行うことで、信号強度の増強および2桁程度にもおよぶダイナミックレンジの向上が得られた。

次世代ワイドギャップ半導体として知られるSiCやGaN等のウェハー試料をダイレクトに電極不要で、伝導特性の空間分計測が実施できることが確認された。SiCでの測定結果については、アメリカ光学会のOptics Letters誌に掲載された。他にも6G向けの材料の評価にも本システムの適用を行った。伝導特性の他にも、損失の極めてすくない試料における誘電特性の評価も実施した。この成果については、現在投稿論文をまとめているところである。

我々のテラヘルツ波時間領域エリプソメトリシステムは、信号強度や観測精度など世界最高レベルのものであり、その特性をいかしたイメージング測定は、半導体産業をはじめとした産業応用に大きく貢献できるポテンシャルをもっており、企業等に声掛けを続けていきたい。

<https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thz/nak/researchJ2.html>

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で開発した、テラヘルツ時間領域エリプソメトリによる半導体ウェハーのイメージング・マッピング計測においては、最大6インチのウェハーまでの、ウェハー内の電気伝導度、キャリア密度、

移動度の空間情報を取得できるシステムが構築された。これにより、半導体出荷検査をはじめ、次世代の新規半導体開発においても、最も重要な伝導特性の空間情報を得ることが可能である。半導体産業を中心に、本システムの利用により、半導体産業の発展強くサポートできるものと期待している。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで我々はテラヘルツ光源の開発やテラヘルツ分光の研究を行ってきた。近年、高精度なテラヘルツ時間領域エリプソメトリを独自開発した。そのテラヘルツエリプソメトリの高いポテンシャルを見出し、測定精度のさらなる向上や次世代半導体評価、特にイメージング計測への応用が非常に有意義であることに気づいた。非破壊・非接触で評価できる本システムでは、従来のホール測定等の電極を作製する必要がない。水銀CV法に見られるような試料表面の汚れの影響もなく、水銀を使う必要もない、画期的なシステムとなっている。試料設置後、半自動的に、半導体ウェハのマッピング測定が計測できるシステムの構築に成功した。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

発表論文

1. “Wafer-scale mapping of carrier density and mobility with terahertz time-domain ellipsometry”, V. C. Agulto, T. Iwamoto, Z. Zhao, S. Liu, K. Kato, and M. Nakajima.

Optics Letters 50, 948–951 (2025).

<https://doi.org/10.1364/OL.546091>

2. “Mapping of Semiconductor Electrical Properties with Terahertz Time-Domain Ellipsometry”, V. C. Agulto, T. Iwamoto, Z. Zhao, S. Liu, K. Kato, and M. Nakajima.

Proceeding of 49th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves 10697746.

<https://doi.org/10.1109/IRMMW-THz60956.2024.10697746>

3. “Application of terahertz time-domain ellipsometry to the characterization of c- and m-surface in ZnO”, Z. Zhao, V. C. Agulto, T. Iwamoto, K. Kato, K. Yamanoi, T. Shimizu, N. Sarukura, T. Fujii, T. Fukuda, M. Yoshimura, and M. Nakajima.

Proceeding of 49th International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves 10697625.

<https://doi.org/10.1109/IRMMW-THz60956.2024.10697625>

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

<https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thz/nak/researchJ2.html>

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪大学 レーザー科学研究所(オオサカダイガク レーザーカガクケンキュウシヨ)

住 所: 〒565-0871

大阪府吹田市山田丘2-6 レーザー科学研究所

担 当 者: 中嶋 誠(ナカジマ マコト)

担 当 部 署: レーザー科学研究所(レーザーカガクケンキュウシヨ)

E - m a i l : nakajima.makoto.ile@osaka-u.ac.jp

U R L: <https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thz/>

<https://www.ile.osaka-u.ac.jp/research/thz/members.html>