

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	全方位非破壊検査に向けたテラヘルツ帯フレキシブル撮像デバイスの研究
Title(English)	A Study on a Flexible Terahertz Camera for Omnidirectional Non-Destructive Inspections
著者(和文)	鈴木大地
Author(English)	Daichi Suzuki
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10797号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:河野 行雄,波多野 睦子,宮本 恭幸,小寺 哲夫,鈴木 左文,尾辻 泰一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10797号, Conferred date:2018/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	鈴木 大地		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	河野 行雄	准教授		小寺 哲夫	准教授
	審査員	尾辻 泰一	教授(学外)	審査員	鈴木 左文	准教授
		波多野 睦子	教授			
		宮本 恭幸	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“A Study on a Flexible Terahertz Camera for Omnidirectional Non-Destructive Inspections” (全方位非破壊検査に向けたテラヘルツ帯フレキシブル撮像デバイスの研究) と題し、英文 6 章から構成されている。

第 1 章 “Introduction” (序論) では、テラヘルツ (THz) イメージング技術およびこの応用拡大に向けた THz 帯フレキシブル撮像デバイス研究の背景と目的を述べている。THz 波は、電波としての透過性と光波としての直進性を兼ね備えており、有機高分子の分子間振動や水素結合との共鳴に起因する指紋スペクトルを有することから、食品や医薬品等の非破壊・非接触品質検査への応用が期待されている。高速な画像観察を必要とするリアルタイム検査には、多素子アレイ化によるカメラ開発が必須となるが、2 次元平面的なアレイ構造である従来型のカメラは 3 次元の曲面形状を持つ測定対象には不向きという問題があると述べている。この課題を解決するため、3 次元の任意の曲面形状の立体計測を可能とする折り曲げ可能な全方位 THz カメラの開発が本研究の目的であると述べている。また、センサーの性能を決める各要因 (パワーファクター、温度勾配、THz 吸収率、雑音) について理論的に説明している。

第 2 章 “Thermal device design for high sensitive detection” (高感度化に向けた熱型デバイス設計) では、単一検出器の高感度化に向けたデバイス設計について述べている。全方位撮像システムに必要な要求性能を満たす検出器として、カーボンナノチューブ (CNT) フィルムの光熱起電力効果を検出原理としたデバイスが有力であると述べている。光熱起電力効果の式 ($\Delta V = S \times \Delta T$) に基づき、検出器の高感度化に向け熱勾配 ΔT の向上及びゼーベック係数 S の増加による熱起電力 ΔV の向上に取り組んだ。熱伝導方程式に基づく熱解析結果及び実験結果により CNT デバイスの検出感度が、チャンネル幅・フィルム膜厚を縮小化することで 5 倍、断熱材による基材を導入することで 2.5 倍、PN 接合を利用することで 4.5 倍増大したことが述べられている。以上の得られた技術を併用することで、検出器の雑音等価電力が 20 pW/Hz^{1/2} まで向上したと述べている。

第 3 章 “High spatial resolution by device miniaturization” (デバイスの小型化による高解像度化) では、カメラの解像度を向上するデバイス小型化技術について述べている。検出器の小型化を阻む問題であったソース・ドレイン電極間での起電力の相殺を、異種電極構造を取り入れることで解決し、受光エリアを波長サイズまで小型化したと述べている。また、入射光が電極金属を透過するとカメラの解像度が劣化する現象を明らかにし、独自の電磁波侵入抑制構造を導入することで解像度を回折限界まで向上することができたと述べている。

第 4 章 “Flexible THz camera” (フレキシブル THz カメラ) では、第 2,3 章にて実現したフレキシブル THz 検出器をアレイ化したフレキシブル THz カメラの作製手法及びイメージング応用について示している。新規に自立分散膜アレイの成膜手法を開発し、複雑な半導体プロセスを必要としないフレキシブル THz カメラを作製したと説明している。また、撮像デバイスを用いて、大規模な測定系を必要とせずに、プラスチック材料の非破壊・非接触検査や医療器具の全方位破損検査といったフレキシブル THz イメージング応用を達成したと述べている。

第 5 章 “Flexible imaging systems” (フレキシブル撮像システム) では、第 4 章で作製したフレキシブル THz カメラを用いた撮像システムの開発について述べている。生産現場でのインライン検査や日常生活でのリアルタイム検査には高速・簡便な全方位撮像システムの開発が必要であると述べている。初期実験として、単一のフレキシブル THz 検出器を使用した反射型非破壊検査に取り組み、反射像を計測することで非破壊での構造検査を行ったと述べている。

第 6 章 “Conclusion” (結論) では、本論文の結論と今後の展望をまとめている。

以上を要するに、本論文では、全方位非破壊検査に向けた THz 帯フレキシブル撮像デバイスの研究を行い、CNT THz 検出器のデバイス設計、断熱材の導入、PN 接合の利用により感度を向上したこと、異種電極構造及び電磁波侵入の抑制を行うことで解像度を向上したこと、新規成膜手法により簡易的なプロセスでフレキシブル THz カメラを作製したこと、及び撮像デバイスを用いて全方位非破壊検査を実証したことが述べられている。これらの研究成果は、THz イメージング応用に期待されている高速・簡便な全方位撮像システムの開発に新たな道を拓いたもので、工学上、貢献するところが大きい。よって、我々は本論文が博士 (工学) の学位論文として十分な価値があると認める。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。