

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A Study on Plasmonic Devices for Terahertz Sensing and Analysis
著者(和文)	DengXiangying
Author(English)	Xiangying Deng
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10961号, 授与年月日:2018年9月20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,米谷 玲皇
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10961号, Conferred date:2018/9/20, 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

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	Xiangying Deng		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	河野 行雄	准教授	審査員	小寺 哲夫	准教授
	審査員	米谷 玲皇	准教授 (学外)		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 Plasmonic Devices for Terahertz Sensing and Analysis” と題し、英文 6 章から構成されている。

この論文は以下のように構成されている。

第 1 章 “Introduction” (序論) では、テラヘルツ (THz) 技術の応用に向けた THz 検出とプラズモニック構造に関する研究の背景と目的を述べている。THz 領域には、医療、工業製品の品質検査などの様々な分析・検査応用が期待されている。これまでに開発された THz 検出技術を紹介し、特にサブ波長検出領域への集光効率を高めるためプラズモニック構造の利用が有望な解決策であると述べている。プラズモニック構造の一つとしてブルズアイ構造に関するこれまでの研究をレビューし、表面プラズモン伝搬によるサブ波長領域での電界集中という長所があると述べている。しかしながら従来のプラズモニック構造はいったん構造を特定すると、プラズモン共鳴が単一周波数に固定されてしまい、THz 検出や分析応用としては限定的な使用になるという問題点を指摘している。この問題を解決するため、複数の周波数帯でプラズモンを励起させ、その周波数を連続的にチューニングする構造の開発が本研究の目的であると述べている。

第 2 章 “Materials for Terahertz Detection” (テラヘルツ検出のための材料) では、本研究で使用したグラフェンとプラズモニック構造の基本的な特性について理論的に説明している。まず単層グラフェンの電子構造とその光学特性に基づく光吸収について説明し、光子エネルギーの高い紫外光～赤外光の領域では光吸収によるキャリアのバンド間遷移、光子エネルギーの低い THz 領域では光吸収によるキャリアのバンド内遷移が支配的であると述べている。次に表面プラズモンポラリトンと THz 領域のスプーププラズモンについて説明し、サブ波長領域への THz 波集光用のプラズモニックアンテナの考察を行っている。

第 3 章 “Methods” (手法) では、本実験で使用した方法について説明している。電磁界シミュレーションでは、FDTD 法の基本的な理論について説明し、今回用いたシミュレーションモデルを示している。デバイス作製方法では、グラフェン素子、プラズモニック構造それぞれの作製方法について説明している。最後に、THz 透過スペクトル測定、THz 応答測定、電気伝導測定それぞれの実験装置について説明している。

第 4 章 “Plasmonic Antenna Coupling with Nano-scale Device” (プラズモニックアンテナとナノスケール素子との結合) では、キャビティモードとグループモードの共存を用いたダブル共鳴プラズモニックアンテナ、ならびにナノスケール素子との結合についてシミュレーション結果と実験結果を示している。プラズモニック構造中心のキャビティ径を変えることで、通常のグループモードに加えて第 2 の共鳴であるキャビティモードが出現し、2 つの周波数選択性を有すると述べている。次に、グラフェン光検出器との結合として、プラズモニック構造半分 (ハーフブルズアイ) ならびにプラズモニック構造全域 (フルブルズアイ) とインテグレートしたグラフェン光検出器を示している。実験結果から、シミュレーション結果に合致した周波数選択性ならびにプラズモニック構造の存在による検出感度の増大が観測できたと述べている。また、作製したプラズモニックアンテナ結合グラフェン光検出器の感度は、他関連研究報告の性能よりも優れた値を示していると述べている。

第 5 章 “Multi-frequency Plasmonic Antenna for Terahertz Analysis” (THz 分析のためのマルチ周波数プラズモニックアンテナ) では、周波数可変型グループモード結合を用いたマルチ周波数プラズモニックアンテナと、そのバイオ分析応用について説明している。プラズモニックアンテナのグループ直径が連続的に変わる構造を提案し、照射 THz 波の直線偏光の方向に対してアンテナを回転させるだけで共鳴周波数を変えられると述べている。シミュレーション結果と実験結果からこの振る舞いを示したと述べている。また、このアンテナの応用としてマウスの臓器の局所的な分光測定によって臓器の区別を行い、イメージング測定によってマイクロな構造を可視化したと述べている。

第 6 章 “Conclusion and Future Work” (結論と今後の研究) 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、複数の共鳴周波数を持つ THz 帯プラズモニック素子の研究を行い、キャビティモードとグループモードとの共存、周波数可変型グループモードを導入することで、通常は単一周波数共鳴に固定されているブルズアイ構造の共鳴周波数をマルチ化、可変化したと述べられている。これらの構造の応用として、グラフェン光検出器の周波数選択性、検出感度向上、ならびにバイオ分析応用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 応用に期待されているサブ波長領域への高効率集光や分析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。