

平成28年2月29日




豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学専攻
学位審査委員会
委員長 長尾 雅行



論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	本間 浩章		学籍番号	第 093342 号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位論文名	MEMS技術を用いた表面プラズモンの異常透過制御技術の研究 (A study on control technique of surface-plasmon extraordinary transmission using MEMS technology)			
論文審査の期間	平成 28年 1月 28日 ~ 平成28年 2月 29日			
公開審査会の日	平成28年 2月 25日	最終試験の実施日	平成28年 2月 25日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
<p>審査委員会(学位規程第6条)</p> <p>学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。</p> <p>委員長 石田 誠 </p> <p>委員 福田 光男 </p> <p>澤田 和明 </p>				

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、金属微細構造の周期構造を制御可能な静電 Micro-electro-mechanical systems (MEMS) アクチュエータを一体化することにより、表面プラズモンによる異常透過現象における励起波長の連続可変制御技術を確立することを目的としている。金属ナノワイヤーから成るサブ波長格子波長選択フィルタの開発、および静電櫛歯アクチュエータとの融合プロセス技術を確立し、表面プラズモンにおける励起波長の連続可変制御を実現した。これにより、MEMS 技術と表面プラズモン技術を融合した新機能デバイスの創出に貢献している。

第 1 章では、金属微細周期構造より得られる表面プラズモン異常透過現象について述べ、周期構造の製作後に周期を任意に制御することで、表示素子や撮像素子、情報通信分野において表面プラズモンを能動素子として応用し、新たな価値の創出につながる可能性を示している。第 2 章では、平行平板型静電 MEMS アクチュエータを採用し微細周期構造と一体化し、微細周期格子の制御技術の検討と表面プラズモン励起波長の制御の可能性を述べている。第 3 章では、可視領域の波長を励起可能な周期構造を持つ中空の Al ナノワイヤーアレイを実現し、励起波長がナノ周期構造に依存することを明らかにしている。第 4 章では、Al サブ波長格子と静電櫛歯アクチュエータを一体化した可変プラズモニックフィルタを実現し、電圧駆動による励起波長の連続可変制御に成功した結果を示している。第 5 章では、基板からリリースした金属-誘電体-金属 (MIM) 構造によるナノワイヤーアレイを実現し、表面プラズモン異常透過現象の波長選択性向上の可能性を示している。これらにより、プラズモニックカラーフィルタを能動素子として応用する可能性を示した。最後に第 6 章では、本論文を総括するとともに、今後の展望と課題について記述している。

審査結果の要旨

表面プラズモンの異常透過現象は、高い光透過効率と空間分解能、波長選択性を有し、次世代の波長選択フィルタ、高精度センシングデバイスへの応用研究が進められている。この光透過特性はサブ波長周期構造により励起される表面プラズモンにより決定されるため、周期構造を任意に制御することで能動素子として使用する新たな価値を創出することができる。また、従来用いられた誘電率制御法と異なり、広い可変帯域が可能のため、可視領域における任意の波長を選択的に透過させる可変カラーフィルタとして使用することが期待できる。

本研究では、中空金属微細周期構造と静電 MEMS アクチュエータを一体化することにより、表面プラズモンの励起波長を連続可変制御することに成功している。励起波長制御の実現には、金属微細周期構造の製作後に構造変化を与える必要があるため、基板から自立した金属サブ波長周期構造である Al ナノワイヤーアレイを作製し、表面プラズモン異常透過現象の励起波長を観測した。フィルタ面積に対する励起波長を実測し、実験的に最小フィルタ面積は $5 \times 5 \mu\text{m}^2$ まで励起波長に変化が見られず微細化が可能であることを示した。Al サブ波長格子と静電櫛歯アクチュエータを一体化した表面プラズモン可変フィルタへ駆動電圧を印加すると励起波長の 542nm から 668nm への連続的なシフトを観測し、異常透過の励起波長の連続可変制御の実現と、可変帯域 140 nm を実証した。また、金属ナノワイヤーアレイによる表面プラズモン異常透過現象の波長選択性を向上するため、ナノインプリントを用いたリフトオフプロセスにより、200 nm 以上の厚さを持つハイアスペクトの MIM 構造の製作技術を実証し、さらに基板からリリースすることで中空 MIM ナノワイヤーアレイを実現した。これにより、励起波長の制御技術を波長選択フィルタへ応用可能であることを示した。これらの研究成果は、MEMS 技術とプラズモニクスを融合した分野横断的新機能デバイスの創出として学術的および工学的に高く評価できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)