

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)	氏名	小 迫 照 和
学位授与の要件	学位規則第4条第1・②項該当		
論 文 題 目			
Study on Optical Yagi-Uda Antennas Utilizing Localized Surface Plasmon Resonance of Metal Nanoparticles (金属ナノ粒子の局在表面プラズモン共鳴を用いた光八木宇田アンテナの研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	角 屋	豊
審査委員	教 授	高 根	美 武
審査委員	教 授	東 清	一 郎
審査委員	准 教 授	ホフマン	ホルガ
審査委員	准 教 授	鈴 木	仁
審査委員	准 教 授	西 田	宗 弘
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、金属粒子における局在プラズモン共鳴を用いることで、光波領域での八木宇田アンテナを初めて提案、実証した研究をまとめたものである。近年、金属の光学技術であるプラズモニクスに関する研究が盛んである。光と結合したプラズモンの1つの形態である金属ナノサイズ粒子における局在プラズモンは、その近接場光が持つ高い電界増強度に着目したセンサー等への応用や、ナノスケールでのプローブとしての応用が広がっている。金属ナノ粒子の機能は、自由空間を伝搬する光波とナノスケールに局在する近接場光をつなぐアンテナとしても理解され、光アンテナとも呼ばれるが、本研究以前においては、単一の粒子、または周期的に配列された粒子系に関する研究が殆どであり、放射指向性制御に関する研究は極めて少なかった。本研究では、アンテナの重要な機能である指向性を実現するため、電波領域において高い指向性を有することが知られている八木宇田アンテナ構造に着目した。電波領域と光波領域では金属の光学応答は大きく異なるため、その実現は自明ではないが、本研究は適切な設計により、これが可能であることを初めて理論的・実験的に示したものである。</p> <p>第1章では、本研究の背景をナノフォトニクスとプラズモニクスの視点から整理し、本研究の目的が述べられている。</p> <p>第2章では、本研究の基礎となる球体の光散乱 (Mie 理論)、楕円体球の取扱い、および本研究で用いられるダイポールモデルとダイポールを少数個配列した場合の結合ダイポールモデル等についての概要が述べられている。</p> <p>第3章では、本研究の実験においても用いられる、周期配列による局在プラズモン共鳴</p>			

のシフトを、ダイポールモデル計算および実験により確認した結果が示されている。

第4章では、結合ダイポールモデルに基づく、金属ナノ粒子の局在プラズモン共鳴を用いた光八木宇田アンテナの設計論が述べられている。局在プラズモン共鳴の離調とアンテナ素子機能の関係、および金属における導電損失を考慮した粒子設計の基本が整理された後、給電素子と受動素子からなる2素子アンテナ、および導波素子を加えた5素子八木宇田アンテナにおける各素子の離調と素子間距離に依存する放射指向性の予測が示され、各素子における離調を適切にとることで、電波領域の八木宇田アンテナと同様の配置で高い指向性が得られること、さらに金属における導電損失を考慮した場合にも、導電損失が放射損失と同程度以下であれば、十分に高い放射指向性が得られるという予想が示された。これらにより、局在プラズモン共鳴を用いた光波領域での八木宇田アンテナの実現可能性と、その具体的な設計が明らかにされた。

第5章では、第4章で示された設計に基づいた実験およびその結果が述べられている。実験的な検証のための種々の工夫や、作製されたアンテナ各素子の特性と、そのダイポールパラメータについて述べられた後、単一（給電）素子のみ、2素子（給電素子と反射素子または導波素子）、および給電素子、反射素子、導波素子からなる5素子の光八木宇田アンテナの放射指向性の実験結果が示されている。また、結合ダイポールモデルによる予測との差異の原因や、この実験結果が他の効果によって生じている可能性を否定する実験についても述べられている。さらに、放射指向性の動作波長依存性に関する実験結果が示されている。これらの結果、本実験で光波領域の八木宇田アンテナが実現していることが、極めて明瞭に示された。

第6章では、本研究の総括が述べられている。

以上のように、本論文の著者は、光波領域での八木宇田アンテナを初めて提案、実証した。この成果は電波領域のアンテナ設計論を光波領域に適用するレシピを提供するなど、工学としての大きな意義を有し、プラズモニクス分野の発展に大きく寄与するものである。

以上より、審査委員一同は、本論文が博士（工学）の学位を授与するに十分な内容であると判定した。