

論文内容の要旨

博士論文題目

Subwavelength Light Confinement in Metal and Metal-Oxide Nano-Hybrids for the Applications in Energy Conversion and Sensing (金属および金属/金属酸化物ナノハイブリッド構造におけるサブ波長 光閉じ込め効果とエネルギー変換およびセンシングへの応用)

氏 名

ダオ デュイ タン (Dao Duy Thang)

(論文内容の要旨)

本学位論文は、金属ナノ構造物による、光のサブ波長閉じ込め効果や電場集中効果の、エネルギー変換材料や高感度分子センシング材料への応用に関する研究である。

第3章では、1) 下地から離れた位置でナノギャップ構造を持つ、浮いたボウタイ型ナノアンテナ、2) 湿式合成による高密度なナノギャップ構造についての電場集中に取り組んだ。前者では、安価なアルミニウムを用いているにもかかわらず、金や銀と遜色ない電場増強効果とラマン増強シグナルが可能であることを実証した。後者では、マイクロ球表面に高密度な金ナノギャップ構造を張り付ける手法を提案し、プラズモン増強赤外吸収分光による、高感度な「液中その場」生体分子計測が可能であることを示した。

第4章では、酸化物光触媒の触媒効果増強のために、ナノ粒子プラズモンを助触媒として用い、光エネルギーが金属ナノ粒子/酸化物界面に効率的に集中する可能性を示した。また、プラズモンによって、紫外活性な酸化亜鉛が可視活性となる現象を確認し、プラズモン励起を介したホット電子注入のメカニズムを確認した。

第5章では、ナノギャップ構造、酸化物と複合化した、金属 - 絶縁体 - 金属構造の設計と製作を行った。ここでは平板型の金属構造を薄い酸化物を介して積層し、垂直方向のギャップ内の酸化物に光を集中させる。このような構造を採用することにより、特定の波長に対してのみ、鋭い波長選択性を持ち、光吸収の効率がほぼ 100%となる構造を実現している。このような構造を、リソグラフィを用いずに、簡便・安価で大面積加工が可能な方法を開発し、実現して

いる。また、可視帯域では性能の悪いプラズモン材料であるアルミニウムが、赤外帯域においては貴金属に比べて高い性能を示すことを見出している。

以上の内容は、プラズモンナノ構造におけるサブ波長閉じ込め効果、電磁場増強効果を自在に設計し意図した性能を実現できる技術を開発したユニークなものである。

氏 名	ダオ デュイ タン (Dao Duy Thang)
-----	------------------------------

(論文審査結果の要旨)

本学位論文は、金属ナノ構造物による、光のサブ波長閉じ込め効果や電場集中効果の、エネルギー変換材料や高感度分子センシング材料への応用に関する研究である。

第3章では、1) 下地から離れた位置でナノギャップ構造を持つ、浮いたボウタイ型ナノアンテナ、2) 湿式合成による高密度なナノギャップ構造についての電場集中に取り組んだ。前者では、安価なアルミニウムを用いているにもかかわらず、金や銀と遜色ない電場増強効果とラマン増強シグナルが可能であることを実証した。後者では、マイクロ球表面に高密度な金ナノギャップ構造を張り付ける手法を提案し、プラズモン増強赤外吸収分光による、高感度な「液中その場」生体分子計測が可能であることを示した。

第4章では、酸化物光触媒の触媒効果増強のために、ナノ粒子プラズモンを助触媒として用い、光エネルギーが金属ナノ粒子/酸化物界面に効率的に集中する可能性を示した。また、プラズモンによって、紫外活性な酸化亜鉛が可視活性となる現象を確認し、プラズモン励起を介したホットエレクトロン注入のメカニズムを確認した。

第5章では、ナノギャップ構造、酸化物と複合化した、金属 - 絶縁体 - 金属構造の設計と製作を行った。ここでは平板型の金属構造を薄い酸化物を介して積層し、垂直方向のギャップ内の酸化物に光を集中させる。このような構造を採用することにより、特定の波長に対してのみ、鋭い波長選択性を持ち、光吸収の効率がほぼ 100%となる構造を実現している。このような構造を、リソグラフィを用いずに、簡便・安価で大面積加工が可能な方法を開発し、実現している。また、可視帯域では性能の悪いプラズモン材料であるアルミニウムが、赤外帯域においては貴金属に比べて高い性能を示すことを見出している。

以上の内容は、プラズモンナノ構造におけるサブ波長閉じ込め効果、電磁場増強効果を自在に設計し意図した性能を実現できる技術を開発したユニークなものであり、プラズモニクスと、物性物理、物理化学の分野において学術的に意義深い研究である。よって審査員一同は本論文が博士（理学）の学位論文として価値あるものと認めた。