



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Plasmonic-Dielectric Hybrid Composite Structure for Solar Energy Harvesting and Water Purification [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	KAUR, Manpreet
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第13755号
Issue Date	2019-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/76114
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Manpreet_KAUR_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 KAUR Manpreet

審査担当者	主査	客員教授	長尾 忠昭
	副査	教授	野寄 龍介
	副査	教授	石橋 晃
	副査	准教授	三品 具文

学 位 論 文 題 名

Plasmonic-Dielectric Hybrid Composite Structure for Solar Energy Harvesting and Water Purification
(セラミック系プラズモン材料と誘電体との複合化による水浄化を目指した太陽光利用の研究)

博士学位論文審査等の結果について（報告）

近年金や銀を中心とした貴金属ナノ粒子を用いた光散乱や吸収の増強現象、電場増強現象が注目されているが、特に、分析化学やバイオセンシング・イメージングにおいて、局在表面プラズモン共鳴に起因する狭帯域な共鳴増強効果を利用した研究が、ナノ材料分野で活発に行われている。一方、広いスペクトラム帯域を持つ太陽エネルギーの利用のためには、紫外から近赤外に亘る幅広い帯域の光を吸収する必要がある。

申請者 KAUR Manpreet 氏は、本研究において、紫外-可視-近赤外帯域の光熱変換の高効率化をめざした窒化物プラズモン材料と酸化物セラミック材料を複合したナノ材料の開発を進めた。これまで、黒体塗料や多孔質カーボン等を用いた太陽光集熱材料による給湯器や水蒸発を研究した例は存在したが、導電性セラミックスを対象とした研究はなされていなかった。本研究では、種々の材料の誘電率を用いてナノ粒子の吸収を計算で予測し、その中でも切削加工器具のハードコーティング材料として産業界で広く使用されている、TiN ナノ粒子が最適と結論し、その太陽熱利用の可能性と高効率化について研究した。TiN ナノ粒子の局在表面プラズモンは広帯域な光共鳴吸収現象を生じ、さらに透明酸化物のマイクロファイバーや酸化アルミナの多孔質構造と組み合わせることで、その光散乱効果や粒子間の相互作用を利用し、太陽光スペクトラムのほぼ全域にわたって光収捕集効果と光熱変換効果を示す材料を開発した。これらの材料は毛細管現象により、対流を抑制しながら水を効果的に最表面に届ける機能を持ち、断熱性も高い。その結果、水蒸発に用いられる太陽光エネルギーの利用効率が92%に達する高効率な材料を実現した。

続いて本論文の後半では、市販の TiO_2 粒子に対して数倍の太陽光触媒機能を持つ、TiN ナノ粒子と光触媒酸化物とを複合化した材料も開発している。TiN ナノ粒子をCrドーブした TiO_2 で覆いコアシェル構造とすることで、高い可視光吸収特性と触媒活性を持つ材料を実現した。申請者は、自身の持つ湿式化学合成や表面機能化の技術を最大限に生かし、膨大な材料探索と試行錯誤によるプロセス開拓を行い、目標とする性能を持つナノ材料をほぼ一人で実現した。また、当研究室の研究設備や実験ノウハウを有効に利用し、性能評価装置を研究室スタッフと協力しながら組みあげ、ほぼすべての合成と評価を自力で行った。著者が提案した熱変換ナノ材料は、既存の伝熱による加熱やマイクロ波加熱よりも、太陽光を用いた水蒸発が高効率な加熱法になり得ることを実証し、新たな加熱技術への可能性を切り拓いた。また、増強された近接場を通した熱移動ダイナミクスの理解など、物性物理学、ナノサイエンスにおいても、今後興味深いテーマとして広がる可能性を持つ。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。