



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Growth of Highly-conductive Ceramic Films Based on Boride and Oxide for Photo-Energy Applications [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	NGO, HAI DANG
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第14292号
Issue Date	2020-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/80289
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	NGO_HAI_DANG_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（理 学） 氏 名 ノ ハイ ダン (NGO Hai Dang)

学 位 論 文 題 名

Growth of Highly-conductive Ceramic Films Based on Boride and Oxide for Photo-Energy Applications
(光エネルギー利用のためのホウ化物および酸化物を基軸とした高伝導性セラミック膜の研究)

ナノ材料科学において金属材料の持つ高い光吸収能、光散乱効果や閉じ込め効果を利用したエネルギー変換材料が注目されている。これらの研究は Au, Ag, Cu, Al などの貨幣金属を用いたものが主流であり、材料そのものの物性による機能発現を志向するというよりは、ナノ構造における電磁境界条件の設計による機能制御に関するものが圧倒的に多いのが現状である。そこで、本研究では貨幣金属や単元素金属の枠を超えて、導電性金属化合物をベースとした新規プラズモン材料の発掘を目指した研究を行った。特に、近赤外および中赤外帯域のエネルギー変換機能の発現を志向し、高い導電性を持つ2種類の典型的な金属性セラミック材料の例について研究した。まず、ふく射エネルギー輸送への応用を想定し、既存のインジウム酸化錫や窒化チタンなどの材料に比べてより高い耐熱性と低い光学損失をもつセラミック材料を検証した。その中から、貨幣金属に近い高い電子密度と高い結晶配向性を持つ六ホウ化ランタンを選び、高温スパッタ成膜により高配向かつ高い伝導性を持つ膜を実現した。成膜した材料は(001)表面方位に揃った texture 構造を示し、近赤外帯域において高融点金属であるタングステンやモリブデンよりも高い性能指数を示した。この結果は、1000℃以上の高温で使用可能な狭帯域プラズモニック赤外光源の材料として有望な材料であることを示している。続いて、溶液中で使用できるプラズモン共鳴センサーや、可視光透過性の高い赤外線吸収材料や光検出素子を目指し、酸化チタンに重金属をドーピングした透明導電膜を対象に選び検証を行った。その中でも Nb ドーピングした酸化チタンは 10^{21}cm^{-3} 台の高いキャリア(電子)密度を示し、かつ、数 μm にも及ぶ大きなドメイン構造を高配向で形成しながら成長することが分かった。この系は高い結晶性、平坦性、配向性を示すため、比較的低い光学損失を示した。また、Ta ドーピングした酸化チタンはさらに高い 10^{22}cm^{-3} 台の高いキャリア(電子)密度を示しつつ、同様に高い結晶性を示した。この膜は波長 2.2 μm 以下の近赤外・可視帯域では透明でありながら、波長 2.2 μm 以上の中赤外帯域においてはプラズモニックな光学応答を示すことが判った。これらの薄膜材料は赤外帯域のプラズモン共振器材料として機能すると予想されたため、電子ビームリソグラフィとドライエッチングにより、異方的ナノ共振器構造を試作した。製作したナノ構造は、赤外帯域の共鳴効果を示し、電磁場シミュレーションによる解析結果とも一致し、異方的な共振器構造内の表面プラズモン閉じ込めと、共振器間の相互作用とで説明できることが判った。また、Ta ドーピングした酸化チタンと n 型シリコン上とのヘテロ接合は約 0.7 eV のショットキー障壁をもつ金属-半導体接合を示すことが判り、本材料が透明でありながら金属電極としての機能を持つプラズモン材料であり、近赤外光検知素子としての機能をも持ちうるということが明らかになった。