

課題番号 : F-19-TU-0004
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 不斉プラズモン近接場デザインに立脚したキラル核形成制御と電磁場パリティの開拓
 Program Title (English) : Exploitation of chiral nucleation and electromagnetic parity by chiral near-field
 利用者名(日本語) : 新家寛正
 Username (English) : H. Niinomi
 所属名(日本語) : 東北大学金属材料研究所
 Affiliation (English) : Institute for Materials Research, Tohoku University
 キーワード/Keyword : 膜加工・エッチング, キラル結晶化, 表面プラズモン共鳴, Mie 共振, Optical Chirality

1. 概要(Summary)

キラルな結晶構造中ではスピン軌道相互作用によって電子スピンの縮退が解けるため、電子スピンの制御が可能となる。従って、キラル結晶の制御は、未来の低エネルギー消費社会の基盤となる結晶材料の制御に繋がる。しかし、結晶キラリティを外場により任意に制御する技術は開発されていない。キラリティを示し得る外場としては電磁場が挙げられ、古くから、絶対不斉合成を左右円偏光照射により駆動することで鏡像体異性過剰を誘起する(キラリティを制御する)試みが成されてきたが、その効率は極めて低いのが現状である。

金属・誘電体ナノ構造体への光照射により励振される表面プラズモン共鳴・Mie 共振の近接場は、遠方場に比して強く物質と相互作用する。特に、ナノ構造体の空間反転対称性を破ると、近接場にキラリティが付与され、この不斉近接場が円偏光よりも強く物質のキラリティと左右非対称に相互作用することが知られている。

本研究では、空間反転対称性の破れた金属・誘電体ナノ構造体への光照射により形成するキラルな近接場中で、キラル結晶化を誘起することにより結晶のキラリティを制御することを目的としている。本年度の機器利用により、空間反転対称性の破れた金属・誘電体ナノ構造体の作成を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

Dektak 段差計、DeepRIE 装置、電子ビーム蒸着装置

【実験方法】

電子線露光装置を用いて、一辺 480 nm の凹型構造を構成単位とした 96nm 間隔のナノ周期構造のポジ型レジスト膜(ZEP520A)を、カバーガラス上と、150 nm の厚みの結晶 Si 薄膜が形成された石英基板上に作成した。その後、レジスト膜の製膜されたカバーガラス上に Cr 薄膜(5 nm)、次いで Au 薄膜(80 nm)を真空蒸着装置により製膜し、レジスト膜を 40°C の ZDMAC に浸漬し溶解除去することでキラル金属ナノ構造体を作成した(Fig.1 左)。一方、レジスト膜の製膜された Si 薄膜が形成された石英基板を Deep-Reactive Ion Etching (Deep-RIE) のボッシュ法によりエッチングし、レジスト膜を 40°C の ZDMAC に浸漬し溶解除去することで、Si ナノ構造体を作成した(Fig. 1 右)。作成した Au ナノ構造体と Si ナノ構造体の表面形状を原子間力顕微鏡(AFM)により観察し、構造体の完成度を評価した。また、Finite difference time domain (FDTD) 法に基づいた電磁場解析により、ナノ構造体の近接場を励振することにより発生する近接場のキラリティを評価した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 左に作成した Au ナノ構造体の写真及び AFM 像を示す。得られた Au ナノ構造体の形状は、電子線描

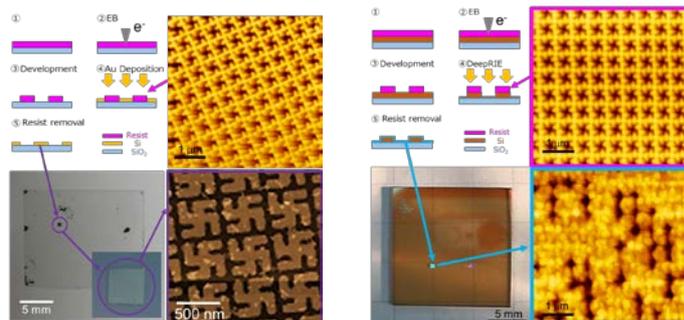


Fig. 1 Fabrication processes of nanostructures and their AFM image. (Left) Au nanostructure (Right) Si nanostructure.

画により形成したナノ構造を忠実に再現しており、キラル金属ナノ構造体の作成に成功した。一方、Fig.1 右に示した Si ナノ構造体の AFM 像では、設計したナノ構造は観察されず、キラル Si ナノ構造体作成の成功には至らなかった。今後、Si ナノ構造体作成プロセスの条件最適化を行い、Au ナノ構造体と Si ナノ構造体双方を用いたキラル結晶化実験を行うことにより、キラル結晶化制御を行い、両者の違いを検証する。また、Fig. 2 に FDTD 電磁場解析による、1064 nm 円偏光照射により励振するキラル Au ナノ構造体の近接場のカイラリティと左右非対称性因子(g 因子)の計算結果を示す。C は近接場のキラリティの指標である Optical Chirality を表し、円偏光の Optical Chirality で規格化した。金ナノ構造体の近傍で円偏光よりも強い C がみられ、光のキラリティが増強されていることがわかった。また、C の符号(キラリティ)は照射する円偏光のキラリティではなく、ナノ構造体のキラリティに強く依存することがわかった。

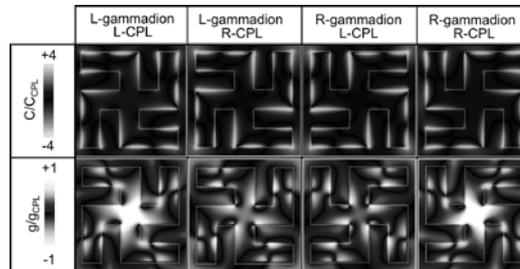


Fig. 2 Spatial distribution of optical chirality (upper) and dissymmetry factor in the vicinity of chiral Au nanostructure calculated by FDTD method CPL indicates the incident circularly polarized light.

4. その他・特記事項(Others)

該当なし

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

該当なし

6. 関連特許(Patent)

該当なし