

課題番号 : F-19-NU-0039
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 光励起誘電体ナノ構造の創る磁気増強場でのキラル核形成
 Program Title(English) : Chiral Nucleation in Optical Magnetic Field Enhanced by Mie Resonance of Dielectric Nanostructure
 利用者名(日本語) : 新家寛正¹⁾, 田川美穂²⁾
 Username(English) : H. Niinomi¹⁾, M. Tagwa²⁾
 所属名(日本語) : 1) 東北大学金属材料研究所, 2) 名古屋大学未来材料・システム研究所
 Affiliation(English) : 1) Institute for Materials Research, Tohoku University, 2) Institute of Materials and Systems for Sustainability, Nagoya University.
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置, キラル結晶化, Mie 共振, 誘電体ナノ構造

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、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。

その原因の一つとして、電磁場の磁場の効果が小さいことが挙げられる。光吸収の大きさを担う電子遷移確率は、電気双極子遷移(E1)、磁気双極子遷移(M1)、電気四重極子遷移確率(E2)の和に比例し、両鏡像体間での左右円偏光の光吸収差である円二色性(左右非対称性)の大きさはM1とE2の和に比例する。M1とE2過程の寄与の小ささ故、円二色性は一般的に微弱であり、この小ささが効率的な鏡像異性過剰率誘起のボトルネックとなっている。M1とE2過程の増強には、磁場の大きさ及び電場勾配の急峻さがそれぞれ必要であることが知られている。

誘電体ナノ構造体への光照射により励振される Mie 共振では、光学的な磁気共鳴が、その近接場において光学電気共鳴の強度と同程度の強度まで増強されることが知られている。加えて、近接場の発生により、急峻な電場勾配が形成することが知られている。これらの磁場・電場勾配増強の寄与により、M1とE2過程の増強が期待できる。そのため、両鏡像体の電磁場による制御のボトルネックを解消できる可能性がある。

そこで、本研究では、光照射により Mie 共振が励振された誘電体ナノ構造体上で、キラル核形成・結晶化を誘起することで、外場による結晶キラリティ制御することを目的とする。その第一段階として、本年度微細加工 PF 機器利用では、誘電体としてシリコン(Si)を使用したナノ構造体の作成を試みた。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】 電子線露光装置

【実験方法】 電子線露光装置を用いて、一辺 480 nm の卍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、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、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 upper)。作成した 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。

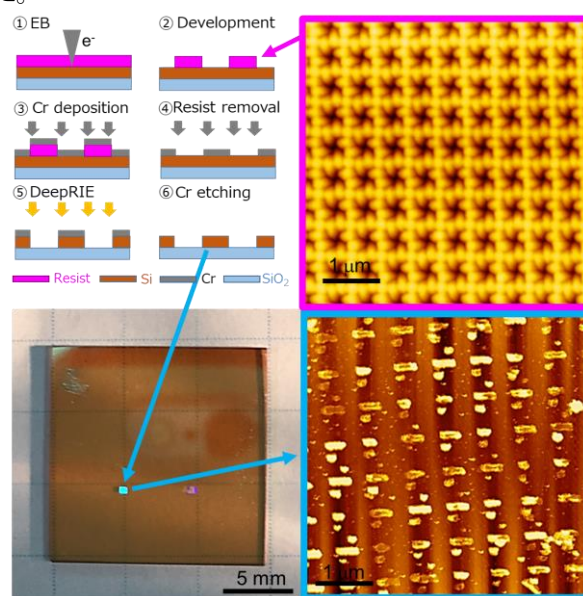


Fig. 1 Schematics of the experimental procedures (upper left), AFM image of the resist layer (upper right), Photograph of the substrate (lower left), AFM image of the fabricated area (lower right).

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 (lower) に作成した Si ナノ構造体基板の写真(left)と AFM 像(right)を示す。写真中の水色の矢印で示された水色の領域は微細加工を行った領域を示しており、水色の起源は、可視波長スケールの周期構造による可視光のブラッグ反射と考えられ、レジスト膜の微細周期構造を反映した構造が Si 薄膜に形成していることがわかる。一方、微細加工を行った領域の AFM 像では、卍型の単位構造は観察されず、単位構造が不完全であったことが分かった。以上のことから、本年度の機器利用では、光学的磁気共鳴の増強に必要な Si ナノ構造体の作成を試み、Si ナノ周期構造の作成まで成功した。一方、当初予定していた卍型単位構造の作成にまでは至らず、今後、レジスト現像後のエッチングプロセスの最適条件を決定していく、Si ナノ周期構造体の作成キラル結晶化実験を行う。

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。