

C-7

カイラル単位セルからなる2次元格子状表面構造により  
入射光方位依存反射光波長シフト現象

Due to the two-dimensional lattice-like surface structure consisting of chiral unit cells  
Incident light azimuth-dependent reflected light wavelength shift phenomenon

○鮫島晴哉<sup>1</sup>, 大家幸太<sup>2</sup>, 吉川大貴<sup>3</sup>, 塚本新<sup>3</sup>

Haruya Samejima<sup>1</sup>, Kouta Daike<sup>2</sup>, Hiroki Yoshikawa<sup>3</sup>, Arata Tsukamoto<sup>3</sup>

To induce optical properties not found in nature through artificial structures on the nanometer scale, swastika-shaped structures of 600 nm in length and width and 150 nm in depth were fabricated using a focused ion beam system on two materials: a thermally oxidized Si substrate and a copper thin film on a silicon substrate. The fabricated samples were observed with an optical microscope to investigate the characteristics of the structures in visible light. It was found that the fabricated structures produced reflected light of different wavelengths depending on the direction of light.

1. 背景

加工技術の発展によりナノメートルスケールの微細な人工構造の作製が可能となり、微細な人工構造と光の関係が盛んに研究されている<sup>[1]</sup>。構造による光学特性としてカイラリティを持つ構造は、透過光の屈折率が円二色性を持つことによる旋光性が知られている<sup>[2]</sup>。カイラリティを持つ構造の反射光は旋光性を持つのではないかという発想のもと、微小な領域の構造のみで反射光へ旋光性をあたえることが可能になれば、光を用いたデバイスの小型化へ貢献できると考えられる。本報告ではFIB加工装置のみで数百ナノスケールの試料加工を行い、加工試料に対する反射光の光学特性観察を行った。

2. 実験方法

2.1 試料加工

本加工試料は、酸化膜厚約300nmの熱酸化Si基板、マグネトロンスパッタ法によりシリコン基板上に銅(約150nm)を成膜したものを使用した。これら二種類の材料に対し、マスクをかぶせず、集束イオンビーム装置(Focused Ion Beam: FIB)のみを用いた加工を行った。Fig.1に(a):膜面垂直方向、(b):膜面内方向の加工デザインを示す。加工デザインは凸型であり、凸型1つの大きさは縦横600nm高さ150nmとし、凸型を100nmごとに規則正しく配列させた。加工範囲は熱酸化Si基板100μm×100μm, Cu/Si sub. 50μm×50μmである。また、一度に加工できる範囲は横幅6.3μm×縦幅7.7μmである。

2.2 作製試料の観察・評価法

走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: SEM)による作製試料の形状評価を行った。また、作製した試料に対する可視光の振る舞いを評価するために光学顕微鏡を用いての観察を行った。Fig.2に観察の系を示す。試料表面に対して30°の角度から白色LED光源を照射し、その反射光を観察した。また、入射光方位をΦ方向に変移させた場合の反射光も観察をした。

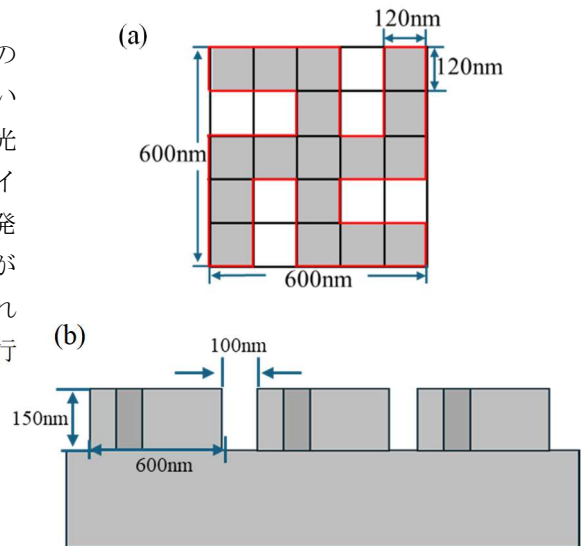


Fig.1 process design

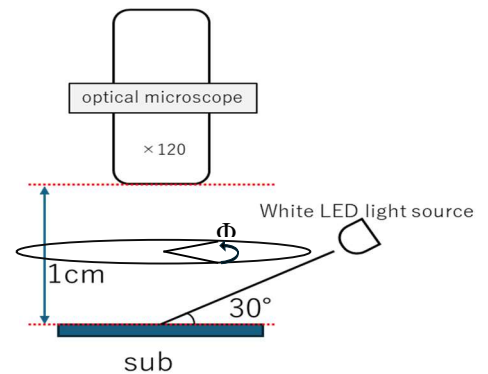


Fig.2 Observation system using optical microscope

1: 日大理工・学部・電子, 2: 日大理工・院(前)・電子, 3: 日大理工・教員・電子

### 3. 結果・考察

#### 3.1 凹型構造の形状評価

Fig.3 に (a) 熱酸化 Si 基板と (b) 銅試料における膜面垂直方向と 45°傾けた際の SEM 像を示す。 どちらの試料もおよそ縦横 600nm, 高さ 150nm, 構造ごとの間隔 100nm と規則正しく配列していることが確認でき, おおよそ加工デザインと同じ加工であることが確認できる。

#### 3.2 光学顕微鏡による観察結果

Fig.2 の観察の系において, 試料に対しての白色 LED 光源の向きを  $\Phi$  方向に変化させ観察を行った。  $\Phi$  方向の角度 0 度は Fig.4 に示すように定義をした。 観察結果を Fig.5 に示す。(a) : 0° (b) : 22.5° (c) : 45° は,  $\Phi$  方向へ回転させたときの観察結果である。  $\Phi$  の角度を変化させると, 主に(a) では橙色, (b) では黄緑色, (c) では青色の反射光が確認出来る。 また, どちらの試料においても  $\Phi$  の角度を 360°変化させると, 徐々に反射光の色が変化することを確認した。  $0 \leq \Phi \leq 90$  の範囲で (a)  $\rightarrow$  (b)  $\rightarrow$  (c)  $\rightarrow$  (b)  $\rightarrow$  (a) と周期的に変化し, 90°ごとに同様の周期性が確認出来た。 周期的に反射光の色が変化することから, 本加工領域は光を受ける方向により吸収する波長の異なる構造が作製されたことが分かった。

#### 4. まとめ

本研究では, カイラル単位セルからなる 2 次元格子状表面構造を作製し, 入射光方位依存した反射光の観察を行った。 熱酸化 Si 基板, 銅試料に対し, FIB 加工装置のみでおおよそ数百ナノスケールの試料加工が可能である事を示した。 また, 白色 LED 光源による入射光方位変化させた際の反射光は, 入射光方位に依存した色の反射光を有することが確認し, 材料に依存しない加工構造による現象であることを示した。

#### 5. 参考文献

- [1] 納富 雅也 : 「ナノフォトニクス・ナノマテリアル融合による光集積技術」, 応用物理, Vol.92, No.5, pp.266~272, 2023 年
- [2] 岡本 裕巳 : 「ナノ物質の局所光学活性とキラリティ」, 光物性研究会論文集, Vol.29, pp.9-12, 2018 年

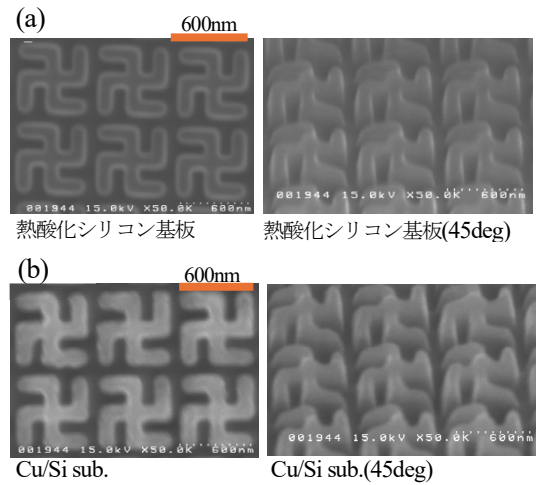


Fig.3 SEM image of the Fabricated structure

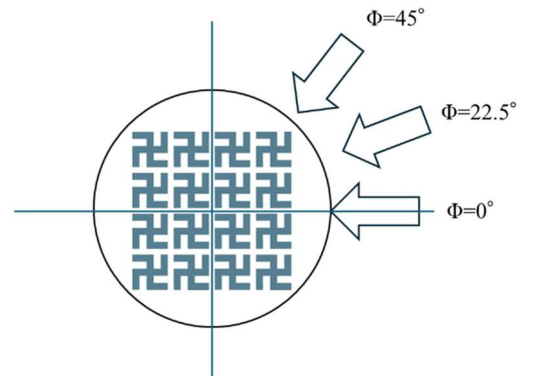
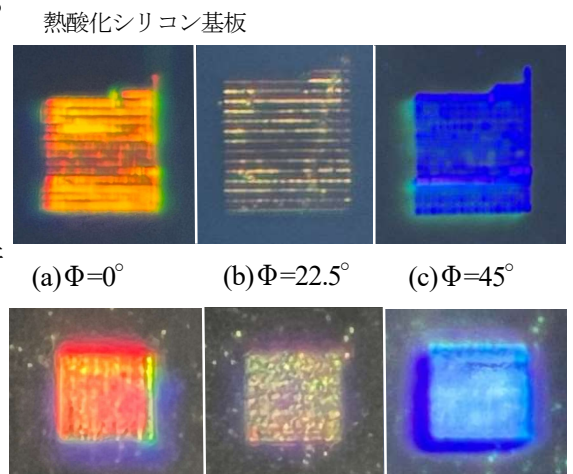


Fig.4 Definition of  $\Phi$  direction



Cu/Si sub.

Fig.5 Observation image by optical microscope