

課題番号 : F-19-IT-0036  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名(日本語) : 窒化シリコンメンブレン両面への電子ビーム露光による高屈折率低反射メタサーフェスの作製  
 Program Title (English) : Fabrication of Metasurfaces with High Refractive Index and Low Reflectance by Electron Beam Exposure on Front and Back Sides of Silicon Nitride Membrane  
 利用者名(日本語) : 鈴木健仁<sup>1), 2)</sup>  
 Username (English) : T. Suzuki<sup>1), 2)</sup>  
 所属名(日本語) : 1) 東京農工大学大学院 工学研究院 先端電気電子部門, 2) JST さきがけ  
 Affiliation (English) : 1) Division of Advanced Electrical and Electronics Engineering, Institute of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, 2) JST, PRESTO  
 キーワード/Keyword : メタサーフェス、熱輻射制御、リソグラフィ・露光・描画装置

### 1. 概要(Summary)

ナノ構造を用いた熱輻射制御による、新たなサーマルマネジメントが期待されている。50 THz 帯で動作するメタサーフェスは、約 50 THz にスペクトルのピークを持つ 500 K の物体からの熱輻射を制御できる可能性がある。

図 1 に設計した 50 THz 帯高屈折率無反射メタサーフェスの構造を、表 1 に各パラメータの値を示す。窒化シリコン(SiN<sub>x</sub>)の両面に金の方形チップを面対称に多量に配置した構造である。今回、SiN<sub>x</sub> メンブレンへの両面同時 EB 露光を行い、図 1 の構造の作製を目指した。

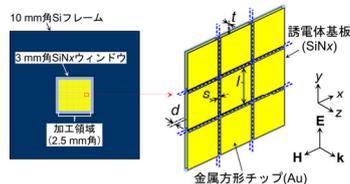


Table 1 Parameters

一辺の長さ $l$	1200 nm
金属間隔 $s$	100 nm
誘電体の厚さ $d$	100 nm
金属の厚さ $t$	50 nm

Fig. 1 Reflection-less metasurface with a high refractive index at 50 THz

### 2. 実験(Experimental)

#### 【利用した主な装置】

電子ビーム露光装置 (スピンコータ・ホットプレート・オーブン等を含む)、電子ビーム露光データ加工ソフトウェア

#### 【実験方法】

厚さ 100、50 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレン(ウインドウ外周に厚さ 200 μm の Si フレーム付き)をそれぞれ 2 枚ずつ用意した。メンブレン両面に PMMA を塗布し、電子ビーム露光装置を用いてウインドウ内の 2.5 mm 角の範囲に図 1 の構造のパターンを露光した。厚さ 100 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレンは、①PMMA 厚さ 150 nm、露光量 60 μC/cm<sup>2</sup>、② PMMA 厚さ 100 nm、露光量 70 μC/cm<sup>2</sup>での 2 通りの条件でそれぞれ露光した。厚さ 50 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレンは、PMMA 厚さ 100 nm、露光量 70 μC/cm<sup>2</sup>で露光した。露

光後、レジストの現像、金蒸着・リフトオフして、メタサーフェス構造を作製した。

### 3. 結果と考察(Results and Discussion)

厚さ 100 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレンで、両面同時 EB 露光によりメタサーフェス構造を作製した。作製に用いた 2 枚のうち、条件②の露光で作製した 1 枚については、金 20 nm の蒸着・リフトオフ

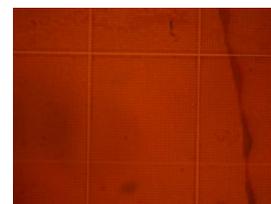


Fig. 2 SiN<sub>x</sub> membrane for exposing condition #2

まで完了した(図 2)が、保管時にメンブレンが自然に破損した。破損の原因は応力バランスの悪さが考えられる。

厚さ 50 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレンでも、メタサーフェス構造の作製を試みた。作製の過程で 1 枚は裏面のレジスト塗布作業中、もう 1 枚は現像作業中に破損した。厚さ 50 nm は厚さ 100 nm に比べて破損しやすく、蒸着・リフトオフは非常に難しいと考えられる。

今後、条件①で露光した厚さ 100 nm のメンブレンでメタサーフェス構造の作製を進める。課題として、裏面のレジスト塗布むらや露光フィールドの繋ぎの目立ちがあり、各課題の改善に向け、厚さ 100 nm の SiN<sub>x</sub>メンブレンをさらに複数枚用意し、作製・検討を進める。

### 4. その他・特記事項(Others)

なし。

### 5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

・朝田, 鈴木, 日本熱物性学会 ふく射性質とその放射制御に関する研究会, 東京工業大学, Jan. 2020.

### 6. 関連特許(Patent)

特開 2017-34584