

課題番号 : F-15-NM-0108  
 利用形態 : 機器利用  
 利用課題名 (日本語) : 単結晶金属薄膜を用いたプラズモニック・メタマテリアルの研究  
 Program Title (English) : A study on metal single-crystal films for plasmonic metamaterials  
 利用者名 (日本語) : 内野 俊  
 Username (English) : T. Uchino  
 所属名 (日本語) : 東北工業大学工学部知能エレクトロニクス学科  
 Affiliation (English) : Department of Electronics and Intelligent Systems, Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

## 1. 概要 (Summary)

本研究は、低損失プラズモニック・メタマテリアルを実現するために、高効率材料の Ag を含むプラズモニック材料の単結晶薄膜を作製することを目的とする。粒界のない表面粗さが 0.5 nm 以下の平坦な表面を形成することにより、近赤外領域の光エネルギーを従来の 20 倍以上の高効率で制御できる光・電子デバイスが期待できる。

そこで、高温で成膜できるスパッタ装置を用いてプラズモニック材料である Ag、Au およびグラフェンの単結晶薄膜を作製し、その光学的特性を調べた。

## 2. 実験 (Experimental)

### 【利用した主な装置】

- ・ 超高真空スパッタ装置(ビームトロン)
- ・ 全自動スパッタ装置(ULVAC)

### 【実験方法】

超高真空スパッタ装置を用いて、基板温度 300°C 以上、超高真空  $10^{-5}$  Pa 程度でマイカおよび LiF 劈開面上に Ag および Au 単結晶薄膜を作製した。グラフェン単結晶は、スパッタ装置を用いてマイカ劈開面上に Cu 薄膜を形成した後に CVD 成長法を用いて基板温度 1000°C で合成した。作製した単結晶薄膜の表面構造を SEM および AFM、結晶構造を X 線回折および TEM、光学特性は分光エリプソメトリを用いて評価した。

## 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

Fig. 1 にマイカ劈開面上作製した Ag 薄膜の SEM 画像を示す。堆積温度 500°C の試料では、膜厚が増加すると孔密度が減少し、膜厚 110 nm で平坦な表面が得られることがわかった。Fig. 2 に堆積温度による表面粗さの違いを AFM で評価した結果を示す。堆積温度 500°C の試料は表面粗さ 0.4 nm と非常に平坦で、室温で堆積した試料と比較すると、表面粗さは約 1/4 になっていた。次に、堆積温度 500°C の試料の結晶構造を X 線回折および TEM を用いて評価した(Fig. 3)。その結果、(111)面を持つ

単結晶であることがわかった。最後に分光エリプソメトリの測定結果から Q 値を求めた(Fig. 4)。バンド間遷移による吸収端が 300 nm で観測された。堆積温度 500°C の試料は、室温で堆積した試料と比較して約 3 倍大きい Q 値を示した。また、膜厚と共に Q 値が増加することがわかった。以上より、堆積温度 500°C、膜厚 110 nm の Ag 薄膜がメタマテリアル用材料として適していることがわかった。

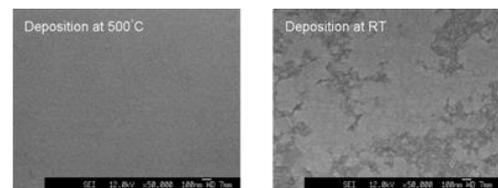


Fig. 1 SEM images of Ag films with thickness of 110 nm.

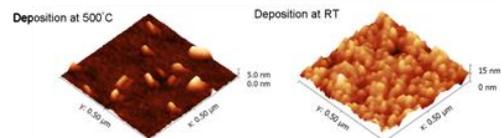


Fig. 2 AFM images of Ag films with thickness of 110 nm.

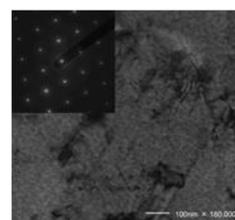


Fig. 3 TEM image of Ag film with thickness of 110 nm.

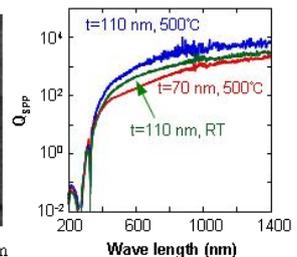


Fig. 4 Q-values of Ag films.

## 4. その他・特記事項 (Others)

本研究は、科研費(基盤 C)の支援を受けて実施した。

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

- (1) T. Koiwa *et al*, JSAP-OSA Joint Symposia 2015, 平成 27 年 9 月 14 日.
- (2) T. Uchino *et al*, 2015 MRS Fall Meeting, 平成 27 年 12 月 1 日.
- (3) T. Koiwa *et al*, 応用物理学会第 63 回春季講演会, 平成 28 年 3 月 22 日.

## 6. 関連特許 (Patent)

なし