

表面プラズモン共鳴によるショットキー光検出器の高感度化に向けた研究

製品・機能評価課 升方康智*1、奈須野雅明

1. 緒言

光検出器は、入射した光を電気信号に変換する素子で、近年の技術の進歩により紫外から赤外・遠赤外へと、可視光以外の波長領域での検出器の実用化に向けた研究が行われている。中でも、光通信分野、各種センサ等の多くの用途に使用されている赤外光の検出器として、PN 接合フォトダイオードや、フォトコンダクタなどが存在するが、それぞれ良質な結晶を作るのが難しいことや、雑音が大きいなどの課題がある。一方、ショットキー光検出器は、金属と Si 界面に形成されるショットキー障壁による内部光電効果を利用した検出器で、非冷却でも使用でき、作成プロセスがシンプル、検出特性の温度依存性が小さいなどの利点から研究が行われているが、現状では感度の向上が課題となっている。

また、表面プラズモン共鳴は、光入射で自由電子の振動が起きると、周囲に電場が発生し、特定の条件を満たす微細構造などにおいて誘起された電場と入射した光とが共鳴すると、光が強く吸収される現象で、表面増強ラマン分光に応用されており¹⁾、光センシング技術やバイオセンシング技術などへの応用も期待されている²⁾。

本研究では、ショットキー障壁型の光検出器の表面に周期構造を作製し、表面プラズモン共鳴により入射光の吸収効率を高めることで赤外領域の感度の向上を試み、ガスセンサや血糖センサなどへの応用を模索する。

本年度は、表面プラズモン共鳴現象のデバイスへの応用に向け、素子の試作法の確立や、光吸収特性の評価等の検討を行う。

2. 実験方法

2.1 試作方法

フォトリソグラフィ法により金属微細構造を作製するため、レーザーリソグラフィシステム(DWL66)により、 $\phi 0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ のホールアレイ（ピッチ各 $1.6\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $2.4\mu\text{m}$ ）を有するフォトマスクを作製する。Fig.1 に、作製するマスクパターン図を示す

($P=2.0\mu\text{m}$)。ホールパターンを六角形状に配置するため、 $P=2.0\mu\text{m}$ の短周期パターンのほかに、 $P\approx 3.46\mu\text{m}$ の長周期パターンが存在する。

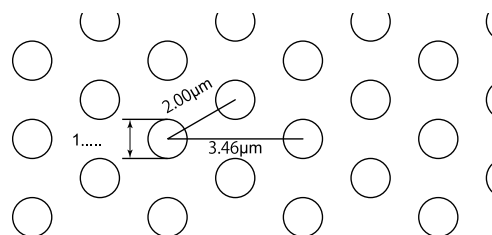


Fig. 1 Schematic image of the mask pattern ($p=2.0\mu\text{m}$ hole pattern)

フォトリソグラフィ法により作製した金属微細構造において表面プラズモン現象が誘起されることを確認するため、ガラス基板上に Al 膜をスパッタ法により成膜(約 $0.34\mu\text{m}$)し、作製したフォトマスクによるレジストパターニングと、ウェットエッチングにより Al 膜に $\phi 0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ のホールアレイ（ピッチ各 $1.6\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $2.4\mu\text{m}$ ）を形成した。

2.2 測定方法

ホールパターンを有する Al 膜において、表面プラズモン共鳴による光吸収が誘起されていることを確認するため、紫外可視近赤外分光光度計により透過率測定を行った。表面プラズモン共鳴による光吸収による、特定の周波数における透過率のマイナスのピークの有無を確認した。

2.3 ショットキー接合素子の試作に向けた検討

ショットキー接合素子の作製において、フォトマスクによるリソグラフィパターンを基に、ICP ドライエッチング装置 (MUC-21) により、Si 基板上にパターン径 $\phi 0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ のホールアレイ（ピッチ 各 $1.6\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $2.4\mu\text{m}$ ）を形成した。

3. 実験結果および考察

Fig.2 に、作製したフォトマスクを用いてフォトリソグラフィ法によりガラス基板上に作製した $\phi 0.8\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $1.2\mu\text{m}$ のホールアレイ（ピッチ 各 $1.6\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $2.4\mu\text{m}$ ）を有する Al 膜の SEM 像を示す。

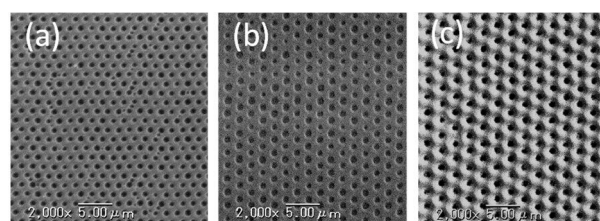


Fig. 2 SEM image of the Al hole pattern on the glass substrate pattern pitch(a) $1.6\mu\text{m}$ (b) $2.0\mu\text{m}$ (c) $2.4\mu\text{m}$

*1 現 機能素材加工課

Fig.3 に、ガラス基板上に作製したホールアレイを有する Al 膜について、紫外可視近赤外分光光度計により透過率測定を行った結果を示す。ピッチ $1.6\mu\text{m}$ のパターンにおいては、 $1370\mu\text{m}$ と $2070\mu\text{m}$ 付近に、マイナスピークが観測された。これらのピークは、ガラス基板の透過率測定を行った際には観測されておらず、また、ピーク位置はパターンピッチが大きくなるにつれて長波長側にシフトしていることから、このピークは表面プラズモン共鳴による吸収であると考えられる。また、パターンピッチに依存する 2 カ所のピークは、それぞれ短周期パターンと長周期パターンにおける表面プラズモン共鳴による吸収と考えられる。

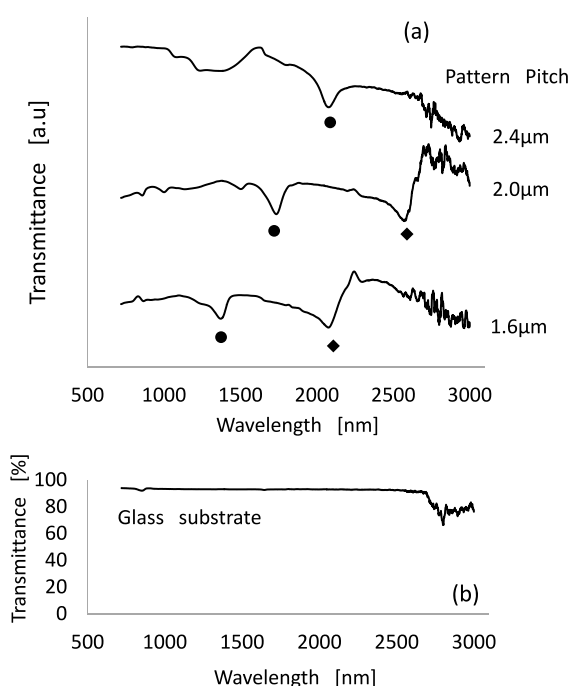


Fig. 3 (a) Transmittance of the Al film with hole pattern
(b) Transmittance of the glass substrate

次に、実際のショットキー接合素子の試作に向け、Si 基板上への微細構造パターンの試作を行った。Fig.4 に、作製した微細構造を有する Si 基板の SEM 像を示す。今後、この Si 基板上に金属膜を成膜し、ショットキー障壁を形成、光検出特性の評価を目指す。

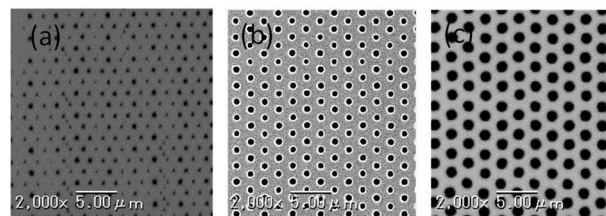


Fig. 4 SEM image of the Si substrate with hole pattern pattern pitch(a) $1.6\mu\text{m}$ (b) $2.0\mu\text{m}$ (c) $2.4\mu\text{m}$

4. 結言

フォトリソグラフィー法により微細ホールパターンを有する Al 膜(ピッチ $1.6\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $2.4\mu\text{m}$) を作製した。特定の波長において、パターンのピッチに依存する光吸収が確認され、表面プラズモン共鳴による光吸収が誘起されることを確認した。

今後、微細構造を有する Si 基板上への金属薄膜の形成によるショットキー障壁素子を試作し、光検出性能を確認する。

参考文献

- 1) 二又政之 :表面科学 Vol. 33, No. 4, pp. 216-222, 2012
- 2) 玉田薫 :表面科学 Vol. 33, No. 4, pp. 223-228, 2012

キーワード： 光検出素子、表面プラズモン、微細構造

Study of surface plasmon enhanced schottky photodetector with periodic structure pattern

Product and Function Evaluating Section; Yasutomo MASUGATA^{*1}, Masaaki NASUNO

Toward experimentally demonstration of sensitivity enhancement of schottky photodetector by surface plasmon resonance with periodic metal pattern, we fabricated Al films on a glass substrate with hole periodic pattern of $1.6\mu\text{m}$ ~ $2.4\mu\text{m}$ by photolithography. By measuring transmittance of these periodic metal patterns, light absorption due to surface plasmon resonance were observed. And then, we prepared a Si substrate with periodic structure pattern by using dry etching method. In the future, we are going to try to form a schottky barrier on these Si substrate, and measure the light sensitivity.