

## 同時発表：

筑波研究学園都市記者会（資料配布）

文部科学記者会（資料配布）

科学記者会（資料配布）



平成 21 年 3 月 26 日

独立行政法人物質・材料研究機構

# 表面プラズモンを利用したフルカラーフィルタの開発に成功

## ーナノ加工技術が生み出すナノフォトニックデバイスー

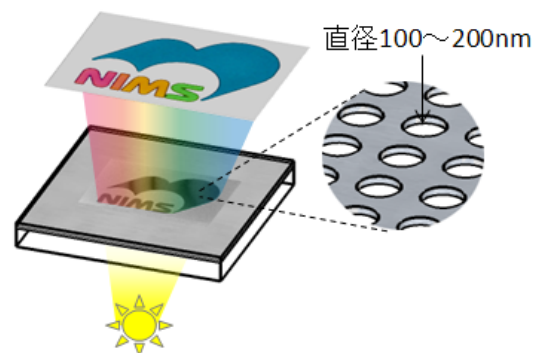
独立行政法人物質・材料研究機構（理事長：岸 輝雄）ナノテクノロジー融合支援センター（センター長：潮田資勝）の池田直樹主任エンジニアらの研究グループは、株式会社豊田中央研究所（代表取締役所長：斎藤 卓）と共同で、表面プラズモン<sup>1)</sup>を利用したフルカラーフィルタの開発に成功した。

本研究では、可視光全領域で表面プラズモン共鳴が得られる金属材料としてアルミニウムを採用することで、電子線リソグラフィ法<sup>2)</sup>と反応性イオンエッチング法<sup>3)</sup>によりナノスケールの高精度な周期的なホールアレイを形成することが可能になり、単色性・透過率に優れた赤・橙・黄・緑・青の5色のカラーフィルタの開発に成功した。

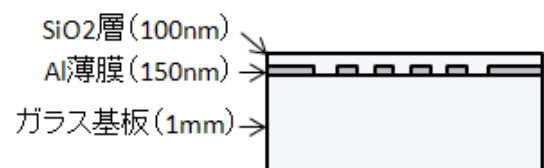
本カラーフィルタは、ガラスや半導体基板のみならずフレキシブルな透明フィルム上にも作製可能であることから、将来の超高解像ディスプレイやイメージセンサ<sup>4)</sup>への応用が期待でき、また、発光ダイオード内に組みこむことで光取り出し効率の飛躍的向上が期待される。

特定の光を透過するカラーフィルタは、ディスプレイやイメージセンサをはじめとして、様々な分野・用途で用いられている。従来のカラーフィルタは、光をR（レッド）・G（グリーン）・B（ブルー）の3原色に分ける際、材料の吸収による遮光もしくは光の干渉により特定の波長のみを透過もしくは反射させる方式が用いられている。しかし、リソグラフィ工程を繰り返す、あるいは屈折率の異なる材料を積層するなど構造が複雑であるため、製造工程およびコストの削減が求められている。一方で、近年、金属薄膜にナノスケールの微細加工を施した新たな構造における光の挙動、すなわち表面プラズモン共鳴による光の異常透過現象が注目を集め、波長フィルタや発光ダイオード（LED）の光取り出し効率の向上など様々な応用研究が進められている。これまでの表面プラズモン共鳴に関する研究の多くは、金属材料として銀や金を用い、集束イオンビームによってパターンの一つ一つを直接加工することによって進められてきた。しかしながら、金や銀あるいは銅といった貴金属材料は、プラズマ周波数<sup>5)</sup>が低すぎるためRGBすべてに対応するフィルタ特性を得ることは難しく、作製プロセス・コストの面からも実用化に向けての課題は大きかった。

本研究では、これらの課題を解決するために、従来の半導体技術により加工が比較的容易であり、可視光全領域において表面プラズモン共鳴が得られる材料として



(a) 概略図



(b) 構造断面図

図1. 表面プラズモンカラーフィルタ

アルミニウム (Al) を採用した。図 1 に表面プラズモンカラーフィルタの概略図および構造断面図を示す。ガラス基板上に成膜した厚さ 150nm のアルミニウム薄膜に、電子線リソグラフィ法と反応性イオンエッチング法により光の波長の半分程度の周期的なホールアレイ (周期:300~420nm、孔径:150~210nm) を形成し、表面をシリコン酸化膜 (SiO<sub>2</sub>) でカバーした。基板裏面から入射した光は、アルミニウムとガラスとの界面において、ホールアレイの周期によって決まる特定の周波数成分を持つ表面プラズモンを励起・伝搬するためカラーフィルタとして機能する。図 2 に作製したアルミニウムホールアレイの電子顕微鏡像と透過型光学顕微鏡により観察した表面プラズモンカラーフィルタの透過光像を示す。図中の文字「N」、文字「I」、文字「M」、文字「S」および双眼鏡様図形は、それぞれ周期  $a=420, 380, 340, 320, 300\text{nm}$  のホールアレイで構成されており、周期の 1.65 倍 (ホール直径の 3.3 倍) に相当する波長の光が透過している。

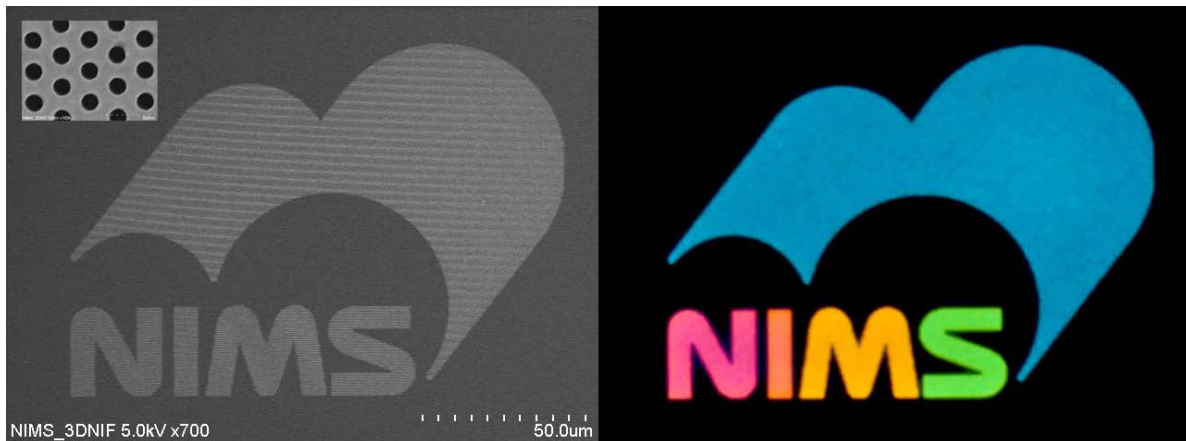


図 2. 作製した表面プラズモンカラーフィルタの電子顕微鏡像(左)と透過光像(右)

今回作製したアルミニウムを使った表面プラズモンカラーフィルタの優位性を以下に示す。

- ① フルカラーによる自然な色の再現が可能である。
- ② 二次元的な構造であるため色(透過光の波長及び帯域幅)・輝度などの光学特性の制御が容易である。
- ③ 作製プロセスが単純であり、それぞれの波長に対応したフィルタを一括して形成可能である。
- ④ 薄く、構造が極めてシンプルであり、微細化が容易である。
- ⑤ 従来の半導体微細加工技術が利用可能であり、特に大面積・量産向けのリソグラフィには現状のナノ・インプリント技術が適用可能である。

アルミニウム薄膜を使った表面プラズモンカラーフィルタは、ガラスや半導体基板のみならずフレキシブルな透明フィルム上にも作製可能であることから次世代のよりリアルな超高解像ディスプレイやイメージセンサを実現するものと期待される。今後は、様々な光デバイスへの応用を目的として光学特性の改善の他、動的制御など高機能化に関する研究を進めていく予定である。

本研究成果は、2009年3月30日から4月2日に筑波大学(つくば市)で開催される春季第56回応用物理学関係連合講演会および2009年4月5日から4月10日にオーストラリア・シドニーで開催されるThe 8th International Photonic & Electromagnetic Crystal Structures Meeting (PECS8)において発表される。

## <脚注>

### 1) 「表面プラズモン」

金属と誘電体との界面に存在する光と結合した電子の疎密波で、表面プラズモン・ポラリトンとも呼ばれる。光が表面プラズモンに変換されることにより光の回折限界を超えた微小領域での光制御が可能になる。

### 2) 「電子線リソグラフィ」

レジストと呼ばれる感光性材料に細く絞った電子線を照射し、現像工程を経ることで微細なパターンを形成する技術。パターンの最小寸法はビームサイズによって決まり、100kV で加速された電子線では 10nm 以下の極微細パターンを描くことが可能になる。

### 3) 「反応性イオンエッチング」

プラズマ中のイオンや反応性ラジカルを試料に照射することによって、物理的および化学的に試料を加工する技術。指向性を持ったイオンの入射により高精度な加工が可能となる。

### 4) 「イメージセンサ」

光を電気信号に変換することで画像をデジタルデータに変換する装置。入射した光を電気に変える受光素子は、カラーフィルタを透すことで特定の色 of 光量を検出し色情報を取得しているため、色再現性の向上にはカラーフィルタのマルチカラー化が必要とされる。

### 5) 「プラズマ周波数」

物質中の電子が互いに電氣的反発を受けて集団的に振る舞う運動をプラズマ振動といい、その周波数をプラズマ周波数と呼ぶ。金属光沢は、プラズマ周波数より低い周波数を持つ光が金属内部に侵入することなく表面でほぼ完全に反射されることに起因する。

## <本件に関するお問い合わせ先>

独立行政法人物質・材料研究機構

ナノテクノロジー融合支援センター ナノ集積ライン

主任エンジニア 池田 直樹 (いけだ なおき)

主任エンジニア 津谷 大樹 (つや だいじゅ)

主席研究員 杉本 喜正 (すぎもと よしまさ)

統括マネージャー 小出 康夫 (こいで やすお)

TEL:029-859-2347 FAX:029-859-2309

E-mail IKEDA.Naoki@nims.go.jp

独立行政法人物質・材料研究機構

企画部 広報室

TEL:029-859-2026 FAX:029-859-2017