

スティック・スリッ現象を用いたマイクロ格子構造の形成と機能性評価

○学 山田 泰成(岐阜大) 指導教員 正 内藤 圭史(岐阜大) 正 屋代 如月(岐阜大)

1. 緒言 技術の高度化に伴い、微細構造形成の重要性が高まって久しいが、マイクロ・ナノレベルの加工は依然、複雑で高コストである。特に、機械加工による微細構造形成は、サイズの面で難しい上、摩擦のためにプロセス制御の面でも難しい。これに対し、本研究室は、摩擦を抑えるのではなく、積極的に活用することにより簡易に微細構造を形成する新規機械加工法を開発した。これは、試料を剃刀に強く押し当てながら移動させ、接触部でスティック・スリッ(SS)現象^{*1}を起こすことにより、フィルム表面に微細周期構造を形成する加工法(SS加工法)である。本研究では、この微細周期構造を格子状に形成することで、微細加工技術が求められる半導体への応用や光学効果を発揮するフィルムの創出に繋がると考え、SS加工を二軸に施し、マイクロ格子構造フィルムとすることを試みた。

2. 実験方法 試料として、ポリエチレンテレフタレート(PET)フィルム(フタムラ化製, FE-2000)を準備し、加工刃には剃刀(フェザー製, FAS-10)を用いた。本研究では、SS加工(一軸目加工)後に、フィルムの設置角度を変えて、再度SS加工(二軸目加工)を行うことにより、マイクロ格子構造の形成を試みる。この際、二軸目の加工条件は一軸目の場合と同条件である。加工されたフィルム表面を、走査型電子顕微鏡(SEM)及び走査型プローブ顕微鏡(SPM)により観察し、構造を確認できた場合には、その周期(間隔)と深さを調べた。なお、二軸目の一軸目に対する交差角(ϕ)は 20, 45, 70, 85deg である。また、マイクロ格子構造フィルムの機能性を評価するために、光学特性と濡れ性を調べた。光学特性は、光透過率の入射角度依存性を調べることで評価し、濡れ性は、水の接触角などにより評価した。

3. 実験結果 Fig. 1 に、交差角 45deg で二軸加工を施した PET フィルム表面の SPM 像を示す。図より、平行四辺形の格子状構造の作成に成功していることが分かる(図中、黒い直線部が、周期構造の谷部であり、斜め方向の構造跡が一軸目、縦方向の構造跡が二軸目である)。ここで、格子構造の周期は、一軸目では 5.5 μm 、二軸目では 6.8 μm であり、二軸目の方が一軸目よりも長周期になる傾向は交差角を変えても現れた。Fig. 2 は二軸加工を施した PET フィルムの光透過率の光入射角度依存性を調べたものである。入射角度が大きくなるにつれて光透過率は低下した。また、素材である PET フィルムに比べて、SS 加工後のフィルムは光透過率が低下する傾向にあった。ぬれ性に関しては、水の接触角が素材の PET で 73.8deg であるのに比べ、二軸加工後の PET フィルムはどの交差角においても 80deg 程度の値を示した。

4. 考察 二軸目構造の周期が一軸目構造に比べて大きい理由は、SS 加工時の PET フィルムの表面構造にある。一軸目構造は平坦なフィルム表面に加工しているのに対して、二軸目構造はすでに凹凸が出来ている状態での加工になる。つまり、表面粗さが増したことにより、摩擦力が大きくなったことが原因である。よって一軸目と二軸目の周期をそろえるためには、この摩擦力を考慮したうえで、二軸目の加工条件を決定する必要がある。光透過率に関しては、入射角が大きくなるにつれて光透過率が低下する傾向は、フレネルの式により説明できる。また、未処理の PET フィルムに比べ、加工後の光透過率が低くなる理由は、フィルム表面の SS 構造により光が屈折して、拡散や全反射が起こるためである。濡れ性に

関しては、未処理の PET フィルムよりも二軸加工後のフィルムの接触角が大きくなったことから、疎水性が強まったことが分かる。一般的に、親水材料(接触角 90°以下)の場合は、その表面を粗らすと親水性が強まるが、本実験で形成した微細構造の凹部には水が入りこめず疎水化したと考えられる²⁾。

5. 結言 本研究で得られた主な成果を、以下に記す。

(1) 二軸の SS 加工により、PET フィルム表面へのマイクロ格子構造の形成に成功した。

(2) マイクロ格子構造の形成より、光学特性等の機能性を変化させられることが明らかとなった。

謝辞 本研究は越山科学技術研究助成金を受けて実施した。また、PET フィルムはフタムラ化学(株)より提供頂いた。ここに感謝の意を表す。

参考文献

(1) 黄元司郎・石塚鎮夫, 東海支部総会講演会講演論文集 pp339-340(2000)。

(2) 山本憲・小方聡, 年次大会講演論文集 pp41-42(2008)。

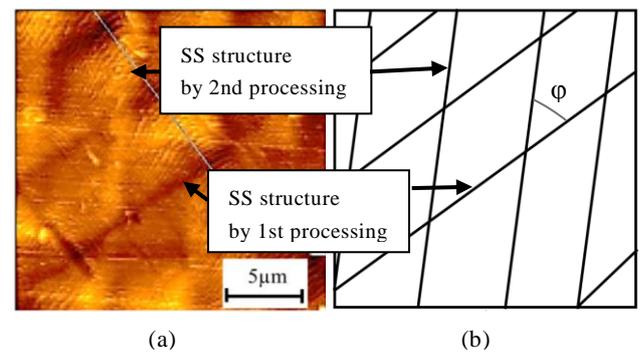


Fig.1 Surface image of the 2-axis SS processed PET film.(a) SPM image, (b) Pattern diagram.SS processing condition,: contact force (W)=1.41N, processing angle (θ)=139.2 deg, processing speed (V)=10 mm/min, blade free-edge length (L)=1mm.

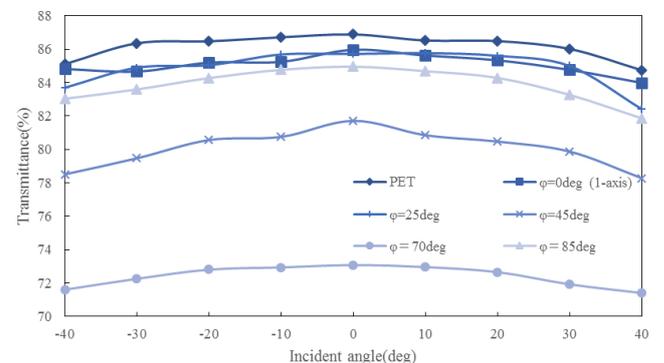


Fig.2 Light incident angle dependency of light transmittance of the SS processed PET films. Wavelength $\lambda=700$ nm.

***1** スティック・スリッ現象: 摩擦部分で発生する滑りと付着の繰り返しの振動現象。材料が2面間ですべり運動する際に、静摩擦係数と動摩擦係数に差があり、その運動系が弾性自由度を有する場合に発生する。