

自在に表面形状を変化できる新しい光応答性ソフトマテリアルの開発

直接表面パターンニング可能な光応答性ソフトマテリアルの創製

(¹ 関西大化学生命工, ² 関西大 ORDIST) ○宮田隆志^{1,2}, 小嶋友里¹, 浦上 忠^{1,2}

【1K17】

(Tel: 06-6368-0949, Email: tmiyata@kansai-u.ac.jp)

【背景】

ナノテクノロジーの発展に伴ってマイクロスケールやナノスケールの材料加工を施す様々な微細加工技術が、電子デバイスや情報記録デバイスなどの作製に利用されている。最近では医療分野でもマイクロ検査チップ等の製造に利用されており、微細加工技術は幅広い分野で必要不可欠な技術になっている。例えば、フォトリソグラフィは、基板上にフォトレジストと呼ばれる感光性樹脂を塗布し、光照射により照射部と未照射部のフォトレジストの溶解性を変化させることで微細加工する技術として広く用いられている。しかし、フォトリソグラフィでは光照射後に溶媒による可溶部分を溶解除去させる現像という作業が必要であり、より簡易な工程で微細加工可能な技術が望まれている。また、フォトリソグラフィでは光照射による可溶部と不溶部のコントラストを利用するため、現像後にさらにエッチングによる膜厚方向の微細加工が必要となる。このようなフォトリソグラフィの欠点を克服するために、最近ではナノインプリント技術も注目されている。ナノインプリント技術では微細化および低コスト化が可能であるが、モールドという鋳型を用いなければならず、このモールドを作製するためには別の微細加工技術が必要となる。

【本研究のコンセプト】

本研究では、フォトリソグラフィやナノインプリントの欠点を克服し、より簡便な方法で表面形状を変化させることができる表面パターンニング可能な光応答性ポリマーの合成を試みた。まず、光により励起された分子間で結合する反応として知られている光二量化反応に着目し、自由体積の大きなポリジメチルシロキサン(PDMS)に光二量化基を導入することによって、光照射により体積変化して表面パターンニングできる新規な光応答性ポリマーの合成が可能になると考えた(図1)。そこで、光二量化するシンナモイル基を有するケイ皮酸ビニル(VCi)と PDMS マクロモノマーとの共重合により、光二量化によって架橋形成する光応答性ポリマー (PVCi-g-PDMS) を合成した。さらに、光照射による PVCi-g-PDMS フィルムの構造変化を調べ、そのフィルム表面への光パターンニングを試みた。

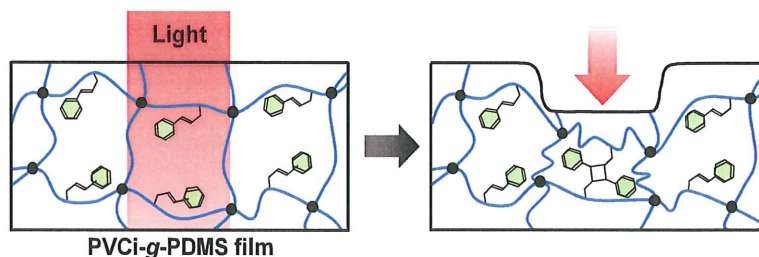


図1 光応答性ポリマーによる表面パターンニング

【結果】

まず、合成した PVCi-g-PDMS のシンナモイル基は UV 照射により二量化することがわかった。また PVCi-g-PDMS フィルムに UV 照射すると、そのシンナモイル基の二量化に伴ってフィルムの膜厚が次第に減少することを明らかにした。そこで、グリッド状のフォトマスクを通して PVCi-g-PDMS フィルムに所定時間 UV 照射した後、

フィルム表面の形状を観察した (図 2)。その結果, UV 照射部分のみフィルムの膜厚が減少しており, フォトマスクのグリッド形状が明確にフィルム表面に記録されていることがわかる。また, 図 2 (d)に示したフィルムの表面粗さ解析の結果より, UV 照射部分の膜厚がシャープに減少していることが明らかとなった。これは, UV 照射部分のみのシナモイル基が二量化することにより, 高分子鎖間で架橋構造が形成されたためと考えられる。以上のように, フォトマスクを通して光照射することにより, 現像などの処理を必要とせずに簡便に表面パターンニングできる光応答性ソフトマテリアルの合成に成功した。

さらに, このようなパターンニング表面をもつ PVCi-g-PDMS フィルムの応用の一例として, この光応答性表面を用いたマイクロコンタクトプリントによるタンパク質のパターンニングも試みた。まず, パターンニング表面にタンパク質を吸着させた後, シリコンウェハなどの基板に接触させることにより, 表面パターンに応じたタンパク質のパターン化を行った (図 3)。その結果, パターンニング表面に吸着されたタンパク質は, パターンニング表面と同様のパターンでシリコンウェハ上に転写することができた (図 4(b))。また転写後のスタンプのパターンニング表面に残存しているタンパク質は, スタンプの凹部分のみであり, 効率よくタンパク質転写が可能であることがわかった (図 4(a))。

したがって, 本研究で開発した光応答性ソフトマテリアルは, 光照射によって簡単に表面パターンニングでき, さらに生体分子などのパターン化を行うためのマイクロコンタクトプリント用のスタンプとしても有用であった。

【適用分野】

微細加工技術, 印刷技術, 光記録, マイクロデバイス, ホログラム, 表面レリーフ, MEMS, マイクロ流路, 診断デバイス, マイクロコンタクトプリント

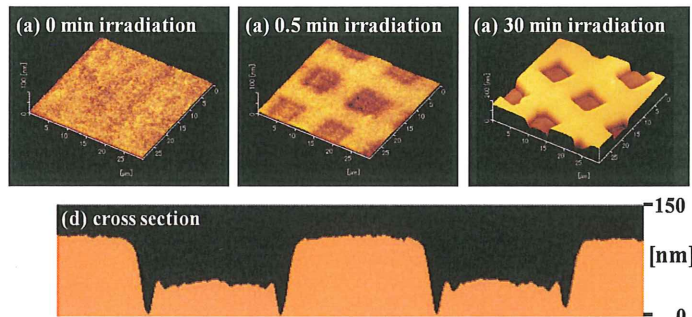


図 2 フォトマスクを通した UV 照射による PVCi-g-PDMS フィルムの表面形状変化。(a) 未照射, (b) 0.5 分照射, (c) 30 分照射。(d) 30 分照射後の断面。

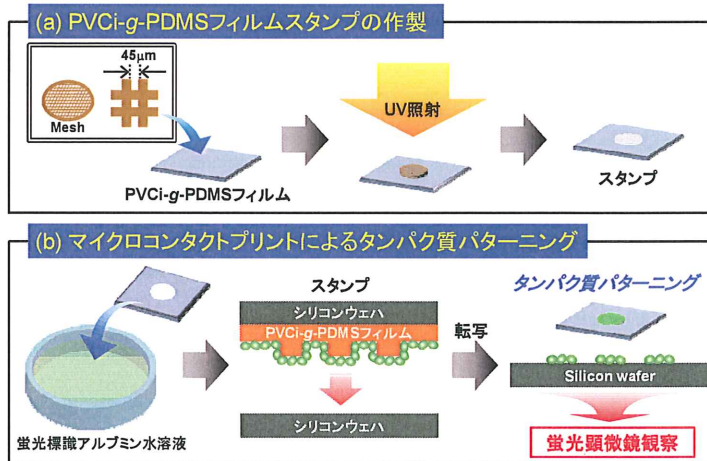


図 3 PVCi-g-PDMS スタンプの作製(a)とそれを用いたマイクロコンタクトプリントによるタンパク質パターンニング(b)

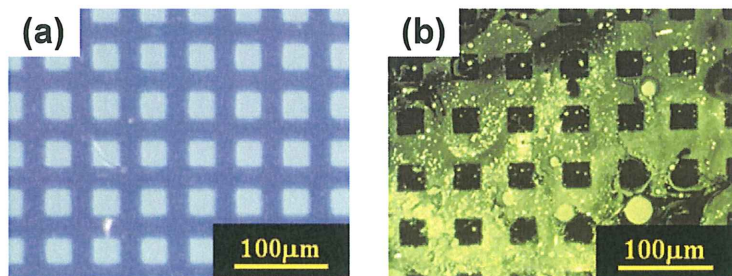


図 4 PVCi-g-PDMS スタンプによる蛍光標識タンパク質パターンニング。(a)マイクロコンタクトプリント後のスタンプ, (b)タンパク質パターンニング