

感光性有機無機ハイブリッドナノパターニング材料による エッチングレス加工技術の開発

Development of Etching-less-patterning Processes Using Ultraviolet Sensitive Hybrid Resist Materials

H29助自56

代表研究者 竹 井 敏 公立大学法人 富山県立大学 工学部 医薬品工学科 教授
Satoshi Takei Professor, Faculty of Engineering Department of Pharmaceutical Engineering,
Toyama Prefectural University

This procedure is proven to be suitable for material design and the process conditions of organic-inorganic hybrid resist materials on photo reactive underlayer material for the defect reduction by contamination. The developed etching-less-patterning processes using ultraviolet sensitive hybrid resist materials produced micro-patterning of line and excellent etch properties for MEMS, biosensors, and medical devices. This desirable concept using glucose derivatives with photo reactive groups in the resist material is one of the most promising processes ready to be incorporated into the mass production of advanced electronic device applications.

研究目的

生産性が低下する真空装置による製膜、有機溶媒やアルカリを用いた現像工程を不要とする、全く新規な無機物質の加工技術の開発が研究目的である。現在、無機物質のパターンは、あらかじめ無機物質を蒸着やスパッタなど真空を必要とする装置で成膜後、レジストを塗布→露光→有機溶媒またはアルカリで現像→別の真空装置内で反応性ガスを用いてエッチング→レジスト剥離という非常に複雑な工程で形成されている。これらの工程は極めて多段階であるうえ、真空装置は一般に非常に高価であり、また用いる有機溶媒やアルカリ現像液は環境に優しいとは言えない。

そこで、本研究の第1段階(ステージ1)では、バイオマス資源であるプルランや糖鎖材料などの水溶性材料を用いて水現像可能な感光性有機—無機ハイブリッド材料を開発し、環境適応型の無機物質パターンニングプロセスを実現

する。本研究の第2段階(ステージ2)では、この材料を印刷可能なものとし、露光、現像工程を必要としない超低コスト・省エネルギープロセスとする。第3段階(ステージ3)ではこれらのプロセスの実用化研究を行う。本技術により、半導体、ディスプレイなどの電子デバイス、センサー、MEMSなど様々な分野に展開可能な種々の無機物質のパターンニングが可能となり、現行プロセスに代わる新規な環境適応型・省エネルギープロセスが達成できる。

本研究の第1段階(ステージ1)において注目する水現像可能な感光性有機—無機ハイブリッド材料は、有機物、無機物双方の長所を併せ持つ特性が期待でき、難易度は高いが、その工業的意義は計り知れない。プラスチックなどの有機物質に金属、金属酸化物、セラミックス、ガラスなどの無機物質を混合、あるいは反応させてハイブリッド化することにより、有機物、無機物それぞれが持つ優れた特性の発現を目指した。

さらに、化石資源の使用量削減、廃液処理の簡素化による省エネルギー化が実現する。水現像による製造プロセスのグリーン化を実現することで、環境への先駆的取り組みを富山県から世界にアピールし、ナノ技術支援による地方経済の活性化も図れる。

概 要

本研究は、生産性が低下する真空装置による製膜、有機溶媒やアルカリを用いた現像工程を不要とする、全く新規な無機物質の加工技術の開発が研究目的である。現在、無機物質のパターンは、あらかじめ無機物質を蒸着やスパッタなど真空を必要とする装置で成膜後、レジストを塗布→露光→有機溶媒またはアルカリで現像→別の真空装置内で反応性ガスを用いてエッチング→レジスト剥離という非常に複雑な工程で形成されている。これらの工程は極めて多段階であるうえ、真空装置は一般に非常に高価であり、また用いる有機溶媒やアルカリ現像液は環境に優しいとは言えない。生産性が低下する真空装置による製膜、有機溶媒やアルカリを用いた現像工程を不要とする、全く新規な感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料に関する研究である。

バイオマス資源であるグルコースなどの水溶性材料を用いて水現像可能な感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料を開発し、環境配慮型の無機物質パターンニングプロセスの開発を行った。本成果により、半導体、ディスプレイなどの電子デバイス、センサー、MEMSなど様々な分野に展開可能な種々の無機物質のパターンニングが可能となり、現行プロセスに代わる新規な環境適応型・省エネルギープロセスの実現を目指した。

通常の感光性ペーストは、感光性樹脂や感光性モノマーなどの有機成分に感光性を持たな

い無機粒子を分散したものである。本研究では、有機成分と無機成分の双方に感光性を付与する新たな水現像可能な感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料、およびそれを用いた新しいパターン形成技術の開発を進めた。無機粒子にも感光性を付与することにより、無機粒子自身が有機成分と、あるいは無機粒子同士で硬化反応(架橋など)できるように調整した。水現像可能な感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料中の有機成分と無機成分の双方に感光性を付与することにより、露光部での硬化が促進され、少ない露光量でも十分硬化する高感度化が達成できると共に、極めて強固な硬化膜形成を設計指針とした。

有機成分としては、バイオマス資源として水溶性のグルコース誘導體、架橋剤として2-isocyanatoethyl methacrylate (MOI) 又は2-isocyanatoethyl acrylate (AOI) を使用することで、架橋基を有する熱または光硬化性グルコース誘導體を合成した。無機粒子への感光性の付与は無機物粒子の表面に存在するヒドロキシル基などにシランカップリング剤を介して導入した。得られた有機成分と無機成分を配合することにより有機成分と無機成分の双方に感光性を付与する感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料を開発した。

感光性有機無機ハイブリッドナノパターンニング材料のフォーミレーション最適化品TPU-hybrid2018は、200 μmの解像性を有することが分かった。数百ミクロン程度の微細加工性を損なうことなく、かつ環境汚染物質の有機溶媒や毒性の高いアルカリ現像液TMAHを不要とする、有機成分と無機成分の双方に感光性を付与する感光性有機無機ハイブリッド材料の適用可能性を示した。

ペースト材料や露光量を調整して表面難溶化層の強度(硬化度)や厚さを変え、またこれらと

現像条件の組み合わせにより、さらに種々の形状を持つパターンが得られ、これらを利用したパターンニング技術の種々の展開が期待できる。

更に、超高压水で現像とエッチングを同時に行う「垂直現像」により、これまで加工が困難であった「任意の形状にパターンニングする」方法を見出した。本技術の優位性として、(1)環境調和(2)工程の大幅短縮(コスト削減・省エネルギー)(3)適用範囲の拡大を挙げることができる。

今後、感光性有機無機ハイブリッド材料を印刷可能な材料設計に改良し。印刷により無機パターンの微細化が可能になるとともに、必要な部分のみに材料を印刷できるので材料コストが大幅に削減されることを目指す。印刷方法としては、スクリーン印刷、インクジェット印刷、スプレー印刷などの各種印刷法が実用化されており、それぞれに求められる材料特性(固形分濃度、粘度、塗布性など)を最適化する予定である。

－以下割愛－