(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 2 月 13 日(13.02.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/024958 A1

(51) 国際特許分類:
B29C 59/02 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/071477

(22) 国際出願日: 2013 年 8 月 8 日(08.08.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-176940 2012 年 8 月 9 日(09.08.2012) JP

(71) 出願人: 大日本印刷株式会社(**DAI NIPPON PRINTING CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目１番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 長沼　宏之 (**NAGANUMA Hiroyuki**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目１番１号大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP). 有塚　祐樹 (**ARITSUKA Yuki**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目１番１号大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP). 石川　幹雄 (**ISHIKAWA Mikio**); 〒1628001 東京都新宿区市谷加賀町一丁目１番１号大日本印刷株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 太田　昌孝, 外(**OTA Masataka** et al.); 〒1010043 東京都千代田区神田富山町２８番地２松井ビル４階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ

[続葉有]

WO 2014/024958 A1

(54) **Title**: PRODUCTION METHOD FOR MINUTE CONVEX-SHAPED PATTERN STRUCTURE AND MINUTE CONVEX-SHAPED PATTERN STRUCTURE PRODUCTION SYSTEM

(54) 発明の名称 : 微細凸状パターン構造体の製造方法及び微細凸状パターン構造体製造システム

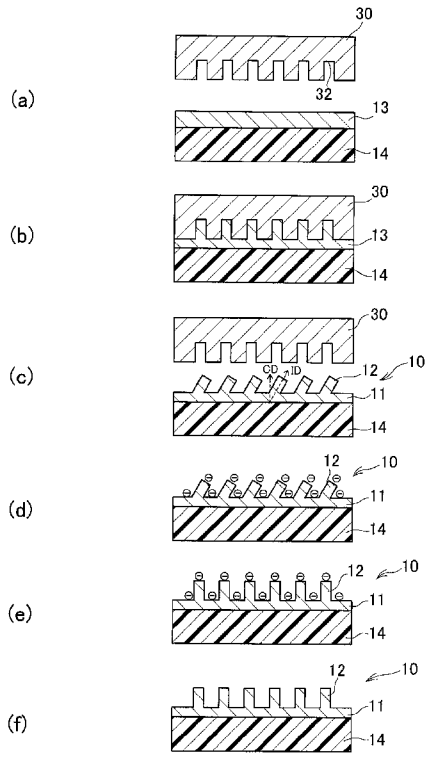


FIG.1

(57) **Abstract**: A method for producing a minute convex-shaped pattern structure (10) having a minute convex-shaped pattern (12) that protrudes from a flat section (11) in a prescribed direction relative to the flat section (11), wherein using an imprint mold (30) having a minute concave-shaped pattern (32) corresponding to the minute convex-shaped pattern (12), the minute convex-shaped pattern (12) protruding from the flat section (11) is formed under conditions in which the minute convex-shaped pattern (12) is inclined further to the flat section (11) side than to the prescribed direction, and an electric charge is generated in at least the sloped minute convex-shaped pattern (12), thereby causing the minute convex-shaped pattern (12) to protrude in the prescribed direction relative to the flat section (11).

(57) 要約:　平面部１１から平面部１１に対する所定の方向に突出する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を製造する方法は、微細凸状パターン１２に対応する微細凹状パターン３２を有するインプリントモールド３０を用いて、微細凸状パターン１２が所定の方向よりも平面部１１側に傾斜する条件で、平面部１１から突出する微細凸状パターン１２を形成し、少なくとも傾斜した微細凸状パターン１２に電荷を生じさせることにより、微細凸状パターン１２を平面部１１に対する所定の方向に突出させる。

ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

微細凸状パターン構造体の製造方法及び微細凸状パターン構造体製造システム

技術分野

[0001] 本発明は、微細凸状パターン構造体を製造する方法及び微細凸状パターン構造体を製造するシステムに関し、特にナノインプリント技術を用いて当該微細凸状パターン構造体を製造する方法及びシステムに関する。

背景技術

[0002] 微細加工技術として、近年、ナノインプリント技術が注目されている。ナノインプリント技術は、基材の表面に微細凹凸パターンが形成されてなる型部材（モールド）を用い、当該微細凹凸パターンを被加工物に転写することで微細凹凸パターンを等倍転写するパターン形成技術である（特許文献１）。

[0003] かかるナノインプリント技術においては、一般に、流動性を有する樹脂等にモールドを押し当てた状態で当該樹脂等を硬化させ、その後硬化した樹脂等からモールドを剥離することにより、微細凹凸パターンを有する微細凹凸パターン構造体が形成される。このようにして形成される微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体（例えば、ピラー状、ラインアンドスペース状等の樹脂パターン）は、例えば、そのまま細胞培養シート等のナノピラーアレイ構造体、モスアイフィルム、マイクロニードルアレイ、偏光フィルム等として、また、エッチングにより基板等に微細凹状パターンを形成するためのエッチングマスク等として用いられることから、当該樹脂パターンにおいては、当該微細凸状パターンが樹脂パターン面に対して略垂直に立設されていることが要求される。

[0004] しかしながら、ナノインプリントにおいて硬化した樹脂とモールドとを剥離する際には、樹脂パターン面に対する垂直方向の力（引張力）のみならず

面内方向の力（引張力）も微細凸状パターンに加わるために、微細凸状パターンが倒れてしまうことがある。特に、モールドや被転写物としての樹脂が柔軟性を有する材料からなる場合や、ベルト状インプリントモールド又は回転体の表面に微細凹状パターンが形成されてなるモールドを回転させながら、所定方向に搬送される長尺状の被転写材に押し付けることで、当該長尺状の被転写材上に微細凸状パターンを形成しようとする場合等において、微細凸状パターンに加わる面内方向の力が大きくなり、微細凸状パターンの倒れがより深刻となる。

[0005] このような微細凸状パターンの倒れが生じると、所望とする製品が得られなくなり、製品の歩留まりの低下を引き起こすこととなるが、上述したような微細加工技術分野において凸状パターンのさらなる微細化や高アスペクト比の要求が高まっているため、特に微細凸状パターンの倒れの問題が顕著になってくる。

[0006] そこで、従来、ナノインプリントにより所定の形状（ライン形状、十字形状等）の微細凸状パターンを形成しようとする場合において、硬化した樹脂からインプリントモールドを引き離す方向（剥離方向）を微細凸状パターンの構造（形状等）に応じて制御することにより微細凸状パターンの倒れ（湾曲等の欠陥）を防止する技術等が提案されている（特許文献２等参照）。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：米国特許第５，７７２，９０５号

特許文献2：特開２００７－２９６６８３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] しかしながら、上記特許文献２に記載の発明においては、インプリントモールドの剥離動作の制御により微細凸状パターンの倒れが防止され得るため、そのような剥離動作を実現可能な設備（インプリント装置等）が必要であ

るという問題がある。また、そのような設備を用いたとしても、当該剥離動作により倒れを防止し得る構造（ライン形状、十字形状等）の微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体しか製造することができず、他の構造（形状等）を有する微細凸状パターン構造体の製造には適さないという問題がある。すなわち、上記特許文献２に記載の発明は、汎用性に欠けるという問題がある。

[0009] また、微細凸状パターンの倒れを生じさせないために、微細凸状パターンに面内方向の力が極力かからないようにインプリントモールドを剥離すると、微細凸状パターンを構成する樹脂材料の強度や微細凸状パターンの構造（形状）等にも依るものの、インプリントモールドの剥離時に微細凸状パターンに欠損等の欠陥が発生する可能性が高まるという問題もある。

[0010] さらに、ナノインプリントにより形成される微細凸状パターンのさらなる微細化や高アスペクト比の要求が高まる現状において、かかる要求を満足し得る微細凸状パターンを倒さないようにインプリントモールドを剥離したとしても、微細凸状パターンの倒れが生じてしまうという問題もある。このように、さらなる微細化や高アスペクト比の要求を満足することのできる微細凸状パターンを、当該微細凸状パターンの倒れや欠陥等を生じさせることなくナノインプリント技術を用いて形成することは極めて困難である。

[0011] 上述した問題に鑑みて、本発明は、微細凸状パターンがいかなる構造（形状等）であったとしても、所定の方向に突出する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を、ナノインプリント技術を用いて精度良く製造する方法及び当該微細凸状パターン構造体を製造するためのシステムを提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 上述したように、ナノインプリント技術にて形成される微細凸状パターン構造体は、そのまま最終製品となったり、所定の基材をエッチングする際のエッチングマスクとして用いられたりするものであるため、微細凸状パターンが平面部の略直交方向に立設されていることが要求される。そのためにも

、微細凸状パターンが傾斜しないように形成される必要がある。しかしながら、インプリントモールドを用いた転写工程後に微細凸状パターンが傾斜していたとしても、その傾斜した微細凸状パターンを平面部の略直交方向に立設させることができれば、微細凸状パターンが傾斜してしまうのを気にすることなくナノインプリント技術にて微細凸状パターン構造体を製造することができる。そのような考えに基づいて、上記課題を解決すべく本発明者らが鋭意研究した結果、微細凸状パターンに所定の力を作用させることで、傾斜する微細凸状パターンを平面部の略直交方向に立設させ得ることを見出し、本発明を完成するに至った。

[0013] すなわち、本発明は、平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造する方法であって、前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成し、少なくとも前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させることを特徴とする微細凸状パターン構造体の製造方法を提供する（発明１）。

[0014] 上記発明（発明１）のように、微細凸状パターンが平面部に対する所定の方向よりも平面部側に傾斜する条件で当該微細凸状パターンを形成することで、インプリントモールドの剥離時に微細凸状パターンに作用する応力を低減することができるため、インプリントモールドの剥離容易性を向上させることができ、微細凸状パターンに欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができる。このように微細凸状パターンを形成すると、当該微細凸状パターンが所定の方向よりも平面部側に傾斜してしまうことがあるが、傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、電気的反発力を利用して当該微細凸状パターンを平面部に対する所定の方向に突出させることができるため、上記発明（発明１）によれば、平面部に対して所定の方向に突出する微

細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を、ナノインプリント技術を用いて精度良く製造することができる。

[0015] さらに、例えば、複数のライン状微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を製造する場合に、複数のライン状微細凸状パターンのそれぞれとインプリントモールドとの接触面における接触状態が異なることがあるため、微細凸状パターンのライン方向に沿ってインプリントモールドを剥離するときに、各ライン状微細凸状パターンとインプリントモールドとの剥離が開始する部分における剥がれ易さが異なることがある。また、微細凸状パターンのライン方向に沿ってインプリントモールドを剥離したときには、微細凸状パターンを傾斜させることが困難であることで、微細凸状パターンに対して面内方向にかかる応力が逃げ難い状態となる。そのために、当該剥離開始部分にてライン状微細凸状パターンに欠損等の欠陥が生じ、ライン状微細凸状パターンの長手方向の長さが不均一になることがある。その一方で、ライン方向に交差（略直交）する方向にインプリントモールドを剥離したときには、微細凸状パターンに治して面内方向にかかる応力を、当該微細凸状パターンを傾斜させることにより逃がしやすくすることができるため、形成されるライン状微細凸状パターンの長手方向の長さの均一性が向上するものの、インプリントモールドの剥離方向に沿ってライン状微細凸状パターンが傾斜してしまう。このように、微細凸状パターンを所定の方向よりも平面部側に傾斜させるようにして形成することで、微細凸状パターンの寸法精度を向上させることができる場合があるが、上記発明（発明１）によれば、傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、電気的反発力を利用して当該微細凸状パターンを平面部に対する所定の方向に突出させることができるため、平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を精度良く製造することができる。

[0016] なお、本発明において「平面部」とは、突出する微細凸構造部の基部となる面のことを意味し、平坦面であってもよいし、凹面、凸面、曲面等の非平坦面であってもよい。

[0017] 上記発明（発明１）においては、前記微細凸状パターン構造体を帯電させることが可能な雰囲気下に当該微細凸状パターン構造体を存在させることにより、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせてもよいし（発明２）、少なくとも前記微細凸状パターンを誘電分極又は静電誘導させることにより、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせてもよい（発明３）。

[0018] 上記発明（発明１～３）においては、前記微細凸状パターン構造体は、絶縁性材料により構成されていてもよいし（発明４）、前記微細凸状パターン構造体は、導電性材料を含む材料により構成されており、少なくとも前記微細凸状パターンを電気的フローティング状態として、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせてもよい（発明５）。

[0019] また、本発明は、平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造する方法であって、少なくとも前記微細凸状パターンが、外部からのエネルギーの付与により収縮し得る樹脂材料により構成されており、前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成し、前記傾斜した微細凸状パターンの側面のうちの相対的に伸長している側面に対して外部からエネルギーを付与することにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させることを特徴とする微細凸状パターン構造体の製造方法を提供する（発明６）。

[0020] 上記発明（発明６）のように、微細凸状パターンが平面部に対する所定の方向よりも平面部側に傾斜する条件で当該微細凸状パターンを形成することで、インプリントモールドの剥離時に微細凸状パターンに作用する応力を低減することができるため、インプリントモールドの剥離容易性を向上させることができ、微細凸状パターンに欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができる。このように微細凸状パターンを形成すると、当該微細凸状パターン

が所定の方向よりも平面部側に傾斜してしまうことがあるが、傾斜した微細凸状パターンに外部からエネルギーを付与することにより、当該微細凸状パターンを構成する樹脂材料の収縮力を利用して当該微細凸状パターンを平面部に対する所定の方向に突出させることができるため、上記発明（発明６）によれば、平面部に対して所定の方向に突出する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を、ナノインプリント技術を用いて精度良く製造することができる。

[0021] さらに、例えば、複数のライン状微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を製造する場合に、複数のライン状微細凸状パターンのそれぞれとインプリントモールドとの接触面における接触状態が異なることがあるため、微細凸状パターンのライン方向に沿ってインプリントモールドを剥離するときに、各ライン状微細凸状パターンとインプリントモールドとの剥離が開始する部分における剥がれ易さが異なることがある。また、微細凸状パターンのライン方向に沿ってインプリントモールドを剥離したときには、微細凸状パターンを傾斜させることが困難であることで、微細凸状パターンに対して面内方向にかかる応力が逃げ難い状態となる。そのために、当該剥離開始部分にてライン状微細凸状パターンに欠損等の欠陥が生じ、ライン状微細凸状パターンの長手方向の長さが不均一になることがある。その一方で、ライン方向に交差（略直交）する方向にインプリントモールドを剥離したときには、微細凸状パターンに対して面内方向にかかる応力を、当該微細凸状パターンを傾斜させることにより逃がしやすくすることができるため、形成されるライン状微細凸状パターンの長手方向の長さの均一性が向上するものの、インプリントモールドの剥離方向に沿ってライン状微細凸状パターンが傾斜してしまう。このように、微細凸状パターンを所定の方向よりも平面部側に傾斜させるようにして形成することで、微細凸状パターンの寸法精度を向上させることができる場合があるが、上記発明（発明６）によれば、傾斜した微細凸状パターンに外部からエネルギーを付与することにより、当該微細凸状パターンを構成する樹脂材料の収縮力を利用して当該微細凸状パターン

を平面部に対する所定の方向に突出させることができるため、平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を精度良く製造することができる。

[0022] 上記発明（発明６）においては、前記傾斜した微細凸状パターンの相対的に伸長している側面に対し活性エネルギー線を照射することにより、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させるのが好ましく（発明７）、かかる発明（発明７）においては、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面における前記樹脂材料の化学構造を変化させて前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させてもよい（発明８）。

[0023] 上記発明（発明８）においては、前記樹脂材料の架橋反応を進行させて前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させてもよいし（発明９）、前記樹脂材料の分子鎖を切断することにより前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させてもよい（発明１０）。

[0024] また、上記発明（発明７）においては、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を熱収縮させてもよい（発明１１）。

[0025] 上記発明（発明６～１１）においては、前記微細凸状パターン構造体に電子線、イオンビーム、紫外線、赤外線、可視光線、レーザー光線、Ｘ線又はガンマ線を照射することにより、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させるのが好ましい（発明１２）。

[0026] さらに、本発明は、平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造するシステムであって、前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成する傾斜パターン形成部と、少なくとも前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させる電荷付与部とを備えることを特徴とする微細凸状パターン構造体製造システムを提供する（発明１３）。

[0027] さらにまた、本発明は、平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有し、少なくとも前記微細凸状パターンが外部からのエネルギーの付与により収縮し得る樹脂材料により構成されている微細凸状パターン構造体を製造するシステムであって、前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成する傾斜パターン形成部と、前記傾斜パターン形成部により形成された前記傾斜した微細凸状パターンの側面のうちの相対的に伸長している側面に対して外部からエネルギーを付与することにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させるエネルギー付与部とを備えることを特徴とする微細凸状パターン構造体製造システムを提供する（発明１４）。

発明の効果

[0028] 本発明によれば、微細凸状パターンがいかなる構造（形状等）であったとしても、所定の方向に突出する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体を精度良く製造する方法及び当該微細凸状パターン構造体を製造するためのシステムを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]図１は、本発明の第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を切断端面により示すフロー図である。

[図2]図２は、本発明の第１及び第２の実施形態においてインプリントモールドの微細凹状パターンをインプリント用樹脂膜に転写する工程の他の例（その１）を切断端面により示すフロー図である。

[図3]図３は、本発明の第１及び第２の実施形態においてインプリントモールドの微細凹状パターンをインプリント用樹脂膜に転写する工程の他の例（その２）を切断端面により示すフロー図である。

[図4]図４は、本発明の第１の実施形態においてインプリントモールドを用いて傾斜する微細凸状パターンを形成する工程の他の例を示す切断端面図であ

る。

[図5]図５は、本発明の第１の実施形態において製造される、傾斜する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体の他の例（その１）を示す斜視図である。

[図6]図６は、本発明の第１の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システムの概略構成を示すブロック図である。

[図7]図７は、本発明の第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を切断端面により示すフロー図である。

[図8]図８は、本発明の第２の実施形態における活性エネルギー線を照射する工程の好適な例を示す切断端面図である。

[図9]図９は、本発明の第２の実施形態において製造される、傾斜する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体の他の例を示す切断端面図である。

[図10]図１０は、本発明の第２の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システムの概略構成を示すブロック図である。

[図11]図１１は、本発明の第１の実施形態において製造される、傾斜する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体の他の例（その２）を示す斜視図である。

[図12]図１２は、本発明の第１及び第２の実施形態において製造される、傾斜する微細凸状パターンを有する微細凸状パターン構造体の具体例を示す切断端面図である。

[図13]図１３は、実施例１におけるインプリントモールド剥離後の微細凸状パターンを示すＳＥＭ写真である。

[図14]図１４は、実施例１におけるドライエッチング処理後の基板を示すＳＥＭ写真である。

[図15]図１５は、実施例２における電子線照射前の微細凸状パターンを示すＳＥＭ写真である。

[図16]図１６は、実施例２における電子線照射後の微細凸状パターンを示す

ＳＥＭ写真である。

[図17]図１７は、実施例３における電子線照射前の微細凸状パターンを示すＳＥＭ写真である。

[図18]図１８は、実施例３における電子線照射後の微細凸状パターンを示すＳＥＭ写真である。

[図19]図１９は、実施例４における電子線照射後の微細凸状パターンを示すＳＥＭ写真である。

発明を実施するための形態

[0030]〔第１の実施形態〕

［微細凸状パターン構造体の製造方法］

本発明の第１の実施形態について図面を参照しながら説明する。図１は、本発明の第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を切断端面により示すフロー図である。

[0031] 第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法においては、まず、インプリント用樹脂膜１３が形成されてなる所定の基板（例えば、シリコン基板、金属基板、ガラス基板、石英基板等）１４を用意し（図１（ａ）参照）、当該基板１４上のインプリント用樹脂膜１３に、製造される微細凸状パターン構造体１０における微細凸状パターン１２に対応する微細凹状パターン３２を有するインプリントモールド３０を押圧し、その状態で当該インプリント用樹脂膜１３を硬化させる（図１（ｂ）参照）。

[0032] インプリント用樹脂膜１３を構成する樹脂材料としては、ナノインプリント法による微細凹凸パターンの形成に一般的に用いられる樹脂材料（熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂等の絶縁性樹脂材料；導電性樹脂材料等）が挙げられる。このような樹脂材料としては、例えば、オレフィン系、スチレン系、エチレン系、エステル系、チオフォエン系、アニリン系、ナイロン系、ポリエーテル系、ウレタン系、エポキシ系、フェノール系、アクリル系、ポリイミド系、ポリアセチレン系等の樹脂材料；ポリジメチルシロキサン、ポリシロキサン等のシリコーン樹脂；ポリプロピレン、ポリカーボネ

ート、ポリアミド、ポリアセタール、ポリエーテルエーテルケトン（ＰＥＥＫ）、アクリロニトリルブタジエンスチレン樹脂（ＡＢＳ）、ポリフェニレンサルファイド樹脂（ＰＰＳ）、ポリフェニリンオキサイド、ポリフッ化ビニリデン、ポリサルフォン、ポリ乳酸、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、塩化ビニル等が挙げられる。

[0033] なお、導電性樹脂材料は、熱硬化性樹脂や熱可塑性樹脂等の樹脂材料に導電性を有する金属、炭素化合物、ヨウ素等の電子受容体又は電子供与体をドーピングすることにより得られるものである。かかる電子受容体又は電子供与体がドーピングされ得る樹脂材料としては、例えば、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアセチレン、ポリチオフェン、ポリアニリン、ポリエステル、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリウレタン等が挙げられる。

[0034] 基板１４上にインプリント用樹脂膜１３を形成する方法は、特に限定されるものではなく、例えば、スピンコーター等を用いて基板１４上にインプリント用樹脂膜１３を形成することができる。なお、第１の実施形態においては、所定の基板１４上に予め形成されたインプリント用樹脂膜１３にインプリントモールド３０を押圧し、インプリント用樹脂膜１３を硬化させているが（図１（ａ），（ｂ）参照）、本発明はこのような態様に限定されるものではない。例えば、インクジェット法等により基板１４上に樹脂材料を離散的に滴下し、インプリントモールド３０を樹脂材料に当接させることで当該樹脂材料を押し広げるとともに、インプリントモールド３０の微細凹状パターン３２内に樹脂材料を充填し、硬化させてもよいし（図２（ａ），（ｂ）参照）、熱可塑性樹脂により構成される樹脂フィルム１３１を当該熱可塑性樹脂のガラス転移温度以上に加熱した状態でインプリントモールド３０を押圧し、当該熱可塑性樹脂を硬化させてもよい（図３（ａ），（ｂ）参照）。

[0035] なお、図１（ｂ）に示す工程において、インプリントモールド３０が押圧されたインプリント用樹脂膜１３を硬化させる方法は、当該インプリント用樹脂膜１３を構成する樹脂材料の種類（硬化タイプ）に応じて適宜選択され

得る。

[0036] 次に、硬化したインプリント用樹脂膜１３からインプリントモールド３０を剥離する（図１（ｃ）参照）。このとき、微細凸状パターン１２が平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で、当該微細凸状パターン１２を形成する。これにより、平面部１１と、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２とを有する微細凸状パターン構造体１０が製造される。なお、第１の実施形態において、平面部１１は、インプリントモールド３０の微細凹状パターン３２以外の部分に相当する部分として基板１４上に残存する樹脂残膜により構成される。なお「平面部１１の直交方向ＣＤ」とは、微細凸状パターン１２を上方に、平面部１１を下方に位置させた微細凸状パターン構造体１０の側面視であって、一の方向からの側面視及び当該一の方向に直交する他の方向からの側面視のいずれにおいても、微細凸状パターン１２の幅方向中心を通る線分（軸線）と平面部１１との交点を通る、平面部１１の接線に直交する方向を意味するものとし、平面部１１が非平坦面である場合においては、「平面部１１の直交方向ＣＤ」は各微細凸状パターン１２における当該方向を意味するものとする。

[0037] なお、第１の実施形態において形成される、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２は、図１（ｃ）において概略的に示されているが、実際には、図１２に示すように、側面視において、微細凸状パターン１２の傾斜方向（図１２に示す例においては左方向）に対向する側面（図１２に示す例においては、側面視左側の側面）１２ｂ及び傾斜方向側の側面（図１２に示す例においては、側面視右側の側面）１２ａがいずれも略弓状に湾曲した形状を有し、微細凸状パターン１２の太さ（幅方向の長さ）W_{12}が一つの微細凸状パターン１２の軸線方向全体にわたって略同一である。このような形状を有する微細凸状パターン１２であれば、後述する工程において平面部１１に対する略直交方向に突出させることができる（図１（ｅ）参照）。

[0038] 微細凸状パターン１２が平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件、すなわち当該傾斜方向ＩＤに微細凸状パターン１２を突出させるための方法としては、例えば、インプリントモールド３０の剥離時に平面部１１に対する垂直方向の力のみならず、面内方向の力もが微細凸状パターン１２に作用するように、インプリント用樹脂膜１３からインプリントモールド３０を剥離する方法等を挙げることができる。

[0039] このような方法としては、インプリント用樹脂膜１３（基板１４）とインプリントモールド３０との剥離境界部分が傾斜角を有するようにしてインプリントモールド３０を剥離すればよく、好ましくは、インプリントモールド３０の剥離時に微細凸状パターン１２に対して面内方向にかかる応力が、微細凸状パターン１２に対してその最小寸法の方向に主に加わるようにインプリントモールド３０を剥離する。例えば、インプリントモールド３０の角部又は一辺から引き離すようにインプリントモールド３０を剥離する方法；微細凸状パターン１２がライン状である場合、当該微細凸状パターン１２のライン方向に交差する方向（略直交する方向）に沿ってインプリントモールド３０を剥離する方法等が挙げられる。このようにしてインプリントモールド３０をインプリント用樹脂膜１３から剥離すると、インプリントモールド３０の剥離時における微細凸状パターン１２にかかる応力を低減することができるため、微細凸状パターン１２に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができ、寸法精度の高い微細凸状パターン１２を形成することができる。特に、後者の方法によりインプリントモールド３０をインプリント用樹脂膜１３から剥離すると、長手方向の長さ（ライン長さ）の精度の高いライン状微細凸状パターン１２を形成することができる。なお、微細凸状パターン１２がライン状である場合、インプリントモールド３０の剥離の方向は、微細凸状パターン１２のライン方向に交差する方向であるのが最も好ましいが、ライン方向に沿って剥離する際に起こる微細凸状パターン１２の形状変化が許容範囲内であれば、ライン方向に沿ってインプリントモールド３０を剥離してもよいし、ライン方向及びライン方向に交差する方向の成分を有する方向

に向かってインプリントモールド３０を剥離してもよい。

[0040] また、上述した方法の他、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに微細凸状パターン１２を突出させるための方法としては、上記樹脂材料により構成される樹脂シート１５を一定方向Ｘに搬送するとともに、樹脂シート１５の搬送にベルト状インプリントモールド３０１又は円柱状インプリントモールド３０２の回転を同期させ、当該ベルト状インプリントモールド３０１又は円柱状インプリントモールド３０２と樹脂シート１５とを連続的に接触させる方法等を例示することができる（図４（ａ），（ｂ）参照）。なお、図４（ａ），（ｂ）に示す方法によりライン状微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を製造する場合であって、ライン状微細凸状パターン１２のライン方向が、樹脂シート１５の搬送方向Ｘと交差（略直交）する場合には、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を形成することができる。

[0041] 上述したように、微細凸状パターン１２が平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を形成する場合において、微細凸状パターン１２の寸法やアスペクト比は、当該微細凸状パターン１２を構成する樹脂材料の種類や当該微細凸状パターン１２の形状（ライン状、ピラー状、十字状、Ｌ字状等）等にもよるが、上述した方法により微細凸状パターン１２が傾斜方向ＩＤに突出し得る寸法やアスペクト比である限り、特に制限はない。

[0042] なお、インプリント用樹脂膜１３を構成する樹脂材料の種類や、製造予定の微細凸状パターン構造体１０における微細凸状パターン１２の形状（ライン状、ピラー状、十字状、Ｌ字状等）等にもよるものの、形成しようとする微細凸状パターン１２の寸法及び／又はアスペクト比が、平面部１１に対する直交方向ＣＤにインプリントモールド３０を引き上げて剥離したときに当該微細凸状パターン１２が平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜してしまうようなものである場合において、インプリントモールド３０を平面部１１に対する直交方向ＣＤに引き上げるように剥離することで、微細凸状パター

ン１２を平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出させることができる。

[0043] 例えば、ピラー状の微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を製造する場合において、微細凸状パターン１２の寸法が１００ｎｍ以下程度、かつアスペクト比が２．０以上程度である場合、インプリントモールド３０の剥離方法に依存することなく傾斜した微細凸状パターン１２を形成することができる。

[0044] 上記微細凸状パターン１２の寸法の規定（１００ｎｍ以下程度）は、上述したような樹脂材料を用いてアスペクト比２．０の円柱ピラー状の微細凸状パターン１２を形成しようとしたときに傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を形成可能な寸法規定の一例であり、当該寸法１００ｎｍを超えるものであっても、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターンを形成することができる。また、アスペクト比の規定（２．０以上程度）に関しても同様であり、微細凸状パターン１２の構造（円柱ピラー状、多角ピラー状、ライン状、Ｌ字状、十字状等の形状等）や樹脂材料の種類等によって、アスペクト比２．０未満であっても傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を形成することができる。

[0045] 第１の実施形態においては、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を形成するにあたり、微細凸状パターン構造体１０に複数の微細凸状パターン１２が含まれる場合には、すべての微細凸状パターン１２を傾斜させるようにしてもよいし、一部の微細凸状パターン１２を傾斜させるようにしてもよい。

[0046] 第１の実施形態においては、後述するように、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせることで、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させるため（図１（ｄ）～（ｆ）参照）、平面部１１の厚さは、平面部１１の表面に電荷を生じさせ得る程度の厚さであるのが好ましい。

[0047] 基板１４上に形成される微細凸状パターン構造体１０が、例えば、基板１

４をエッチングするためのマスクとして用いられるものである場合、一般に、基板１４のエッチング工程の前処理としてのアッシング工程等により、基板１４上に残存する樹脂残膜は除去されるが、樹脂残膜のアッシングに伴い、微細凸状パターン１２が変形したり、微細凸状パターン１２の寸法が変化したりすることがあり、それにより基板１４のエッチング精度が低下してしまうことがある。そのような弊害を是正するために、微細凸状パターン構造体１０を基板１４のエッチング時のマスクとして用いる場合には、樹脂残膜の厚さを極めて薄くすることが望まれている。

[0048] したがって、平面部１１が基板１４上の樹脂残膜により構成される場合において、その樹脂残膜（平面部１１）の厚さは、樹脂残膜の除去に伴う微細凸状パターン１２の変形や寸法変化等に対する影響を考慮しつつ、樹脂残膜（平面部１１）の表面に効果的に電荷を生じさせ得る程度の厚さであるのが望ましい。

[0049] なお、樹脂残膜により構成される平面部１１が、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させるのが困難な程度にしか帯電できない厚さを有するものであったとしても、図１に示すように、基板１４上に微細凸状パターン構造体１０が製造される場合、当該基板１４が絶縁性基板であるか、導電性基板であっても接地されていない状態であれば、当該平面部１１よりも有意に厚い基板１４に帯電するため、帯電した基板１４と微細凸状パターン１２との間の電気的反発力を利用して、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができる。

[0050] 一方で、基板１４が導電性基板であって、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせるときにおいて接地されている状態であると、平面部１１の厚さが極めて薄い場合には、平面部１１に生じた電荷の一部が基板１４側に逃げてしまうことがある。このような場合には、微細凸状パターン１２及び平面部１１が、導電性基板１４に逃げてしまう電荷を差し引いたとしても充分に電荷を保持できる状態であるのが好ましい。具体的には、平面部１１を

構成する樹脂材料が誘電率の高いものであるのが好ましく、平面部１１の厚さ及び面積（基板１４との接触面における面積）が可能な限り大きいのが好ましい。

[0051] 続いて、平面部１１と、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２とを有する微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせる（図１（ｄ）参照）。すなわち、当該微細凸状パターン構造体１０を帯電させる。このように微細凸状パターン構造体１０を帯電させることで、傾斜した微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させることができる（図１（ｅ）参照）。なお、微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させるとは、微細凸状パターン１２を上方に、平面部１１を下方に位置させた微細凸状パターン構造体１０の一の方向からの側面視及び当該一の方向に直交する他の方向からの側面視のいずれにおいても、微細凸状パターン１２の底部（平面部１１上面に接する部分）の幅方向中心と、微細凸状パターン１２の頂部の幅方向中心とを通る線分（微細凸状パターン１２の軸線）の、平面部１１に対するなす角度が実質的に９０°であることを意味し、当該平面部１１に対するなす角度は、微細凸状パターン構造体１０の用途（リソグラフィー用マスク等の用途）等に依存する許容範囲内にあればよく、具体的には９０°±１０°以内であればよい。

[0052] 第１の実施形態においては、微細凸状パターン構造体１０を帯電させることにより、微細凸状パターン１２と平面部１１との間のみならず、隣接する微細凸状パターン１２，１２間にも電気的反発力が作用し、その結果として傾斜する微細凸状パターン１２が平面部１１の略直交方向に突出することになる。そのため、微細凸状パターン構造体１０における隣接する微細凸状パターン１２，１２の間隔が離れすぎていると、それらの間で効果的に電気的反発力を作用させることが困難となるおそれがある。したがって、第１の実施形態において、隣接する微細凸状パターン１２，１２の間隔は、傾斜した微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させ得る程度の電気

的反発力が当該隣接する微細凸状パターン１２，１２の間で作用されるような間隔であるのが好ましく、特に、微細凸状パターン１２の高さが隣接する微細凸状パターン１２，１２の間隔よりも小さい場合には、当該間隔は、微細凸状パターン１２の寸法（幅）の２倍以下程度であるのが好ましい。

[0053] 微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせる方法としては、平面部１１の表面と微細凸状パターン１２の表面とに同じ極性の電荷を生じさせることのできる方法であれば特に制限はなく、例えば、プラズマ発生装置、ドライエッチング装置等を用い、プラズマ雰囲気等の微細凸状パターン構造体１０を帯電させることが可能な雰囲気下に当該微細凸状パターン構造体１０を存在させることで、平面部１１及び微細凸状パターン１２の表面に同じ極性の電荷（例えばマイナス電荷）を与える方法；電界発生装置等により発生した電界中に微細凸状パターン構造体１０を存在させ、微細凸状パターン構造体１０の誘電分極又は静電誘導により平面部１１及び微細凸状パターン１２の表面に同じ極性の電荷（マイナス電荷又はプラス電荷）を偏在させる方法等が挙げられる。これらの方法は、既に述べたように微細凸状パターン１２の厚さや樹脂材料の種類等に応じて適宜選択すればよい。なお、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせる方法として、ドライエッチング装置を用いて形成したプラズマ雰囲気下に微細凸状パターン構造体１０を存在させる方法を選択した場合、微細凸状パターン構造体１０（特に、樹脂残膜や基板１４等）が実質的にエッチングされない程度の出力（例えば、ドライエッチング装置を用いてドライエッチング処理を行うときに、基板１４の所望のエッチングレートが得られるプラズマ出力の８０％以下程度、好ましくは５０～７０％程度の出力）にてプラズマ雰囲気が形成されるようにし、所望により微細凸状パターン構造体１０が載置された電極に高周波電流が印加されないようにする（微細凸状パターン構造体１０側にプラズマ中の陽イオンが引き込まれ難いようにする）のが好ましい。これにより、プラズマ雰囲気中にて微細凸状パターン形成体がエッチングされることなく、当該微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせることができる。

[0054] また、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせることを目的とするならば、微細凸状パターン構造体１０の存在する雰囲気下に高密度の電荷を一時的に発生させることも効果的である。しかし、高密度の電荷を発生させる条件は、例えば、上記プラズマ出力を一時的に上昇させる等、基板１４等がエッチングされやすい条件と等価又は近しい状態であるために、例えば、プラズマ出力時間の短縮や、基板１４側へイオンを引き込むためのバイアス電圧を下げる（例えば、基板１４に電気的に接続されている引き込み電極の出力を下げる）、基板１４等のエッチング時に用いるエッチャントとは異なり、基板１４等のエッチングレートの低いエッチャントを用いる等、基板１４等のエッチングされる量が無視可能な程度に収まるような高密度の電荷を生じさせる条件を設定する必要がある。

[0055] 微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせる際には、微細凸状パターン１２及び平面部１１の表面に、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させ得る程度の電気的反発力が作用する電荷量の電荷を生じさせる。かかる電荷量は、微細凸状パターン１２の寸法やアスペクト比、微細凸状パターン１２を構成する樹脂材料の物性（例えば、弾性率等）、微細凸状パターン１２の傾斜の程度（傾斜角度）、隣接する微細凸状パターン１２，１２の間隔等に応じて適宜設定され得る。

[0056] なお、微細凸状パターン１２及び平面部１１が導体（例えば、導電性高分子等）により構成されている場合に、導体により構成される微細凸状パターン１２や平面部１１が接地されていると、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせるべく当該微細凸状パターン構造体１０をプラズマ雰囲気下に存在させたとしても、微細凸状パターン１２や平面部１１の表面に電荷を生じさせる（帯電させる）ことができない。そのため、このような場合には、微細凸状パターン構造体１０の一部の領域（例えば、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させる対象となる領域（電荷付与領域））又は微細凸状パターン構造体１０全体が、電気的フローティング状態（電気的に接続されていない状態，接地されていない状態）にされている

必要がある。

[0057] 微細凸状パターン構造体１０の一部の領域を電気的フローティング状態にする方法としては、例えば、微細凸状パターン構造体１０（微細凸状パターン１２及び平面部１１）が導電性高分子により構成されていて、当該微細凸状パターン構造体１０がガラス基板等の絶縁性基板１４上に設けられている場合において、図５に示すように、微細凸状パターン構造体１０における電荷付与領域ＥＡと他の領域ＯＡとを、スリット１６を介して分断する方法等が挙げられる。このようにした他の領域ＯＡは接地された状態とすることで、電荷付与領域ＥＡのみに電荷を生じさせ、その電荷付与領域ＥＡ内の微細凸状パターン１２のみを平面部１１に対する略直交方向に突出させることができる。

[0058] 上述のようにして平面部１１及び微細凸状パターン１２の表面に同じ極性の電荷（例えば、マイナス電荷）を生じさせることで、微細凸状パターン１２と平面部１１との間や隣接する微細凸状パターン１２，１２間における電気的反発力により、微細凸状パターン１２が平面部１１から離間する方向に変形し、平面部１１の略直交方向に突出する（図１（ｅ）参照）。

[0059] 最後に、微細凸状パターン構造体１０に生じさせた電荷を放出させる（図１（ｆ））。微細凸状パターン構造体１０が電荷を有した状態のままであると、様々な悪影響が生じるおそれがある。例えば、電荷を有した状態のままであると、周辺環境に存在する微細な異物が引き寄せられやすくなり、それらが微細凸状パターン構造体１０に付着してしまい、後に基板１４上の微細凸状パターン構造体１０をマスクとして当該基板１４をエッチングする際に、エッチング精度が低下するおそれがある。また、所定の樹脂材料等からなる平面部１１と微細凸状パターン１２とを有する微細凸状パターン構造体１０がそのまま最終製品（例えば、細胞培養シート等のナノピラーアレイ構造体、モスアイフィルム、マイクロニードルアレイ、偏向フィルム、メタマテリアル、親水性膜、撥水性膜等）となる場合には、微細凸状パターン構造体１０に付着した異物が有する特性等により、所定の機能が奏されないおそれ

がある。さらに、電荷（静電気）により微細凸状パターン１２に欠損が生じるおそれがある。したがって、微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させることで、上述したような微細凸状パターン構造体１０の帯電による悪影響が生じるのを抑制することができる。

[0060] 微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させる方法としては、特に限定されるものではない。例えば、図１（ｄ）に示す工程において、微細凸状パターン構造体１０をプラズマ雰囲気下に存在させることによりその表面に電荷を生じさせた場合には、当該微細凸状パターン構造体１０表面に導体を接触させることにより電荷を放出させる方法、微細凸状パターン構造体１０の表面に生じている電荷と逆の極性を有する電荷を与えることにより微細凸状パターン構造体１０の表面の電荷を中和する方法等が挙げられる。また、図１（ｄ）に示す工程において、微細凸状パターン構造体１０を誘電分極又は静電誘導させることによりその表面に電荷を生じさせた場合には、電界中に載置されている微細凸状パターン構造体１０を当該電界中から取り出すことにより当該微細凸状パターン構造体１０中の電荷の偏在を解消する方法等が挙げられる。

[0061] なお、微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させたときに、電気的反発力を作用させることで平面部１１の略直交方向に突出した微細凸状パターン１２が再び傾斜してしまうような場合（電荷を生じさせる前の状態に戻ってしまうような場合）には、上述した放電工程（図１（ｆ））を省略してもよい。特に、微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させることによる上記悪影響が生じない、又は上記悪影響の生じる可能性の極めて低い環境下にあって、微細凸状パターン構造体１０が帯電したままの状態であっても次工程を実施可能であるならば、微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させる必要はなく、上述した放電工程（図１（ｆ））を省略してもよい。例えば、微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させた後にドライエッチング工程を実施するような場合にあっては、図１（ｄ）に示す工程において、ドライエッチング装置を用い、実質的にエッチング量

を無視することができる程度又はエッチングされない程度にプラズマ出力を調整し、所望により微細凸状パターン構造体１０が載置される電極に高周波電流を印加することなく、微細凸状パターン構造体１０をプラズマ雰囲気下に存在させることで微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせ、それにより微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させる（図１（ｅ））。そして、プラズマ雰囲気下に存在する微細凸状パターン構造体１０から電荷を放出させることなく、そのままの状態でプラズマの出力を増大して、ドライエッチング工程を実施してもよい。このような方法であれば、微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させつつ、そのまま次工程であるドライエッチング工程を実施することができ、スループットの向上を図ることができるため好ましい。

[0062] 上述した第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法は、ナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートや、モスアイ構造（蛾の目を模した構造であって、数十～数百ｎｍオーダーの微細凸状パターンが配列した構造）を有するフィルム（モスアイフィルム）、偏向フィルム（光の振動方向を制御するものであって、例えば特定方向のラインアンドスペースによってなり、これを光の入射方向に対して適宜に設置することによって、光を選択的に遮断したり透過させたりするもの）の製造に特に好適である。

[0063] 上記第１の実施形態によりナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートを製造する場合、ナノピラーアレイ構造に対応するナノホールアレイ構造を有するインプリントモールド３０を、インプリント用樹脂膜１３に押圧する（図１（ｂ）参照）。そして、図１（ｃ）～図１（ｆ）の工程を実施することにより、ナノピラーアレイ構造（微細凸状パターン１２）が平面部１１に対する略直交方向に突出する細胞培養シートを製造することができる。ナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートの使用時には、細胞が微細凸状パターン１２に接触する。そのため、上記インプリントモールド３０に離型剤層を形成することが望ましくない場合もある。当該離型剤層が細胞に対する毒性を有する場合があるためである。したがって、上記インプリントモール

ド３０をインプリント用樹脂膜１３から剥離する際に、大きな応力がかかることがある。よって、第１の実施形態によりナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートを製造することで、インプリントモールド３０の離型時の応力を低減することができる。

[0064] また、上記第１の実施形態によりモスアイフィルムを製造する場合、まず、アルミニウム基材の表面を陽極酸化することによって、複数の微細凹部を有するアルミニウム基材を形成し、所望により当該アルミニウム基材にエッチング処理を施して複数の微細凹部を拡大させる。このようにして形成された複数の微細凹部を有するアルミニウム基材をインプリントモールドとして用い、当該アルミニウム基材をインプリント用樹脂膜に押圧する。このとき、一般には、図４（ａ）及び図４（ｂ）に示すように、当該アルミニウム基材をベルト状インプリントモールド３０１又は円柱状インプリントモールド３０２とし、そのベルト状又は円柱状インプリントモールド３０１，３０２と樹脂シート１５とを連続的に接触させる。その後、図１（ｃ）～図１（ｆ）の工程を実施することにより、微細凸状パターン１２が平面部１１に対する略直交方向に突出するモスアイフィルムを製造することができる。上記モスアイフィルムは、ベルト状又は円柱状インプリントモールド３０１，３０２を用いて樹脂シート１５と連続的に接触させることで大量生産が可能であるが、徐々にベルト状又は円柱状インプリントモールド３０１，３０２の離型性能が低下するおそれがある。このような場合であっても、第１の実施形態によれば、微細凸状パターン１２が平面部１１に対する略直交方向に突出するモスアイフィルムを、高精度に製造することができる。なお、偏向フィルムの場合にも、例えばラインアンドスペースの構造を有するモールドを作製し、モスアイフィルムと同様の工程を経ることで製造することができる。

[0065] 上述したように、第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法によれば、微細凸状パターン１２が傾斜する方向に突出する条件で、当該微細凸状パターン１２を形成することができるため、インプリント用樹脂膜１３からインプリントモールド３０を剥離する際に、微細凸状パターン１２

に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができる。それとともに、傾斜した微細凸状パターン１２に電荷を生じさせることにより、電気的反発力を利用して当該微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができるため、平面部１１に対して略直交方向に突出する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を精度良く製造することができる。

[0066] また、第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法によれば、傾斜した微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができるため、従来のナノインプリントにおいてはパターンが倒れてしまうことを理由として形成されることのなかった微細寸法、高アスペクト比の微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０であっても、精度良く製造することができる。

[0067] ［微細凸状パターン構造体製造システム］

続いて、上述した第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を実施し得るシステムについて説明する。図６は、本実施形態における微細凸状パターン構造体製造システムの概略構成を示すブロック図である。

[0068] 図６に示すように、第１の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システム５０は、平面部１１と平面部１１から突出する微細凸状パターン１２とを有する微細凸状パターン構造体１０を、当該微細凸状パターン１２が平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で製造する傾斜パターン形成部５１と、傾斜パターン形成部５１により製造された微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせることにより、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させる電荷付与部５２とを有する。

[0069] 傾斜パターン形成部５１は、微細凸状パターン構造体１０を製造するために一般的に用いられる単一の装置又は複数の装置群により構成される。例えば、基板１４が載置される基板ステージ、インプリントモールド３０における微細凹状パターン３２が形成されている面を基板ステージ上に載置された

基板１４に対向させるようにインプリントモールド３０を保持する保持部、インプリント処理が行われるインプリントチャンバー等を備える光ナノインプリント装置や熱ナノインプリント装置；ベルト状又は回転体状インプリントモールド３０１，３０２を用い、長尺シート状の被転写体（樹脂シート１５等）を搬送しながら、ベルト状又は回転体状インプリントモールド３０１，３０２を当該被転写体に押圧することで長尺シート状の微細凸状パターン構造体１０を製造し得るシートナノインプリント装置等が挙げられる（図４（ａ），（ｂ）参照）。

[0070] 上記光ナノインプリント装置や熱ナノインプリント装置においては、基板１４上のインプリント用樹脂膜１３からインプリントモールド３０を剥離する際に、微細凸状パターン１２に面内方向の応力が作用するように保持部を動作させ得る機構がさらに備えられている。このような機構を備えていることで、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を製造することができる。

[0071] なお、上記シートナノインプリント装置においては、ベルト状又は回転体状インプリントモールド３０１，３０２が被転写体（樹脂シート１５等）から引き離される際に、必然的に微細凸状パターン１２に面内方向の応力が作用する（微細凸状パターン１２が被転写体（樹脂シート等）の搬送方向Ｘと反対の方向に引っ張られる）。そのため、平面部１１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を製造することができる。

[0072] 電荷付与部５２としては、微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせ、傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させ得るものである限り、特にその装置構成に制限はなく、例えば、プラズマチャンバーを有するプラズマ発生装置、プラズマ発生装置を有するドライエッチング装置、電界発生装置等が挙げられる。

[0073] 上述した構成を有する微細凸状パターン構造体製造システム５０において

、傾斜パターン形成部５１にて、傾斜する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０が製造され、電荷付与部５２にて当該微細凸状パターン構造体１０に電荷を生じさせる。これにより、微細凸状パターン１２と平面部１１との間や隣接する微細凸状パターン１２，１２間に作用する電気的反発力を利用して、平面部１１と、平面部１１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン１２とを有する微細凸状パターン構造体１０を製造することができる。

[0074] このように、第１の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システム５０によれば、傾斜パターン形成部５１にて、微細凸状パターン１２が傾斜する条件で微細凸状パターン構造体１０が製造されることで、微細凸状パターン１２に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができ、また、電荷付与部５２にて傾斜した微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができるため、平面部１１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０を精度良く製造することができる。

[0075] また、第１の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システム５０によれば、傾斜した微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができるため、従来のナノインプリントにおいてはパターンが倒れてしまうことを理由として形成されることのなかった微細寸法、高アスペクト比の微細凸状パターン１２を有する微細凸状パターン構造体１０であっても、精度良く製造することができる。

[0076] 〔第２の実施形態〕

［微細凸状パターン構造体の製造方法］

本発明の第２の実施形態について図面を参照しながら説明する。図７は、本発明の第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を切断端面により示すフロー図である。

[0077] 第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法においては、第１の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法と同様に、まず、イ

ンプリント用樹脂膜２３が形成されてなる所定の基板（例えば、シリコン基板、金属基板、ガラス基板、石英基板等）２４を用意し（図７（ａ）参照）、当該基板２４上のインプリント用樹脂膜２３に、製造される微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２に対応する微細凹状パターン４２を有するインプリントモールド４０を押圧し、その状態で当該インプリント用樹脂膜２３を硬化させる（図７（ｂ）参照）。

[0078] インプリント用樹脂膜２３を構成する樹脂材料としては、ナノインプリント法による微細凹凸パターンの形成に一般的に用いられる樹脂材料（熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂等の絶縁性樹脂材料）であって、外部からのエネルギーの付与により収縮し得るものが挙げられる。このような樹脂材料としては、第１の実施形態におけるインプリント用樹脂膜１３を構成する樹脂材料として例示したものと同様のものを用いることができる。

[0079] また、基板２４上にインプリント用樹脂膜２３を形成する方法についても、第１の実施形態と同様の方法を採用することができる。なお、第２の実施形態においても、第１の実施形態と同様に、インクジェット法等により基板２４上に樹脂材料を離散的に滴下し、インプリントモールド４０を樹脂材料に当接させることで当該樹脂材料を押し広げるとともに、インプリントモールド４０の微細凹状パターン４２内に樹脂材料を充填し、硬化させてもよいし（図２（ａ），（ｂ）参照）、熱可塑性樹脂により構成される樹脂フィルム２３１を当該熱可塑性樹脂のガラス転移温度以上に加熱し、その状態でインプリントモールド４０を押圧し、当該樹脂を硬化させてもよい（図３（ａ），（ｂ）参照）。

[0080] なお、図７（ｂ）に示す工程において、インプリント用樹脂膜２３を硬化させる方法についても、第１の実施形態における当該方法と同様である。

[0081] 次に、硬化したインプリント用樹脂膜２３からインプリントモールド４０を剥離する（図７（ｃ）参照）。このとき、微細凸状パターン２２が平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で、当該微細凸状パターン２２を形成する。これにより、平面部２１と、平面部２１の直

交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２とを有する微細凸状パターン構造体２０が製造される。なお、第２の実施形態において、平面部２１は、インプリントモールド４０の微細凹状パターン４２以外の部分に相当する部分として基板２４上に残存する樹脂残膜により構成され、当該平面部２１の厚さは、製造される微細凸状パターン構造体２０の用途等に応じて適宜設定され得る。

[0082] なお、第２の実施形態において形成される、平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２は、図７（ｃ）において概略的に示されているが、実際には、図１２に示すように、側面視において、微細凸状パターン２２の傾斜方向（図１２に示す例においては左方向）に対向する側面（図１２に示す例においては、側面視左側の側面）２２ｂ及び傾斜方向側の側面（図１２に示す例においては、側面視右側の側面）２２ａがいずれも略弓状に湾曲した形状を有し、微細凸状パターン２２の太さ（幅方向の長さ）W_{22}が一つの微細凸状パターン２２の軸線方向全体にわたって略同一である。このような形状を有する微細凸状パターン２２であれば、後述する工程において平面部２１に対する略直交方向に突出させることができる（図７（ｅ）参照）。

[0083] 微細凸状パターン２２が平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件、すなわち当該傾斜方向ＩＤに微細凸状パターン２２を突出させるための方法としては、第１の実施形態における当該方法と同様であり、例えば、インプリントモールド４０の剥離時に平面部２１に対する垂直方向の力のみならず、面内方向の力もが微細凸状パターン２２に作用するように、インプリント用樹脂膜２３からインプリントモールド４０を剥離する方法等を挙げることができる。

[0084] このような方法としては、インプリント用樹脂膜２３（基板２４）とインプリントモールド４０との剥離境界部分が傾斜角を有するようにしてインプリントモールド４０を剥離すればよく、好ましくは、インプリントモールド４０の剥離時に微細凸状パターン２２に対して面内方向にかかる応力が微細

凸状パターン２２に対してその最小寸法の方向にかかるようにインプリントモールド４０を剥離する。例えば、インプリントモールド４０の角部又は一辺から引き離すようにインプリントモールド４０を剥離する方法；微細凸状パターン２２がライン状である場合、当該微細凸状パターン２２のライン方向に交差する方向（略直交する方向）に沿ってインプリントモールド４０を剥離する方法等が挙げられる。このようにしてインプリントモールド４０をインプリント用樹脂膜２３から剥離すると、インプリントモールド４０の剥離時における微細凸状パターン２２にかかる応力を低減することができるため、微細凸状パターン２２に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができ、寸法精度の高い微細凸状パターン２２を形成することができる。特に、後者の方法によりインプリントモールド４０をインプリント用樹脂膜２３から剥離すると、長手方向の長さ（ライン長さ）の精度の高いライン状微細凸状パターン２２を形成することができる。なお、微細凸状パターン２２がライン状である場合、インプリントモールド４０の剥離の方向は、微細凸状パターン２２のライン方向に交差する方向であるのが最も好ましいが、ライン方向に沿って剥離する際に起こる微細凸状パターン２２の形状変化が許容範囲内であれば、ライン方向に沿ってインプリントモールド４０を剥離してもよいし、ライン方向及びライン方向に交差する方向の成分を有する方向に向かってインプリントモールド４０を剥離してもよい。

[0085] また、上述した方法の他、平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに微細凸状パターン２２を突出させるための方法としては、上記樹脂材料により構成される樹脂シート２５を一定方向Ｘに搬送するとともに、樹脂シート２５の搬送にベルト状インプリントモールド４０１又は円柱状インプリントモールド４０２の回転を同期させ、当該ベルト状インプリントモールド４０１又は円柱状インプリントモールド４０２と樹脂シート２５とを連続的に接触させる方法等を例示することができる（図４（ａ），（ｂ）参照）。なお、図４（ａ），（ｂ）に示す方法によりライン状微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０を製造する場合であって、ライン

状微細凸状パターン２２のライン方向が、樹脂シート２５の搬送方向Ｘと交差（略直交）する場合には、平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成することができる。

[0086] 上述したように、微細凸状パターン２２が平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成する場合において、微細凸状パターン２２の寸法やアスペクト比は、当該微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の種類や当該微細凸状パターン２２の形状（ライン状、ピラー状、十字状、Ｌ字状等）等にもよるが、上述した方法により微細凸状パターン２２が傾斜方向ＩＤに突出し得る寸法やアスペクト比である限り、特に制限はない。しかしながら、第２の実施形態においては、後述するように、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料を収縮させることにより、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を略直交方向に突出させるため、略直交方向に突出する微細凸状パターン２２の寸法やアスペクト比は、その設計寸法やアスペクト比から変化することになる。この寸法やアスペクト比の変化量は、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の収縮率によって決まってくる。そのため、微細凸状パターン２２の寸法やアスペクト比の変化量の許容範囲に応じて、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２の寸法やアスペクト比は適宜設定され得る。

[0087] なお、インプリント用樹脂膜２３を構成する樹脂材料の種類や、製造予定の微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２の形状（ライン状、ピラー状、十字状、Ｌ字状等）等にもよるものの、形成しようとする微細凸状パターン２２の寸法及び／又はアスペクト比が、平面部２１に対する直交方向ＣＤにインプリントモールド４０を引き上げて剥離したときに当該微細凸状パターン２２が平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜してしまうようなものである場合において、インプリントモールド４０を平面部２１に対する直交方向ＣＤに引き上げるように剥離することで、微細凸状パターン２２を平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出させる

ことができる。

[0088] 例えば、ピラー状の微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０を製造する場合において、微細凸状パターン２２の寸法が１．０μｍ以下程度、かつアスペクト比が１．５以上程度である場合、インプリントモールド４０の剥離方法に依存することなく傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成することができる。

[0089] 上記微細凸状パターン２２の寸法の規定（１．０μｍ以下程度）は、上述したような樹脂材料を用いてアスペクト比１．５の円柱ピラー状の微細凸状パターン２２を形成しようとしたときに傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成可能な寸法規定の一例であり、当該寸法１．０μｍを超えるものであっても、傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターンを形成することができる。また、アスペクト比の規定（１．５以上程度）に関しても同様であり、微細凸状パターン２２の構造（円柱ピラー状、多角ピラー状、ライン状、Ｌ字状、十字状等の形状等）や樹脂材料の種類等によって、アスペクト比１．５未満であっても傾斜方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成することができる。

[0090] なお、第２の実施形態においても、第１の実施形態と同様に、平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する微細凸状パターン２２を形成するにあたり、微細凸状パターン構造体２０に複数の微細凸状パターン２２が含まれる場合には、すべての微細凸状パターン２２を当該傾斜方向ＩＤに突出させてもよいし、一部の微細凸状パターン２２を当該傾斜方向ＩＤに突出させてもよい。

[0091] 続いて、少なくとも微細凸状パターン２２（の表面）に外部からエネルギーを付与する（図７（ｄ）参照）。微細凸状パターン２２は、外部からのエネルギーの付与により収縮し得る樹脂材料により構成されているため、第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法によれば、外部から付与されたエネルギーによる微細凸状パターン２２の収縮力を利用して、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることがで

き、平面部２１と、平面部２１の略直交方向に突出する微細凸状パターン２２とを有する微細凸状パターン構造体２０を製造することができる（図７（ｅ）参照）。

[0092] 微細凸状パターン２２にエネルギーを付与する方法としては、例えば、活性エネルギー線照射装置（電子線照射装置、イオンビーム照射装置等の荷電粒子線照射装置；紫外線照射装置、赤外線照射装置、可視光線照射装置、レーザー光線照射装置等の光線照射装置；Ｘ線照射装置、ガンマ線照射装置等の放射線照射装置等）を用い、活性エネルギー線（電子線、イオンビーム等の荷電粒子線；紫外線、赤外線、可視光線、レーザー光線等の光線；Ｘ線、ガンマ線等の放射線等）２５を微細凸状パターン２２に照射する方法等が挙げられる。

[0093] 微細凸状パターン２２に照射される活性エネルギー線２６の種類は、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の種類に応じて適宜選択され得る。例えば、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料が光硬化性樹脂であって、当該光硬化性樹脂を、架橋（重合）反応を利用して収縮させる場合、一般に、光硬化性樹脂は波長４００ｎｍ以下の活性エネルギー線の照射により収縮するため、そのような波長を有する活性エネルギー線を照射する必要がある。ここで、仮に活性エネルギー線として紫外線を選択した場合、光硬化性樹脂に含まれる重合開始剤は最適吸収波長を有するため、当該最適吸収波長に適合するピーク波長を有する紫外線を照射すると、微細凸状パターン２２は短時間のうちに収縮することになる。そのため、微細凸状パターン２２が収縮しすぎないように、紫外線の照射量を厳密に制御する必要がある。すなわち、制御性の観点からも使用するエネルギーを選択する必要がある。

[0094] また、微細凸状パターン２２を構成する材料の種類によっても活性エネルギー線２６の種類が適宜選択され得る。例えば、活性エネルギー線２６として波長が４００ｎｍ以下の光線を選択した場合（活性エネルギー線照射装置として光線照射装置を選択した場合）、第２の実施形態により奏される効果は、当該微細凸状パターン２２を構成する樹脂の厚みや物性に依存すること

になる。具体的には、使用する光の波長に対する透過率が３０％以下の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２に光線を照射する場合と、透過率が９０％以上の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２に光線を照射する場合とでは、樹脂の硬化の態様が異なってくる。透過率３０％以下の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２においては、光線が照射される表面がより収縮するが、透過率９０％以上の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２においては、全体が略均一に収縮してしまう。このような樹脂材料における光線の透過率の違いにより、光線の透過率の高い（例えば９０％）の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２においては、微細凸状パターン２２全体が略均一に収縮するため、微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることが困難となるが、光線の透過率の低い（例えば３０％）の樹脂材料から構成される微細凸状パターン２２においては、微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることが容易となる。また、光線の照射により微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させる場合には、基板２４からの反射光によりさらに樹脂材料の収縮が生じる可能性も懸念される。よって、光線の照射により微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させようとする場合においては、微細凸状パターン２２に対して光線を照射する方向や散乱光等の光学系、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の透過率（吸収率）や波長に対する反応性当の物性を考慮するのが好ましい。

[0095] 一方、活性エネルギー線２６として電子線を選択した場合（活性エネルギー線照射装置として電子線照射装置を選択した場合）には、照射方向に面した樹脂の表面近傍においてエネルギーが消費されやすくなるため、樹脂の表面（電子線の照射面）に対して強い変化を起こすことが可能であり、微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることが可能となる。なお、電子線の照射条件もまた、適宜に選択するのが好ましい。例えば、電子線の照射源から照射方向を見たときの厚さ２０ｎｍ以下の微細凸状パターン２２に対し、０．１～１０ｋＶ程度の低加速電圧により生じた電子線を照

射することで、微細凸状パターン２２の側面のうち電子線の照射された面を構成する樹脂材料をより効果的に収縮させることができるが、当該微細凸状パターン２２の電子線照射面に対向する側面（電子線非照射面）を構成する樹脂材料をほとんど収縮させないため、微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることができる。よって、電子線の商社により樹脂材料を収縮させようとする場合には、電子線照射源から照射方向を見たときの微細凸状パターン２２の樹脂の厚さに応じて、電子線照射装置における加速電圧を適宜設定するのが望ましい。

[0096] 第２の実施形態において、傾斜する微細凸状パターン２２の側面のうち、当該微細凸状パターン２２の傾斜方向（図７に示す例においては右方向）に対向する側面（図７に示す例においては、側面視左側の側面）２２ａは相対的に伸長し、傾斜方向側の側面（図７に示す例においては、側面視右側の側面）２２ｂは相対的に収縮することになる。

[0097] そのため、第２の実施形態において微細凸状パターン２２にエネルギーを付与する際には、傾斜する微細凸状パターン２２の側面のうち、相対的に伸長している側面２２ａに付与されるエネルギー量が大きくなるように、微細凸状パターン２２にエネルギーを付与する。相対的に伸長している側面２２ａに対して付与されるエネルギー量をより大きくすることで、相対的に収縮している側面２２ｂよりも相対的に伸長している側面２２ａの収縮量が大きくなり、結果として微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができる。

[0098] 具体的には、傾斜した微細凸状パターン２２における相対的に伸長している側面２２ａに活性エネルギー線（電子線、イオンビーム、紫外線、赤外線、可視光線、レーザー光線、Ｘ線、ガンマ線等）２５が重点的に照射されるようにするのが好ましく、そのために、微細凸状パターン２２の傾斜方向や傾斜角度、隣接する微細凸状パターン２２，２２の間隔等を考慮して、活性エネルギー線源（電子銃やイオン銃；紫外線、赤外線、可視光線、レーザー光線の光源；Ｘ線、ガンマ線の照射源等）の設置位置を設定し、活性エネル

ギー線の照射方向を設定するのが好ましい。

[0099] 例えば、図７（ｄ）に示すように、微細凸状パターン構造体２０の上方から平面部２１に対する直交方向ＣＤに活性エネルギー線２６を照射することにより、微細凸状パターン２２の側面２２ａに効率的に活性エネルギー線２６を照射することができる一方、微細凸状パターン２２の側面２２ａには活性エネルギー線２６が照射され難くなるため、微細凸状パターン２２の側面２２ｂよりも側面２２ａに対して付与されるエネルギー量を大きくすることができる。この結果、当該側面２２ａにおける微細凸状パターン２２の収縮量が、側面２２ｂの収縮量よりも大きくなるため、図７（ｅ）に示すように、平面部２１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０の製造が可能となる。

[0100] 上述した活性エネルギー線の照射工程（図７（ｄ））においては、微細凸状パターン２２の傾斜角度、隣接する微細凸状パターン２２，２２の間隔等に応じて、微細凸状パターン２２の側面２２ａにより効率的に活性エネルギー線２６が照射されるように、活性エネルギー線２６の照射方向を設定してもよい。

[0101] 例えば、微細凸状パターン構造体２０の側面視において、微細凸状パターン２２が右側に向かって傾斜しており、微細凸状パターン２２の傾斜（平面部２１の直交方向ＣＤに対する、微細凸状パターン２２の傾斜方向ＩＤのなす角度θ）が大きく、微細凸状パターン構造体２０の上面視において一の微細凸状パターン２２の側面２２ａの一部が隣接する微細凸状パターン２２により隠れてしまうような場合、活性エネルギー線２６の照射方向を左下方向に設定するのが好ましい（図８（ａ）参照）。

[0102] また、微細凸状パターン２２の傾斜（平面部２１の直交方向ＣＤに対する、微細凸状パターン２２の傾斜方向ＩＤのなす角度θ）が小さく、微細凸状パターン構造体２０の上面視において一の微細凸状パターン２２の側面２２ａ全体が露見されるような場合、活性エネルギー線２６の照射方向を右下方向に設定するのが好ましい（図８（ｂ）参照）。

[0103] なお、インプリントモールド４０の剥離方法等によっては、微細凸状パターン２２の傾斜方向ＩＤは必ずしも一定方向であるとは限らず、各微細凸状パターン２２が様々な方向に傾斜する場合もある。このような場合においては、微細凸状パターン構造体２０の上方から平面部２１に対する直交方向ＣＤに沿って活性エネルギー線２６を照射するのが好ましい（図７（ｄ）参照）。

[0104] また、微細凸状パターン２２の傾斜方向ＩＤに基づいて微細凸状パターン構造体２０を複数の領域に分割し、各領域における微細凸状パターン２２の傾斜方向ＩＤに従い、活性エネルギー線２６の照射方向を設定し、分割された領域ごとに当該設定された方向から活性エネルギー線２６を照射するようにしてもよい。このようにすることで、微細凸状パターン構造体２０におけるすべての微細凸状パターン２２の側面２２ａに、効果的に活性エネルギー線２６を照射することができ、平面部２１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０を精度良く製造することができる。

[0105] 第２の実施形態において、エネルギーの付与による微細凸状パターン２２の収縮は、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の化学構造の変化に起因する収縮、微細凸状パターン２２に付与されるエネルギーにより生じる熱に起因する収縮等のうちの少なくとも１つのメカニズムにより生じているものと考えられる。

[0106] これらのうち、樹脂材料の化学構造の変化に起因する収縮としては、例えば、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の架橋（重合）反応が進行することにより起こる収縮；微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料が環構造を有する材料であって、当該環構造が開環により直鎖構造となることで微細凸状パターン２２中の樹脂材料が高密度化されることにより起こる収縮；微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の分子鎖を切断し、微細凸状パターン２２の構造に影響を与えない程度（微細凸状パターン２２に損傷が生じない程度）の一部の分子を脱離させることにより起こる収縮；微細凸状パタ

ーン２２の外部から加わった力（圧力）により樹脂材料の分子鎖が伸びた状態となっていたものが、エネルギーの付与により相互に安定な状態となる距離へと移行することによる収縮等が挙げられ、これらのうちの少なくとも１つのメカニズムにより微細凸状パターン２２が収縮しているものと考えられる。

[0107] そのため、例えば、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料が活性エネルギー線硬化性樹脂である場合、当該活性エネルギー線硬化性樹脂の架橋（重合）反応を進行させ得るが、分子鎖を切断し得ない程度のエネルギー強度を有する活性エネルギー線２６を微細凸状パターン２２の側面２２ａに向けて照射する。これにより、活性エネルギー線２６が照射された部分（側面２２ａ）近傍における活性エネルギー線硬化性樹脂の架橋（重合）反応が進行し、微細凸状パターン２２の側面２２ａ近傍がより収縮することになる。この結果として、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることができる。

[0108] また、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料が環構造を有する樹脂材料である場合、当該環構造の開環反応を進行させ得る程度のエネルギー強度を有する活性エネルギー線２６を微細凸状パターン２２の側面２２ａに向けて照射する。これにより、活性エネルギー線２６が照射された部分（側面２２ａ）近傍における樹脂材料の開環反応が進行して環構造が直鎖構造に変化することで当該側面２２ａ近傍の樹脂材料の高密度化が生じるため、微細凸状パターン２２の側面２２ａ近傍がより収縮し、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることができる。

[0109] さらに、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の分子鎖を切断し、一部の分子を脱離させ得る程度のエネルギー強度を有する活性エネルギー線２６を微細凸状パターン２２の側面２２ａに向けて照射する。これにより、活性エネルギー線２６が照射された部分（側面２２ａ）近傍における樹脂材料の分子鎖が切断されて一部の分子が脱離し、微細凸状パターン２２の側面２２ａ近傍がより収縮する。この結果として、傾斜した微細凸状パターン２２

ａを平面部２１の略直交方向に突出させることができる。

[0110] さらにまた、微細凸状パターン２２の側面２２ａに向けて活性エネルギー線２６を照射することにより、当該照射された部分（側面２２ａ）近傍を加熱する。これにより、微細凸状パターン２２の側面２２ａ近傍を熱収縮させることができ、その結果として、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させることができる。

[0111] 第２の実施形態においては、微細凸状パターン２２に活性エネルギー線２６を連続的に照射してもよいが、パルス状に活性エネルギー線２６を照射することで、微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２に過剰なエネルギーが付与されないようにするのが好ましい。微細凸状パターン２２に過剰なエネルギーが付与されてしまうと、主に収縮させたい部分（微細凸状パターン２２の側面２２ａ）以外の部分も収縮してしまうこと等により、微細凸状パターン構造体２０が変形してしまうおそれがある。

[0112] この場合において、活性エネルギー線照射のパルス幅及びパルス休止時間を含む活性エネルギー線照射条件は、微細凸状パターン構造体２０を構成する樹脂材料の種類、微細凸状パターン２２の寸法やアスペクト比、微細凸状パターン２２の傾斜角度等に応じて、微細凸状パターン２２の傾斜を修正し得る程度であって、微細凸状パターン構造体２０の変形を生じさせない程度に適宜設定すればよい。

[0113] なお、微細凸状パターン２２の側面のうちの相対的に伸長している側面２２ａに重点的に活性エネルギー線２６を照射したとしても、当該側面２２ａ以外の部分（他の側面、平面部２１、基板２４等）にも活性エネルギー線２６が照射されたり、側面２２ａからエネルギーが伝播したりすることで、側面２２ａ以外の部分にもエネルギーが付与される。このような場合に、平面部２１及び微細凸状パターン２２が樹脂材料により構成される微細凸状パターン構造体２０においては、微細凸状パターン構造体２０が全体的に収縮することになるが、微細凸状パターン構造体２０を構成する樹脂材料と、基板２４を構成する材料との収縮率が相違することにより、微細凸状パターン構

造体２０の全体的な収縮に伴い基板２４の反り返りによる変形が生じるおそれがある。したがって、このような弊害を防止するために、図９に示すように、微細凸状パターン構造体２０を製造する際に平面部２１にスリット２７を形成しておいたり、微細凸状パターン構造体２０と基板２４との間に断熱性、絶縁性、吸収性等のエネルギーの伝播を遮る特性を有する層を設けておくことで、エネルギーの伝播が生じるのを抑制したりするのが好ましい。

[0114] 上述した第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法は、ナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートや、モスアイ構造（蛾の目を模した構造であって、数十～数百ｎｍオーダーの微細凸状パターンが配列した構造）を有するフィルム（モスアイフィルム）、偏向フィルム（光の振動方向を制御するものであって、例えば特定方向のラインアンドスペースによってなり、これを光の入射方向に対して適宜に設置することによって、光を選択的に遮断したり透過させたりするもの）の製造に特に好適である。

[0115] 上記第２の実施形態によりナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートを製造する場合、ナノピラーアレイ構造に対応するナノホールアレイを有するインプリントモールド４０を、インプリント用樹脂膜２３に押圧する（図７（ｂ）参照）。そして、図７（ｃ）～図１（ｅ）の工程を実施することにより、ナノピラーアレイ構造（微細凸状パターン２２）が平面部２１に対する略直交方向に突出する細胞培養シートを製造することができる。ナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートの使用時には、細胞が微細凸状パターン２２に接触する。そのため、上記インプリントモールド４０に離型剤層を形成することが望ましくない場合もある。当該離型剤層が細胞に対する毒性を有する場合があるためである。したがって、上記インプリントモールド４０をインプリント用樹脂膜２３から剥離する際に、大きな応力がかかることがある。よって、第２の実施形態によりナノピラーアレイ構造を有する細胞培養シートを製造することで、インプリントモールド４０の離型時における応力を低減することができる。

[0116] また、上記第２の実施形態によりモスアイフィルムを製造する場合、まず

、アルミニウム基材の表面を陽極酸化することによって、複数の微細凹部を有するアルミニウム基材を形成し、所望により当該アルミニウム基材にエッチング処理を施して複数の微細凹部を拡大させる。このようにして形成された複数の微細凹部を有するアルミニウム基材をインプリントモールドとして用い、当該アルミニウム基材をインプリント用樹脂膜に押圧する。このとき、一般には、図４（ａ）及び図４（ｂ）に示すように、当該アルミニウム基材をベルト状インプリントモールド４０１又は円柱状インプリントモールド４０２とし、そのベルト状又は円柱状インプリントモールド４０１，４０２と樹脂シート２５とを連続的に接触させる。その後、図７（ｃ）～図７（ｅ）の工程を実施することにより、微細凸状パターン２２が平面部２１に対する略直交方向に突出するモスアイフィルムを製造することができる。上記モスアイフィルムは、ベルト状又は円柱状インプリントモールド４０１，４０２を用いて樹脂シート２５と連続的に接触させることで大量生産が可能であるが、徐々にベルト状又は円柱状インプリントモールド４０１，４０２の離型性能が低下するおそれがある。このような場合であっても、第２の実施形態によれば、微細凸状パターン２２が平面部２１に対する略直交方向に突出するモスアイフィルムを、高精度に製造することができる。なお、偏向フィルムの場合にも、例えばラインアンドスペースの構造を有するモールドを作製し、モスアイフィルムと同様の工程を経ることで製造することができる。

[0117] 上述したように、第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法によれば、微細凸状パターン２２が傾斜する方向に突出する条件で、当該微細凸状パターン２２が形成されるため、インプリント用樹脂膜２３からインプリントモールド４０を剥離する際に、微細凸状パターン２２に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができる。それとともに、傾斜した微細凸状パターン２２の相対的に伸長している側面２２ａに外部からエネルギーを付与することにより、微細凸状パターン２２を構成する樹脂材料の収縮力を利用して当該微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができるため、平面部２１に対して略直交方向に突出する微細凸状

パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０を精度良く製造することができる。

[0118] また、第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法によれば、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができるため、従来のナノインプリントにおいてはパターンが倒れてしまうことを理由として形成されることのなかった微細寸法、高アスペクト比の微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０であっても、精度良く製造することができる。

[0119] ［微細凸状パターン構造体製造システム］

続いて、上述した第２の実施形態に係る微細凸状パターン構造体の製造方法を実施し得るシステムについて説明する。図１０は、第２の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システムの概略構成を示すブロック図である。

[0120] 図１０に示すように、第２の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システム６０は、平面部２１と平面部２１から突出する微細凸状パターン２２とを有する微細凸状パターン構造体２０を、当該微細凸状パターン２０が平面部２１の直交方向ＣＤに対して傾斜する方向ＩＤに突出する条件で製造する傾斜パターン形成部６１と、傾斜パターン形成部６１により製造された微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２に外部からエネルギーを付与することにより、傾斜する微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させるエネルギー付与部６２とを有する。

[0121] 傾斜パターン形成部６１は、微細凸状パターン構造体２０を製造するために一般的に用いられる単一の装置又は複数の装置群により構成され、その具体的装置構成としては、第１の実施形態における傾斜パターン形成部５１と同様のものが挙げられる。

[0122] エネルギー付与部６２としては、微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２の側面２２ａにエネルギーを付与し、当該側面２２ａにおける樹脂材料を収縮させ得るものである限り、特にその装置構成に制限は

なく、例えば、電子線照射装置、イオンビーム照射装置、紫外線照射装置、赤外線照射装置、可視光線照射装置、レーザー光線照射装置、Ｘ線照射装置、ガンマ線照射装置等の活性エネルギー線照射装置等が挙げられる。

[0123] 上述した構成を有する微細凸状パターン構造体製造システム６０においては、傾斜パターン形成部６１にて、傾斜する微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０が製造され、エネルギー付与部６２にて当該傾斜する微細凸状パターン２２の側面２２ａにエネルギーが付与される。これにより、平面部２１と、平面部２１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン２２とを有する微細凸状パターン構造体２０を製造することができる。

[0124] このように、第２の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システム６０によれば、傾斜パターン形成部６１にて、微細凸状パターン２２が傾斜する条件で微細凸状パターン構造体２０が製造されることで、微細凸状パターン２２に欠損等の欠陥が生じるのを抑制することができ、また、エネルギー付与部６２にて傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができるため、平面部２１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０を精度良く製造することができる。

[0125] また、第２の実施形態における微細凸状パターン構造体製造システムによれば、傾斜した微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができるため、従来のナノインプリントにおいてはパターンが倒れてしまうことを理由として形成されることのなかった微細寸法、高アスペクト比の微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０であっても、精度良く製造することができる。

[0126] 以上説明した実施形態は、本発明の理解を容易にするために記載されたものであって、本発明を限定するために記載されたものではない。したがって、上記実施形態に開示された各要素は、本発明の技術的範囲に属する全ての設計変更や均等物をも含む趣旨である。

[0127] 上記第１の実施形態においては、微細凸状パターン構造体１０の全体に電荷を生じさせているが、本発明はこのような態様に限定されるものではなく、微細凸状パターン構造体１０の一部の領域のみに電荷を生じさせ、その領域内において傾斜する微細凸状パターン１２を平面部１１の略直交方向に突出させるようにしてもよい。

[0128] かかる態様においては、微細凸状パターン構造体１０の一部の領域内の微細凸状パターン１２のみが傾斜方向ＩＤに突出する条件で当該微細凸状パターン構造体１０を製造し、当該一部の領域のみに電荷を生じさせればよい。

[0129] 例えば、製造しようとする微細凸状パターン構造体１０（平面部１１及び微細凸状パターン１２１，１２２）が導電性高分子により構成されていて、当該微細凸状パターン構造体１０がガラス基板等の絶縁性基板１４上に設けられており、一の方向に延在するライン状の第１微細凸状パターン１２１と、当該一の方向と異なる方向に延在するライン状の第２微細凸状パターン１２２とを同一面内に含むものであるとする（図１１（ａ）参照）。このとき、第１微細凸状パターン１２１のライン方向に沿ってインプリントモールド３０を剥離することにより製造される場合、第１微細凸状パターン１２１は平面部１１の略直交方向に突出するが、第２微細凸状パターン１２２は平面部１１の略直交方向に対して傾斜する方向に突出する（図１１（ｂ）参照）。これにより、少なくとも第２微細凸状パターン１２２は、高精度なライン長さを有するものとして形成される。その一方で、第２微細凸状パターン１２２は、平面部１１の略直交方向に対して傾斜する方向に突出することになるが、第１微細凸状パターン１２１の形成されている領域と、第２微細凸状パターン１２２の形成されている領域とをスリット１６を介して分断しておき、第１微細凸状パターン１２１の形成されている領域は接地された状態としておくことで、第２微細凸状パターン１２２の形成されている領域のみに電荷を生じさせることができ、傾斜する第２微細凸状パターン１２２を平面部１１の略直交方向に突出させることができる（図１１（ａ）参照）。

[0130] また、上記第２の実施形態においても同様に、微細凸状パターン構造体２

０の一部の領域の微細凸状パターン２２（の側面２２ａ）のみに活性エネルギー線を照射することにより、当該一部の領域の微細凸状パターン２２のみにエネルギーを付与し、その領域内において傾斜する微細凸状パターン２２を平面部２１の略直交方向に突出させるようにしてもよい。

[0131] さらに、上記第１及び第２の実施形態においては、傾斜する微細凸状パターン１２，２２に電荷を生じさせ又はエネルギーを付与した後に、当該微細凸状パターン１２，２２が平面部１１，２１の略直交方向に突出しているか否かを確認する工程をさらに含んでいてもよい。

[0132] この場合において、微細凸状パターン１２，２２が平面部１１，２１の略直交方向に突出しているか否かを確認する方法としては、例えば、形状を観察し評価する方法、形状の変化により得られる情報から傾斜の有無を判断する方法等が挙げられる。

[0133] 具体的には、微細凸状パターン構造体１０，２０をその上面又は側面からレーザー顕微鏡やＳＥＭ等を用いて撮像して、微細凸状パターン１２，２２の傾斜の有無を確認したり、ＡＦＭ等を用いて微細凸状パターン構造体１０，２０に探針を近接又は接触させ、微細凸状パターン１２，２２の傾斜の有無を確認したりすることができる。なお、光学顕微鏡を用いると、微細凸状パターン１２，２２に応答する分解能が十分ではなく、各微細凸状パターン１２，２２を識別することは難しいが、平面部１１，２１の略直交方向に突出する微細凸状パターン１２，２２が存在することが分かっている領域の画像と比較したり、そのような領域を同一解像度にて撮像した画像と比較したりすることで、当該画像のコントラストや色味等の光学特性の違いにより微細凸状パターン１２，２２の傾斜の有無を確認することもできるし、透過率、屈折率、反射率等の測定データに基づいて微細凸状パターン１２，２２の傾斜の有無を確認してもよく、さらにはこれらの方法を組み合わせて用いてもよい。また、上記第２の実施形態において、傾斜した微細凸状パターン２２にＳＥＭ等を用いて電子線を照射することで当該微細凸状パターン２２にエネルギーを付与する場合には、当該ＳＥＭ等で電子線を照射しながら微細

凸状パターン２２の傾斜の有無を確認することもできる。

[0134] 上記第１及び第２の実施形態において、平面部１１，２１に対する略直交方向に突出する微細凸状パターン１２，２２を有する微細凸状パターン構造体１０，２０を製造しているが、微細凸状パターン構造体１０，２０に電荷を生じさせた後又はエネルギーを付与した後の微細凸状パターン１２，２２の突出角度（微細凸状パターン１２，２２を上方に、平面部１１，２１を下方に位置させた微細凸状パターン構造体１０，２０の側面視において、微細凸状パターン１２，２２の幅方向中心を通る線分（軸線）と平面部１１，２１との交点を通る平面部１１，２１の接線に対する当該軸線のなす角度）が、インプリント樹脂膜１３，２３からインプリントモールド３０，４０を剥離したときの微細凸状パターン１２，２２の突出角度よりも平面部１１，２１に対する略直交方向に近づいてなる微細凸状パターン構造体１０，２０を製造する方法であってもよい。

[0135] 上記第１及び第２の実施形態として、平面部１１，２１に対する直交方向に突出する微細凸状パターン１２，２２を有する微細凸状パターン構造体１０，２０を製造する方法を例に挙げて説明したが、目的とする微細凸状パターン構造体における微細凸状パターンが所定の角度で傾斜してなる（その傾斜方向に突出する）微細凸状パターン構造体を製造する方法においても、本発明を適用することができる。この場合において、当該所定の角度よりも平面部側に傾斜するようにして微細凸状パターンを形成した後、当該微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、又は当該微細凸状パターンにエネルギーを付与することにより、微細凸状パターンを上記所定の角度に突出させることができる。

[0136] なお、所定の角度で傾斜する微細凸状パターンを形成する方法としては、微細凹状パターンを有するインプリントモールドであって、当該微細凹状パターンの側壁が微細凸状パターンの傾斜角度に対応する角度に傾斜する傾斜面により構成されるインプリントモールドを用いる方法を例示することができる。

実施例

[0137] 以下、実施例等を挙げて本発明をさらに詳細に説明するが、本発明は下記の実施例等に何ら限定されるものではない。

[0138] 〔実施例１〕

石英基板１４の一方面上に、紫外線硬化性樹脂材料を用い、形成しようとする微細凸状パターン１２に対応する微細凹状パターン３２を有するインプリントモールド３０を用いたＵＶナノインプリントにより、複数のライン形状の微細凸状パターン１２（設計寸法：１００ｎｍ、アスペクト比：３．０、隣接する微細凸状パターン１２間のピッチ：１００ｎｍ）を形成し、微細凸状パターン構造体１０を作製した。なお、インプリントモールド３０の剥離時に、ライン形状の微細凸状パターン１２のライン方向（長手方向）に略直交する方向に沿ってインプリントモールド３０を剥離した。

[0139] 上記のようにして５個の微細凸状パターン構造体１０を作製し、各微細凸状パターン構造体１０をＳＥＭにて確認したところ、図１３のＳＥＭ写真から明らかなように、すべての微細凸状パターン構造体１０において剥離の方向と同一の、左方向への微細凸状パターン１２の倒れが確認された。

[0140] 上記のようにして作成し、微細凸状パターン１２の倒れの生じた微細凸状パターン構造体１０について、ＩＣＰ－ＲＩＥを用いたドライエッチング処理を施した。かかるドライエッチング処理において、まず紫外線硬化性樹脂及び石英がエッチングされない程度のＩＣＰの出力（目的とする石英のエッチングレートが得られるようなＩＣＰの出力の６０％）としてプラズマ雰囲気を形成し、微細凸状パターン構造体１０を載置した電極に高周波電流を印加することなく１０秒間プラズマ雰囲気下に微細凸状パターン構造体１０を存在させ、次いで目的とする石英のエッチングレートが得られるようなＩＣＰの出力に上げた。

[0141] 上記のようにしてドライエッチング処理を施した後の石英基板１４をＳＥＭにて観察したところ、図１４のＳＥＭ写真から明らかなように、微細凸状パターン１２の倒れが反映されることなく、直立したラインパターンが形成

されていることが確認された。

[0142] 〔比較例１〕

ドライエッチング処理を通じて、ＩＣＰの出力を目的とする石英のエッチングレートが得られるような出力とした以外は、実施例１と同様の方法により作製した微細凸状パターン構造体１０にドライエッチング処理を施した。このようにしてドライエッチング処理を施した後の石英基板１４をＳＥＭにて観察したところ、微細凸状パターン１２の倒れが反映された状態で石英基板１４がドライエッチングされていることが確認された。

[0143] 上記実施例１及び比較例１の結果から明らかなように、実施例１のように、ドライエッチング処理において紫外線硬化性樹脂及び石英基板１４がエッチングされない程度にＩＣＰの出力を下げることで、微細凸状パターン構造体１０（微細凸状パターン１２）に電荷を生じさせることができ、その結果として生じる電気的反発力により微細凸状パターン１２を平面部１１に対する略直交方向に突出させることができたために、その状態のままＩＣＰの出力を上げてドライエッチング処理を施すことで、石英基板１４に直立したラインパターンを形成することができたと推察される。

[0144] 〔試験例１〕

シクロオレフィン系熱可塑性樹脂フィルム（製品名：ゼオノア，日本ゼオン社製，大きさ：１０ｍｍ角，厚み：２．０ｍｍ）の一方の面のみに電子線を照射し（加速電圧：８００Ｖ，電子線積算照射量：１８８．６μＣ／ｃｍ^2）、電子線照射前後における当該フィルムの平坦度（反り）を、Ｆｌａｔｍａｓｔｅｒ（コーニング社製）により計測した。その結果、電子線照射後に照射面側が凹むようにして反り返っていることが確認された。この結果から、電子線を照射することにより、上記樹脂フィルムの電子線照射面において樹脂がより収縮することが判明した。

[0145] 〔実施例２〕

シクロオレフィン系熱可塑性樹脂フィルム（製品名：ゼオノア，日本ゼオン社製）を所定の温度に加熱し、ホール状の微細凹状パターンを有するイン

プリントモールド４０を押圧し、当該樹脂フィルムの上面に対する略垂直方向にインプリントモールド４０を引き上げて離型することで、ピラー状の微細凸状パターン２２及び平面部２１を有する微細凸状パターン構造体２０を製造した。なお、微細凸状パターン構造体２０における微細凸状パターン２２の寸法を２５０ｎｍ、アスペクト比を２．０、隣接する微細凸状パターン２２，２２の間隔を２５０ｎｍと設定した。また、樹脂フィルムの厚さは２．０ｍｍであった。

[0146] このようにして製造した微細凸状パターン構造体２０を、ＳＥＭ（日本電子社製，製品名：ＪＳＭ－７００１Ｆ）を用いて観察したところ、図１５のＳＥＭ写真から明らかなように、微細凸状パターン２２の倒れが確認された（電子線照射量：５．８μＣ／ｃｍ^2）。そして、上記ＳＥＭを用いて加速電圧８００Ｖにて電子線積算照射量が５８．０μＣ／ｃｍ^{2}になるまで電子線を微細凸状パターン構造体２０に連続して照射したところ、図１６のＳＥＭ写真から明らかなように、微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができた。

[0147] 〔実施例３〕

シクロオレフィン系熱可塑性樹脂フィルムをポリスチレン樹脂フィルムに変更した以外は、実施例２と同様にして微細凸状パターン構造体２０を製造した。

[0148] このようにして製造した微細凸状パターン構造体２０を、ＳＥＭ（日本電子社製，製品名：ＪＳＭ－７００１）を用いて観察したところ、図１７のＳＥＭ写真から明らかなように、微細凸状パターン２２の倒れが確認された（電子線照射量：５．８μＣ／ｃｍ^2）。そして、上記ＳＥＭを用いて加速電圧８００Ｖにて電子線積算照射量が６３．８μＣ／ｃｍ^{2}になるまで電子線を連続して微細凸状パターン構造体２０に照射したところ、図１８のＳＥＭ写真から明らかなように、微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができた。

[0149] 〔実施例４〕

実施例２の微細凸状パターン構造体２０の一部の領域のみにＳＥＭを用いて加速電圧８００Ｖにて電子線積算照射量が６３．８μＣ／ｃｍ^{2}になるまで電子線を連続して照射したところ、図１９のＳＥＭ写真から明らかなように、当該電子線の照射領域内の微細凸状パターン２２のみを平面部２１に対する略直交方向に突出させることができた。

[0150] 実施例４の結果から、微細凸状パターン構造体２０の一部の領域のみに電子線を照射することで、当該一部の領域内の微細凸状パターン２２のみを平面部２１に対する略直交方向に突出させることができると考えられる。また、電子線を照射した部分の微細凸状パターン２２のみを平面部２１に対する略直交方向に突出させることができたことから、照射された電子線によるエネルギーは照射領域外の微細凸状パターン構造体２０にまで拡散することなく、照射領域でのみ作用したものと考えられる。

[0151] すなわち、上記試験例１及び実施例２～４の結果を総合すると、傾斜した微細凸状パターン２２を有する微細凸状パターン構造体２０に電子線を照射することで、傾斜した微細凸状パターン２２における相対的に伸長している側面に重点的に電子線が照射されることになるため、電子線のエネルギーの作用によって、電子線が重点的に照射された側面における樹脂材料がより収縮し、その結果として、微細凸状パターン２２を平面部２１に対する略直交方向に突出させることができたと推察される。

産業上の利用可能性

[0152] 本発明は、ナノインプリント法による微細凸状パターン構造体の製造に有用である。

符号の説明

[0153] １０，２０…微細凸状パターン構造体

１１，２１…平面部

１２，２２…微細凸状パターン

３０，４０，３０１，３０２，４０１，４０２…インプリントモールド

３２，４２…微細凹状パターン

５０，６０…微細凸状パターン構造体製造システム

５１，６１…傾斜パターン形成部

５２…電荷付与部

６２…エネルギー付与部

請求の範囲

[請求項1] 平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造する方法であって、

前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成し、

少なくとも前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させる

ことを特徴とする微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項2] 前記微細凸状パターン構造体を帯電させることが可能な雰囲気下に当該微細凸状パターン構造体を存在させることにより、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることを特徴とする請求項１に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項3] 少なくとも前記微細凸状パターンを誘電分極又は静電誘導させることにより、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることを特徴とする請求項１に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項4] 前記微細凸状パターン構造体は、絶縁性材料により構成されていることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項5] 前記微細凸状パターン構造体は、導電性材料を含む材料により構成されており、

少なくとも前記微細凸状パターンを電気的フローティング状態として、前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることを特徴とする請求項１～３のいずれかに記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項6] 平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造する方法であって、

少なくとも前記微細凸状パターンが、外部からのエネルギーの付与により収縮し得る樹脂材料により構成されており、

前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成し、

前記傾斜した微細凸状パターンの側面のうちの相対的に伸長している側面に対して外部からエネルギーを付与することにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させる

ことを特徴とする微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項7] 前記傾斜した微細凸状パターンの相対的に伸長している側面に対し活性エネルギー線を照射することにより、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させることを特徴とする請求項６に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項8] 前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面における前記樹脂材料の化学構造を変化させて前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させることを特徴とする請求項７に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項9] 前記樹脂材料の架橋反応を進行させて前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させることを特徴とする請求項８に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項10] 前記樹脂材料の分子鎖を切断することにより前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させることを特徴とする請求項８に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項11] 前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を熱収縮させる

ことを特徴とする請求項７に記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項12] 前記微細凸状パターン構造体に電子線、イオンビーム、紫外線、赤外線、可視光線、レーザー光線、Ｘ線又はガンマ線を照射することにより、前記微細凸状パターンの相対的に伸長している側面を収縮させることを特徴とする請求項６～１１のいずれかに記載の微細凸状パターン構造体の製造方法。

[請求項13] 平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有する微細凸状パターン構造体を製造するシステムであって、

前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成する傾斜パターン形成部と、

少なくとも前記傾斜した微細凸状パターンに電荷を生じさせることにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させる電荷付与部と

を備えることを特徴とする微細凸状パターン構造体製造システム。

[請求項14] 平面部と、当該平面部から当該平面部に対する所定の方向に突出する微細凸状パターンとを有し、少なくとも前記微細凸状パターンが外部からのエネルギーの付与により収縮し得る樹脂材料により構成されている微細凸状パターン構造体を製造するシステムであって、

前記微細凸状パターンに対応する微細凹状パターンを有するインプリントモールドを用い、前記微細凸状パターンが前記所定の方向よりも前記平面部側に傾斜する条件で、前記平面部から突出する微細凸状パターンを形成する傾斜パターン形成部と、

前記傾斜パターン形成部により形成された前記傾斜した微細凸状パターンの側面のうちの相対的に伸長している側面に対して外部からエ

ネルギーを付与することにより、前記微細凸状パターンを前記平面部に対する所定の方向に突出させるエネルギー付与部と

を備えることを特徴とする微細凸状パターン構造体製造システム。

[図1]

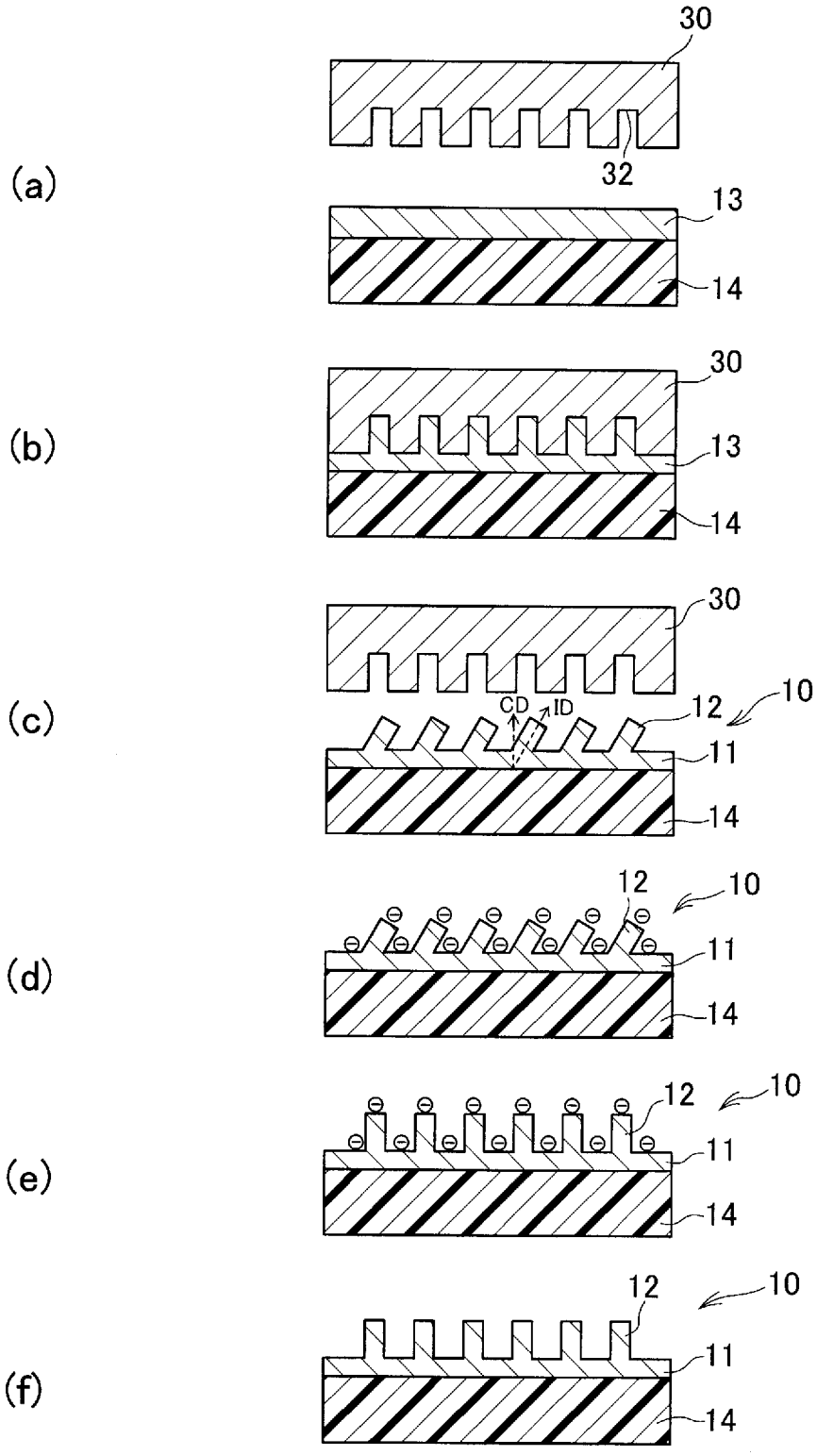

(a)
30
32
13
14
(b)
30
13
14
(c)
30
CD
ID
12
10
11
14
(d)
12
10
11
14
(e)
12
10
11
14
(f)
12
10
11
14

FIG.1

[図2]

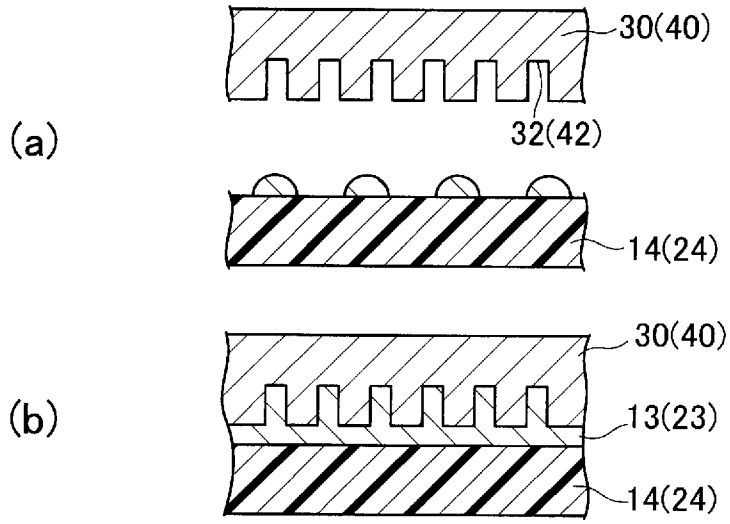


FIG.2

[図3]

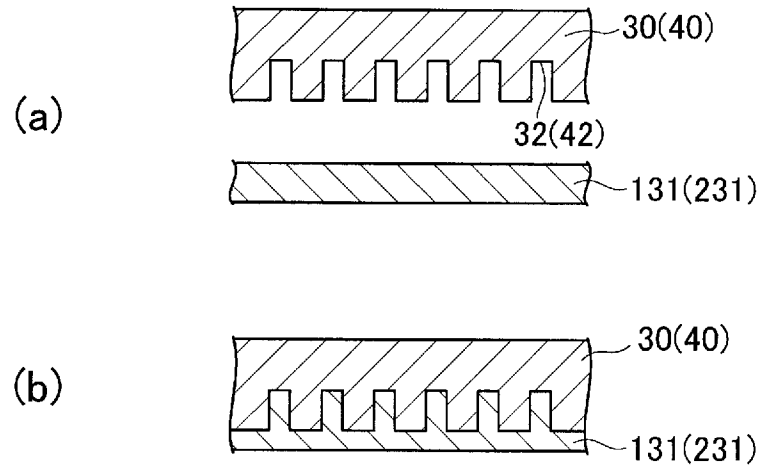


FIG.3

[図4]

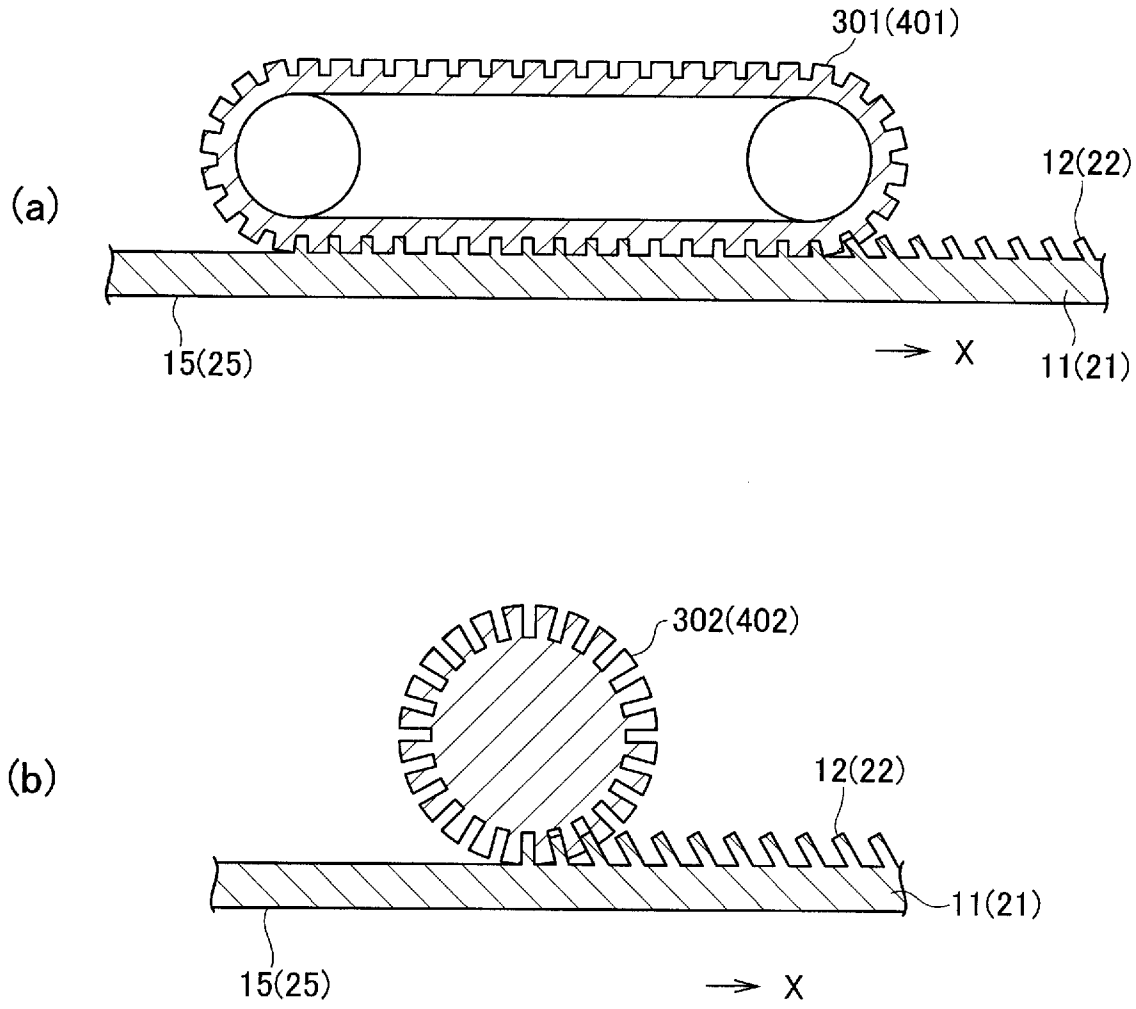


FIG.4

[図5]

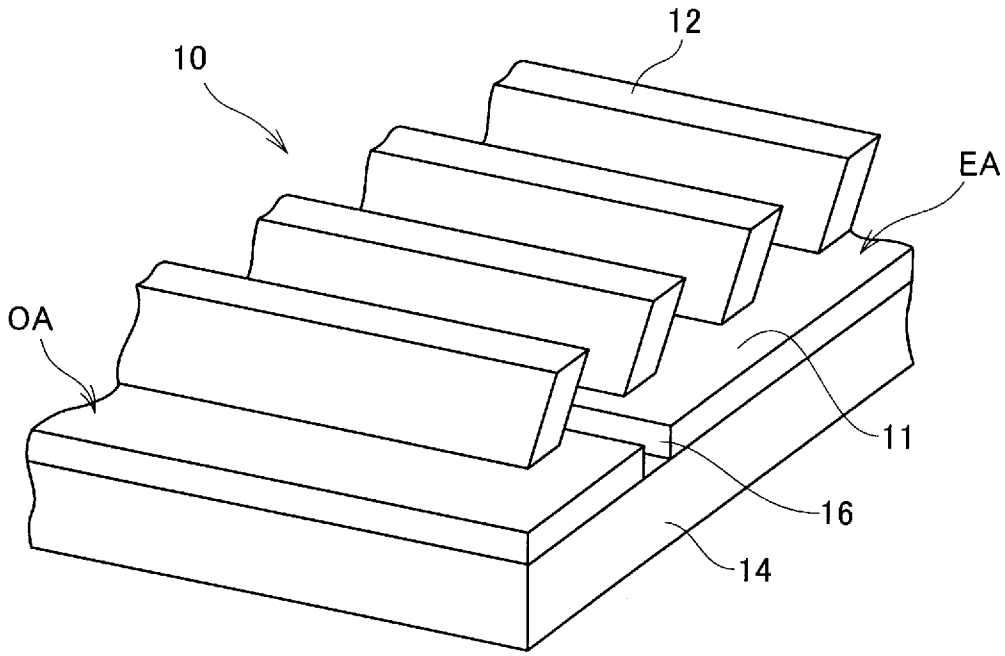


FIG.5

[図6]

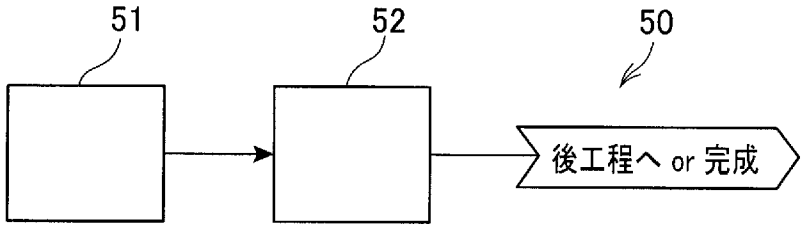


FIG.6

[図7]

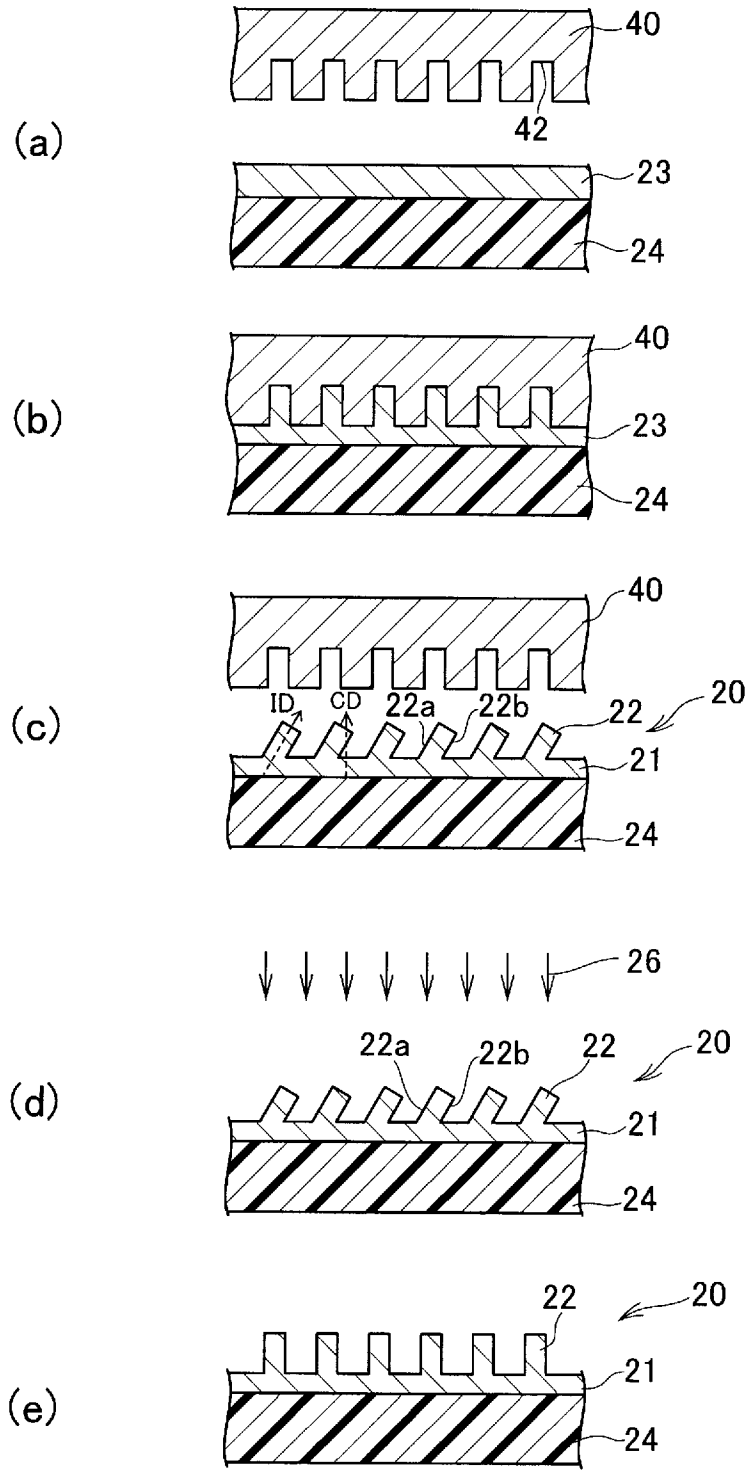

(a)
40
42
23
24
(b)
40
23
24
(c)
40
ID
CD
22a
22b
22
20
21
24
(d)
26
22a
22b
22
20
21
24
(e)
22
20
21
24

FIG.7

[図8]

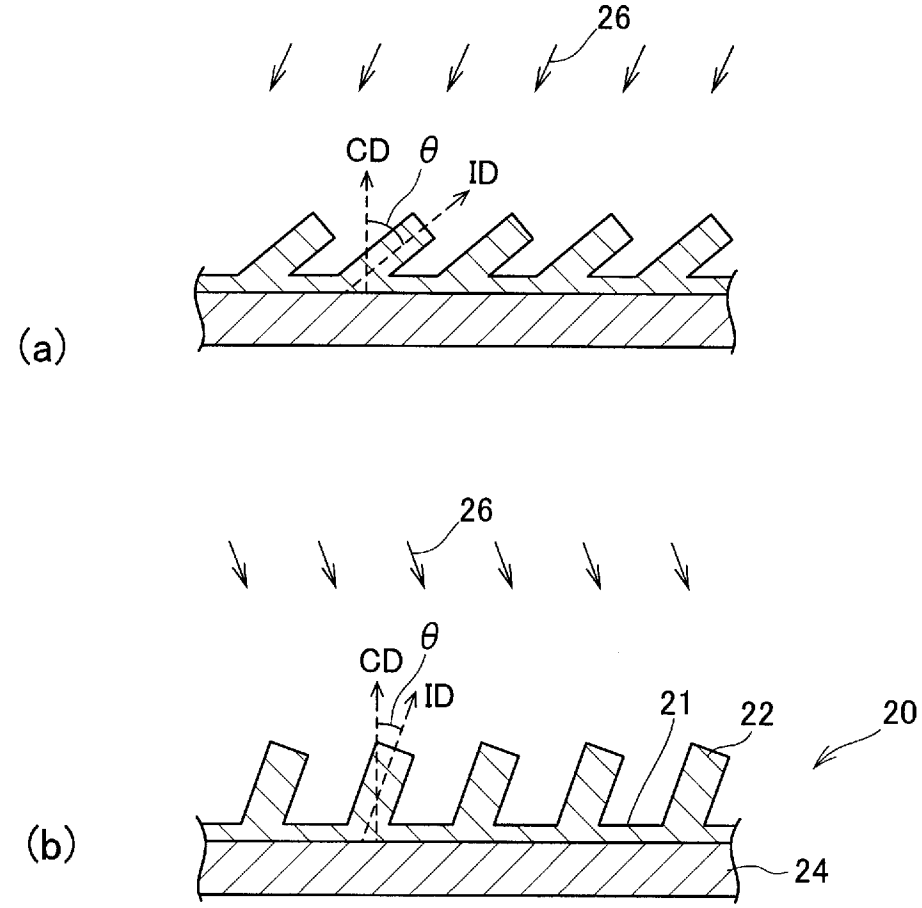


FIG.8

[図9]

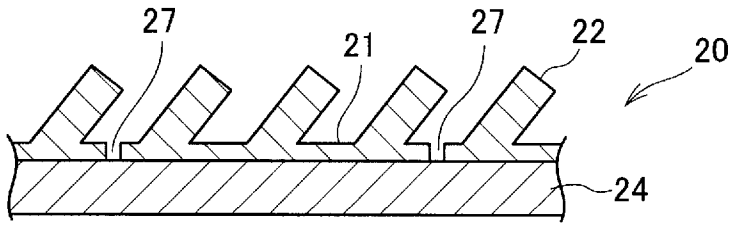


FIG.9

[図10]

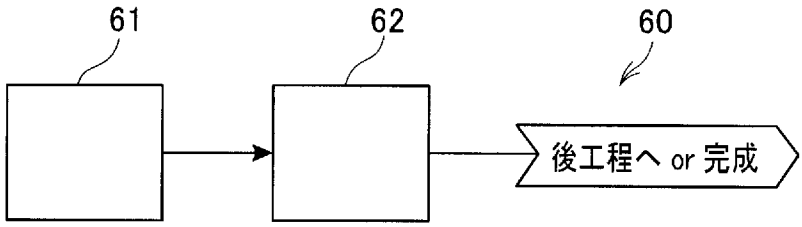


FIG.10

[図11]

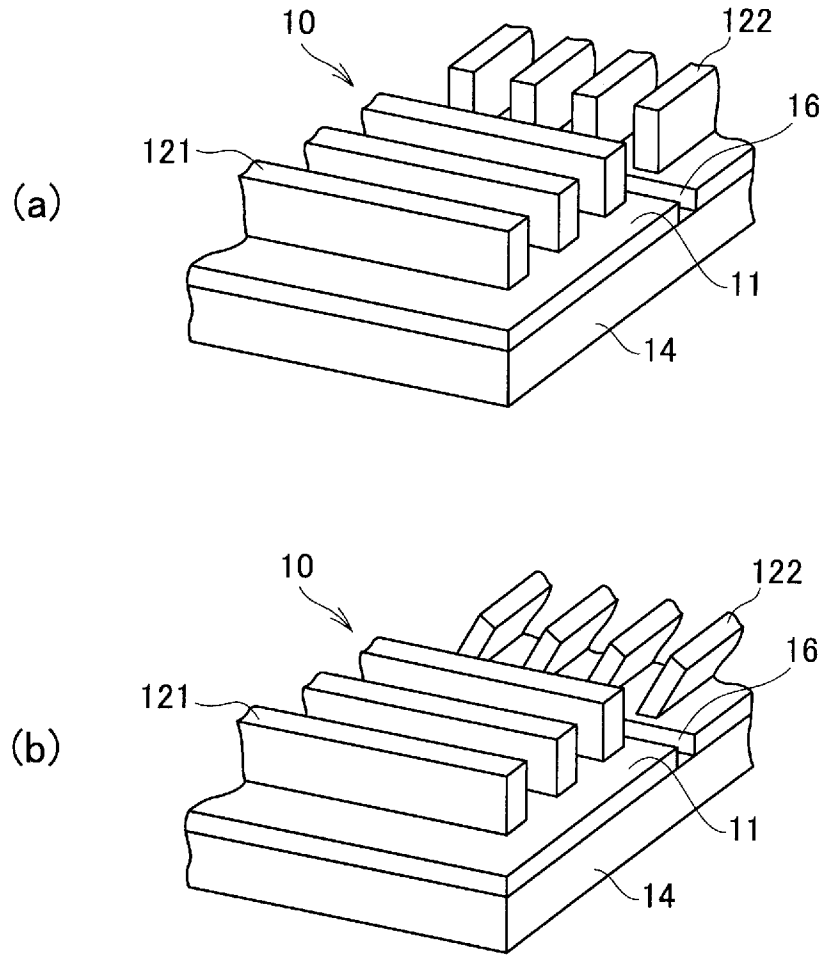


FIG.11

[図12]

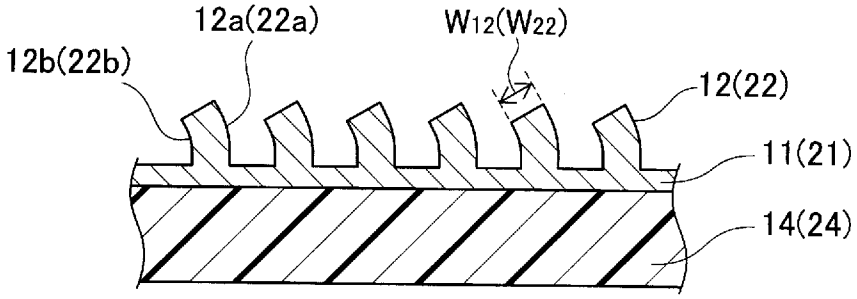
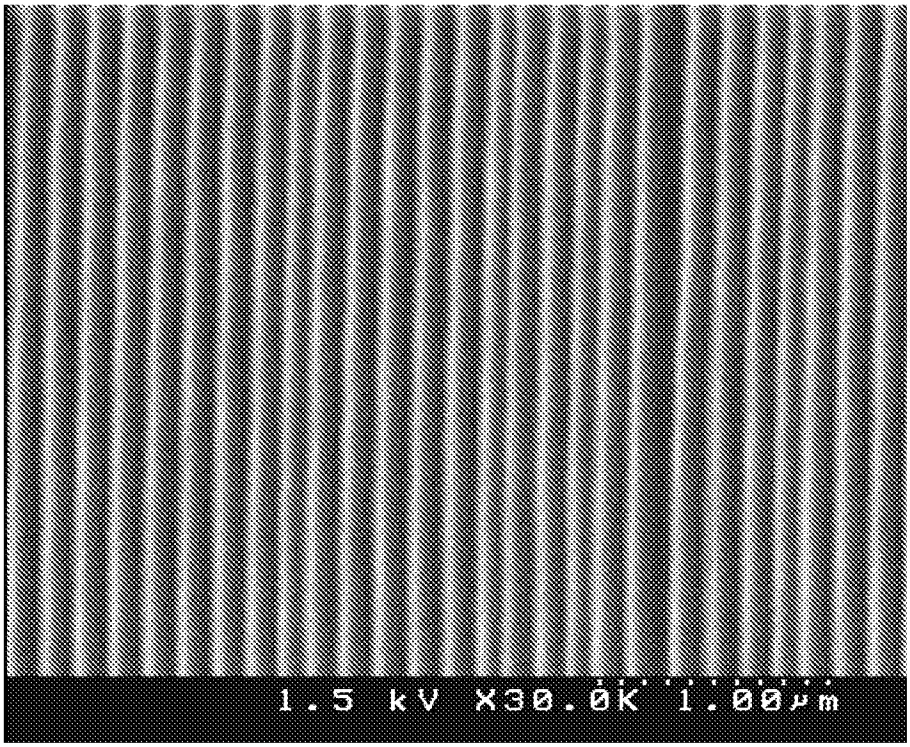
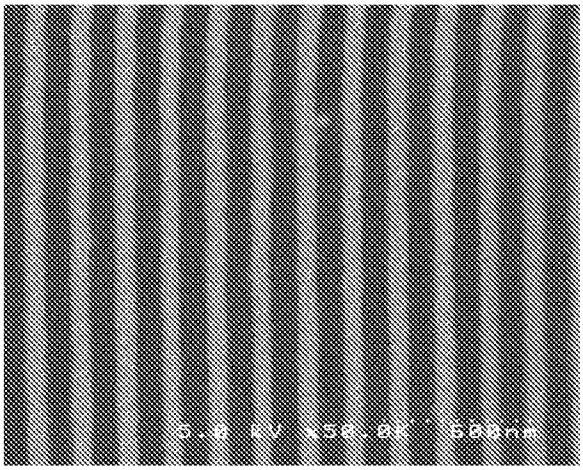


FIG.12

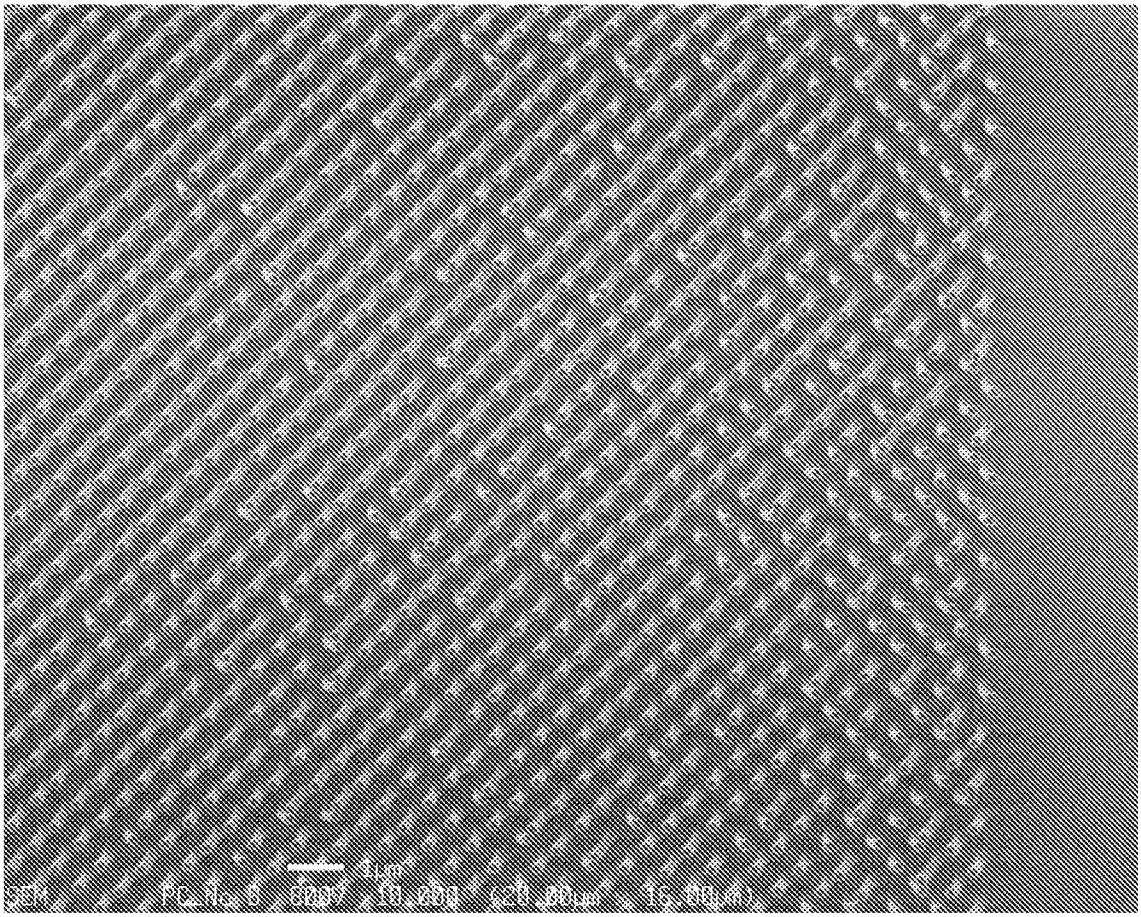
[図13]



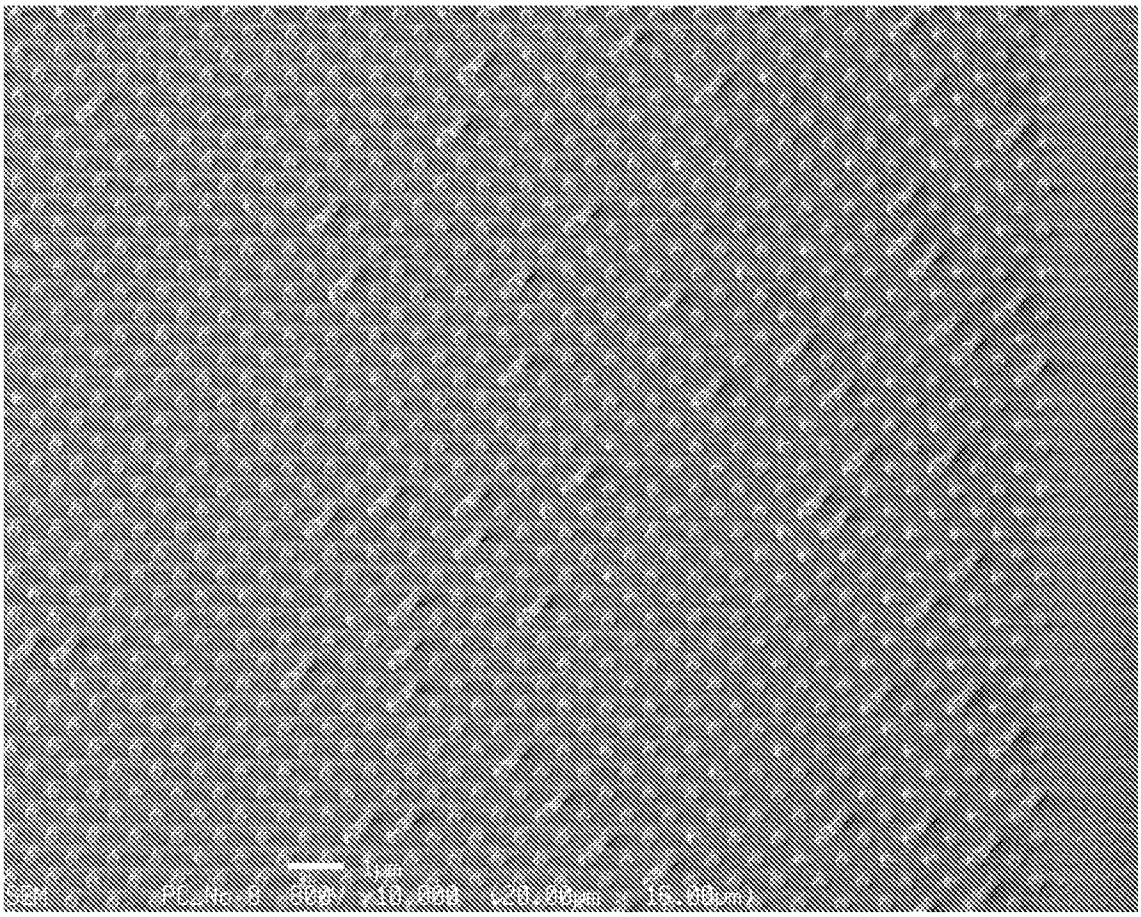
[図14]



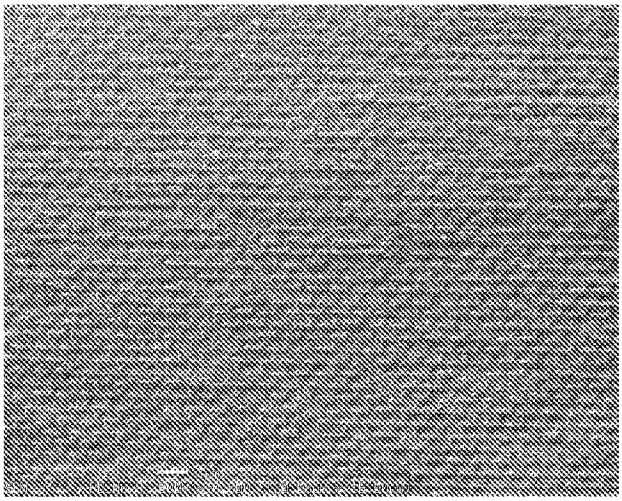
[図15]



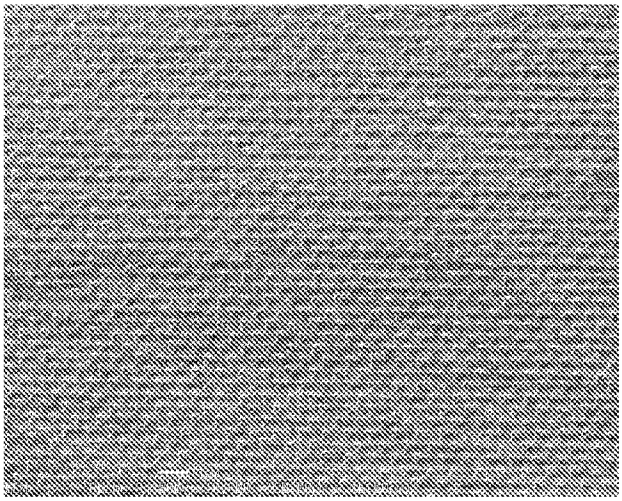
[図16]



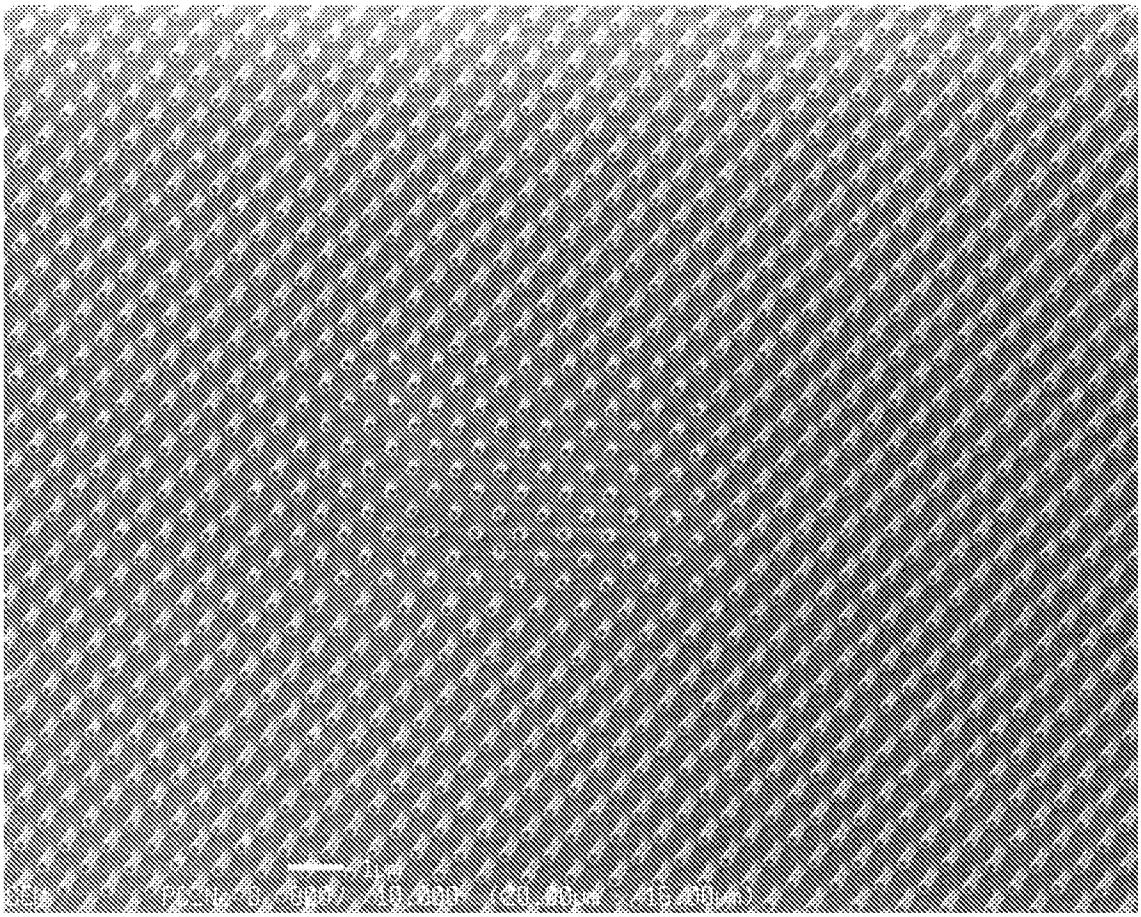
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/071477

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B29C59/02(2006.01)i, *H01L21/027*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B29C59/0O-59/18, B29C33/00-33/76, H01L21/027

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-258106 A (Toshiba Corp.), 11 November 2010 (11.11.2010), entire text & US 2010/0270711 A1	1-14
A	JP 2010-262957 A (Toshiba Corp.), 18 November 2010 (18.11.2010), entire text & US 2010/0276290 A1 & KR 10-2010-0119489 A & TW 201038394 A & KR 10-2012-0048550 A	1-14
A	JP 2004-311514 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), entire text (Family: none)	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 28 August, 2013 (28.08.13)	Date of mailing of the international search report 10 September, 2013 (10.09.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/071477

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-51796 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 23 February 2006 (23.02.2006), claim 8; fig. 7 & US 2005/0213209 A1	1-14
A	JP 2007-207913 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 16 August 2007 (16.08.2007), entire text (Family: none)	1-14

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０７１４７７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B29C59/02(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　B29C59/00-59/18, B29C33/00-33/76, H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2010-258106 A (東芝) 2010.11.11, 文献全体 & US 2010/0270711 A1	1-14
A	JP 2010-262957 A (株式会社東芝) 2010.11.18, 文献全体 & US 2010/0276290 A1 & KR 10-2010-0119489 A & TW 201038394 A & KR 10-2012-0048550 A	1-14
A	JP 2004-311514 A (三菱電機株式会社) 2004.11.04, 文献全体 (ファミリーなし)	1-14

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 ２８．０８．２０１３	国際調査報告の発送日 １０．０９．２０１３
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｆ　９３４１ 鏡　宣宏 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４３０

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 2006-51796 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2006.02.23, 【請求項８】,【図７】 & US 2005/0213209 A1	1-14
A	JP 2007-207913 A (凸版印刷株式会社) 2007.08.16, 文献全体 (ファミリーなし)	1-14