

(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 27 日(27.02.2014)



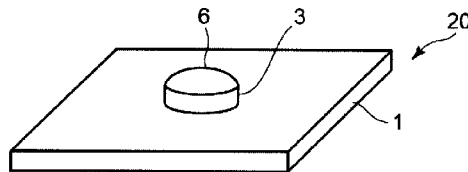
(10) 国際公開番号

WO 2014/030680 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 3/00 (2006.01) G02B 6/122 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/072326
- (22) 国際出願日: 2013 年 8 月 21 日(21.08.2013)
- (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 2012-182152 2012 年 8 月 21 日(21.08.2012) JP
- (71) 出願人: 日立化成株式会社(HITACHI CHEMICAL COMPANY, LTD.) [JP/JP]; 〒1006606 東京都千代田区丸の内 1 丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 酒井 大地(SAKAI, Daichi); 〒3004247 茨城県つくば市和台 4 8 日立化成株式会社内 Ibaraki (JP). 黒田 敏裕(KURODA, Toshihiro); 〒3004247 茨城県つくば市和台 4 8 日立化成株式会社内 Ibaraki (JP). 内ヶ崎 雅夫(UCHIGASAKI, Masao); 〒3004247 茨城県つくば市和台 4 8 日立化成株式会社内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 大谷 保, 外(OHTANI, Tamotsu et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門三丁目 2 5 番 2 号 ブリヂストン虎ノ門ビル 6 階 特許業務法人大谷特許事務所 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, 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), ユーロパ (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))

(54) Title: SUBSTRATE WITH LENS AND PRODUCTION METHOD THEREFOR, AND OPTICAL WAVEGUIDE WITH LENS

(54) 発明の名称: レンズ付き基板及びその製造方法、並びにレンズ付き光導波路



(57) Abstract: A substrate with a lens comprising: a substrate; a columnar member provided on one surface of the substrate; and a lens member provided on top of the columnar member. While selecting the lens height arbitrarily, the distance between the lens and other optical members, and the pitch of the lens can be reduced by setting the lens shape so as to be constant and of a desired shape.

(57) 要約: 基板と、前記基板の一方の面側に設けられる柱状部材と、前記柱状部材の上にさらに設けられるレンズ部材とを備えるレンズ付き基板である。 レンズ高さを任意に選択しつつも、レンズ形状を一定かつ所望の形状にすることにより、レンズと他の光学部材との距離を狭くしたり、レンズを狭ピッチ化したりすることが可能である。



WO 2014/030680 A1

明 細 書

発明の名称：

レンズ付き基板及びその製造方法、並びにレンズ付き光導波路

技術分野

[0001] 本発明は、基板に光学レンズが形成されたレンズ付き基板及びその製造方法と、このレンズ付き基板を有するレンズ付き光導波路並びにレンズ等が形成可能な曲面形状パターン形成用樹脂フィルムに関する。

背景技術

[0002] I C技術やL S I技術において、動作速度や集積度の向上のために、電気配線基板における電気配線の一部を光ファイバや光導波路等の光配線に置き換え、電気信号の代わりに光信号を利用することが行われている。

例えば、特許文献1には、表面に光学素子を備えたI Cチップの上方に光導波路フィルムを設置し、これらI Cチップと光導波路フィルムとの間で光通信を行うことが開示されている。ところが、特許文献1のように光学素子のような光通信手段を備えた基板と光導波路のような光通信手段との間で光通信を行う場合、これら光通信手段同士を高精度に位置決めして実装しないと光通信することができないという問題や、集光しないと光損失が多くなり、信号強度が減少してしまう問題がある。

[0003] この問題を解決するために、基板の表面にマイクロレンズを設けることが行われている。マイクロレンズを簡易的に製造する方法として、例えば、特許文献2に記載されるように、いわゆる熱だれを利用した方法が知られている。具体的には、透明基板の表面に感光性樹脂レジストを形成すると共に基板の裏面に開口部を有する遮光膜を形成する。次いで、遮光膜側から光を照射して、感光性樹脂レジストのうち遮光膜の開口部との対向位置に存在する部分を露光した後、現像して円柱状のレジスト構造物を形成する。その後、このレジスト構造物を加熱し、レジスト構造物の表面を熱だれさせることにより、マイクロレンズが製造される。

また、マイクロレンズの別の簡易的な製造方法としては、液滴樹脂を基板上に滴下して形成する方法も知られている。

[0004] 特許文献1：特開2006-11210号公報

特許文献2：特開2004-361858号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかし、特許文献2のように基板の表面にレンズを直接形成する場合には、基板表面の微細な凹凸や、基板表面の濡れ性のばらつき、基板表面とレンズ部材形成材料との表面張力の違いなどによって、レンズ形状を一定にしくく、狭いピッチ幅で複数のレンズ部材を形成できないという問題があった。

また、光損失を少なくするために、基板上に設けたレンズ部材の厚さを大きくして、レンズ部材と、そのレンズ部材に光学的に接続される他の光学部材との距離を縮めることが考えられている。しかし、特許文献2のように熱だれによって製造したレンズでは、レンズ厚さを大きくすると、レンズ面の曲率が減少することになるから、曲率を適切に保つためには径を大きくせざるを得ず、狭ピッチ化が一層困難になる。

これらの問題は、特許文献2のように熱だれを用いたレンズ部材だけでなく、液滴樹脂を基板上に滴下してレンズ部材を形成する場合、及びレンズ形状のレジストを作製した後に異方性エッチングによって基板そのものにレンズ部材を形成する場合でも同様に生じる。さらには、別のレンズ部材として、射出成型によって台座から凸レンズが突出したマイクロレンズもあるが、この場合だと、台座の厚み分レンズ部材が厚くなり、基板とレンズ部材とを複合すると厚みが厚くなってしまいう問題がある。

したがって、従来、簡単な方法で、レンズ高さを任意に選択しつつ、レンズを一定かつ所望の形状にし、例えばレンズと他の光学部材との距離を狭くしたり、レンズを狭ピッチ化したりすることは困難であった。

[0006] 本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、レンズ高さを任

意に選択しつつも、レンズ形状を一定かつ所望の形状にすることにより、レンズと他の光学部材との距離を狭くしたり、レンズを狭ピッチ化したりすることが可能なレンズ付き基板を提供することを目的とする。また、任意の基板上に所望のレンズ形状を形成できるレンズ付き基板の製造方法、さらには、曲面形状パターンの製造方法、該曲面形状パターンを容易に製造し得る曲面形状パターン形成用樹脂フィル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

[0007] 本発明者らは鋭意検討を重ねた結果、基板上に柱状部材を設けたうえで、柱状部材上にレンズ部材を配置することにより、上記課題を解決できることを見出し、本発明に至った。

[0008] すなわち、本発明は

[1] 基板と、前記基板の一方の面側に設けられる柱状部材と、前記柱状部材の上にさらに設けられるレンズ部材とを備えるレンズ付き基板、

[2] 前記柱状部材が前記基板の一方の面より突出している上記[1]に記載のレンズ付き基板、

[3] 前記柱状部材が透明材料で形成される上記[1]又は[2]に記載のレンズ付き基板、

[4] 前記基板がスルーホールを有するとともに、前記柱状部材は、前記スルーホールの内部に一部が配置されるとともに、一部がその内部から前記基板の一方の面より突出するように形成されており、前記レンズ付き基板は、前記スルーホールの内部において前記柱状部材よりも前記基板の他方の面側に配置される透明部材を有する、上記[1]～[3]のいずれかに記載のレンズ付き基板、

[5] 前記透明部材の基板側の面とは反対側の面が、前記基板の一方の面と平行な非レンズ面となっている上記[4]に記載のレンズ付き基板、

[6] 前記透明部材の基板側の面とは反対側の面が、前記スルーホールの外部に配置され、凸レンズ面となっている上記[4]に記載のレンズ付き基板、

〔 7 〕 前記レンズ部材が、凸レンズである上記〔 1 〕～〔 6 〕のいずれかに記載のレンズ付き基板、

〔 8 〕 前記基板が、電気配線を有する電気配線板である上記〔 1 〕～〔 7 〕のいずれかに記載のレンズ付き基板、

〔 9 〕 前記基板の一方の面上に、前記基板の一方の面から前記レンズ部材の最上部までの高さ以上の高さを有するレジストがレンズ部材に並設された上記〔 1 〕～〔 8 〕のいずれかに記載のレンズ付き基板、

〔 1 0 〕 下記第 1 ～第 3 工程を含む上記〔 1 〕～〔 9 〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

第 1 工程：基板の一方の面に柱状部材を形成する工程；

第 2 工程：前記基板の一方の面側に、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を積層し、少なくとも前記柱状部材の上にレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を配置させるとともに、露光により前記柱状部材上の前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を硬化し、前記柱状部材上にレンズ部材形成用柱状部材を形成する工程；

第 3 工程：前記レンズ部材形成用柱状部材を加熱し、液だれさせてその上面を凸レンズ面に形成する工程

〔 1 1 〕 前記基板が、スルーホールを有する基板であって、前記第 1 工程において、柱状部材形成用感光性樹脂組成物を、前記基板の一方の面側から積層しつつ前記スルーホール内に充填するとともに、透明部材形成用樹脂組成物を、前記基板の他方の面側から積層しつつ前記スルーホール内に充填し、前記スルーホールに一致した位置にある前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化すると共に、前記透明部材形成用樹脂組成物を光硬化又は熱硬化し、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物の未硬化部分を現像除去し、前記スルーホールの内部から前記基板の一方の面の外方に向かって突出する柱状部材を形成する上記〔 1 0 〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔 1 2 〕 前記第 1 工程において、前記基板の他方の面側に、前記スルーホールと対向する位置に開口部を有するマスクを配置し、前記他方の面側から前

記マスクを介して活性光線を照射することにより、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化する上記〔１１〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔１３〕前記基板が前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光する際の活性光線に対して遮光性を有するものであり、前記第１工程において、前記基板の他方の面側から活性光線を照射することにより、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物のうち、前記スルーホールに一致する位置に配置される部分を露光して硬化する上記〔１１〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔１４〕前記第２工程において、前記基板の他方の面側に、前記スルーホールと対向する位置に開口部を有するマスクを配置し、前記他方の面側から前記マスクを介して活性光線を照射することにより、前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化する上記〔１１〕～〔１３〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔１５〕前記基板が前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光する際の活性光線に対して遮光性を有するものであり、前記第２工程において、前記基板の他方の面側から活性光線を照射することにより、前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物のうち前記スルーホールに一致する部分を露光して硬化する上記〔１１〕～〔１３〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔１６〕前記透明部材形成用樹脂組成物が感光性樹脂組成物である上記〔１１〕～〔１５〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔１７〕上記〔１〕～〔８〕のいずれかに記載のレンズ付き基板と、前記基板の他方の面側に設けられる下部クラッド層と、前記下部クラッド層上に設けられるコア層と、前記コア層上に設けられる上部クラッド層とからなる光導波路と、前記光導波路のレンズ部材と対向する位置に形成するミラーとを備えるレンズ付き光導波路、

〔１８〕上記〔４〕に記載のレンズ付き基板を備え、前記透明部材が前記基板の他方の面に積層された下部クラッド層となり、前記下部クラッド層の上

にコア層、及び上部クラッド層が積層されて光導波路が形成され、前記光導波路のレンズ部材と対向する位置にミラーが形成されるレンズ付き光導波路、

〔１９〕上記〔１〕～〔９〕のいずれかに記載のレンズ付き基板を有する光モジュール、

〔２０〕基板と、柱状部材形成用樹脂層と、曲面形状形成用樹脂層とを、この順に積層して積層体とする工程（Ａ）、該柱状部材形成用樹脂層と該曲面形状形成用樹脂層とをエッチングして、柱状部材と曲面形状形成用部材との積層凸部を形成する工程（Ｂ）、及び該曲面形状形成用部材を加熱し、液だれさせてレンズ部材にする工程（Ｃ）を有する上記〔１〕～〔８〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２１〕前記曲面形状形成用樹脂層が感光性の樹脂層である上記〔２０〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２２〕前記柱状部材形成用樹脂層が感光性の樹脂層である上記〔２０〕又は〔２１〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２３〕前記工程（Ｂ）において前記曲面形状形成用樹脂層を露光によって光硬化し、次いでエッチングしてパターン化する上記〔２０〕～〔２２〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２４〕前記工程（Ｂ）において前記曲面形状形成用樹脂層の露光と同時に前記柱状部材形成用樹脂層を露光する上記〔２０〕～〔２３〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２５〕前記曲面形状形成用樹脂層及び前記柱状部材形成用樹脂層の少なくとも一方がドライフィルムにより形成された樹脂層である上記〔２０〕～〔２４〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２６〕前記基板が透明基板である上記〔２０〕～〔２５〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔２７〕前記工程（Ａ）において、あらかじめ製造された、曲面形状形成用樹脂層及び柱状部材形成用樹脂層の積層体を含む曲面形状パターン形成用樹

脂フィルムを基板に積層する上記〔20〕～〔26〕のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔28〕前記曲面形状パターン形成用樹脂フィルムが、曲面形状形成用樹脂層側に積層された支持フィルム及び前記柱状部材形成用樹脂層側に積層された保護フィルムの少なくとも一方を有する上記〔27〕に記載のレンズ付き基板の製造方法、

〔29〕前記上記〔20〕～〔28〕のいずれかに記載の製造方法によって得られたレンズ付き基板、

〔30〕柱状部材形成用樹脂層と曲面形状形成用樹脂層とを、この順に積層して積層体とする工程（A'）、該柱状部材形成用樹脂層と該曲面形状形成用樹脂層とをエッチングして、柱状部材と曲面形状形成用部材との積層凸部を形成する工程（B）、及び該曲面形状形成用部材を加熱し、液だれさせて曲面を形成する工程（C'）を有する、曲面形状パターンの製造方法、

〔31〕曲面形状形成用樹脂層及び柱状部材形成用樹脂層の積層体を含む曲面形状パターン形成用樹脂フィルム、

〔32〕前記曲面形状形成用樹脂層側に積層された支持フィルム及び前記柱状部材形成用樹脂層側に積層された保護フィルムの少なくとも一方を有する上記〔31〕に記載の曲面形状パターン形成用樹脂フィルム、

〔33〕基板と、該基板の一方の面側に設けられる柱状部材と、該柱状部材の上にさらに設けられる曲面形状パターンとを備える曲面形状パターン付き基板、

を提供するものである。

発明の効果

[0009] 本発明によると、レンズ高さを任意に選択しつつも、レンズ形状を一定かつ所望の形状にすることが可能なレンズ付き基板を提供することができる。また、本発明によれば、所望する良好な形状の曲面形状パターンが得られる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]第1の実施形態に係るレンズ付き基板の斜視図である。

[図2]第1の実施形態に係るレンズ付き基板の断面図である。

[図3]第1の実施形態に係るレンズ付き基板の製造方法を示す斜視図である。

[図4]第1の実施形態に係るレンズ付き基板の製造方法を示す断面図である。

[図5]第2の実施形態に係るレンズ付き基板の斜視図である。

[図6]第2の実施形態に係るレンズ付き基板の断面図である。

[図7]第2の実施形態に係るレンズ付き基板の製造方法を示す斜視図である。

[図8]第2の実施形態に係るレンズ付き基板の製造方法を示す断面図である。

[図9]第2の実施形態の変形例に係るレンズ付き基板を示す断面図である。

[図10]第2の実施形態の変形例に係るレンズ付き基板の製造方法の一工程を示す断面図である。

[図11]第2の実施形態の変形例に係るレンズ付き基板を示す断面図である。

[図12]第1の実施形態において、レジストが設けられたレンズ付き基板を示す斜視図である。

[図13]第1の実施形態において、レジストが設けられたレンズ付き基板を示す断面図である。

[図14]レンズ付き光導波路を示す断面図である。

[図15]レンズ付き光導波路の製造方法を示す断面図である。

[図16]本発明のレンズ付き基板の製造方法を示す斜視図である。

[図17]本発明のレンズ付き基板の製造方法を示す断面図である。

符号の説明

- [0011] 1 基板
2 スルーホール
3 柱状部材
3 A 柱状部材形成用樹脂層
5 透明部材
5 A 透明部材形成用樹脂層
6 レンズ部材

6 A レンズ部材形成用柱状部材

7 下部クラッド層

8 コア層

9 上部クラッド層

10 光導波路

11 ミラー

12 支持フィルム

13 レジスト

14 曲面形状形成用部材

14 A 曲面形状形成用樹脂層

15 凸レンズ面

16 曲面形状パターン

17 溝

17 A 傾斜面

18 発光素子

19 受光素子

20 レンズ付き基板

22 開口部

23 フォトマスク

発明を実施するための形態

[0012] [第1の実施形態]

<レンズ付き基板>

本発明の第1の実施形態に係るレンズ付き基板20は、基板1と、基板1の一方の面から突出するように基板1の一方の面側に設けた柱状部材3と、柱状部材3上に配置されるレンズ部材6とを備えるものである。レンズ部材6は、凸レンズであり、その上面が凸状に湾曲して凸レンズ面となるものである（図1参照）。

[0013] レンズ付き基板20においては、例えば、レンズ部材6に対向する位置、

及び基板 1 の他方の面に対向する位置に、発光素子、受光素子、光導波路、光ファイバ等の光学部材を配置して、光通信に供されるものである。

具体的には、例えば図 2 に示すように、基板 1 の他方の面に対向し、かつレンズ部材 6 に一致する位置に発光素子 18 を、レンズ部材 6 に対向する位置に受光素子 19 を配置する。発光素子 18 から放出された光信号は、基板 1 の他方の面側から基板 1 に入射し、入射した光信号は、基板 1、柱状部材 3 及びレンズ部材 6 を通って、レンズ部材 6 の凸レンズ面によって集光され、受光素子 19 に入射される。このような構成をとることによって、少ない光ロスにて光通信を行うことができる。

[0014] 次に、レンズ付き基板の各部材について説明する。

(基板)

基板 1 の材料としては、特に制限はなく、例えば、ガラスエポキシ樹脂基板、セラミック基板、ガラス基板、シリコン基板、プラスチック基板、金属基板、樹脂層付き基板、金属層付き基板、プラスチックフィルム、樹脂層付きプラスチックフィルム、金属層付きプラスチックフィルム、樹脂フィルム、電気配線板などが挙げられる。樹脂フィルムとしてはポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル；ポリエチレン、ポリプロピレン等のポリオレフィン；ポリアミド、ポリカーボネート、ポリフェニレンエーテル、ポリエーテルサルファイド、ポリアリレート、液晶ポリマー、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリアミドイミド、ポリイミドなどが好適である。これらのうち、特に、後述する柱状部材形成用樹脂やレンズ部材形成用樹脂を光硬化するための活性光線を遮光するものが好ましい。

例えば、柱状部材形成用樹脂を光硬化するための活性光線が紫外光であれば、金属基板、紫外光を透過しない、ポリイミドフィルム等のプラスチック基板やガラスエポキシ樹脂基板などが好適に挙げられる。

基板の厚みは、特に制限はないが、強度の確保及び光路の短縮による光ロ

スの低減の観点から、基板の厚みは $5\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ であることが好ましく、 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ であることがより好ましい。

第1の実施形態では、使用する光信号を透過し得る基板1を用いれば良く、例えば使用する光信号が赤外光である場合には、赤外光を透過するポリイミドフィルム等のプラスチック基板、シリコン基板等を用いるとよい。

[0015] (レンズ部材)

レンズ部材6の材料としては、光信号に対して透明であれば特に制限はないが、後述する製造方法の観点から、感光性樹脂組成物の硬化物又は／及び熱硬化性樹脂組成物であることが好ましい。

レンズ部材6の材料として、液化（液だれ）したのちに硬化することによってレンズ形状になる樹脂組成物、又は液状の樹脂組成物を用いることによって、柱状部材3上にレンズ中心位置が偏芯することなく形成可能であるためより好ましい。特に、液状の状態の粘度が低い場合、柱状部材3上で自動的にレンズ中心が柱状部材3中心と位置合わせされる。以上の観点から、球面、非球面等の凸レンズ形状であることが好ましい。

また、レンズ部材6の高さ（厚さ）は、 $5\mu\text{m}$ 以上であるとレンズとしての曲率が得やすく、 $150\mu\text{m}$ 以下であると厚み制御が容易となるため好ましい。また、後述するように、フォトリソグラフィー加工によってレンズ部材6を形成する場合、後述する曲面形状形成用部材14の厚み（柱状部材3上の厚み）は、液だれした後のレンズ形状によって適宜選択すればよい。

レンズ部材6の形成に使用する感光性樹脂組成物としては、（a）バインダーポリマーと、（b）エチレン性不飽和基を有する光重合性不飽和化合物と、（c）光重合開始剤と、を含有するものが好ましい。この感光性樹脂組成物は、活性光線が照射することにより硬化するものであり、その硬化物は、加熱により液だれしてレンズ形状となるものである。

[0016] （a）バインダーポリマーとしては、例えば、ビニル共重合体が挙げられ、具体的には、下記のビニル単量体を重合させて得られたものが挙げられる。例えば、アクリル酸、メタクリル酸、マレイン酸、フマル酸、イタコン酸

、アクリル酸メチル、メタクリル酸メチル、アクリル酸エチル、メタクリル酸エチル、アクリル酸n-プロピル、メタクリル酸n-プロピル、アクリル酸iso-プロピル、メタクリル酸iso-プロピル、アクリル酸n-ブチル、メタクリル酸n-ブチル、アクリル酸iso-ブチル、メタアクリル酸iso-ブチル、アクリル酸sec-ブチル、メタクリル酸sec-ブチル、アクリル酸tert-ブチル、メタクリル酸tert-ブチル、アクリル酸ペンチル、メタクリル酸ペンチル、アクリル酸ヘキシル、メタクリル酸ヘキシル、アクリル酸ヘプチル、メタクリル酸ヘプチル、アクリル酸2-エチルヘキシル、メタクリル酸2-エチルヘキシル、アクリル酸オクチル、メタクリル酸オクチル、アクリル酸ノニル、メタクリル酸ノニル、アクリル酸デシル、メタクリル酸デシル、アクリル酸ドデシル、メタクリル酸ドデシル、アクリル酸テトラデシル、メタクリル酸テトラデシル、アクリル酸ヘキサデシル、メタクリル酸ヘキサデシル、アクリル酸オクタデシル、メタクリル酸オクタデシル、アクリル酸エイコシル、メタクリル酸エイコシル、アクリル酸ドコシル、メタクリル酸ドコシル、アクリル酸シクロペンチル、メタクリル酸シクロペンチル、アクリル酸シクロヘキシル、メタクリル酸シクロヘキシル、アクリル酸シクロヘプチル、メタクリル酸シクロヘプチル、アクリル酸ベンジル、メタクリル酸ベンジル、アクリル酸フェニル、メタクリル酸フェニル、アクリル酸メトキシエチル、メタクリル酸メトキシエチル、アクリル酸メトキシジエチレングリコール、メタクリル酸メトキシジエチレングリコール、アクリル酸メトキシジプロピレングリコール、メタクリル酸メトキシジプロピレングリコール、アクリル酸メトキシトリエチレングリコール、メタクリル酸メトキシトリエチレングリコール、アクリル酸2-ヒドロキシエチル、メタクリル酸2-ヒドロキシエチル、アクリル酸ジメチルアミノエチル、メタクリル酸ジメチルアミノエチル、アクリル酸ジエチルアミノエチル、メタクリル酸ジエチルアミノエチル、アクリル酸ジメチルアミノプロピル、メタクリル酸ジメチルアミノプロピル、アクリル酸2-クロロエチル、メタクリル酸2-クロロエチル、アクリル酸2-フルオロエチル、メタクリル

ル酸 2-フルオロエチル、アクリル酸 2-シアノエチル、メタクリル酸 2-シアノエチル、スチレン、 α -メチルスチレン、シクロヘキシルマレイミド、アクリル酸ジシクロペンタニル、メタクリル酸ジシクロペンタニル、ビニルトルエン、塩化ビニル、酢酸ビニル、N-ビニルピロリドン、ブタジエン、イソプレン、クロロプレン、アクリルアミド、メタクリルアミド、アクリロニトリル、メタクリロニトリル等が挙げられる。これらは 1 種を単独で又は 2 種以上を組み合わせる重合させてもよい。

[0017] さらに、(a) バインダーポリマーとして、例えば、カルボキシル基、水酸基、アミノ基、イソシアネート基、オキシラン環、酸無水物等の官能基を有するビニル共重合体に、このビニル共重合体が有する官能基と反応して結合する、オキシラン環、イソシアネート基、水酸基、カルボキシル基等の 1 個の官能基と、少なくとも 1 個のエチレン性不飽和基とを有する化合物を付加反応させて得られる側鎖にエチレン性不飽和基を有するラジカル重合性共重合体等を使用することもできる。

上記カルボキシル基、水酸基、アミノ基、イソシアネート基、オキシラン環、酸無水物等の官能基を有するビニル共重合体の製造に用いられるビニル単量体としては、例えば、アクリル酸、メタクリル酸、マレイン酸、フマル酸、イタコン酸、ケイ皮酸、アクリル酸 2-ヒドロキシエチル、メタクリル酸 2-ヒドロキシエチル、アクリルアミド、メタクリルアミド、イソシアネート酸エチルアクリレート、イソシアネート酸エチルメタクリレート、グリシジルアクリレート、グリシジルメタクリレート、無水マレイン酸等が挙げられる。これらは 1 種を単独で又は 2 種以上を組み合わせる重合させてもよい。また、必要に応じて、カルボキシル基、水酸基、アミノ基、イソシアネート基、オキシラン環、酸無水物等の官能基を有するビニル単量体以外の上記ビニル単量体を共重合させることができる。

[0018] また、(a) バインダーポリマーの重量平均分子量（ゲルパーミエーションクロマトグラフィーで測定し、標準ポリスチレン換算した値）は、耐熱性、加熱溶解性、塗布性、後述するマイクロレンズアレイ用感光性エレメント

とした場合のフィルム性（フィルム状の形態を保持する特性）、溶媒への溶解性、及び現像工程における現像液への溶解性等の観点から、1000～30000とすることが好ましく、5000～15000とすることがより好ましい。

さらに、（a）バインダーポリマーは、公知の各種現像液により現像可能となるように酸価を規定することが好ましい。例えば、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、水酸化テトラメチルアンモニウム、トリエタノールアミン等のアルカリ水溶液を用いて現像する場合には、酸価を50～260 mg KOH / g とすることが好ましい。この酸価が、50 mg KOH / g 以上であると現像が容易となり、260 mg KOH / g 以下であると、耐現像液性（現像により除去されずにパターンとなる部分が、現像液によって侵されない性質）が十分なものとなる。また、水又はアルカリ水溶液と1種以上の界面活性剤とからなるアルカリ水溶液を用いて現像する場合には、酸価を、16～260 mg KOH / g とすることが好ましい。この酸価が、16 mg KOH / g 以上であると、現像がより容易であり、260 mg KOH / g 以下であると、耐現像液性がより十分なものとなる。

[0019] （b）エチレン性不飽和基を有する光重合性不飽和化合物としては、例えば、多価アルコールと α ， β -不飽和カルボン酸とを反応させて得られる化合物、2，2-ビス（4-（ジ（メタ）アクリロキシポリエトキシ）フェニル）プロパン、グリシジル基含有化合物と α ， β -不飽和カルボン酸とを反応させて得られる化合物、ウレタンモノマー、ノニルフェニルジオキシレン（メタ）アクリレート、 γ -クロロ- β -ヒドロキシプロピル- β' -（メタ）アクリロイルオキシエチル- α -フタレート、 β -ヒドロキシエチル- β' -（メタ）アクリロイルオキシエチル- α -フタレート、 β -ヒドロキシプロピル- β' -（メタ）アクリロイルオキシエチル- α -フタレート、（メタ）アクリル酸アルキルエステル等が挙げられる。本明細書において、（メタ）アクリロキシとは「アクリロキシ及び／又はメタクリロキシ」のことをいい、（メタ）アクリレートとは「アクリレート及び／又はメタクリレート」

のことをいい、これらの類似語句も同様の意味である。

[0020] 上記多価アルコールと α , β -不飽和カルボン酸とを反応させて得られる化合物としては、例えば、エチレン基の数が2~14であるポリエチレングリコールジ(メタ)アクリレート、プロピレン基の数が2~14であるポリプロピレングリコールジ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンジ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパントリ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンエトキシトリ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンジエトキシトリ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンテトラエトキシトリ(メタ)アクリレート、トリメチロールプロパンペンタエトキシトリ(メタ)アクリレート、テトラメチロールメタントリ(メタ)アクリレート(ペンタエリスリトールトリ(メタ)アクリレート)、テトラメチロールメタンテトラ(メタ)アクリレート、ジペンタエリスリトールペンタ(メタ)アクリレート、ジペンタエリスリトールヘキサ(メタ)アクリレート等が挙げられる。

[0021] 上記2, 2-ビス(4-(ジ(メタ)アクリロキシポリエトキシ)フェニル)プロパンとしては、例えば、2, 2-ビス(4-(ジ(メタ)アクリロキシジエトキシ)フェニル)プロパン、2, 2-ビス(4-(ジ(メタ)アクリロキシトリエトキシ)フェニル)プロパン、2, 2-ビス(4-(ジ(メタ)アクリロキシペンタエトキシ)フェニル)プロパン、2, 2-ビス(4-(ジ(メタ)アクリロキシデカエトキシ)フェニル)等が挙げられる。

[0022] 上記グリシジル基含有化合物と α , β -不飽和カルボン酸とを反応させて得られる化合物としては、例えば、トリメチロールプロパントリグリシジルエーテルトリ(メタ)アクリレート、2, 2-ビス(4-(メタ)アクリロキシ-2-ヒドロキシ-プロピルオキシ)フェニル等が挙げられる。

[0023] 上記ウレタンモノマーとしては、例えば、 β 位にOH基を有する(メタ)アクリルモノマーと、イソホロンジイソシアネート、2, 6-トルエンジイソシアネート、2, 4-トルエンジイソシアネート、1, 6-ヘキサメチレ

ンジイソシアネート等のイソシアネート化合物との付加反応物、トリス（（メタ）アクリロキシテトラエチレングリコールイソシアネート）ヘキサメチレンイソシアヌレート、エチレンオキシド変性ウレタンジ（メタ）アクリレート、プロピレンオキシド変性ウレタンジ（メタ）アクリレート等が挙げられる。

[0024] 上記（メタ）アクリル酸アルキルエステルとしては、例えば、（メタ）アクリル酸メチルエステル、（メタ）アクリル酸エチルエステル、（メタ）アクリル酸ブチルエステル、（メタ）アクリル酸２－エチルヘキシルエステル等が挙げられる。

上記の光重合性不飽和化合物は、１種を単独で又は２種以上を組み合わせる用いることができる。

[0025] （c）光重合開始剤は、活性光線により遊離ラジカルを生成するものであり、例えば、ベンゾフェノン、N，N'－テトラメチル－4，4'－ジアミノベンゾフェノン（ミヒラーケトン）、N，N'－テトラエチル－4，4'－ジアミノベンゾフェノン、4－メトキシ－4'－ジメチルアミノベンゾフェノン、2－ベンジル－2－ジメチルアミノ－1－（4－モルホリノフェニル）－ブタン－1－オン（「イルガキュア－369」、BASFジャパン株式会社、商品名）、2－メチル－1－[4－（メチルチオ）フェニル]－2－モルフォリノプロパン－1－オン（「イルガキュア－907」、BASFジャパン株式会社、商品名）等の芳香族ケトン；2－エチルアントラキノン、フェナントレンキノン、2－tert－ブチルアントラキノン、オクタメチルアントラキノン、1，2－ベンズアントラキノン、2，3－ベンズアントラキノン、2－フェニルアントラキノン、2，3－ジフェニルアントラキノン、1－クロロアントラキノン、2－メチルアントラキノン、1，4－ナフトキノン、9，10－フェナントラキノン、2－メチル－1，4－ナフトキノン、2，3－ジメチルアントラキノン等のキノン類；ベンゾインメチルエーテル、ベンゾインエチルエーテル、ベンゾインフェニルエーテル等のベンゾインエーテル化合物；ベンゾイン、メチルベンゾイン、エチルベンゾイン等

のベンゾイン化合物；ベンジルジメチルケタール等のベンジル誘導体；2-（*o*-クロロフェニル）-4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2-（*o*-クロロフェニル）-4, 5-ジ（メトキシフェニル）イミダゾール二量体、2-（*o*-フルオロフェニル）-4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2-（*o*-メトキシフェニル）-4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体、2-（*p*-メトキシフェニル）-4, 5-ジフェニルイミダゾール二量体等の2, 4, 5-トリアリールイミダゾール二量体；9-フェニルアクリジン、1, 7-ビス（9, 9'-アクリジニル）ヘプタン等のアクリジン誘導体；N-フェニルグリシン、N-フェニルグリシン誘導体、クマリン系化合物などが挙げられる。

[0026] また、上記2, 4, 5-トリアリールイミダゾール二量体において、2つの2, 4, 5-トリアリールイミダゾールに置換した置換基は同一でも相違していてもよい。また、ジエチルチオキサントンとジメチルアミノ安息香酸の組み合わせのように、チオキサントン系化合物と3級アミン化合物とを組み合わせてもよい。

[0027] 本実施形態においては、柱状部材3との密着性及び感度の観点から、2, 4, 5-トリアリールイミダゾール二量体が好ましい。さらに、可視光線透過率の観点から、2-メチル-1-[4-（メチルチオ）フェニル]-2-モルフォリノープロパン-1-オンがより好ましい。

上記の光重合開始剤は、1種を単独で又は2種以上を組み合わせる用いることができる。

[0028] 本実施形態における、（a）バインダーポリマーの配合割合は、（a）及び（b）成分の総量100質量部に対して、20～90質量部とすることが好ましく、30～85質量部とすることがより好ましく、35～80質量部とすることが特に好ましく、40～75質量部とすることが極めて好ましい。この配合割合が20質量部以上であると、塗布性、加熱溶解性、及びフィルム性が向上し、90質量部以下であると、光硬化性及び耐熱性が十分なものとなる。

また、(b) エチレン性不飽和基を有する光重合性不飽和化合物の配合割合は、(a) 及び (b) 成分の総量 100 質量部に対して、10～80 質量部とすることが好ましく、15～70 質量部とすることがより好ましく、20～65 質量部とすることが特に好ましく、25～60 質量部とすることが極めて好ましい。この配合割合が 10 質量部以上であると、光硬化性及び耐熱性が向上し、80 質量部以下であると、塗布性、加熱溶解性、及びフィルム性が十分なものとなる。

また、(c) 光重合開始剤の配合割合は、(a) 及び (b) 成分の総量 100 質量部に対して、0.05～20 質量部とすることが好ましく、0.1～15 質量部とすることがより好ましく、0.15～10 質量部とすることが特に好ましい。この配合割合が 0.05 質量部以上であると、光硬化が十分となり、20 質量部以下であると、露光時に、感光層の活性光線照射表面での活性光線の吸収が抑制され、内部の光硬化が十分となる。

[0029] 本実施形態における感光性樹脂組成物には、必要に応じて、シランカップリング剤などの密着性付与剤、レベリング剤、可塑剤、充填剤、消泡剤、難燃剤、安定剤、酸化防止剤、香料、熱架橋剤、重合禁止剤等を含有させることができる。これらは 1 種を単独で又は 2 種以上を組み合わせる用いることができる。また、これらの配合割合は、(a) 及び (b) 成分の総量 100 質量部に対して、それぞれ 0.01～20 質量部とすることができる。

[0030] (柱状部材)

柱状部材 3 は、基板 1 の表面から突出した部材であり、上面が平坦面であるとよい。柱状部材 3 は、図 1 から明らかなように、レンズ部材 6 の形状に合わせて円柱形に形成されることが好ましい。柱状部材 3 は、基板 1 と別体に形成され、光信号が透過できるように、光信号波長に対して透過性を有する透明材料で形成されることが好ましい。柱状部材 3 の材料としては、特に限定はないが後述する製造方法の観点から、感光性樹脂組成物であることが好ましく、ネガ型の感光性樹脂組成物の硬化物であることがより好ましい。

また、柱状部材 3 を形成するための感光性樹脂組成物の硬化物は、後述す

る第3工程における加熱により液だれしたり、変形したりしないものを使用されることが好ましく、例えば、溶融開始温度が、レンズ部材形成用樹脂組成物の硬化物よりも高く、又は加熱により溶融しないものがよい。具体的には、後述するクラッドやコアを形成するのと同様の組成物を使用することができる。

なお、後述するように、基板1の他方の面側から活性光線を照射して、柱状部材3上のレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を、柱状部材3を介して露光し、硬化する場合には、柱状部材3は、活性光線を透過する材料で形成されるとよい。

柱状部材3は、基板1表面（基板1の一方の面）からの高さを任意に選択することによって、レンズ部材6の高さや位置を任意に選択でき、かつレンズ部材6及び柱状部材3の形状を選択できる。柱状部材3の基板1表面からの高さは、柱状部材3上に形成されるレンズ部材の高さに応じて適宜選択されるが、 $5\mu\text{m}$ 以上であるとレンズ部材6と、基板1表面との距離を確保できるため良く、 $100\mu\text{m}$ 以下であると、柱状部材3の高さを容易に制御できるため好ましい。また、レンズ部材6を形成するためのレンズ部材形成用感光性樹脂組成物の厚み制御の観点から $50\mu\text{m}$ 以下であるとさらに好ましい。

[0031] <レンズ付き基板の製造方法>

レンズ付き基板20は、例えば下記第1～3工程を含む製造方法によって製造されるものである。

第1工程：前記基板の一方の面に柱状部材を形成する工程

第2工程：少なくとも前記柱状部材の上にレンズ部材形成用感光性樹脂組成物が配置されるように、前記基板の一方の面側に、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を積層し、露光により前記柱状部材上の前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を硬化し、前記柱状部材上にレンズ部材形成用柱状透明部材を形成する工程

第3工程：前記レンズ部材形成用柱状部材を加熱し、液だれさせてその上

面を凸レンズ面に形成する工程

[0032] 以下、第1の実施形態に係るレンズ付き基板及びその製造方法について、図3、4を参照してさらに詳細に説明する。

(第1工程)

第1工程においては、基板1の一方の面に柱状部材3を形成する(図3(b)、図4(b)参照)。柱状部材3の形成方法は特に限定はないが、柱状部材3を基板1とは別部材として形成した後に接着剤等を用いて貼付する方法や、基板1上に柱状部材形成用樹脂組成物を所望の厚みに積層し、フォトリソグラフィー加工によってパターン化して柱状部材3とする方法が挙げられる。

柱状部材3の位置合わせ精度の観点からフォトリソグラフィー加工によって形成することがより好ましく、柱状部材形成用樹脂組成物が感光性の樹脂であって、露光及び現像によって形成されると更に好ましい。

柱状部材形成用樹脂組成物を基板1上に積層する方法としては特に限定はないが、基板1上にコンマコート、ダイコート、スピンコート等を用いて塗布する方法や、キャリアフィルム上にあらかじめ樹脂を塗布、乾燥させドライフィルム形状として、ロールラミネータ、真空ロールラミネータ、真空ラミネータ、常圧プレス、真空プレス等を用いて貼り合わせる方法によって形成できる。

[0033] (第2工程)

上記第1工程終了後、第2工程においては、前記基板1の一方の面側に、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を積層し、少なくとも柱状部材3の上にレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を配置させるとともに、露光により前記柱状部材上の前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を硬化し、柱状部材3上に、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物の硬化物からなるレンズ部材形成用柱状部材6Aを形成する(図3(c)、図4(c)参照)。

ここで、基板1の一方の面側に積層するレンズ部材形成用感光性樹脂組成物は、特に限定はないが、柱状部材3上のみに積層しても、柱状部材3及び

基板 1 の両方の上に積層してもよい。ただし、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物は、第 1 工程と同様に塗布する方法や貼り合わせる方法にて柱状部材 3 及び基板 1 の両方の上に積層する方法が好ましい。

また、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光する方法は特に限定はないが、柱状部材 3 上の感光性樹脂を硬化できれば良い。ただし、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を柱状部材 3 及び基板 1 の両方の上に積層する場合には、柱状部材 3 上から基板 1 表面上にかけてレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光してしまうと、後の工程で所望のレンズ形状が得られなくなるため、柱状部材 3 上に積層したレンズ部材形成用感光性樹脂組成物のみを露光することが必要である。

[0034] レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を柱状部材 3 及び基板 1 の両方の上に積層する場合には、基板 1 上に積層された前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物の未硬化部分を現像除去し、それにより、柱状部材 3 の上にレンズ部材形成用柱状部材 6 A を形成する。未硬化部を除去する方法としては、特に限定はなく、溶剤やアルカリ溶液によって未硬化部を除去すればよい。

一方、柱状部材 3 上のみにレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を積層する場合には、未硬化部分を現像除去する工程は不要であり、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を硬化するのみでレンズ部材形成用柱状部材 6 A を形成可能である。

[0035] 本製造方法では、レンズ部材形成用柱状部材 6 A の厚さは、レンズ部材 6 の所望のレンズ形状によって適宜選択すればよい。

また、例えば、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物をフィルム状に加工し、ラミネートによって柱状部材 3 及び基板 1 上に積層する場合には、（レンズ部材形成用感光性樹脂組成物のフィルム厚さ）＝（レンズ部材形成用柱状部材 6 A の厚さ）＋（柱状部材 3 の厚さ）程度になるため、その点を考慮してフィルム厚さを設定することが好ましい。

レンズ部材形成用柱状部材 6 A の厚さ（高さ）は、レンズ部材 6 の高さと同様であり、 $5\ \mu\text{m}$ 以上、 $150\ \mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0036] 本製造方法では、柱状部材形成用感光性樹脂組成物及びレンズ部材形成用感光性樹脂組成物は、フォトリソグラフィによりパターン露光して硬化してよい。具体的には、第1及び第2工程において、基板1上に柱状部材形成用感光性樹脂組成物を用いて形成した柱状部材形成用樹脂層又はレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を用いて形成したレンズ部材形成用樹脂層に、開口部を有するフォトリソマスク（開口部形状は柱状部材と同一形状）を配置し、フォトリソマスク側から活性光線を照射し、これにより、柱状部材3やレンズ部材6を、所定の箇所に形成することが可能になる。

また、基板1が活性光線を透過する場合には、例えば、柱状部材形成用樹脂層又はレンズ部材形成用樹脂層を形成した面と反対の面（すなわち、他方の面側）にフォトリソマスクを配置し、そのフォトリソマスク側から活性光線を照射し、柱状部材3やレンズ部材6を、所定の箇所に形成することが可能になる。

また、当該第1工程及び第2工程において、あらかじめ、柱状部材形成用樹脂層及びレンズ部材形成用樹脂層の積層体を含む樹脂フィルムを製造しておき、これを基板に積層し、フォトリソグラフィ加工によって、柱状部材3やレンズ部材6を、所定の箇所に形成することも可能である。

ここで用いる樹脂フィルムは、レンズ部材形成用感光性樹脂層側に支持フィルムを積層することが好ましく、柱状部材形成用樹脂層側に保護フィルムを積層することが好ましい。支持フィルムがあることにより、曲面形状パターン形成用樹脂フィルムの製造が容易となり、保護フィルムがあることにより、柱状部材形成用樹脂層が保護される。当該支持フィルム及び保護フィルムは、いずれか一方設けてもよいし、両方設けてもよい。曲面形状パターン形成用樹脂フィルムによれば、柱状部材形成用樹脂層及びレンズ部材形成用感光性樹脂層の厚みの制御が容易である（詳細は後述する曲面形状パターン形成用樹脂フィルム参照）。

[0037] （第3工程）

第3工程としては、レンズ部材形成用柱状部材6Aを加熱し、液だれさせ

て、レンズ部材形成用柱状部材 6 A の上面を凸レンズ面にし、これにより、柱状部材 3 の上にレンズ部材 6 を形成し、レンズ付き基板 20 を得る（図 3（d）、図 4（d）参照）。なお、第 3 工程の加熱により、柱状部材 3 は溶融せず、加熱前の形状を保持したままである。

[0038] 以上のように本実施形態によると、柱状部材 3 上にレンズ部材 6 を形成するため、柱状部材 3 の高さを適宜調節することで、レンズ部材 6 のレンズ面を基板 1 表面から任意の高さに配置することが可能になる。そのため、レンズ部材と他の光学部材（例えば、受光素子 19）との距離を短くして、光損失を低減させることが可能になる。

また、本実施形態では、レンズ部材 6 の高さを適宜調整することで、凸レンズ面の曲率等も任意に設定でき、所望の形状を有するレンズ部材 6 を成形しやすくなる。さらに、上記製造方法によると、柱状部材 3 上における液だれは限定的であり、液化したレンズ部材形成用樹脂が、柱状部材 3 からこぼれ落ちることなくレンズ部材 6 を形成でき、更には、レンズ部材 6 の中心位置と柱状部材 3 の中心位置の位置ずれが生じにくくなる。

また、レンズ部材形成用樹脂組成物を基板 1 と接触させることなくレンズ部材 6 を形成できるので、基板表面の凹凸や、基板 1 に対するレンズ部材形成用樹脂組成物の濡れ性の違いによってレンズ形状が変化することなくレンズ部材 6 を形成でき、基板 1 の種類にかかわらず、一定形状、一定厚みのレンズ部材を精度よく形成可能になる。

[0039] なお、第 1 の実施形態において、柱状部材は、基板 1 と別体の部材として設けられていたが、基板 1 と一体の部材として形成されてもよい。この場合、柱状部材は、版押し加工等にて基板 1 の一部を変形させて形成する方法等で得られる。

[0040] [第 2 の実施形態]

本発明の第 2 の実施形態に係るレンズ付き基板は、基板としてスルーホール 2 を有する基板 1 を用いるとともに、スルーホール 2 上に柱状部材 3 とレンズ部材 6 を備える。また、透明部材 5 が基板 1 の他方の面側に設けられる

。以下、第2の実施形態について、図5、6を参照しつつ第1の実施形態との相違点を説明する。

[0041] 本実施形態に係る柱状部材3は、図5、6に示すように、その一部がスルーホール2の一方の面側を充填するとともに、一部がスルーホール2から突出するように形成されたものである。また、透明部材5は、基板1の他方の面上に積層された部材であり、またスルーホール2がある部分においてはスルーホール2内部に侵入して、スルーホール2内の他方の面側を充填し、これにより、スルーホール2内は、透明部材5と柱状部材3とで空隙が生じないように充填されている。ただし、スルーホール2の内部は、柱状部材3及び透明部材5の一方のみによって充填されていてもよい。

[0042] 本実施形態における基板1としては、第1の実施形態と同様のものが使用可能であるが、スルーホール2内部を光信号が透過するので、光信号に対する透過性を有する材料以外のものも使用可能である。また、製造方法を考慮すると、第1の実施形態と同様に、紫外線等の活性光線を遮光できる基板であることが好ましい。

[0043] (スルーホール)

基板1に設けられたスルーホール2は、例えば、ドリル加工や、レーザ加工によって好適に形成することができる。また、スルーホール2の側面に各種金属を蒸着、スパッタ、めっき等によって形成した金属層付きスルーホール2であってもよい。また、基板1の一方の面又は他方の面においてスルーホール2の外周に金属箔を設けると、その金属箔を遮光部として用いることができる。

スルーホール2の深さ方向と直交する平面視形状としては、特に限定はなく、真円、楕円等の円状；三角形、四角形、五角形、六角形等の多角形状等であってもよい。ただし、スルーホール2は、レンズ部材6の平面視形状に一致した形状を有することが好ましく、真円等の円状に形成することが好ましい。また、スルーホール2内の空間は、深さ方向の位置によらず同一形状であってもよく、深さ方向に移動するに従って小さくなる又は大きくなるテ

ーパ状であってもよい。

スルーホール2の平面視形状の面積は、光ロスに影響のない範囲であればよく、好ましくは $600 \sim 800000 \mu\text{m}^2$ であり、より好ましくは $2500 \sim 200000 \mu\text{m}^2$ である。

[0044] (透明部材)

透明部材5の材料としては、光信号波長に対して透過性があれば良い。後述する製造方法の観点から、感光性樹脂組成物の硬化物や熱硬化樹脂組成物の硬化物であることが好ましく、柱状部材3と共に形成可能である観点から、感光性樹脂組成物の硬化物であることがより好ましい。

また、後述するように、柱状部材形成用感光性樹脂組成物、及びレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を、透明部材5を介して露光し、硬化する場合には、紫外線等、これら樹脂組成物を硬化可能な活性光線を透過する材料であるとよい。

透明部材5と柱状部材3とは、スルーホール2内で接続されていれば良い。ここでの接続とはスルーホール内に空隙がなく、透明部材5及び／又は柱状部材3によって充填されている状態を意味する。

透明部材5の厚さは、特に限定はないが、 $1 \mu\text{m}$ 以上であると基板1との接着性を確保しやすく、 $100 \mu\text{m}$ 以下であると厚さの制御が容易となるため好ましい。 $50 \mu\text{m}$ 以下であるとレンズ付き基板全体の厚さを低減できるためより好ましい。なお、透明部材5の厚さとは、スルーホール2が設けられない部分における透明部材5の厚さである。

また、透明部材5の底面（すなわち、透明部材の基板側の面とは反対側の面）は、基板1の表面と平行な平面で形成され、非レンズ面となっている。そのため、透明部材5の底面に光が入射する際、底面における光の散乱が抑制される。

[0045] 次に、第2の実施形態に係るレンズ付き基板及びその製造方法について、図7、8を参照して説明する。第2の実施形態において、レンズ付き基板は、以下の第1～3工程によって製造される。以下、本実施形態の製造方法に

ついて説明する。なお、以下の説明においては、基板としては、柱状部材形成用感光性樹脂組成物及びレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光するための活性光線を遮光するポリイミドフィルム等が使用される場合の例を説明するが、これらに限定するわけではない。

[0046] (第1工程)

本実施形態では、第1工程においては、柱状部材3に加えて、透明部材5も形成する。以下、本工程について詳細に説明する。

まず、基板としてスルーホール2を有する基板1を用意する(図7(a)、図8(a)参照)。次いで、基板1の一方の面側からスルーホール2内に柱状部材形成用感光性樹脂組成物が充填するように、基板1の一方の面に柱状部材形成用感光性樹脂組成物を用いて、柱状部材形成用樹脂層3Aを積層する。また、基板1の他方の面側からスルーホール2内に透明部材形成用樹脂組成物が充填するように、基板1の他方の面に透明部材形成用樹脂組成物を用いて、透明部材形成用樹脂層5Aを積層する(図7(b)、図8(b)参照)。このとき、柱状部材形成用樹脂層3Aを積層する工程と透明部材形成用樹脂層5Aを積層する工程はどちらが先でも、同時でも構わないが、同時に行うと工程数が少なくてすむためより好ましい。

ここで、柱状部材形成用感光性樹脂組成物や透明部材形成用樹脂組成物を積層する方法は特に限定はなく、上述の第1工程と同様に塗布する方法や貼り合わせる方法が挙げられる。これらの方法により、柱状部材形成用感光性樹脂組成物や透明部材形成用樹脂組成物は、スルーホール2の内部に充填されつつ、基板の一方又は他方の面に柱状部材形成用樹脂層3A及び透明部材形成用樹脂層5Aとして積層される。

[0047] 次に基板1の他方の面側から活性光線を照射することにより、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物及び透明部材形成用樹脂組成物を露光して光硬化する。ここで、基板1としては、活性光線を遮光するものが使用されており、したがって、基板1の一方の面側は、スルーホール2がある部分以外は、活性光線によって照射されず、スルーホール2に一致した位置にある柱状部

材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）のみが露光される。一方で、基板 1 の他方の面側は、全面が露光され、透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）はスルーホール 2 内に配置された部分、及び基板 1 の他方の面上に積層された部分のすべてが光硬化される。

次に柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）の未硬化部分を現像除去する。これにより、スルーホール 2 に一致した位置にある柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）の硬化部分が残し、スルーホール 2 の内部から基板 1 の一方の面の外方に向かって突出する柱状部材 3 が形成されるとともに、基板 1 の他方の面上に透明部材 5 が形成される（図 7（c）、図 8（c）参照）。

なお、未硬化部分を現像除去する方法も特に限定はなく、溶剤やアルカリ溶液によって除去すればよい。

[0048]（第 2 及び第 3 工程）

次に、第 2 工程として、第 1 の実施形態と同様にレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を、基板 1 の一方の面側に積層し、次いで、基板 1 の他方の面側から活性光線を照射する。ここで、上記したように、活性光線は、スルーホール 2 がある部分のみ透過し、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物はスルーホール 2 に一致した部分のみが硬化することになる。その後、第 1 の実施形態と同様に未硬化部分を現像除去することにより、柱状部材 3 上のみにレンズ部材形成用柱状部材 6 A が形成されることになる（図 7（d）、図 8（d）参照）。次いで、第 1 の実施形態の第 3 工程と同様の方法で、レンズ部材形成用柱状部材 6 A が液だれ（熱だれ）によりレンズ部材 6 となり、本実施形態のレンズ付き基板 20 が得られる（図 7（e）、図 8（e）参照）。

[0049] 以上のように本実施形態でも、第 1 の実施形態と同様に、柱状部材 3 の上にレンズ部材 6 を設けることにより、レンズ部材 6 のレンズ面を基板 1 表面から任意の高さに配置することが可能になるとともに、レンズ形状を所望のものに形成しやすくなる。

また、スルーホール 2 内が、透明部材 5 と柱状部材 3 とで空隙が生じない

ように充填されているため、基板 1 の種類によらず光信号がスルーホール 2 内を透過し、レンズ部材 6 により、光信号を平行光化することや、集光することが可能となる。したがって、第 2 の実施形態のレンズ付き基板 20 は、基板 1 が透明基板でない場合であっても、少ない光ロスにて光通信することができる。また、スルーホール 2 が設けられたことにより、柱状部材 3 やレンズ部材 6 の位置あわせをより容易に行うことができる。

[0050] なお、本製造方法の第 1 工程では、透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）は、柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）と同時に露光されて硬化される必要はなく、透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）が硬化される前又は硬化された後に硬化されてもよい。また、透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）の硬化は、光硬化に限定されず、熱硬化であってもよい。

[0051] なお、基板 1 が活性光線を透過する場合で、かつ本実施形態のようにスルーホールを有する基板を用いるときにも、柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）を、フォトマスクを用いて露光してもよい。この場合、透明部材形成用樹脂組成物及び柱状部材形成用感光性樹脂組成物で、スルーホール内を充填した後に、少なくともスルーホールよりも大きい開口部を有するフォトマスクを基板のいずれかの側に配置し、かつ開口部中心とスルーホール中心とを位置合わせした後に、露光すると、略スルーホールがある部分のみに形成することができる。

なお、フォトマスクの開口部が、柱状部材と位置合わせ可能であれば、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物（レンズ部材形成用柱状部材 6 A）形成面と同一面側にフォトマスクを配置して露光しても、形成面と反対の面にフォトマスクを配置して、露光しても特に問題はない。

[0052] なお、上記製造方法では、透明部材 5 は、基板 1 の他方の面の全面に積層される例を説明したが、透明部材 5 は、適宜パターン化されて、基板 1 の他方の面の一部のみに積層されていてもよい。

例えば、図 9 に示すように、透明部材 5 は、スルーホール 2 が設けられた

部分、及びその周辺部分のみに設けられてもよい。

この場合、柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）、及び透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）に対する露光は、図 10 に示すように、基板 1 の他方の面側に、スルーホール 2 よりも大きい開口部 22 を有するフォトマスク 23 が被せられて行われることが好ましい。ここで、開口部 22 は、スルーホール 2 に対向し、開口部 22 の中心位置は、スルーホール 2 の中心位置に一致させられる。

透明部材形成用樹脂組成物（透明部材形成用樹脂層 5 A）は、基板 1 の他方の面側から、フォトマスク 23 を介して活性光線により露光されると、透明部材 5 は、スルーホール 2 に一致する部分、及びその周辺部のみが硬化され、その他が未硬化部分となる。一方、基板 1 が活性光線を遮光するので、柱状部材形成用感光性樹脂組成物は、スルーホール 2 に一致した位置にある柱状部材形成用感光性樹脂組成物（柱状部材形成用樹脂層 3 A）のみが露光される。

そのため、露光後の現像除去により、図 9 に示す柱状部材 3 及び透明部材 5 が得られる。

[0053] また、スルーホール 2 の外部に配置された透明部材 5 の底面は、図 11 に示すように下側に膨れて凸レンズ面 15 となってもよく、これにより、基板 1 は両凸面レンズ付き基板となる。この場合、透明部材 5 は、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物で形成され、第 3 工程における加熱によって、レンズ部材形成用柱状部材 6 A とともに液だれされることが好ましい。

[0054] （電気配線）

なお、上記第 1 及び第 2 の実施形態においては、基板 1 の例えば一方の面に電気配線を設けて、基板 1 を、電気配線を有する電気配線板としてもよい。電気配線は、例えば受発光素子実装用電極や、ドライバ IC 実装用電極等に用いることができる。電気配線の形成方法は特に限定はないが、セミアディティブ法、サブトラクティブ法、アディティブ法等の常法によって形成すればよい。また、電気配線の表面には各種金属めっきを施してもよく、後述

するレジスト 13 をめっきレジストとして用いてもよい。

[0055] (レジスト)

また、上記第 1 及び第 2 の実施形態におけるレンズ部材 6 の周囲には、レンズ部材 6 を保護するためのレジスト 13 を並設してもよい。レジスト 13 の基板 1 平面視の形状としては特に限定はないが、レンズを透過する光信号に対して干渉しない形状であればよい。例えば、図 12、13 に示すように、基板 1 の一方の面上にレンズ部材 6 を取り囲むように形成すると、ハンドリング中にレンズ部材 6 を傷つける可能性が低減できるため好ましい。レジスト 13 の高さは、基板 1 の一方の面からレンズ部材 6 の最上部までの高さ以上にされるが、該レンズ部材 6 の最上部までの高さより大きいほうが好ましい。また、レジスト 13 は、電気配線保護用のレジストやめっきレジストとして用いても良い。

レジストの形成方法としては、特に限定はないが、レンズ部材 6 を形成した後に行うと良く、感光性のレジスト形成用樹脂を上述の第 1 工程と同様に塗布する方法や貼り合わせる方法で形成した後にフォトリソグラフィ加工によって形成できる。フォトリソグラフィ加工によって形成すると、位置精度良く形成できるためより好ましい。

また、レジストは、レンズ部材 6 の形成と同時に、同一のレンズ部材形成用感光性樹脂組成物から形成してもよい。この場合、レジストは、レンズ形状を有するダミーレンズであってもよい。

[0056] <レンズ付き光導波路>

本発明のレンズ付き基板上に、光導波路 10 を設けることによって、レンズ付きの光導波路とすることができる。以下、第 2 の実施形態に係るレンズ付き基板を、レンズ付き光導波路に適用した例について図 14 を用いて説明する。

第 2 の実施形態に係るレンズ付き基板 20 は、透明部材 5 を下部クラッド層 7 として用い、その上にコア層 8、上部クラッド層 9 を順次積層して光導波路 10 とすることができる。透明部材 5 を光導波路の下部クラッド層とす

ると、厚さが薄い光導波路 10 を形成できる。コア層 8 は、例えば細長の複数のコアが複数からなるコアパターンを形成し、コアパターンは、下部、上部クラッド層 7、9 内部に埋設されるように配置される。また、光導波路 10 には、ミラー 11 が設けられ、レンズ部材 6 とミラー 11 とは、基板 1 を挟んで対向する位置に設けられる。

このレンズ付き光導波路 10 によると、コア層 8 内を伝搬した光信号がミラー 11 で光路変換された後、レンズ部材 6 の凸レンズ面で集光されて他の光学部材等に入射されるため、少ない光ロスで光伝播を行うことができる。同様に、レンズ付き光導波路 10 の外部からレンズ部材 6 の凸レンズ面に入射した光信号は、凸レンズ面で集光された後、ミラー 11 で光路変換されてコア層 8 内に伝搬され、光ロスは少なくなる。

[0057] なお、本実施形態では、光導波路 10 の上部クラッド層 9 側から、コアパターンの軸方向に直交する方向に沿って、図 14 に示すような断面三角形の溝 17 が刻設され、それにより、光導波路 10 に傾斜面 17A が形成される。傾斜面 17A には、下部、上部クラッド層 7、9 に埋設されるコアが露出し、そのコアによりミラー 11 が形成され、ミラー 11 は、各溝 17 において、コアの数と同数設けられることになる。

ここで溝 17 は、光導波路 10 において、例えばコアが延在する方向の両端部近傍それぞれに設けられる。したがって、光導波路 10 の一方の端部側のレンズ部材 6 に入射した、外部からの光信号は、その一方の端部側のミラー 11 で光路変換されてコア層 8 を伝播し、他方の端部側のミラー 11 で再度光路変換された後、他方の端部側のレンズ部材 6 を介して、他の光学部材等に入射されることが可能になる。なお、図 14 に示したレンズ付き基板 20 は、レジスト 13 を備えるものであるが、レジスト 13 は省略してもよい。

[0058] 以下に光導波路に用いられる各部材についてさらに詳細に説明する。

(下部クラッド層及び上部クラッド層)

下部クラッド層 7 及び上部クラッド層 9 の材料としては、クラッド層形成

用樹脂組成物又はクラッド層形成用樹脂フィルムを用いることができる。

本発明で用いるクラッド層形成用樹脂組成物としては、コアよりも低屈折率で、光又は熱により硬化する樹脂組成物であれば特に限定されず、熱硬化性樹脂組成物や感光性樹脂組成物を好適に使用することができる。クラッド層形成用樹脂に用いる樹脂組成物は、下部クラッド層及び上部クラッド層において、該樹脂組成物に含有する成分が同一であっても異なってもよく、該樹脂組成物の屈折率が同一であっても異なってもよい。

本発明においては、クラッド層の形成方法は特に限定されず、例えば、クラッド層形成用樹脂組成物の塗布又はクラッド層形成用樹脂フィルムのラミネートにより形成すればよい。

塗布による場合には、その方法は限定されず、クラッド層形成用樹脂組成物を常法により塗布すれば良い。

また、ラミネートに用いるクラッド層形成用樹脂フィルムは、例えば、クラッド層形成用樹脂組成物を溶媒に溶解して、キャリアフィルムに塗布し、溶媒を除去することにより容易に製造することができる。

下部クラッド層及び上部クラッド層の厚さに関しては、特に限定するものではないが、乾燥後の厚さで、 $5 \sim 500 \mu\text{m}$ の範囲が好ましい。 $5 \mu\text{m}$ 以上であると、光の閉じ込めに必要なクラッド厚さが確保でき、 $500 \mu\text{m}$ 以下であると、膜厚を均一に制御することが容易である。以上の観点から、下部クラッド層及び上部クラッド層の厚さは、さらに $10 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲であることがより好ましい。

[0059] (コア層)

コア層8としては、コア層形成用樹脂組成物又はコア層形成用樹脂フィルムを用いることができる。

コア層形成用樹脂組成物は、下部クラッド層及び上部クラッド層よりも高屈折率であるように設計され、活性光線によりコアパターンを形成し得るものを用いることが好ましい。パターン化する前のコア層の形成方法は限定されず、前記コア層形成用樹脂組成物を常法により塗布する方法等が挙げられ

る。

コア層形成用樹脂フィルムの厚さについては特に限定されず、乾燥後のコア層の厚さが、通常は $10 \sim 100 \mu\text{m}$ となるように調整される。該フィルムの仕上がり後のコア層の厚さが $10 \mu\text{m}$ 以上であると、光導波路形成後の受発光素子又は光ファイバとの結合において位置合わせトレランスが拡大できるという利点があり、 $100 \mu\text{m}$ 以下であると、光導波路形成後の受発光素子又は光ファイバとの結合において、結合効率が向上するという利点がある。以上の観点から、該フィルムの厚さは、さらに $30 \sim 90 \mu\text{m}$ の範囲であることが好ましく、該厚さを得るために適宜フィルム厚さを調整すればよい。

[0060] (ミラー)

ミラーの形成方法としては、公知の方法を適用することができる。例えば、上部クラッド層9形成面側から、ダイシングソー等を用いて、コア層8を切削することにより形成することができる。ミラー11、すなわち傾斜面17Aのコアの軸方向に対する傾斜角度は、 45° であることが好ましい。また、ミラー11には、蒸着装置を用いて、金等の金属を蒸着し、反射金属層を備えたものとしても良い。

[0061] [レンズ付き光導波路の製造方法]

次に、レンズ付き光導波路の製造方法について、図15を参照して説明する。

本製造方法では、まず、第2の実施形態と同様に、基板1の他方の面側に透明部材5（下部クラッド層7）が設けられたレンズ付き基板20を形成する。次いで、下部クラッド層7の上にコア層8、上部クラッド層9を順次積層し、他方の面側に光導波路10を形成する。その後、光導波路10に溝17を形成することによりミラー11を設け、レンズ付き光導波路を得る。

ただし、ミラー付き光導波路の製造方法は、この方法に限定されず、例えば、第1の実施形態のように、他方の面側に透明部材が設けられないレンズ付き基板に、下部、上部クラッド層及びコア層を有するとともに、ミラーが

設けられた光導波路を接合して形成してもよいし、光導波路を接合した後に、該光導波路 10 にミラー 11 を設けることにより形成してもよい。また、第 1 の実施形態のレンズ付き基板の他方の面に下部クラッド層 7、コア層 8、上部クラッド層 9 を順次積層形成し、光導波路 10 とした後にミラー 11 を設けることによって形成してもよい。

[0062] なお、上記レンズ付き基板、及びミラー付き光導波路は、受光素子、発光素子等の各種光学部材と一体にされて、光モジュールを構成してもよい。

[0063] [曲面形状パターン]

本明細書において、以上の説明は、レンズに関して行ったが、上記「レンズ」を「曲面形状パターン」、「レンズ部材形成用」を「曲面形状パターン形成用」とその言葉を換え、その定義を拡大して、発明を捉えることが出来る。

本発明における曲面形状パターン 16 とは、基板 1 上に形成された曲面を有するパターンをさし、柱状部材 3 と柱状部材 3 上に形成された曲面形状パターン（上述のレンズ部材 6 に相当）を含む。本発明のレンズ部材 6 も曲面形状パターンの一種（一部）である（図 17（d）参照）。

本発明の曲面形状パターンとしては、レンズ部材以外に、例えば柱状部材 3 が屈折率の低いクラッド層で、レンズ部材 6 に相当する部分が屈折率の高いコア層からなる光導波路を挙げることができる。このように、屈折率の低いクラッド層と屈折率の高いコア層を直線状に形成すると、光軸断面形状が円に近い形状となり、例えば断面が円状の光ファイバや、受発光部が円状のフォトダイオードやレーザーダイオードとの結合損失が低い光導波路が得られる。

また、他の光導波路の例として、クラッド層上に該クラッド層よりも屈折率の高い柱状部材 3 及びレンズ部材 6 に相当する部分をコアパターンとした光導波路も同様の効果が得られる。

さらに、他の例として、基板 1 上に導電層を形成し、めっきレジストとしての曲面形状パターン 16 を形成し、電気めっきを行って、電気配線を形成

した後に、基板及び導電層を除去し、さらにめっきレジストを除去した電気配線板が挙げられる。この態様の場合、曲面形状パターン16を用いると、矩形のパターンに比べて、基板、導電層及びめっきレジストの除去が行いやすいという利点がある。

なお、曲面形状パターンの場合も上記と同様の樹脂組成物を用いることができるが、光を伝搬させない曲面形状パターンの場合には、樹脂の透明性は不要である。

[0064] [曲面形状パターンの製造方法及び曲面形状パターン形成用樹脂フィルム]

本発明は、柱状部材形成用樹脂層と曲面形状形成用樹脂層とを、この順に積層して積層体とする工程（A'）、該柱状部材形成用樹脂層と該曲面形状形成用樹脂層とをエッチングして、柱状部材と曲面形状形成用部材との積層凸部を形成する工程（B）、及び該曲面形状形成用部材を加熱し、液だれさせて曲面を形成する工程（C'）を有する、曲面形状パターンの製造方法、曲面形状形成用樹脂層及び柱状部材形成用樹脂層の積層体を含む曲面形状パターン形成用樹脂フィルム、をも包含するものである。

[0065] [曲面形状パターン形成用樹脂フィルム]

本発明のレンズ部材や曲面形状パターンを形成するために、本発明の曲面形状形成用樹脂層14A、柱状部材形成用樹脂層3Aの積層体を含む曲面形状パターン形成用樹脂フィルムを用いることは、製造が容易であるという点で好ましい。当該樹脂フィルムは、熱によって液だれ（熱だれ）する曲面形状形成用樹脂層14Aと、熱によって液だれ（熱だれ）しない柱状部材形成用樹脂層3Aを有するものであればよく、液だれ（熱だれ）する曲面形状形成用樹脂層14Aの一方の面を液だれ（熱だれ）しないように光や熱等によって変質させ一部を柱状部材形成用樹脂層3Aとした積層体であってもよい。中でも、熱によって熱だれする曲面形状形成用樹脂層14Aと熱だれしない柱状部材形成用樹脂層3Aを、一方の樹脂層上にもう一方の樹脂を塗布するか、あらかじめ作製したそれぞれの樹脂層を貼り合わせて形成する方が、厚みの制御が容易であるため好ましい。

[0066] 本発明の曲面形状パターン形成用樹脂フィルムは、曲面形状形成用樹脂層側に支持フィルムが積層されており、また柱状部材形成用樹脂層側に保護フィルムが積層されていることが好ましい。支持フィルムと保護フィルムは、いずれか一方を有していてもよいし、両方を有していてもよい（図16（b）参照）。

上記の積層体の曲面形状形成用樹脂層14A側に支持フィルム12を積層して備えると、積層体のハンドリングが容易であるため好ましく、支持フィルム12越しに、フォトリソを密着させて露光してもフォトリソを汚染せずに露光できるため好ましい。このような観点から支持フィルム12は露光によるパターン化に支障がない程度に露光波長に対して透明性を有していることが好ましい。

また、上記積層体の柱状部材形成用樹脂層3A側に保護フィルムを積層して備えると、樹脂表面の汚染を抑制することができるので好ましい。また、支持フィルム12と保護フィルム（図示せず）は異なる厚みや材質のフィルムを用いることが好ましい。これにより曲面形状形成用樹脂層と柱状部材形成用樹脂層の向きが容易に判別できる。また、保護フィルムと柱状部材形成用樹脂層の剥離力より、支持フィルムと曲面形状形成用樹脂層との剥離力の方が強いと、保護フィルムが容易に剥離できるため、貼り合わせする側の柱状部材形成用樹脂層を容易に露出させることができ、貼り合わせ方向を間違える機会が減少するため好ましい。剥離力の強弱は、支持フィルムと保護フィルムを同時に引っ張り、樹脂積層体がどちらのフィルムに残存するかで判断でき、支持フィルム側に残ればよい。

なお、本発明において、曲面形状形成用樹脂層、曲面形状形成用部材と表現した場合はレンズ又は曲面形状パターン形成用の樹脂層、熱だれする前のレンズ又は曲面形状パターン形成用の柱状部材をさし、レンズ部材と表現した場合は、光の角度を変化させて光の広がりを抑制したり、コリメート又は集光する機能を有する部位をさす。

[0067] 次に、上述の曲面形状パターン形成用樹脂フィルムを用いた場合に好適に

製造し得る、本発明のレンズ付き基板の製造方法について、図 16 及び図 17 を用いて説明する。具体的には、基板と、柱状部材形成用樹脂層と、曲面形状形成用樹脂層とを、この順に積層して積層体とする工程（A）、該柱状部材形成用樹脂層と該曲面形状形成用樹脂層とをエッチングして、柱状部材と曲面形状形成用部材との積層凸部を形成する工程（B）、及び該曲面形状形成用部材を加熱し、液だれさせてレンズ部材にする工程（C）を有する。

[工程（A）]

本発明では工程（A）として、基板 1 と、柱状部材形成用樹脂層 3 A と、曲面形状形成用樹脂層 14 A とを、基板 1、柱状部材形成用樹脂層 3 A、曲面形状形成用樹脂層 14 A の順に積層して積層体とする（図 16（b）及び図 17（b）参照、但し、ここでは支持フィルムを省略）。積層体の形成方法としては、特に限定はなく、基板 1 上にワニス状の柱状部材形成用樹脂層 3 A とワニス状の曲面形状形成用樹脂層 14 A とを、コンマコート、ダイコート、スピンコート等を用いて順次塗布する方法や、フィルム状の柱状部材形成用樹脂層 3 A（ドライフィルム）とフィルム状の曲面形状形成用樹脂層 14 A（ドライフィルム）を、ロールラミネータ、真空ロールラミネータ、真空ラミネータ、常圧プレス、真空プレス等を用いて順次積層する方法や、一方がワニス状でもう一方がフィルム状の樹脂を上記の方法で塗布及び積層して形成する方法や、あらかじめ柱状部材形成用樹脂層 3 A と曲面形状形成用樹脂層 14 A の積層体を形成した後に、柱状部材形成用樹脂層 3 A 側が基板 1 側になるように上記の方法で積層する方法が挙げられる。

上述する方法の中では、フィルム状の柱状部材形成用樹脂層 3 A、フィルム状の曲面形状形成用樹脂層 14 A を用いた方が、ワニスを塗布した後の乾燥工程が必要ないため好ましい。さらに好ましくは、あらかじめ柱状部材形成用樹脂層 3 A と曲面形状形成用樹脂層 14 A の積層体を形成した後に、柱状部材形成用樹脂層 3 A 側が基板 1 側になるように積層する方法であり、この方法によって、基板 1 への積層回数が少なくできる。

[0068] [工程（B）]

本発明では工程（Ｂ）として、柱状部材形成用樹脂層３Ａと、曲面形状形成用樹脂層１４Ａを、好ましくは同時に、エッチングして、柱状部材３と、曲面形状形成用部材１４との積層体（積層凸部）を形成する（図１６（ｃ）及び図１７（ｃ）参照）。

エッチングの方法としては、ＲＩＥ（Reactive Ion Etching）などのドライエッチングや、溶剤やアルカリ溶液を用いて樹脂を溶解や膨潤除去するウェットエッチングが挙げられる。ドライエッチング及びウェットエッチングする前に、柱状部材３及び曲面形状形成用部材１４上にエッチングされない又はされにくいエッチングレジストパターンを形成してエッチングレジストパターンがない部分の柱状部材形成用樹脂層３Ａや曲面形状形成用樹脂層１４Ａを除去し、その後にエッチングレジストパターンを除去する方法を用いてもよい。ウェットエッチングする場合には、柱状部材形成用樹脂層３Ａ及び曲面形状形成用樹脂層１４Ａが、溶液やアルカリ溶液によってエッチング可能な樹脂を用いるとよい。

別のウェットエッチングの方法として、柱状部材３、曲面形状形成用部材１４の部位を活性光線で光硬化し、ウェットエッチングする方法がある。この場合、少なくとも曲面形状形成用樹脂層１４Ａは感光性の樹脂層であると、曲面形状形成用部材１４がエッチングレジスト代わりになり、柱状部材３と曲面形状形成用部材１４の積層体が形成できる。この方法を用いると、曲面形状形成用樹脂層１４Ａ上にエッチングレジストパターンを形成する工程、エッチングレジストパターンを除去する工程が不要であるためよい。

より好ましくは、柱状部材形成用樹脂層３Ａも感光性の樹脂層であるとよい。これにより、エッチングによって除去する未硬化部と柱状部材３となる光硬化部とのコントラストが明瞭となり、柱状部材３の側面が削り取られることを抑制でき、同一形状の柱状部材３と曲面形状形成用部材１４の積層体が得られやすい。この場合、柱状部材３と曲面形状形成用部材１４を同時に露光すると、露光の工程数の簡略化ができ、柱状部材３と曲面形状形成用部材１４の位置ずれなく形成できるため、さらに好ましい。

[0069] [工程 (C)]

本発明では工程 (C) として、曲面形状形成用部材 14 を加熱し、液だれ（熱だれ）させてレンズ部材 6 又は曲面形状パターン 16（柱状部材 3 との積層パターン）にする（図 16 (d) 及び図 17 (d) 参照）。曲面形状形成用部材 14 は、柱状部材 3 上に形成されているため、液だれ（熱だれ）して粘度が低下しても表面張力によって柱状部材 3 上に留まるため、基板 1 の種類や表面荒さに依存せず良好にレンズ部材 6 又は曲面形状パターン 16 を得ることができる。液だれ（熱だれ）させる温度は、曲面形状形成用部材 14 の粘度が低下し、曲面を形成する温度であれば特に限定はなく、好ましくは 40℃～270℃、より好ましくは 80℃～230℃である。レンズ部材 6 や柱状部材 3 の透明性の維持の観点から 80℃～180℃であることが最も好ましい。液だれ（熱だれ）した後にレンズ部材 6 及び柱状部材 3 を硬化するための熱を加えてもよく、上記と同じ温度でもそれ以上の温度でもよいが、レンズ部材 6 や柱状部材 3 の透明性の維持の観点から 80℃～180℃であることが最も好ましい。

実施例

[0070] 以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明はその要旨を越えない限り、以下の実施例に限定されない。

[0071] 実施例 1

次の手順により、第 1 の実施形態に対応するミラー付き基板を作成し、評価した。但し、実施例 1 では、レンズ部材 6 を基板 1 上に 20 個設けた。

[クラッド層形成用樹脂フィルムの作製]

< (A) ベースポリマー；(メタ) アクリルポリマー (A-1) の作製 >

攪拌機、冷却管、ガス導入管、滴下ろうと、及び温度計を備えたフラスコに、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート 46 質量部及び乳酸メチル 23 質量部を秤量し、窒素ガスを導入しながら攪拌を行った。液温を 65℃ に上昇させ、メチルメタクリレート 47 質量部、ブチルアクリレート 33 質量部、2-ヒドロキシエチルメタクリレート 16 質量部、メタクリ

ル酸 1.4 質量部、2, 2'-アゾビス (2, 4-ジメチルバレロニトリル) 3 質量部、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート 4.6 質量部、及び乳酸メチル 2.3 質量部の混合物を 3 時間かけて滴下後、65℃で 3 時間攪拌し、さらに 95℃で 1 時間攪拌を続けて、(メタ) アクリルポリマー (A-1) 溶液 (固形分 4.5 質量%) を得た。

[0072] (重量平均分子量の測定)

(A-1) の重量平均分子量 (標準ポリスチレン換算) を GPC (東ソー株式会社製「SD-8022」、 $DP-8020$ 、及び「RI-8020」) を用いて測定した結果、 3.9×10^4 であった。なお、カラムは日立化成株式会社製「Gel pack GL-A150-S」及び「Gel pack GL-A160-S」を使用した。

(酸価の測定)

(A-1) の酸価を測定した結果、 79 mg KOH/g であった。なお、酸価は (A-1) 溶液を中和するのに要した 0.1 mol/L 水酸化カリウム水溶液量から算出した。このとき、指示薬として添加したフェノールフタレインが無色からピンク色に変色した点を中和点とした。

[0073] <クラッド層形成用樹脂ワニスの調合>

(A) ベースポリマーとして、前記 (A-1) 溶液 (固形分 4.5 質量%) 8.4 質量部 (固形分 3.8 質量部)、(B) 光硬化成分として、ポリエステル骨格を有するウレタン (メタ) アクリレート (新中村化学工業株式会社製「U-200AX」) 3.3 質量部、及びポリプロピレングリコール骨格を有するウレタン (メタ) アクリレート (新中村化学工業株式会社製「UA-4200」) 1.5 質量部、(C) 熱硬化成分として、ヘキサメチレンジイソシアネートのイソシアヌレート型三量体をメチルエチルケトンオキシムで保護した多官能ブロックイソシアネート溶液 (固形分 7.5 質量%) (住化バイエルウレタン株式会社製「スミジュール BL 3175」) 2.0 質量部 (固形分 1.5 質量部)、(D) 光重合開始剤として、1-[4-(2-ヒドロキシエトキシ)フェニル]-2-ヒドロキシ-2-メチル-1-プロパン-1-オン

(BASF ジャパン株式会社製「イルガキュア 2959」) 1 質量部、ビス (2, 4, 6-トリメチルベンゾイル) フェニルホスフィンオキシド (BASF ジャパン株式会社製「イルガキュア 819」) 1 質量部、及び希釈用有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート 23 質量部を攪拌しながら混合した。孔径 $2\ \mu\text{m}$ のポリフロンフィルタ (アドバンテック東洋株式会社製「PFO20」) を用いて加圧濾過後、減圧脱泡し、クラッド層形成用樹脂ワニスを得た。

[0074] <クラッド層形成用樹脂フィルムの作製>

上記で得られたクラッド層形成用樹脂ワニスを、キャリアフィルムである PET フィルム (東洋紡績株式会社製「コスモシャイン A4100」、厚さ $50\ \mu\text{m}$) の非処理面上に、塗工機 (マルチコーター TM-MC、株式会社ヒラノテクシード製) を用いて塗布し、 100°C で 20 分乾燥後、カバーフィルムとして表面離型処理 PET フィルム (帝人デュポンフィルム株式会社製「ピューレックス A31」、厚さ $25\ \mu\text{m}$) を貼付け、クラッド層形成用樹脂フィルムを得た。

クラッド層形成用樹脂フィルムの厚さは、塗工機のギャップを調節することで任意に調整可能であり、実施例中に記載する。実施例中に記載する上部クラッド層形成用樹脂フィルムの膜厚は塗工後の膜厚とする。

[0075] [コア層形成用樹脂フィルムの作製]

(A) ベースポリマーとして、フェノキシ樹脂 (商品名: フェノトート YP-70、東都化成株式会社製) 26 質量部、(B) 光重合性化合物として、9, 9-ビス [4- (2-アクリロイルオキシエトキシ) フェニル] フルオレン (商品名: A-BPEF、新中村化学工業株式会社製) 36 質量部、及びビスフェノール A 型エポキシアクリレート (商品名: EA-1020、新中村化学工業株式会社製) 36 質量部、(C) 光重合開始剤として、ビス (2, 4, 6-トリメチルベンゾイル) フェニルフォスフィンオキシド (商品名: イルガキュア 819、BASF ジャパン株式会社製) 1 質量部、及び 1- [4- (2-ヒドロキシエトキシ) フェニル] -2-ヒドロキシ-2

ーメチルー１ープロパンー１ーオン（商品名：イルガキュア２９５９、ＢＡＳＦジャパン株式会社製）１質量部、有機溶剤としてプロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート４０質量部を用いたこと以外は上記製造例と同様の方法及び条件でコア層形成用樹脂ワニスＢを調合した。その後、上記製造例と同様の方法及び条件で加圧濾過さらに減圧脱泡した。

上記で得られたコア層形成用樹脂ワニスＢを、キャリアフィルムであるＰＥＴフィルム（商品名：コスモシャインＡ１５１７、東洋紡績株式会社製、厚さ：１６μｍ）の非処理面上に、上記製造例と同様な方法で塗布乾燥し、次いでカバーフィルムとして離型ＰＥＴフィルム（商品名：ピューレックスＡ３１、帝人デュポンフィルム株式会社、厚さ：２５μｍ）を離型面が樹脂側になるように貼り付け、コア層形成用樹脂フィルムを得た。このとき樹脂層の厚さは、塗工機のギャップを調節することで任意に調整可能であり、本実施例では使用したコア層形成用樹脂フィルム厚さについては、実施例中に記載する。実施例中に記載するコア層形成用樹脂フィルムの膜厚は塗工後の膜厚とする。

[0076] ＜レンズ部材形成用感光性樹脂（フィルム）の作製＞

攪拌機、還流冷却機、不活性ガス導入口及び温度計を備えたフラスコに、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート１９０質量部を仕込み、窒素ガス雰囲気下で８０℃に昇温し、反応温度を８０℃に保ちながら、メタクリル酸１０質量部、メタクリル酸ｎ－ブチル１質量部、メタクリル酸ベンジル７４質量部、メタクリル酸２－ヒドロキシエチル１５質量部、及び２，２’－アゾビス（イソブチロニトリル）２．５質量部を４時間かけて均一に滴下した。滴下終了後、８０℃で６時間攪拌を続け、重量平均分子量が約３０，０００のバイндаポリマー（ａ）の溶液（固形分３５質量％）を得た。

次に、バイндаポリマー（ａ）の溶液（固形分３５質量％）２００質量部（固形分：７０質量部）に、２，２－ビス（４－（ジ（メタ）アクリロキシポリエトキシ）フェニル）プロパン８質量部、β－ヒドロキシエチルーβ’

ー（メタ）アクリロイルオキシエチルー α -フタレート22質量部、2-（ α -クロロフェニル）-4,5-ジフェニルイミダゾール二量体2.1質量部、N,N'-テトラエチル-4,4'-ジアミノベンゾフェノン0.33質量部、メルカプトベンゾイミダゾール0.25質量部、（3-メタクリロイルプロピル）トリメトキシシラン8質量部、メチルエチルケトン30質量部を加えて攪拌機を用いて15分間混合し、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物溶液を作製した。

[0077] キャリアフィルムとして厚さ16 μm のポリエチレンテレフタレートフィルムを使用し、上記で得られたレンズ用感光性樹脂組成物溶液をキャリアフィルム上にコンマコートを用いて均一に塗布し、100℃の熱風対流式乾燥機で3分間乾燥して溶剤を除去し、レンズ部材形成用樹脂層6を形成した。本実施例では使用したレンズ用感光性樹脂組成物（フィルム）厚さについては、実施例中に記載する。実施例中に記載するレンズ用感光性樹脂組成物の膜厚は塗工後の膜厚とする。

次いで、得られたレンズ部材形成用樹脂層6の上に、さらに、25 μm の厚さのポリエチレンテレフタレートフィルムを、カバーフィルムとして貼り合わせて、レンズ部材形成用感光性樹脂フィルムを作製した。

[0078] [第1工程；柱状部材の形成]

柱状部材形成用樹脂フィルムとして上記で得られた25 μm 厚さのクラッド層形成用樹脂フィルムを、それぞれカバーフィルムを剥離後、150mm $\times$ 150mmのポリイミドフィルム（ポリイミド；ユーピレックスRN（宇部日東化成株式会社製）、厚さ；25 μm ）上に配置した。その後、真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVLP-500）を用い、500Pa以下に真空引きした後、圧力0.4MPa、温度110℃、加圧時間30秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした。

続いて直径210 μm の円形の開口部を有するネガ型フォトリソマスクを介し、クラッド層形成用樹脂フィルム取り付け面側から紫外線露光機（機種名：EXM-1172、株式会社オーク製作所製）により、紫外線を（波長36

5 nm) を $0.3 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射した。その後、キャリアフィルムを剥離し、現像液 1.0 質量%の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングして、 170°C 1 時間乾燥させ、柱状部材 3 を形成した (図 3 (b)、図 4 (b) 参照)。

[0079] [第 2 工程；レンズ部材形成用柱状部材の形成]

上記で得られた $50 \mu\text{m}$ 厚さのレンズ部材形成用感光性樹脂フィルムを、それぞれカバーフィルムを剥離後、柱状部材 3 形成面側から、真空加圧式ラミネータ (株式会社名機製作所製、MVL P-500) を用い、 500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa 、温度 110°C 、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした。

続いて直径 $200 \mu\text{m}$ の円形の開口部を有するネガ型フォトマスクを介し、開口部を柱状部材 3 上に位置合わせし、レンズ部材形成用感光性樹脂形成面側から紫外線露光機 (機種名：EXM-1172、株式会社オーク製作所製) により、紫外線を (波長 365 nm) を $0.3 \text{ J} / \text{cm}^2$ 照射した。

[0080] その後、レンズ部材形成用感光性樹脂フィルムのキャリアフィルムを剥離し、現像液 1.0 質量%の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングし、レンズ部材形成用柱状部材 6A を形成した (図 3 (c)、図 4 (c) 参照)。

[0081] [第 3 工程；レンズ部材の形成]

その後、現像液 1.0 質量%の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングして、 180°C 1 時間加熱し、レンズ部材形成用柱状部材 6A を液だれ (熱だれ) させて柱状部材 3 上にレンズ部材 6 を形成した (図 3 (d)、図 4 (d) 参照)。

[0082] [レジストの形成]

レジスト形成用樹脂フィルムとして上記で得られた $56 \mu\text{m}$ 厚さのクラッド層形成用樹脂フィルムを、それぞれカバーフィルムを剥離後、 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ のポリイミドフィルム (ポリイミド；ユーピレックス RN (宇部日東化成株式会社製)、厚さ； $25 \mu\text{m}$) 上に配置した。その後、真空加圧式ラミネータ (株式会社名機製作所製、MVL P-500) を用い、50

0 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa、温度 110℃、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした。

続いて一辺が 300 μm の正方形の遮光部を有するネガ型フォトリソマスクを介し、クラッド層形成面側から紫外線露光機（機種名：EXM-1172、株式会社オーク製作所製）により、紫外線を（波長 365 nm）を 0.3 J / cm^2 照射した。その後、キャリアフィルムを剥離し、現像液 1.0 質量% の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングして、170℃ 1 時間乾燥させ、レンズを保護するためのレジスト 13 を形成した（図 12、図 13 参照）。

[0083] [評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材 6 は直径 210 μm であり、高さ 30 μm であり、凸レンズ面の曲率半径が 200 μm であった。また、柱状部材 3 は高さが 25 μm であり、かつ上面（レンズ部材 6 との接触面）が平坦であった。一方で、レジスト 13 は、基板の一方の面からの高さが 56 μm であった。

また、レンズ部材 6 に対向する位置に、受光用光ファイバとして G150 のマルチモード用光ファイバを、柱状部材 3 に対向する位置に、出射用光ファイバとしての G162.5 のマルチモード光ファイバを配置し、出射用光ファイバから出射した 850 nm の光信号を、基板 1、柱状部材 3、レンズ部材 6 を介して、受光用光ファイバに受光させて、そのときの光伝搬損失を測定した。光伝搬損失は、光ファイバ先端間距離を 100 μm にしたところ 0.48 dB であった。また、光ファイバ先端間距離を 200 μm にしたところ 0.56 dB であり、良好に光信号伝送が可能であった。

[0084] 実施例 2

実施例 1 において、柱状部材形成用樹脂フィルムの厚さを 50 μm 、レンズ部材形成用樹脂フィルムの厚さを 75 μm 、レジストの厚さを 81 μm にした以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材 6 は直径 210

μm であり、高さ $30\mu\text{m}$ であり、凸レンズ面は曲率半径が $200\mu\text{m}$ であった。また、柱状部材3は基板の一方の面からの高さが $50\mu\text{m}$ であり、かつ上面が平坦であった。一方で、レジスト13は、基板の一方の面からの高さが $81\mu\text{m}$ であった。

[0085] 実施例3

実施例1において、基板1の一方の面上にサブトラクティブ法にてCuの電極を作製した電気配線板を用いた以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。基板1表面粗さは $R_a = 1.5\mu\text{m}$ であった。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材6は直径が $210\mu\text{m}$ であり、高さが $30\mu\text{m}$ であり、凸レンズ面の曲率半径が $200\mu\text{m}$ であった。また、柱状部材3は高さが $25\mu\text{m}$ であり、かつ上面が平坦であった。一方で、レジスト13は、基板の一方の面からの高さが $56\mu\text{m}$ であった。

[0086] 比較例1

実施例3において、柱状部材3を形成せず、レンズ部材形成用樹脂フィルムの厚さを $25\mu\text{m}$ 、レジストの厚さを $31\mu\text{m}$ にした以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材6は直径 $250\mu\text{m}$ であり、高さは $20\mu\text{m}$ で、曲率半径にはばらつきがあった。

[0087] 実施例4

[スルーホール付き基板の作製]

基板1として $150\text{mm} \times 150\text{mm}$ のポリイミドフィルム（宇部日東化成株式会社製、商品名；ユーピレックスRN、厚さ； $25\mu\text{m}$ ）に、ドリル加工にて直径 $210\mu\text{m}$ のスルーホールを形成し、スルーホール付き基板を得た（図7（a）、図8（a）参照）。

[0088] [第1工程；柱状部材の形成]

透明部材形成用樹脂、柱状部材形成用樹脂として上記で作製したクラッド層形成用樹脂フィルムを用い、得られた基板 1 の両面に $25\ \mu\text{m}$ 厚さのクラッド層形成用樹脂フィルムを、それぞれカバーフィルムを剥離後、真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVLP-500）を用い、 $500\ \text{Pa}$ 以下に真空引きした後、圧力 $0.4\ \text{MPa}$ 、温度 110°C 、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートすることにより、スルーホール 2 内を透明部材形成用樹脂、柱状部材形成用樹脂とで埋め込むと同時に基板 1 の一方の面に透明部材形成用樹脂、他方の面に柱状部材形成用樹脂を積層した（図 7（b）、図 8（b）参照）。

[0089] 次に、透明部材形成用樹脂面側に、スルーホール 2 中心と開口部中心が位置合わせされた、一辺が $5\ \text{mm}$ の正方形の開口部を有するネガ型フォトリソマスクを被せ、そのフォトリソマスクを介して、透明部材形成用樹脂面側から上記紫外線露光機を用いて、紫外線（波長 $365\ \text{nm}$ ）を $0.3\ \text{J}/\text{cm}^2$ 照射した（図 10 参照）。紫外線は、開口部を透過して透明部材形成用樹脂に照射されるとともに、基板においてはスルーホールのみを透過し、柱状部材形成用樹脂に照射された。

[0090] 次に、透明部材形成用樹脂フィルムと柱状部材形成用樹脂フィルムのキャリアフィルムを剥離し、現像液 1.0 質量%の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングして、 170°C 1 時間乾燥させ、透明部材 5 及び柱状部材 3 付きの基板 1 を作製した。

[0091] [第 2 工程；レンズ部材形成用柱状部材の形成]

第 2 工程は、実施例 1 と同様に、基板の一方の面側にレンズ部材形成用感光性樹脂フィルムを積層し、次いで、透明部材 5 側から基板 1 に上記紫外線露光機を用いて、紫外線（波長 $365\ \text{nm}$ ）を $0.3\ \text{J}/\text{cm}^2$ 照射した。紫外線は、スルーホールが設けられた箇所のみ透過し、レンズ部材形成用感光性樹脂フィルムは、スルーホールに一致する部分のみが硬化した。

その後、レンズ部材形成用感光性樹脂フィルムのキャリアフィルムを剥離した後、実施例 1 と同様にエッチングし、柱状部材 3 の上にレンズ部材形成

用柱状部材 6 A を形成した。

[第 3 工程；レンズ部材の形成]

その後、実施例 1 と同様に、第 3 工程を実施し、柱状部材 3 上にレンズ部材 6 を形成し、さらにレジスト（不図示）も形成し、レンズ付き基板を得た（図 9 参照）。

[0092] [評価]

得られたレンズ付き基板を観察した結果、レンズ部材 6 は直径 $210\ \mu\text{m}$ 、高さ $30.5\ \mu\text{m}$ で、上面の曲率半径が $210\ \mu\text{m}$ であった。一方、柱状部材 3 は、基板 1 の一方の面からの高さが $25\ \mu\text{m}$ で、その上面が平坦面であった。また、レジストの基板の一方の面からの高さは $56\ \mu\text{m}$ であった。

また、第 1 の実施例と同様に光伝搬損失を測定した。光伝搬損失は、光ファイバ先端間距離 $100\ \mu\text{m}$ にしたところ $0.45\ \text{dB}$ であった。また、光ファイバ先端間距離を $200\ \mu\text{m}$ にしたところ $0.57\ \text{dB}$ であり、良好に光信号伝送が可能であった。

[0093] 実施例 5

実施例 4 において、柱状部材形成用樹脂フィルムの厚さを $50\ \mu\text{m}$ 、レンズ部材形成用樹脂フィルムの厚さを $75\ \mu\text{m}$ 、レジストの厚みを $81\ \mu\text{m}$ にした以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材 6 は直径 $210\ \mu\text{m}$ であり、高さ $30.5\ \mu\text{m}$ で、凸レンズ面の曲率半径が $210\ \mu\text{m}$ であった。柱状部材 3 は、基板の一方の面からの高さが $50\ \mu\text{m}$ で、その上面が平坦であった。また、レジスト 13 の基板の一方の面からの高さは $81\ \mu\text{m}$ であった。

[0094] 実施例 6

実施例 4 において、基板 1 の一方の面にサブトラクティブ法にて Cu の電極を作製した電気配線板を用いた以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。基板 1 表面粗さは $R_a = 1.5\ \mu\text{m}$ であった。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材6は直径210 μm であり、高さが30.5 μm で、凸レンズ面の曲率半径が210 μm であった。柱状部材3は、基板の一方の面からの高さが25 μm で、その上面が平坦であった。レジスト13の基板の一方の面からの高さは56 μm であった。

[0095] 実施例7

実施例4において、透明部材形成用樹脂フィルムをレンズ部材形成用樹脂フィルムにし、柱状部材3を形成するための露光に用いたネガ型フォトリソの開口部の形状を直径300 μm にした以外は同様の方法で作製し、第3工程では透明部材の底面も熱だれにより凸レンズ面とされた（図11参照）。

[評価]

得られたレンズ付き基板の断面を観察すると、レンズ部材6は直径210 μm であり、高さが30.5 μm で、凸レンズ面の曲率半径が210 μm であった。柱状部材3は、の基板の一方の面からの高さが25 μm で、その上面が平坦であった。レジスト13の基板の一方の面からの高さは56 μm であった。また、柱状部材3形成面と反対の面の透明部材もレンズ形状になった。

[0096] 比較例2

実施例6において、柱状部材3を形成せず、レンズ部材形成用樹脂フィルムの厚みを25 μm 、レジストの厚みを31 μm にした以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。

[評価]

レンズ部材6を観察した結果、直径270 μm であり、断面形状は20 μm の高さで、曲率半径にばらつきがあった。

[0097] 実施例8

[レンズ付き光導波路]

実施例 4 において透明部材形成用樹脂フィルムをレンズ部材形成用樹脂フィルムにし、柱状部材 3 を形成するための露光に用いたネガ型フォトリソマスクを用いず基板 1 全面を露光した以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した（図 15（a）参照）。

上記で形成した下部クラッド層 7 としての透明部材 5 上に、上記で得られた $50\text{ }\mu\text{m}$ 厚みのコア層形成用樹脂フィルムを、カバーフィルムを剥離した後に、ロールラミネータ（日立化成テクノプラント株式会社製、HLM-1500）を用い圧力 0.4 MPa 、温度 50°C 、ラミネート速度 0.2 m/min の条件でラミネートし、次いで上記の真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVLP-500）を用い、 500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa 、温度 70°C 、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着し、コア形成用樹脂層を形成した。

[0098] 続いて、コアパターンを形成するネガ型フォトリソマスクと、上記紫外線露光機とを用いて、キャリアフィルム側から紫外線（波長 365 nm ）を 0.8 J/cm^2 で照射し、次いで 80°C で 5 分間露光後加熱を行った。その後、キャリアフィルムである PET フィルムを剥離し、現像液（プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート／N，N-ジメチルアセトアミド＝8／2、質量比）を用いてエッチングした。続いて、洗浄液（イソプロパノール）を用いて洗浄し、 100°C で 10 分間加熱乾燥し、コアパターン（コア層 8）を形成した。尚、各コアは、2 箇所のスルーホール上を通過するように形成した（図 15（b）参照）。

[0099] [上部クラッド層の形成]

得られたコアパターン上から、上記で得られた $55\text{ }\mu\text{m}$ 厚みのクラッド層形成用樹脂フィルムを、カバーフィルムを剥離した後に、真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVLP-500）を用い、 500 Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4 MPa 、温度 110°C 、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした。

続いて、上記紫外線露光機を用いて、クラッド層形成用樹脂フィルムのキ

キャリアフィルム側から紫外線（波長 365 nm）を 3.0 J/cm^2 で照射し、キャリアフィルムを剥離後、80℃で5分間露光後加熱を行い、上部クラッド層 9 を形成した（図 15（c）参照）。

[0100] [ミラーの形成]

得られた光導波路の上部クラッド層 9 側からダイシングソー（DAC 552、株式会社ディスコ社製）を用いて、断面三角形の溝 17 を形成し、コアパターンの軸方向に対して 45° で傾斜するミラー 11 を形成し、レンズ付き光導波路を得た（図 15（d）参照）。

[0101] [光損失の測定]

光ファイバ A（GI50、NA=0.2）を用いて 850 nm の光信号を、レンズ部材 6 を通してミラー 11 に入射し、コアパターンを透過し、別のミラー 11 において反射し、別のレンズ部材 6 を透過して出力された光信号を、ミラー中心点上において光ファイバ（GI50、NA=0.2）を用いて受光した時の光損失（A）を測定した。このとき、基板 1 表面と光ファイバ B との距離は $30 \mu\text{m}$ とした。次いで、ミラー 11 を上記のダイシングソーを用いて切断し、ミラーなしの光導波路を得た。次いで、上記の光ファイバ A 及び光ファイバ B を用い、コアパターンと同軸方向の入射部側に光ファイバ A を、出射部側に光ファイバ B を調芯し、光損失（B）を測定した。

以上より、ミラー 11 からレンズ部材 6 を透過するまでの光損失（C）を以下の式に従って算出した。

$$(\text{式}) \quad (C) = (A) - (B)$$

実施例 8 において得られたレンズ付き光導波路における光損失（C）は 1.73 dB であった。

[0102] 実施例 9

次の手順により、図 16、17 に示すレンズ部材を作製し、評価した。

<柱状部材形成用樹脂層（ドライフィルム）の作製>

柱状部材形成用樹脂ワニスとして、実施例 1 で得られたクラッド層形成用樹脂ワニスを用いて、以下の手順で、柱状部材形成用樹脂層（ドライフィル

ム)を作製した。

柱状部材形成用樹脂ワニス、支持フィルム(後述する曲面形状形成用樹脂層と積層した後は保護フィルムとして使用する)であるPETフィルム(東洋紡績株式会社製「コスモシャインA4100」、厚み $50\mu\text{m}$)の非処理面上に、塗工機(マルチコーターTM-MC、株式会社ヒラノテクシード製)を用いて塗布し、 100°C で20分乾燥後、保護フィルムとして表面離型処理PETフィルム(帝人デュボンフィルム株式会社製「ピューレックスA31」、厚み $25\mu\text{m}$)を貼付け、クラッド層形成用樹脂フィルムを得た。

柱状部材形成用樹脂層3A(フィルム)の厚みは、塗工機のギャップを調節することで任意に調整可能であり、実施例中に記載する。実施例中に記載する柱状部材形成用樹脂層3Aの膜厚は塗工乾燥後の膜厚とする。

また、曲面形状形成用樹脂層14A(ドライフィルム)として、実施例1のレンズ部材形成用感光性樹脂(フィルム)を用いた。

[0103] <曲面形状形成用樹脂層、柱状部材形成用樹脂層の積層体の作製>

上記で得られた $30\mu\text{m}$ 厚みの曲面形状形成用樹脂層14Aと $25\mu\text{m}$ 厚みの柱状部材形成用樹脂層3Aのそれぞれの保護フィルムを剥離し、樹脂面同士をロールラミネータ(日立化成テクノプラント株式会社製、HLM-1500)を用い圧力 0.4MPa 、温度 40°C 、ラミネート速度 0.2m/min の条件でラミネートし曲面形状形成用樹脂層、柱状部材形成用樹脂層の積層体とした。それぞれの支持フィルムを引き剥がしたところ積層体は、曲面形状形成用樹脂層14A側の支持フィルムに残っていた。このとき柱状部材形成用樹脂層3A側の支持フィルムを曲面形状形成用樹脂層14A、柱状部材形成用樹脂層3Aの積層体の保護フィルムとした。

[0104] [工程A]

上記で得られた曲面形状形成用樹脂層、柱状部材形成用樹脂層の積層体の保護フィルムを剥離して、 $150\text{mm}\times 150\text{mm}$ のポリイミドフィルム(ポリイミド;ユーピレックスRN(宇部日東化成株式会社製)、厚み;25

μm) 上に配置した。その後、真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVL P-500）を用い、 500Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4MPa 、温度 80°C 、加圧時間 30 秒の条件にて加熱圧着して、ラミネートした（図16（b）、図17（b）参照）。

[0105] [工程B]

続いて直径 $210\mu\text{m}$ の円形の開口部を有するネガ型フォトリソマスクを介し、支持フィルム側から紫外線露光機（機種名：EXM-1172、株式会社オーク製作所製）により、紫外線を（波長 365nm ）を $0.3\text{J}/\text{cm}^2$ 照射した。その後、支持フィルムを剥離し、現像液 1.0 質量%の炭酸カリウム水溶液を用いてエッチングして、 170°C 1 時間乾燥させ、柱状部材3と曲面形状形成用部材14の積層体を形成した（図16（c）、図17（c）参照）。

[0106] [工程C]

その後、 180°C で 1 時間加熱し、曲面形状形成用部材14を液だれ（熱だれ）させて柱状部材3上のレンズ部材6を形成した（図16（d）、図17（d）参照）。

[0107] [評価]

レンズ部材6を観察した結果、直径 $210\mu\text{m}$ であり、断面形状は $30\mu\text{m}$ の高さで、曲率半径は、 $200\mu\text{m}$ であった。柱状部材3側の断面形状は基板平面からの高さが $25\mu\text{m}$ の高さで、平坦であった。柱状部材3側から入射部用としてG150のマルチモード用光ファイバを用いて 850nm の光信号を入射し、レンズ部材6側に受光部用として設置したG162.5のマルチモード光ファイバを光ファイバ先端間距離 $100\mu\text{m}$ にしたところ光伝搬損失は 0.45dB であった。光ファイバ先端間距離を $200\mu\text{m}$ にしたところ 0.53dB で、良好に光信号伝送が可能であった。

[0108] 実施例10

$150\text{mm} \times 150\text{mm}$ のポリイミドフィルム（ポリイミド；ユーピレックスRN（宇部日東化成株式会社製）、厚み； $25\mu\text{m}$ ）上に、上記で得ら

れた $25\mu\text{m}$ 厚みの柱状部材形成用樹脂層3Aの保護フィルムを剥離し、真空加圧式ラミネータ（株式会社名機製作所製、MVL P-500）を用い、 500Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4MPa 、温度 80°C 、加圧時間30秒の条件にて加熱圧着した。次いで $30\mu\text{m}$ 厚みの曲面形状形成用樹脂層14Aの保護フィルムを剥離し、支持フィルムを剥離した柱状部材形成用樹脂層3A上に、上記真空ラミネータを用いて、 500Pa 以下に真空引きした後、圧力 0.4MPa 、温度 80°C 、加圧時間30秒の条件にて加熱圧着した。露光の工程以降は実施例1と同様にして柱状部材3上のレンズ部材6を形成した。

[0109] [評価]

レンズ部材6を観察した結果、直径 $210\mu\text{m}$ であり、断面形状は $30\mu\text{m}$ の高さで、曲率半径は $200\mu\text{m}$ であった。柱状部材3側の断面形状は基板平面からの高さが $25\mu\text{m}$ の高さで、平坦であった。透明部材5側から入射部用としてG150のマルチモード用光ファイバを用いて 850nm の光信号を入射し、レンズ部材6側に受光部用として設置したG162.5のマルチモード光ファイバを光ファイバ先端間距離 $100\mu\text{m}$ にしたところ光伝搬損失は 0.46dB であった。光ファイバ先端間距離を $200\mu\text{m}$ にしたところ 0.51dB で、良好に光信号伝送が可能であった。

[0110] 比較例3

実施例9において、柱状部材3を形成せず、曲面形状形成用樹脂層の厚みを $25\mu\text{m}$ にした以外は同様の方法でレンズ付き基板を作製した。

[評価]

レンズ部材6を観察した結果、直径 $250\mu\text{m}$ であり、断面形状は $20\mu\text{m}$ の高さで、曲率半径にばらつきがあった。

産業上の利用可能性

[0111] 本発明によれば、レンズ高さを任意に選択しつつも、レンズ形状を一定かつ所望の形状にすることにより、レンズと他の光学部材との距離を狭くしたり、レンズを狭ピッチ化したりすることが可能なレンズ付き基板を提供する

ことができる。

請求の範囲

- [請求項1] 基板と、前記基板の一方の面側に設けられる柱状部材と、前記柱状部材の上にさらに設けられるレンズ部材とを備えるレンズ付き基板。
- [請求項2] 前記柱状部材が前記基板の一方の面より突出している請求項1に記載のレンズ付き基板。
- [請求項3] 前記柱状部材が透明材料で形成される請求項1又は2に記載のレンズ付き基板。
- [請求項4] 前記基板がスルーホールを有するとともに、
 前記柱状部材は、前記スルーホールの内部に一部が配置されるとともに、一部がその内部から前記基板の一方の面より突出するように形成されており、
 前記レンズ付き基板は、前記スルーホールの内部において前記柱状部材よりも前記基板の他方の面側に配置される透明部材を有する、請求項1～3のいずれかに記載のレンズ付き基板。
- [請求項5] 前記透明部材の基板側の面とは反対側の面が、前記基板の一方の面と平行な非レンズ面となっている請求項4に記載のレンズ付き基板。
- [請求項6] 前記透明部材の基板側の面とは反対側の面が、前記スルーホールの外部に配置され、凸レンズ面となっている請求項4に記載のレンズ付き基板。
- [請求項7] 前記レンズ部材が、凸レンズである請求項1～6のいずれかに記載のレンズ付き基板。
- [請求項8] 前記基板が、電気配線を有する電気配線板である請求項1～7のいずれかに記載のレンズ付き基板。
- [請求項9] 前記基板の一方の面上に、前記基板の一方の面から前記レンズ部材の最上部までの高さ以上の高さを有するレジストがレンズ部材に並設された請求項1～8のいずれかに記載のレンズ付き基板。
- [請求項10] 下記第1～第3工程を含む請求項1～9のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法。

第1工程：基板の一方の面に柱状部材を形成する工程；

第2工程：前記基板の一方の面側に、レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を積層し、少なくとも前記柱状部材の上にレンズ部材形成用感光性樹脂組成物を配置させるとともに、露光により前記柱状部材上の前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を硬化し、前記柱状部材上にレンズ部材形成用柱状部材を形成する工程；

第3工程：前記レンズ部材形成用柱状部材を加熱し、液だれさせてその上面を凸レンズ面に形成する工程

[請求項11]

前記基板が、スルーホールを有する基板であって、

前記第1工程において、柱状部材形成用感光性樹脂組成物を、前記基板の一方の面側から積層しつつ前記スルーホール内に充填するとともに、透明部材形成用樹脂組成物を、前記基板の他方の面側から積層しつつ前記スルーホール内に充填し、

前記スルーホールに一致した位置にある前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化すると共に、前記透明部材形成用樹脂組成物を光硬化又は熱硬化し、

前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物の未硬化部分を現像除去し、前記スルーホールの内部から前記基板の一方の面の外方に向かって突出する柱状部材を形成する請求項10に記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項12]

前記第1工程において、前記基板の他方の面側に、前記スルーホールと対向する位置に開口部を有するマスクを配置し、前記他方の面側から前記マスクを介して活性光線を照射することにより、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化する請求項11に記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項13]

前記基板が前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物を露光する際の活性光線に対して遮光性を有するものであり、

前記第1工程において、前記基板の他方の面側から活性光線を照射

することにより、前記柱状部材形成用感光性樹脂組成物のうち、前記スルーホールに一致する位置に配置される部分を露光して硬化する請求項 11 に記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項14] 前記第2工程において、前記基板の他方の面側に、前記スルーホールと対向する位置に開口部を有するマスクを配置し、前記他方の面側から前記マスクを介して活性光線を照射することにより、前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光して硬化する請求項 11 ～ 13 のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項15] 前記基板が前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物を露光する際の活性光線に対して遮光性を有するものであり、

前記第2工程において、前記基板の他方の面側から活性光線を照射することにより、前記レンズ部材形成用感光性樹脂組成物のうち前記スルーホールに一致する部分を露光して硬化する請求項 11 ～ 13 のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項16] 前記透明部材形成用樹脂組成物が感光性樹脂組成物である請求項 11 ～ 15 のいずれかに記載のレンズ付き基板の製造方法。

[請求項17] 請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載のレンズ付き基板と、
前記基板の他方の面側に設けられる下部クラッド層と、前記下部クラッド層上に設けられるコア層と、前記コア層上に設けられる上部クラッド層とからなる光導波路と、

前記光導波路のレンズ部材と対向する位置に形成するミラーとを備えるレンズ付き光導波路。

[請求項18] 請求項 4 に記載のレンズ付き基板を備え、
前記透明部材が前記基板の他方の面に積層された下部クラッド層となり、

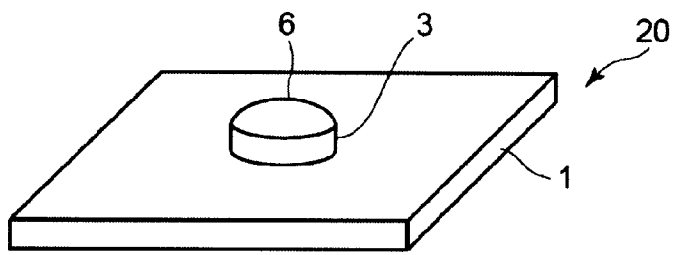
前記下部クラッド層の上にコア層、及び上部クラッド層が積層されて光導波路が形成され、

前記光導波路のレンズ部材と対向する位置にミラーが形成されるレ

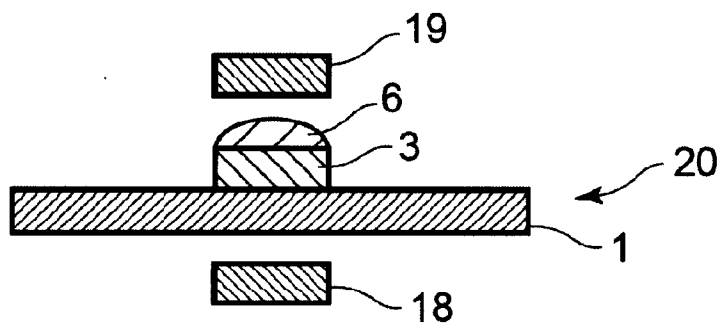
レンズ付き光導波路。

[請求項19] 請求項1～9のいずれかに記載のレンズ付き基板を有する光モジュール。

[図1]

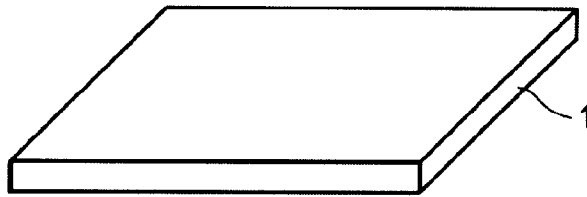


[図2]

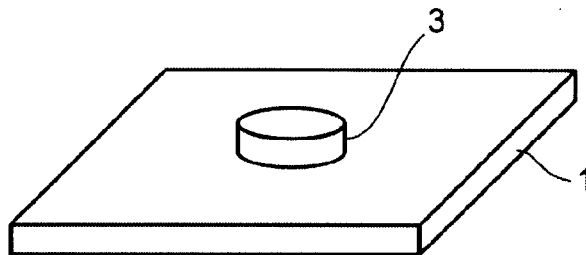


[図3]

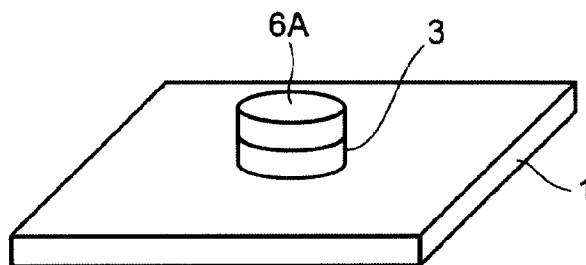
(a)



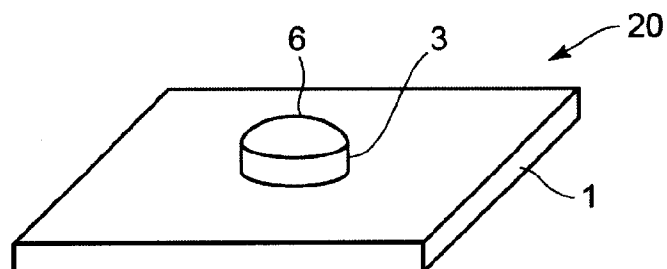
(b)



(c)



(d)

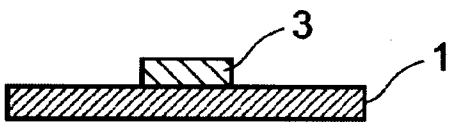


[図4]

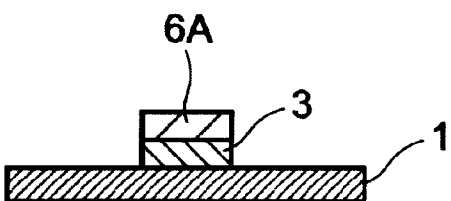
(a)



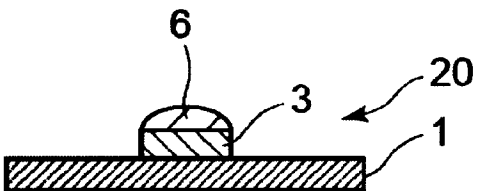
(b)



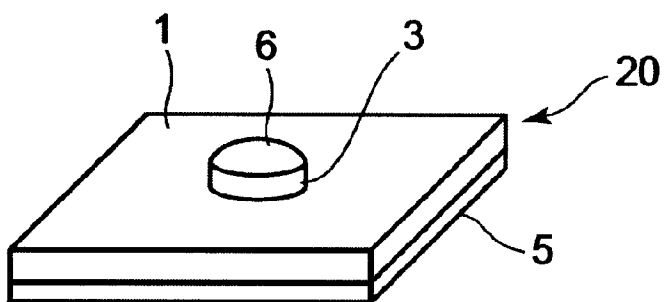
(c)



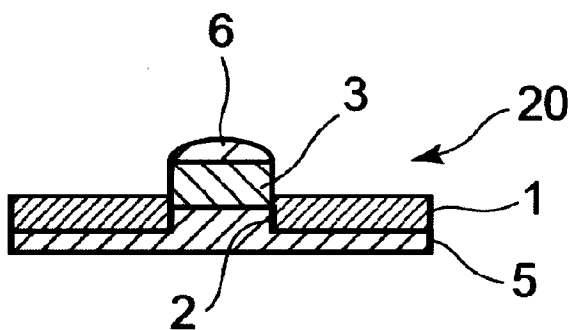
(d)



[図5]

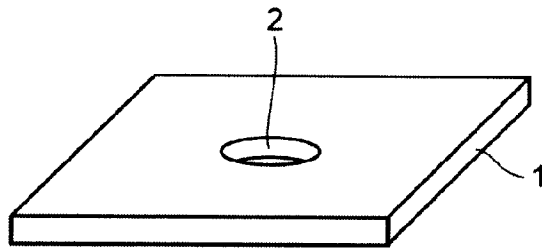


[図6]

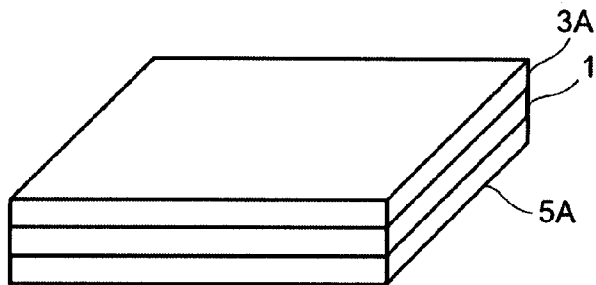


[図7]

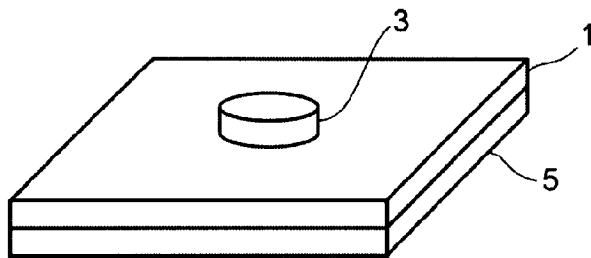
(a)



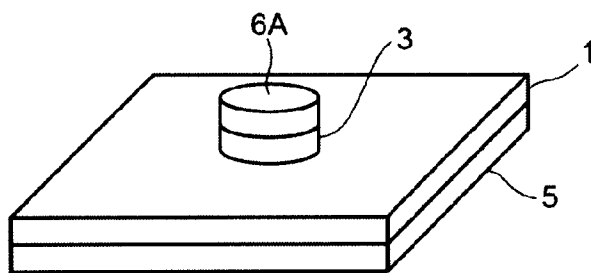
(b)



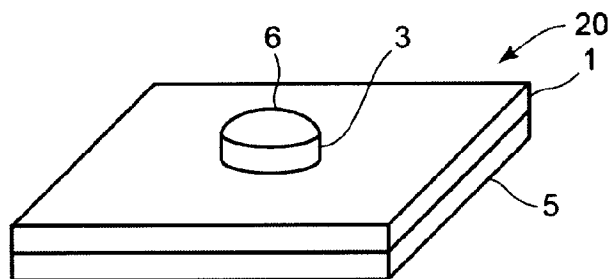
(c)



(d)

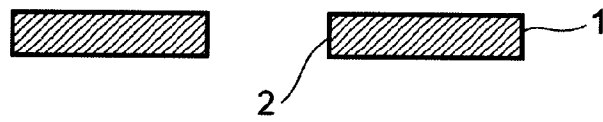


(e)

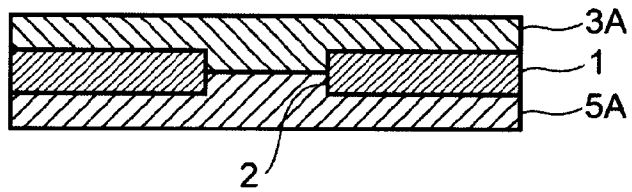


[図8]

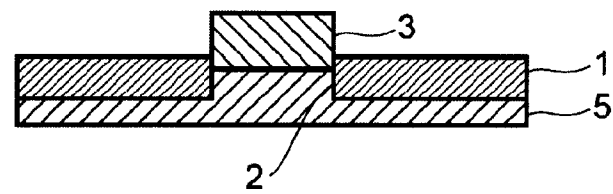
(a)



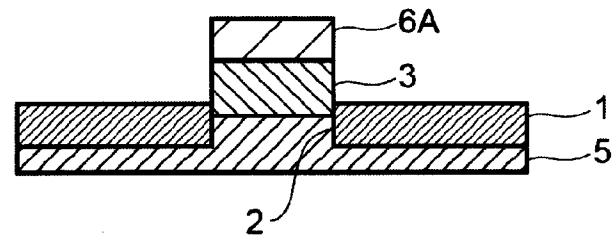
(b)



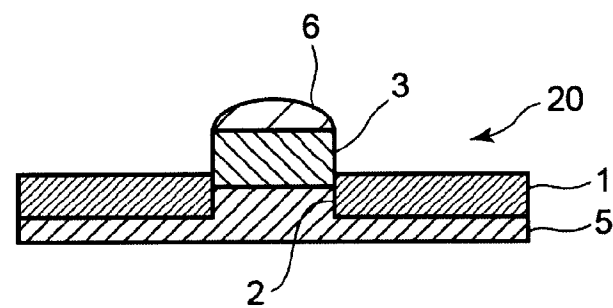
(c)



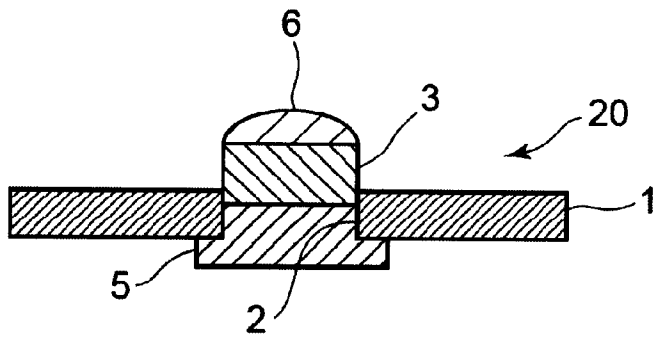
(d)



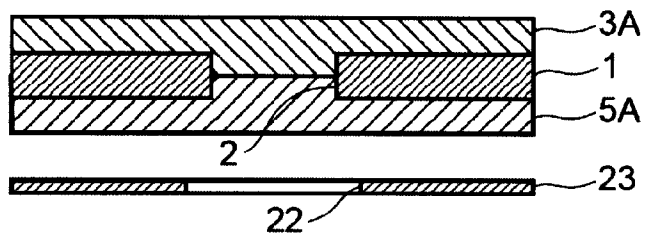
(e)



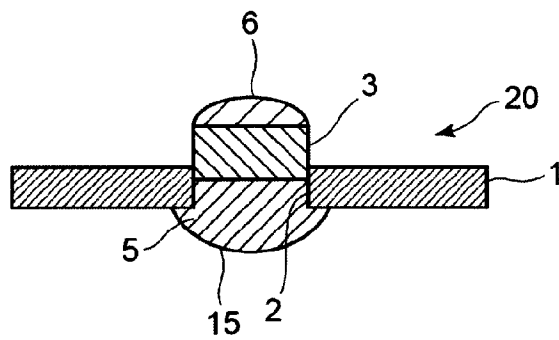
[図9]



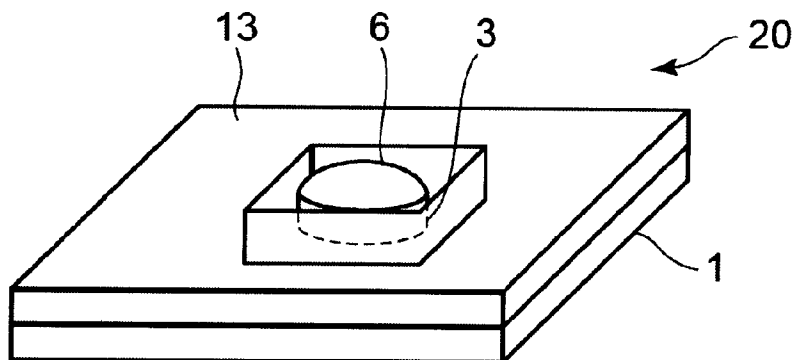
[図10]



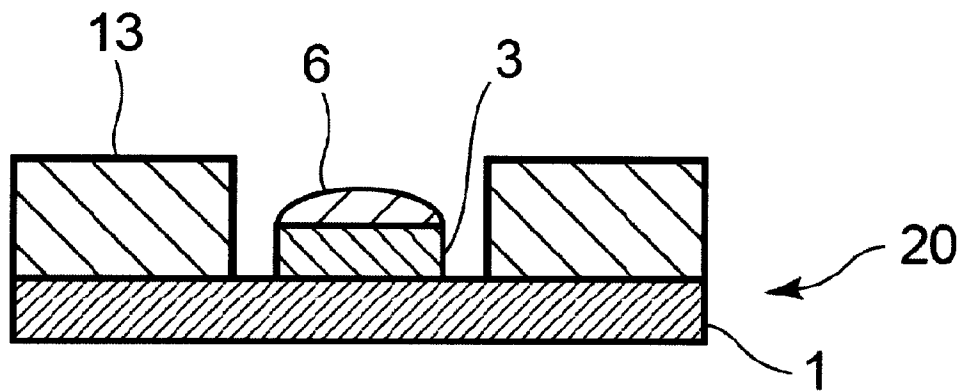
[図11]



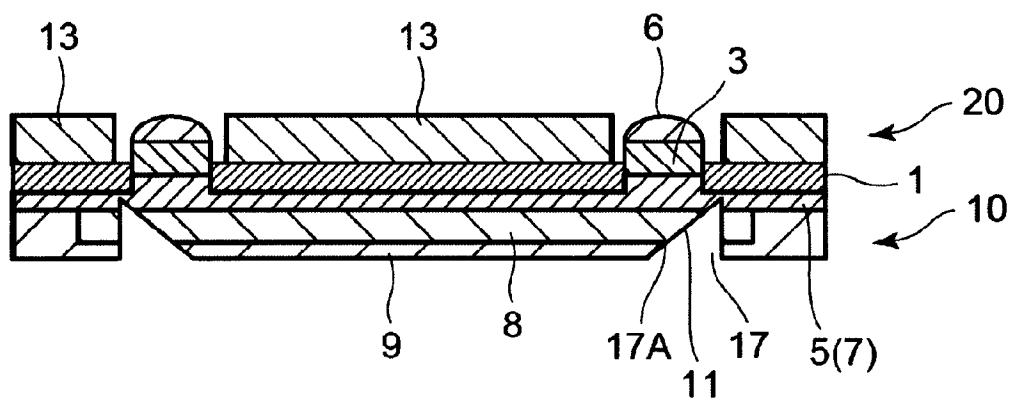
[図12]



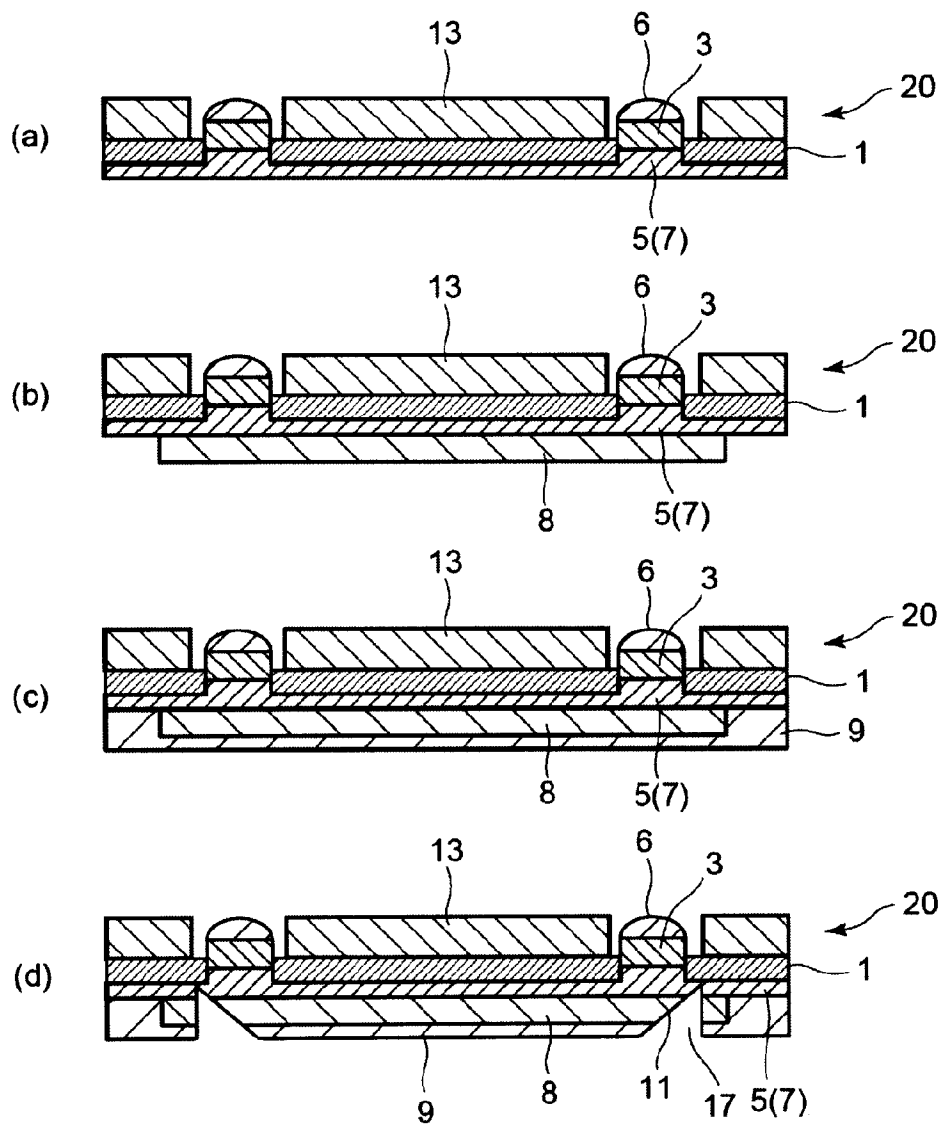
[図13]



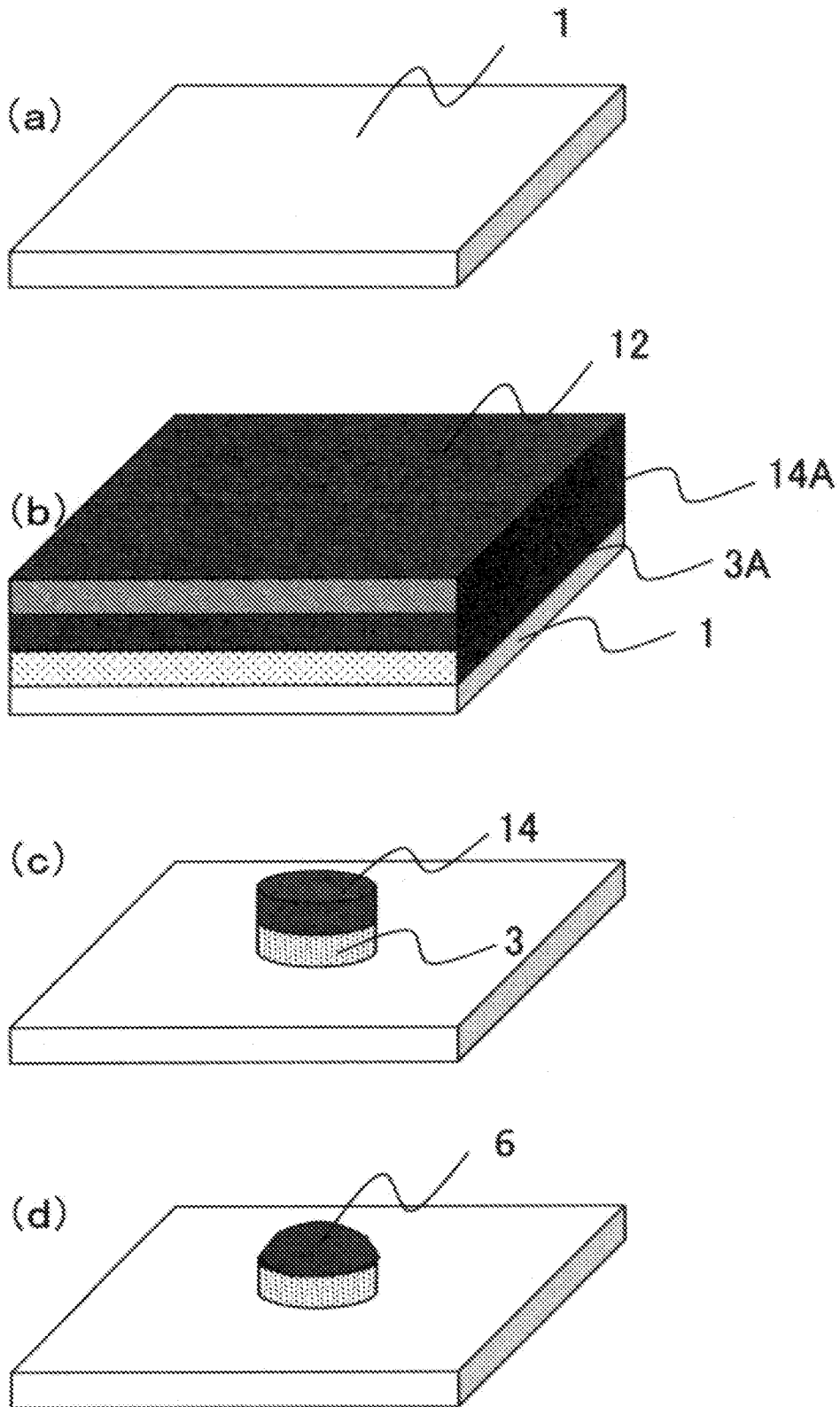
[図14]



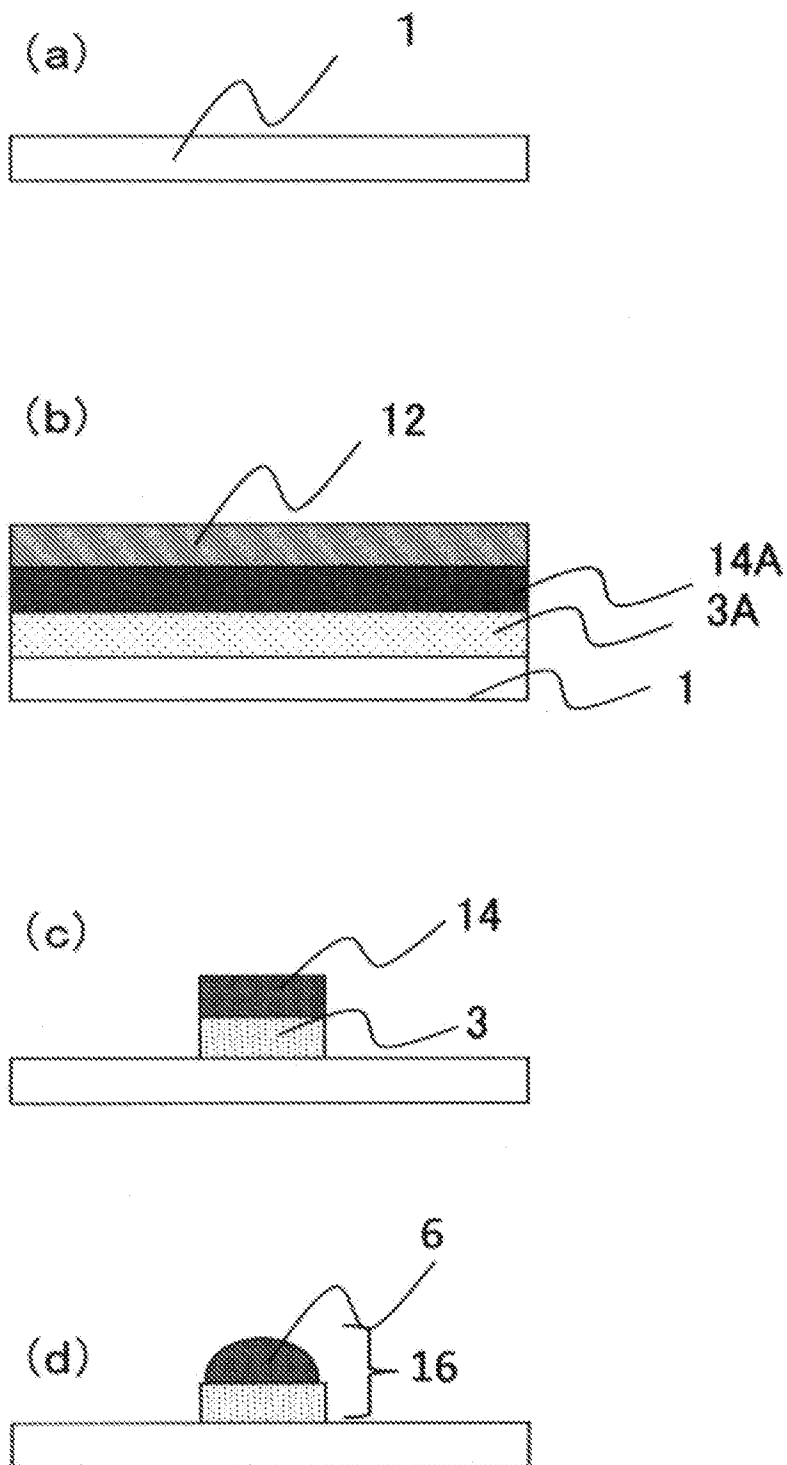
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072326

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B3/00(2006.01)i, G02B6/122(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)

G02B3/00, G02B6/122

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.
X	JP 2004-241631 A (Seiko Epson Corp.), 26 August 2004 (26.08.2004), paragraphs [0041] to [0049]; fig. 1, 2 & US 2004/0165835 A1 & US 2007/0058909 A1	1-5, 7, 8
X	JP 62-83337 A (Hoya Corp.), 16 April 1987 (16.04.1987), page 2, upper right column, line 10 to page 3, upper left column, line 7; fig. 9, 10 (Family: none)	1-3, 7
Y	WO 2007/105419 A1 (Ibiden Co., Ltd.), 20 September 2007 (20.09.2007), claims; paragraphs [0005] to [0008], [0028] to [0030], [0066] to [0068]; fig. 10, 11 & US 2009/0010594 A1 & EP 1995615 A1	1-19

☒ 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
20 November, 2013 (20.11.13)

Date of mailing of the international search report
03 December, 2013 (03.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/072326

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2005-266119 A (Sharp Corp.), 29 September 2005 (29.09.2005), paragraph [0039]; fig. 3 (Family: none)	1-9, 17-19
Y	JP 2006-308960 A (Hitachi Chemical Co., Ltd.), 09 November 2006 (09.11.2006), paragraph [0003] (Family: none)	10-16

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B3/00(2006.01)i, G02B6/122(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（I P C））

Int.Cl. G02B3/00, G02B6/122

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X	JP 2004-241631 A (セイコーエプソン株式会社) 2004. 08. 26, 【0041】 － 【0049】 図 1, 2 & US 2004/0165835 A1 & US 2007/0058909 A1	1-5, 7, 8
X	JP 62-83337 A (ホーヤ株式会社) 1987. 04. 16, 第 2 頁右上欄 10 行 － 第 3 頁左上欄 7 行及び第 9, 10 図 (ファミリーなし)	1-3, 7
Y	WO 2007/105419 A1 (イビデン株式会社) 2007. 09. 20, 特許請求の範 囲 【0005】 - 【0008】 【0028】 - 【0030】 【0066】 - 【0068】 図 10, 11 & US 2009/0010594 A1 & EP 1995615 A1	1-19

☒ 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

2 0 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

0 3 . 1 2 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

竹村 真一郎

2 0

9 8 1 0

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

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
Y	JP 2005-266119 A (シャープ株式会社) 2005. 09. 29, 【0039】図 3 (ファミリーなし)	1-9, 17-19
Y	JP 2006-308960 A (日立化成工業株式会社) 2006. 11. 09, 【0003】 (ファミリーなし)	10-16