

(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5月15日(15.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/073305 A1

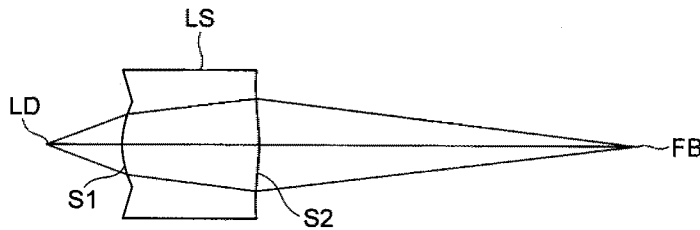
- (51) 国際特許分類:
G02B 6/42 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) G11B 7/135 (2012.01)
G02B 13/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/077200
- (22) 国際出願日: 2013年10月7日(07.10.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-244490 2012年11月6日(06.11.2012) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 棚橋 大輔(TANAHASHI Daisuke); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目7番2号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田村 敬二郎, 外(TAMURA Keijiro et al.); 〒1600023 東京都新宿区西新宿七丁目4番3号 升本ビル8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, IR, 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

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION MODULE AND LENS FOR OPTICAL COMMUNICATION

(54) 発明の名称: 光通信モジュール及び光通信用のレンズ

実施例1



(57) Abstract: Provided is a lens for optical communication that can be produced easily at lower costs and is capable of achieving high accuracy optical communication, suppressing variation in the focal position even if significant change occurs to ambient temperature. Also provided is an optical communication module using the lens. A diffraction structure for correcting variation in the focal position due to temperature change is used. This makes it possible to, by utilizing the phenomenon that the wavelength of light incident to the lens varies with temperature, cancel the variation in the focal position due to change in a refractive index of a lens made of a resin, by changing diffraction power of light having passed through the diffraction structure. In other words, the variation in the focal position when change occurs to ambient temperature can be suppressed, whereby optical coupling efficiency can be improved. Since it is desirable that the wavelength of light used for optical communication is approximately constant irrespective of change in environments, it is desirable that an optical element having small change in the wavelength due to temperature change in a range as defined by the expression (2) is used. If the value defined by the expression (1) is above the lower limit, an enough diffraction power to cancel variation in the focal position that occurs to a lens made of a resin can be obtained in a wide ambient temperature range of, for example, -40°C to +100°C. On the other hand, if the value defined by the expression (1) is below the upper limit, the diffraction structure has a diffraction pitch that is not too small, thereby facilitating the processing of the same, and hence, facilitating the production of the same. By balancing the diffraction power so that it falls in the range satisfying the expression (1), it is possible to provide a lens that can be produced easily, with variation in the focal position being suppressed. $0.6 \leq dP/P \leq 0.8$... (1) $0 < d\lambda/dt \leq 0.2$... (2) where dP represents a diffraction power [1/mm] by optical path difference imparting structure, P represents a power [1/mm] of entire lens system, and $d\lambda/dt$ represents wavelength variation of optical element due to temperature change

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/073305 A1



(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))

コストを低減でき、製造容易でありながら、大きい環境温度変化が生じてもピント位置変動を抑えて高精度な光通信を実現できる光通信用のレンズ及びそれを用いた光通信モジュールを提供する。温度変化に起因したピント位置変動を補正するための回折構造を用いることにより、レンズに入射した光の波長が温度に応じて変化することを利用し、樹脂製レンズの屈折率変化によるピント位置の変動を、回折構造を通過した光の回折パワーを変化させることによってキャンセルすることができる。すなわち、環境温度変化が生じたときのピント位置変動を抑制でき、光結合効率を高めることができる。光通信用途に使用される光の波長は環境の変化によらず略一定であることが望ましい為、(2)式のような範囲の温度変化による波長変動が小さい光学素子が使用されることが望ましい。(1)式の値が下限を上回ると、例えば-40°C~+100°Cという広い環境温度範囲において、樹脂製のレンズに生じるピント位置の変動をキャンセルできるほど十分な回折パワーを得ることができる。一方、(1)式の値が上限を下回ると、回折構造の回折ピッチが小さくなりすぎず、加工しやすくなるため製造容易になる。(1)式を満たす範囲に回折パワーをバランスさせることで、ピント位置の変動を抑制しつつ、製造容易性を確保したレンズを提供できる。 $0.6 \leq dP/P \leq 0.8$ (1) $0 < d\lambda/dt \leq 0.2$ (2) 但し、 dP : 光路差付与構造による回折パワー[1/mm] P : レンズ全系のパワー[1/mm] $d\lambda/dt$: 光学素子の温度変化による波長変動

明 細 書

発明の名称：光通信モジュール及び光通信用のレンズ

技術分野

[0001] 本発明は、光通信等に用いられ、例えば半導体レーザ等の光学素子からの光を光ファイバーもしくは受光素子に結合する光通信用のレンズ及び光通信モジュールに関する。

背景技術

[0002] 光通信モジュールにおいて、半導体レーザまたは受光素子と、光ファイバーとの間で効率よく光結合させるために、光結合用のレンズが用いられている。ところで、従来の光結合用のレンズでは、主にガラスレンズをステンレス製の脚部で支持する構成が広く用いられている。しかるに、非球面を有するガラスレンズは一般的に高価であり、顕著なコスト高を招くという問題がある。そこで、高精度な非球面の成形が容易で大量生産を可能とするプラスチック製のレンズを、ガラス製のレンズに置き換えて、半導体レーザまたは受光素子と、光ファイバーとの間で光結合を実現できないかという試みがある。

[0003] ここで、ガラスレンズと比較して樹脂レンズの特徴の一つに、温度変化に対する屈折率変化及び面形状変化が比較的大きいということがある。光通信用モジュール内部は -40°C ～ $+100^{\circ}\text{C}$ という幅広い温度環境下にさらされる可能性があるが、一般的な樹脂レンズの場合、環境温度変化に応じて屈折率及び面形状が変化するので、それによりピント位置の変動を招くことになる。しかるに、光ファイバー端面への光の結合効率が光源の横モード（ビーム径）で決まることから、レンズの屈折率変化及び面形状変化によりベストフォーカス位置が変動すると、結合効率が大きく変動してしまうという光通信用光学系に固有の問題がある。そのために、線膨張係数が比較的小さいガラス製のレンズが重用されてきたという実情がある。しかし、上述したようにガラス製の非球面レンズは樹脂製と比較して高価であり、光通信用モジュール

のコスト削減のためには樹脂製のレンズを用いたいという強いニーズがある。

[0004] 樹脂製のレンズを用いる際の対策として、特許文献1に示すように、温度変化によって光学素子-レンズ間隔が変化するような構成とすることで、環境温度変化によるピント位置変動を抑えることができるが、その効果は屈折率変化及び面形状変化による影響を完全に打ち消すほどに十分とはいえない。すなわち、その効き量が全く異なり、レンズ光学面の温度変化に起因するピント位置の変動の方が支配的で効きが大きいため、補正効果が薄いといえる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-003857号公報

特許文献2：特開平11-274646号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] これに対し、特許文献2に示すように、樹脂製のレンズに波長依存性のある回折構造を付加し、半導体レーザの温度による波長変動 ($d\lambda/dT$) が生じることを利用して、環境温度変化時のピント位置変動をキャンセルするという技術思想がある。すなわち、樹脂製レンズの温度変化による膨張・収縮によるピント位置変動と、半導体レーザの波長変動によるピント位置変動はレンズに回折構造を付加した場合通常逆方向であり、お互いに打ち消す方向ではある。しかし、特許文献2の技術では、全体パワーに対する回折パワーの比が小さく、 $-40^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ という広い温度変化において常にピント位置の変動を十分に抑えることはできない。

[0007] 加えて、レンズに回折構造を付加した場合、ピント位置補正に寄与するピント位置変動量は温度変化による波長変動 ($d\lambda/dT$) に比例する為、半導体レーザの温度変化による波長変動 ($d\lambda/dT$) が大きい方が、温度変化に伴う

ピント位置変動の補正には有効であり、引用文献2は波長変動 ($d\lambda/dT$) が大きいレーザを用いているため、半導体レーザの波長変動によるピント位置変動を十分に押さえやすい発明となっている。しかし光通信ではその性質上波長多重通信などの用途を考慮し光の波長が略一定であることが求められる。そして近年半導体レーザの性能が向上したことにより、より温度変化による波長変動 ($d\lambda/dT$) が小さいレーザが求められる傾向にある。そのため引用文献2の発明では温度変化による波長変動 ($d\lambda/dT$) が小さいレーザを用いた場合にはピントの位置の変動を抑えることが困難になるという問題も生じる。このように、 $-40^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ という大きな温度変化が生じても波長変動 ($d\lambda/dT$) を小さく抑えることができる半導体レーザを用いると、回折構造による補正効果が小さくなり、温度変化時のピント位置変動補正機能を十分に発揮できなくなる。これに対し、その回折パワーをより高めることが考えられるが、回折のパワーを高めると回折構造がより微細となり、回折構造が微細になると、レンズ周辺部で回折ピッチが小さくなり、成形金型の加工性や成形性など製造難易度が高まり、製造誤差が生じやすくなる。成形したレンズの回折構造に製造誤差（微細構造のダレ等）が生じると回折効率が低下し、また回折ピッチが波長オーダーになるとベクトル回折の領域に近づくため回折効率が低下し、それらの相乗効果でレンズの結合効率が低下するとともに不要光も増加する。このような結合効率の低下や不要光の増加は、樹脂製のレンズを光通信に用いる際の障害となっている。

[0008] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、コストを低減でき、製造容易でありながら、大きい環境温度変化が生じてもピント位置変動を抑えて高精度な光通信を実現できる光通信用のレンズ及びそれを用いた光通信モジュール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

[0009] 請求項1に記載の光通信用モジュールは、光学素子と、光ファイバーと、光学素子もしくは光ファイバーから出射された光束を集光する光通信用のレンズと、を有する光通信用モジュールであって、

樹脂素材から形成された単一のレンズであり、前記光ファイバー側の光学面（S2面）と、前記光ファイバーとは反対側の光学面（S1面）を有し、前記光ファイバー側の光学面（S2面）に温度変化に起因したピント位置変動を補正するための光路差付与構造を形成しており、以下の式を満足することを特徴とする。

$$0.6 \leq dP/P \leq 0.8 \quad (1)$$

$$0 < d\lambda/dt \leq 0.2 \quad (2)$$

但し、

dP ：前記光路差付与構造による回折パワー[1/mm]

P ：前記レンズ全系のパワー[1/mm]

$d\lambda/dt$ ：前記光学素子の温度変化による波長変動（nm/°C）

[0010] 本発明によれば、温度変化に起因したピント位置変動を補正するための回折構造を用いている。これにより、前記レンズに入射した光の波長が温度に応じて変化することを利用し、前記樹脂製レンズの屈折率変化及び面形状変化によるピント位置の変動を、前記回折構造を通過した光の回折パワーを変化させることによってキャンセルすることができ、すなわち環境温度変化が生じたときのピント位置変動を抑制でき、光結合効率を高めることができる。ここで、光通信用途に使用される光の波長は環境の変化によらず略一定であることが望ましい為、(2)式のような範囲の波長変動が小さい光学素子が使用されることが望ましいが、波長変動量が非常に小さいため、レンズの光学面に光路差付与構造を形成した場合に温度変化に伴うピント位置変動の補正が行いにくい。しかし(1)式の値が下限を上回ると、例えば-40°C～+100°Cという広い環境温度範囲において、樹脂製のレンズに生じるピント位置の変動をキャンセルできるほど十分な回折パワーを得ることができる。一方、(1)式の値が上限を下回ると、回折構造の回折ピッチが小さくなりすぎず、加工しやすくなるため製造容易になる。従って、(1)式を満たす範囲に回折パワーをバランスさせることで、ピント位置の変動を抑制しつつ、製造容易性を確保したレンズを有した光通信用モジュールを提供できる。尚、

以下の式を満たすと、より好ましい。

$$0.62 \leq dP/P \leq 0.77 \quad (1')$$

[0011] 「光学素子」とは、例えば半導体レーザを用いることができるが、温度変化による波長変動が生じるものであれば使用できる。「光路差付与構造」とは、例えば回折構造である。

[0012] 一般的な送信用光学系においては光ファイバー側の方が光源側より相対的に開口数 (NA) が小さいため、レンズ光学面への光線入射角度は小さくなる。光学面への入射角が小さいほど光の回折効率は大きくなる為、前記光路差付与構造が前記光ファイバー側の光学面 (S2面) に形成されていることで回折効率を高めることができる。

[0013] なお、本明細書でいう光路差付与構造とは、入射光束に対して光路差を付加する構造の総称である。光路差付与構造には、位相差を付与する位相差付与構造も含まれる。また、位相差付与構造には回折構造が含まれる。本発明の光路差付与構造は回折構造であることが好ましい。光路差付与構造は、段差を有し、好ましくは段差を複数有する。この段差により入射光束に光路差及び/又は位相差が付加される。光路差付与構造により付加される光路差は、入射光束の波長の整数倍であっても良いし、入射光束の波長の非整数倍であっても良い。段差は、光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非周期的な間隔をもって配置されていてもよい。また、光路差付与構造を設けたレンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束のカップリングレンズへの入射角が異なるため、光路差付与構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。

例えば、レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ光路差を付与させる光路差付与構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0014] また、本明細書でいう回折構造とは、段差を有し、回折によって光束を収束あるいは発散させる作用を持たせる構造の総称である。例えば、単位形状が光軸を中心として複数並ぶことによって構成されており、それぞれの単位

形状に光束が入射し、透過した光の波面が、隣り合う輪帯毎にズレを起こし、その結果、新たな波面を形成することによって光を収束あるいは発散させるような構造を含むものである。回折構造は、好ましくは段差を複数有し、段差は光軸垂直方向に周期的な間隔をもって配置されていてもよいし、光軸垂直方向に非周期的な間隔をもって配置されていてもよい。また、回折構造を設けたレンズが単玉非球面レンズの場合、光軸からの高さによって光束のレンズへの入射角が異なるため、回折構造の段差量は各輪帯毎に若干異なることとなる。例えば、レンズが単玉非球面の凸レンズである場合、同じ回折次数の回折光を発生させる回折構造であっても、一般的に光軸から離れる程、段差量が大きくなる傾向となる。

[0015] ところで、光路差付与構造は、光軸を中心とする同心円状の複数の輪帯を有することが好ましい。また、光路差付与構造は、一般に、様々な断面形状（光軸を含む面での断面形状）をとり得、光軸を含む断面形状がブレード型構造と階段型構造とに大別される。

[0016] 尚、光路差付与構造は、ある単位形状が周期的に繰り返されている構造であることが好ましい。ここでいう「単位形状が周期的に繰り返されている」とは、同一の形状が同一の周期で繰り返されている形状は当然含む。さらに、周期の1単位となる単位形状が、規則性を持って、周期が徐々に長くなったり、徐々に短くなったりする形状も、「単位形状が周期的に繰り返されている」ものに含まれているとする。

[0017] 光源から出射して、レンズの光路差付与構造を通過した光束は、 X 次の回折光量を他のいかなる次数の回折光量よりも大きくする。回折構造は、波長変化時の効率低下を抑制するため $X = 1$ の1次回折光を用いることが好ましいがこの限りではない。

[0018] 温度変化に起因したピント位置変動を補正するための光路差付与構造とは、通信モジュールの周辺温度が変化した場合、光通信用のレンズのピント位置が補正される機能を有する光路差付与構造である。

[0019] 請求項2に記載の光通信モジュールは、請求項1に記載の発明において、

前記光路差付与構造は、回転対称な回折面を含む光通信用のレンズであることを特徴とする。

[0020] 回転対称な回折面を設けることで、前記レンズの両面で屈折パワーを分散でき、前記回折構造による回折パワーを環境変化によるピント位置変動の補正に使用でき、正弦条件を適切に補正することが可能となる。「回転対称な回折面」とは、回折構造を付与するベースの面が球面もしくは非球面をいう。特に、回折構造を形成する面を回転対称な非球面とすることで、軸上性能／軸外性能を確保することが可能となる。但し、前記光ファイバー側の光学面を平面としても良い。

[0021] 請求項3に記載の光通信モジュールは、請求項1又は2に記載の発明において、前記光ファイバー側の光学面の曲率半径の絶対値は、前記光ファイバーとは反対側の光学面の曲率半径の絶対値よりも大きい光通信用のレンズであることを特徴とする。

[0022] 曲率半径の絶対値が大きい方の前記光ファイバー側の光学面に、前記光路差付与構造を付加することで、前記光路差付与構造の回折ピッチを大きくしやすくなり、製造容易性を高めることができる。また、前記光路差付与構造を付与した光学面への光線入射角が小さくなり、回折効率の低下を防ぐことができる。

[0023] 請求項4に記載の光通信モジュールは、請求項1～3のいずれかに記載の発明において、以下の式を満たす光通信用のレンズであることを特徴とする。

$$dP > 0.5 \quad (3)$$

[0024] 前記光路差付与構造の回折パワーが式(3)を満たすことで、例えば -40°C ～ $+100^{\circ}\text{C}$ という広い環境温度範囲において、光結合効率を良好に保つことが可能となる。以下の式を満たすとより好ましい。

$$0.5 < dP < 0.7 \quad (3')$$

[0025] 請求項5に記載の光通信用モジュールは、請求項1～4のいずれかに記載の発明において、以下の式を満たす光通信用のレンズであることを特徴とす

る。

$$dP/M \cdot P \geq 0.2 \quad (4)$$

但し、

M：前記レンズの光学系倍率

[0026] 式(4)を満たすことで前記光路差付与構造の回折効率の極端な低下を招くことなく、例えば -40°C ～ $+100^{\circ}\text{C}$ という広い環境温度範囲において、光結合効率を良好に保つことが可能となる。以下の式を満たすとより好ましい。

$$0.2 \leq dP/M \cdot P \leq 0.25 \quad (4')$$

[0027] 請求項6に記載の光通信のモジュールは、請求項1～5のいずれかに記載の発明において、前記レンズは、ホルダと一体に形成されている光通信のレンズであることを特徴とする。

[0028] レンズは、ホルダと一体に形成されたものであり、例えば同じプラスチック素材から一体成形された脚部が連結されたキャップ型であると好ましい。特に、その脚部が基板上に固定されていると、温度変化による樹脂製の脚部の膨張・収縮によって光学素子とレンズ光学面との間隔が変化するため、デフォーカス補正に有利である。

[0029] 請求項7に記載の光通信モジュールは、請求項1～6のいずれかに記載の光通信のレンズを、前記光学素子を支持する基板に組み付けてなることを特徴とする。

[0030] 請求項8に記載の光通信のレンズは、請求項1～7のいずれかに記載の光通信モジュールに搭載されることを特徴とする。

[0031] レンズは、同じプラスチック素材から一体成形された脚部が連結されたキャップ型であると好ましい。例えば、その脚部が基板上に固定されていると、温度変化による樹脂製の脚部の膨張・収縮によって光学素子とレンズ光学面との間隔が変化するため、デフォーカス補正に有利である

[0032] また、レンズ全系のパワーのうち回折のパワーの占める割合が大きいため、使用温度変化による波長変動が小さい光学素子（例えば半導体レーザ）に使用することが可能となる。光学素子の波長変動 ($d\lambda/dT$) は、 0.2 (nm/ $^{\circ}\text{C}$)

)以下であるのが好ましい。但し、適切な補正効果を得るためには、 $(d\lambda/dT)$ は、 0.01 ($\text{nm}/^\circ\text{C}$)以上であることが良く、更に 0.1 以下であることが望ましい。

[0033] レンズは、 $-40^\circ\text{C}\sim+100^\circ\text{C}$ の範囲で使用されることが好ましい。光ファイバー側の光学面に変曲点（光軸付近が凸状で周辺が凹状であること、又はその逆）があると、高NAの光を入射しても容易に球面収差補正が可能のため、望ましい。また、ピント変動量は $-40^\circ\text{C}\sim+100^\circ\text{C}$ の温度域内で数十 μm 、例えば $30\sim35\mu\text{m}$ 程度に抑えることが望ましい

発明の効果

[0034] 本発明によれば、コストを低減でき、製造容易でありながら、大きい環境温度変化が生じてもピント位置変動を抑えて高精度な光通信を実現できる光通信のレンズ及びそれを用いた光通信モジュールを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]本実施の形態にかかる光通信モジュール10の光軸方向断面図である。
[図2]比較例にかかるレンズの断面図である。
[図3]実施例1にかかるレンズの断面図である。
[図4]実施例2にかかるレンズの断面図である。
[図5]実施例3にかかるレンズの断面図である。
[図6]比較例における温度変化による光結合率変化を示す図である。
[図7]実施例1における温度変化による光結合率変化を示す図である。
[図8]実施例2における温度変化による光結合率変化を示す図である。
[図9]実施例3における温度変化による光結合率変化を示す図である。
[図10]別の実施の形態にかかる光通信モジュール10の光軸方向断面図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図1は、本実施の形態にかかる光通信モジュール10の光軸方向断面図である。光通信モジュ

ール10内は、 $-40^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ の範囲で温度変化が生じうる。給電用の棒状の端子11を有する円板状のステム12の中央に、チップ搭載部13が取り付けられ、チップ搭載部13の側面にヒートシンク14を介して発光素子としてのレーザチップ15が取り付けられている。レーザチップ15は、不図示の配線を介して端子11に接続されており、その波長変動($d\lambda/dT$)は、約 $0.1(\text{nm}/^{\circ}\text{C})$ 程度である。

[0037] レーザチップ15の外側を覆うようにして、レンズ20が配置されている。レンズ20は、プラスチック製であり、略円筒状の脚部21と、脚部21の端部に設けられたレンズ部22とから一体的に形成されている。脚部21の先端21bをステム12に接着することで、レンズ20はステム(光学素子を支持する基板)12に取り付けられている。尚、脚部21の先端21bは、取り付け基準面である。又、レンズ20に脚部を設けず、別体のホルダでステム12に固定しても良い。

[0038] レンズ部22は、光ファイバー側の光学面(S2面)を回転対称である凸状もしくは凹状の球面もしくは非球面としており(但し平面でも良い)、温度変化に起因したピント位置変動を補正するための回転対称な回折構造Dを形成している。図1では誇張して示された回折構造Dは、光軸を中心とした複数の輪帯形状であって回折面を含み、回折ピッチは $3\mu\text{m}$ 以上である。有効径 ϕSF の光ファイバー側の光学面(S2面)は、変曲点を有すると好ましい。又、レンズ部22は、有効径 ϕSL ($<\phi\text{SF}$)の光ファイバーと反対側の光学面(S1面)を回転対称である凸面の球面もしくは非球面としている。更にレンズ部22は、以下の式を満足する。

$$0.6 \leq dP/P \leq 0.8 \quad (1)$$

$$0 < d\lambda/dt \leq 0.2 \quad (2)$$

但し、

dP : 回折構造による回折パワー[1/mm]

P : レンズ全系のパワー[1/mm]

$d\lambda/dt$: レーザチップ15の温度変化による波長変動($\text{nm}/^{\circ}\text{C}$)

[0039] レンズ20の光軸直交方向外側に、隙間を空けて円筒状のステンレス製であるホルダ30が、ステム12に溶接されるようにして取り付けられている。ホルダ30の先端には、より小さい径の円筒状のスリーブ31が固定され、その内部に光ファイバーFBが挿入されているフェルール32が挿入されており、光ファイバーFBの端部はレンズ部22に対向している。

[0040] 本実施の形態の光通信モジュール10の動作を説明する。端子11を介して給電が行われると、レーザチップ15が発光し、その出射光束は、レンズ部22に入射するが、光学面S1で屈折され、更に光学面S2の回折面で回折され、且つ光学面S2が屈折面であるときは屈折パワーが加わり、この作用で、光ファイバーFBの端面に集光し、その後光ファイバーFB内を伝播することとなる。ここで、光通信モジュール10内で温度変化が生じた場合、レーザチップ15の発光光に波長変化が生じる。一方、レンズ部22の温度変化に起因した屈折率変化及び面形状変化によりピント位置変動が生じるが、入射光の波長変化により生じた回折パワー変化によって、かかるピント位置変動をキャンセルできる。従って、 -40°C ~ $+100^{\circ}\text{C}$ の範囲で環境温度変化が生じても、光結合効率を維持できる。尚、本実施の形態では、脚部21を樹脂で一体成形しているため、脚部21の熱膨張によりピント位置変動を補助的にキャンセルする効果もある。また、レンズの軸上厚が厚いほうが、脚部21の長さが長いほうが環境変動によるピント位置変動をキャンセルでき、より抑えることができる。

[0041] 図10は、別の実施の形態にかかる光通信モジュール10の光軸方向断面図である。本実施の形態では、レーザチップの代わりに、ステム12上に搭載部13を介して受光素子16を配置している。それ以外の構成は、上述した実施の形態と同様である。

[0042] 本実施の形態の動作を説明すると、光ファイバーFBの端面から出射した光束は、レンズ部22に入射するが、光学面S2の回折面で回折され（光学面S2が屈折面であるときは屈折パワーが加わり）、更に光学面S1で屈折されるので、受光素子16の受光面に適切に集光することとなる。レンズ部

22の温度変化に起因した屈折率変化及び面形状変化によりピント位置変動が生じて、同様の温度変化により光ファイバーFBから出射される光束に波長変化が生じるから、入射光の波長変化により生じた回折パワー変化によって、かかるピント位置変動をキャンセルできる。

[0043] 以下、比較例と比較して、本実施の形態に好適な実施例について説明する。尚、これ以降（表のレンズデータ含む）において、10のべき乗数（例えば、 2.5×10^{-3} ）を、E（例えば、 $2.5 \times E^{-3}$ ）を用いて表す場合がある。また、レンズの光学面（S1面、S2面）は、それぞれ数1式に表に示す係数を代入した数式で規定される、光軸の周りに軸対称な非球面に形成されている。

[0044] [数1]

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)h^2/r^2}} + \sum_{i=2} A_{2i} h^{2i}$$

[0045] ここで、Xは光軸方向の軸（光の進行方向を正とする）、 κ は円錐係数、 A_{2i} は非球面係数、hは光軸からの高さ、rは近軸曲率半径である。

[0046] また、回折構造を用いた実施例の場合、その回折構造により光源波長の光束に対して与えられる光路差は、数2式の光路差関数に、それぞれ示す係数 C_1 を代入した数式で規定される。

[0047] [数2]

$$\Phi = \lambda_B \cdot C_1 h^2$$

[0048] ここで、 λ_B ：ブレイズ化波長（回折効率が最も高くなる波長）、h：光軸から光軸垂直方向の距離、 C_1 ：光路差関数係数である。尚、本明細書中の実施例及び比較例の λ_B は全て1310nmである。尚、本明細書中の実施例及び比較

例の回折次数は全て1次である。

[0049] (比較例)

図2は、比較例にかかるレンズLSの断面図である。表1に比較例のレンズデータを示す。尚、LDは発光部であり、FBが光ファイバーの端面であり、Sは絞りである。レンズLSは、S1面及びS2面が凸状の非球面であって、S2面に回折構造を設けている。S1面の有効径 $\phi SL = 1.205$ mmであり、S2面の有効径 $\phi SF = 0.821$ mmである。図2に示すように、比較例では、S1面に比べS2面の曲率半径が小さくなっている。

[0050] [表1]

波長(nm)	1310
焦点距離(mm)	1.160
NA	0.4
レンズ軸上厚(mm)	1.280
SF有効径(mm)	$\phi 0.821$
SL有効径(mm)	$\phi 1.205$

比較例1

第i面	ri	面間隔	屈折率	備考
1		0.725		
2	∞	0.250	FK51	CG
絞り		0		
4	1.3569	1.280	1.52311	レンズ第1面(SL)
5	-1.4738	3.975		レンズ第2面(SF)
6				

レンズ第1面(SL)

非球面係数

κ	-1.16033E+01
A4	1.07460E-01
A6	-9.28436E-02
A8	0.00000E+00
A10	0.00000E+00

レンズ第2面(SF) 非球面係数

κ	6.21385E-01
A4	7.62157E-02
A6	5.75968E-02
A8	1.23195E-02
A10	0.00000E+00
A12	0.00000E+00

[0051] (実施例1)

図3は、実施例1にかかるレンズLSの断面図である。表2に実施例1の

レンズデータを示す。尚、LDは発光部であり、FBが光ファイバーの端面であり、Sは絞りである。レンズLSは、S1面及びS2面が凸状の非球面であって、S2面に回折構造を設けている。実施例1においては、S1面の有効径 $\phi SL = 1.345\text{ mm}$ であり、S2面の有効径 $\phi SF = 0.999\text{ mm}$ である。図3に示すように、実施例1では、S2面は平坦に近くなり（S1面に比べS2面の曲率半径が大きく）、光軸付近が凸状で周辺が凹状で、すなわち変曲点を持つ。

[0052] [表2]

波長(nm)	1310
焦点距離(mm)	1.110
NA	0.51
レンズ軸上厚(mm)	1.400

実施例1

SF有効径(mm)	$\phi 0.999$
SL有効径(mm)	$\phi 1.345$

第i面	ri	面間隔	屈折率	備考
1		0.725		
絞り		0		
3	0.9802	1.400	1.52311	レンズ第1面(SL)
4	-3.4934	4.105		レンズ第2面(SF)
5				

レンズ第1面(SL)

非球面係数

κ	-1.01051E+01
A4	7.10499E-01
A6	-1.45441E+00
A8	7.29676E-01
A10	5.18488E+00
A12	-8.58932E+00

レンズ第2面(SF)

非球面係数

κ	1.15924E+01
A4	1.15688E-01
A6	1.47814E-01
A8	-5.42201E-02
A10	3.92710E-01
A12	-1.02029E+00
A14	1.08433E+00

[0053] (実施例2)

図4は、実施例2にかかるとレンズLSの断面図である。表3に実施例2のレンズデータを示す。尚、LDは発光部であり、FBが光ファイバーの端面であり、Sは絞りである。レンズLSは、S1面及びS2面が凸状の非球面であって、S2面に回折構造を設けている。実施例2においては、S1面の有効径 $\phi SL = 1.331\text{ mm}$ であり、S2面の有効径 $\phi SF = 1.003\text{ mm}$ である。図4に示すように、実施例2では、S2面は平坦に近くなり（S1面に比べS2面の曲率半径が大きく）、光軸付近が凸状で周辺が凹状で、すなわち変曲点を持つ。

[0054] [表3]

波長(nm)	1310
焦点距離(mm)	1.110
NA	0.51
レンズ軸上厚(mm)	1.400

実施例2

SF有効径(mm)	$\phi 1.003$
SL有効径(mm)	$\phi 1.331$

第i面	ri	面間隔	屈折率	備考
1		0.725		
絞り		0		
3	0.9882	1.400	1.52311	レンズ第1面(SL)
4	-4.7694	4.105		レンズ第2面(SF)
5				

レンズ第1面(SL)

非球面係数

κ	-7.04573E-01
A4	-2.75112E-01
A6	4.63283E-01
A8	1.72802E+00
A10	-7.70872E+00
A12	8.28925E+00

レンズ第2面(SF)

非球面係数

κ	3.57531E+01
A4	1.50180E-01
A6	7.60066E-02
A8	1.72787E-01
A10	-1.62473E-01
A12	4.84416E-01
A14	2.78778E-01

[0055] (実施例3)

図5は、実施例3にかかるレンズLSの断面図である。表4に実施例3のレンズデータを示す。尚、LDは発光部であり、FBが光ファイバーの端面であり、Sは絞りである。レンズLSは、S1面及びS2面が凸状の非球面であって、S2面に回折構造を設けている。実施例3においては、S1面の有効径 $\phi SL = 1.314\text{ mm}$ であり、S2面の有効径 $\phi SF = 1.008\text{ mm}$ である。図5に示すように、実施例3では、S2面は平坦に近くなり（S1面に比べS2面の曲率半径が大きく）、光軸付近が凸状で周辺が凹状で、すなわち変曲点を持つ。

[0056] [表4]

波長 (nm)	1310
焦点距離 (mm)	1.110
NA	0.51
レンズ軸上厚 (mm)	1.400

実施例3

SF有効径 (mm)	$\phi 1.008$
SL有効径 (mm)	$\phi 1.314$

第i面	ri	面間隔	屈折率	備考
1		0.725		
絞り		0		
3	0.9934	1.400	1.52311	レンズ第1面(SL)
4	-10.9874	4.105		レンズ第2面(SF)
5				

レンズ第1面(SL)

非球面係数

K	-4.05701E-01
A4	-2.02466E-01
A6	1.24284E-01
A8	1.84765E+00
A10	-5.54292E+00
A12	4.53694E+00

レンズ第2面(SF)

非球面係数

K	5.99123E+01
A4	1.30046E-01
A6	3.79245E-02
A8	1.67101E-01
A10	-9.26365E-02
A12	-2.35917E-01
A14	1.18945E+00

[0057] 表 5 に、比較例と実施例 1 ～ 3 の各値をまとめて示す。

[0058]

[表5]

	焦点距離(mm)		倍率		屈折率		光学系全系のパワー(1/mm)		回折パワー(1/mm)	
	f	C1	M	n	P	dP	dP/P	dP/M*P		
実施例1	1.11	-0.285	3.15	1.52311	0.900	0.57	0.633	0.201		
実施例2	1.11	-0.306	3.16	1.52311	0.899	0.611	0.679	0.215		
実施例3	1.11	-0.337	3.18	1.52311	0.899	0.674	0.750	0.236		
比較例1	1.16	-0.175	2.75	1.52311	0.862	0.35	0.406	0.148		

[0059] 比較例および実施例1～3のレンズについて、温度変化に対する光結合率の変化を測定した。この測定前にファイバー結合効率が最大となる位置になるよう光ファイバーの位置を微調整した。図6は、比較例にかかる温度変化に対する光結合率の変化を示す図であり、図7～9は、実施例1～3にかかる温度変化に対する光結合率の変化を示す図である。図6に示す比較例の場合、環境温度が常温（20℃）から+100℃に上昇すると、光結合効率は30%近く低下することがわかる。これに対し、図7～9に示すように、実施例1～3のいずれも、光結合効率の低下を10%以内に抑えることができる。特に、実施例3は光結合効率の低下が殆どなく、ガラス製のレンズに匹敵する光学性能を有する。

[0060] 本発明は、明細書に記載の実施形態や実施例に限定されるものではなく、他の実施例・変形例を含むことは、本明細書に記載された実施形態・実施例・技術思想から本分野の当業者にとって明らかである。例えば、光ファイバーから出射した光を受光素子に集光するために、本発明のレンズを用いても良い。

符号の説明

[0061]	10	光通信モジュール
	11	端子
	12	ステム
	13	チップ搭載部
	14	ヒートシンク
	15	レーザチップ
	20	レンズ
	21	脚部
	21b	先端
	22	レンズ部
	30	ホルダ
	31	スリーブ

3 2	フェルール
F B	光ファイバー

請求の範囲

[請求項1] 光学素子と、光ファイバーと、光学素子もしくは光ファイバーから出射された光束を集光する光通信用のレンズと、を有する光通信用モジュールあって、

前記レンズは樹脂素材から形成された単一のレンズであり、前記光ファイバー側の光学面（S2面）と、前記光ファイバーとは反対側の光学面（S1面）を有し、前記光ファイバー側の光学面（S2面）に温度変化に起因したピント位置変動を補正するための光路差付与構造を形成しており、以下の式を満足することを特徴とする光通信用モジュール。

$$0.6 \leq dP / P \leq 0.8 \quad (1)$$

$$0 < d\lambda / dt \leq 0.2 \quad (2)$$

但し、

dP : 前記光路差付与構造による回折パワー[1/mm]

P : 前記レンズ全系のパワー[1/mm]

$d\lambda / dt$: 前記光学素子の温度変化による波長変動 (nm/°C)

[請求項2] 前記光路差付与構造は、光軸における回転対称な回折面を含むレンズであることを特徴とする請求項1に記載の光通信用モジュール。

[請求項3] 前記光ファイバー側の光学面の曲率半径の絶対値は、前記反光ファイバー側の光学面の曲率半径の絶対値よりも大きいレンズであることを特徴とする請求項1又は2に記載の光通信用モジュール。

[請求項4] 以下の式を満たすレンズであることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の光通信用モジュール。

$$dP > 0.5 \quad (3)$$

[請求項5] 以下の式を満たすレンズであることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の光通信用モジュール。

$$dP / M \cdot P \geq 0.2 \quad (4)$$

但し、

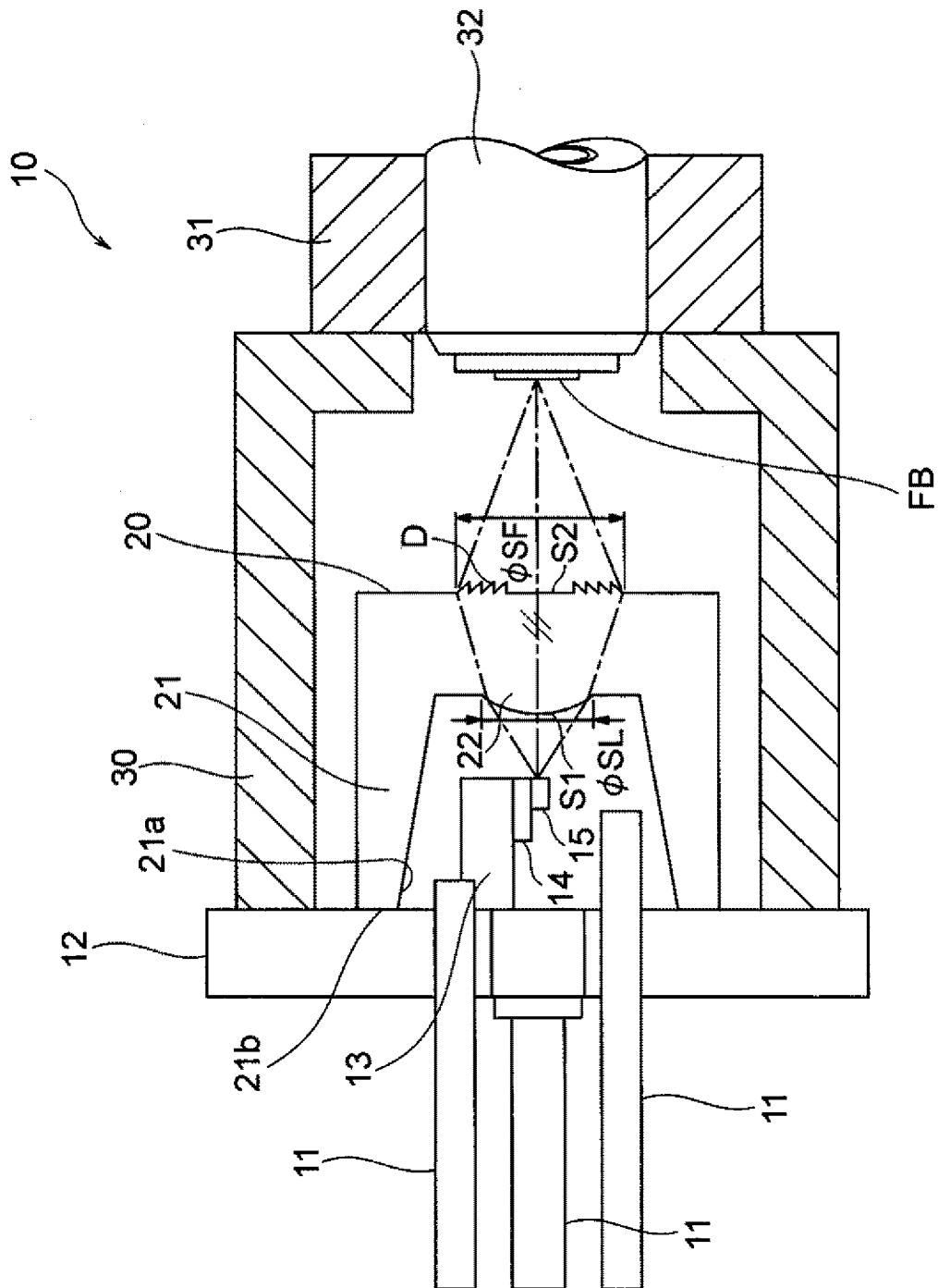
M：前記レンズの光学系倍率

[請求項6] 前記レンズは、ホルダと一体に形成されていることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の光通信用モジュール。

[請求項7] 前記レンズを、前記光学素子を支持する基板に組み付けてなることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の光通信用モジュール。

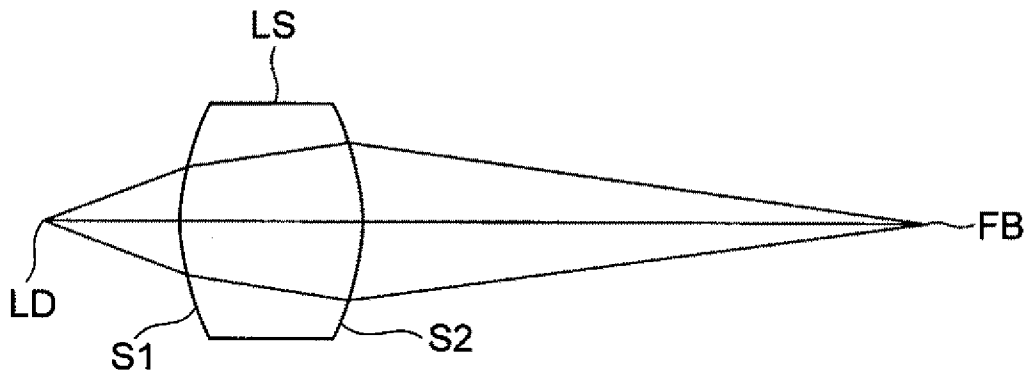
[請求項8] 請求項1～7のいずれかに記載の光通信モジュールに搭載されることを特徴とする光通信用のレンズ。

[図1]



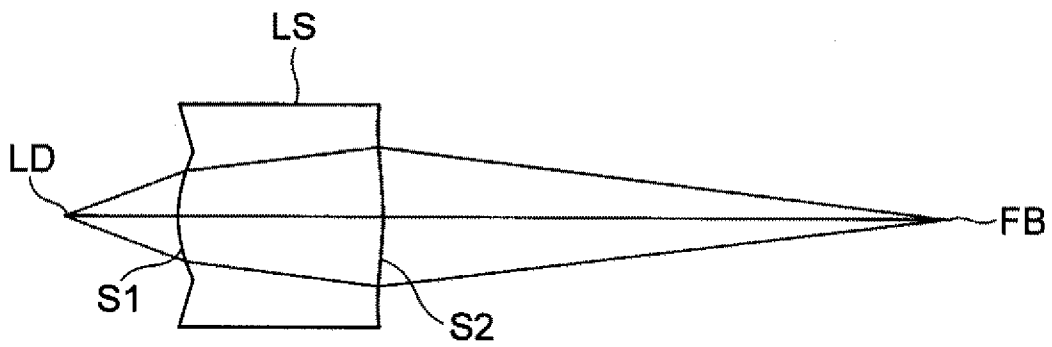
[図2]

比較例



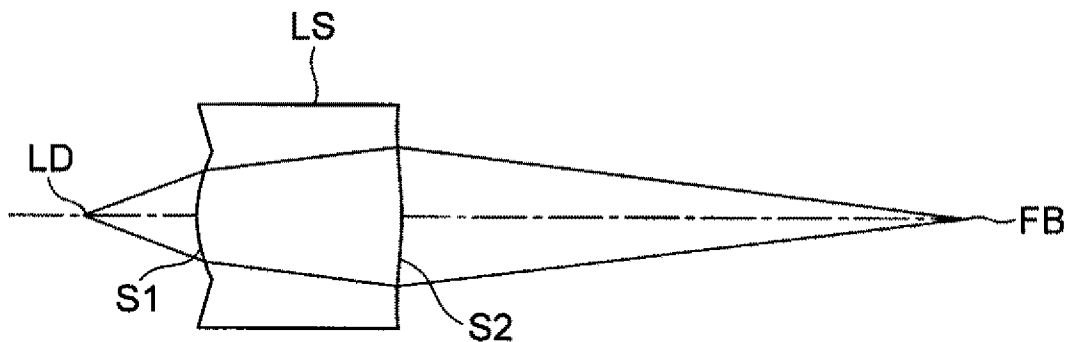
[図3]

実施例1



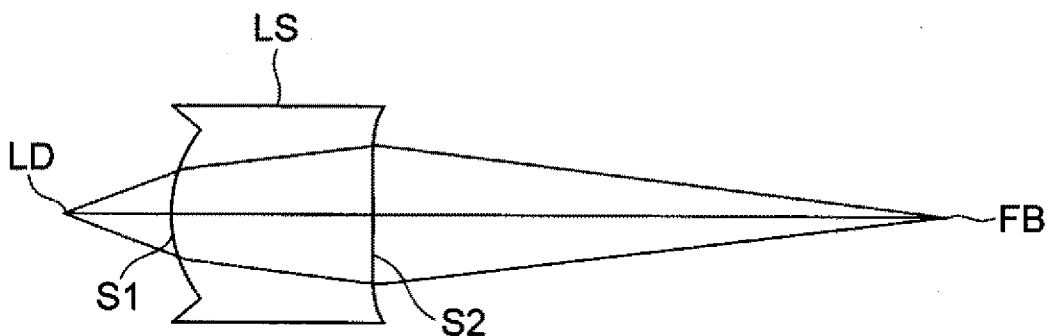
[図4]

実施例2

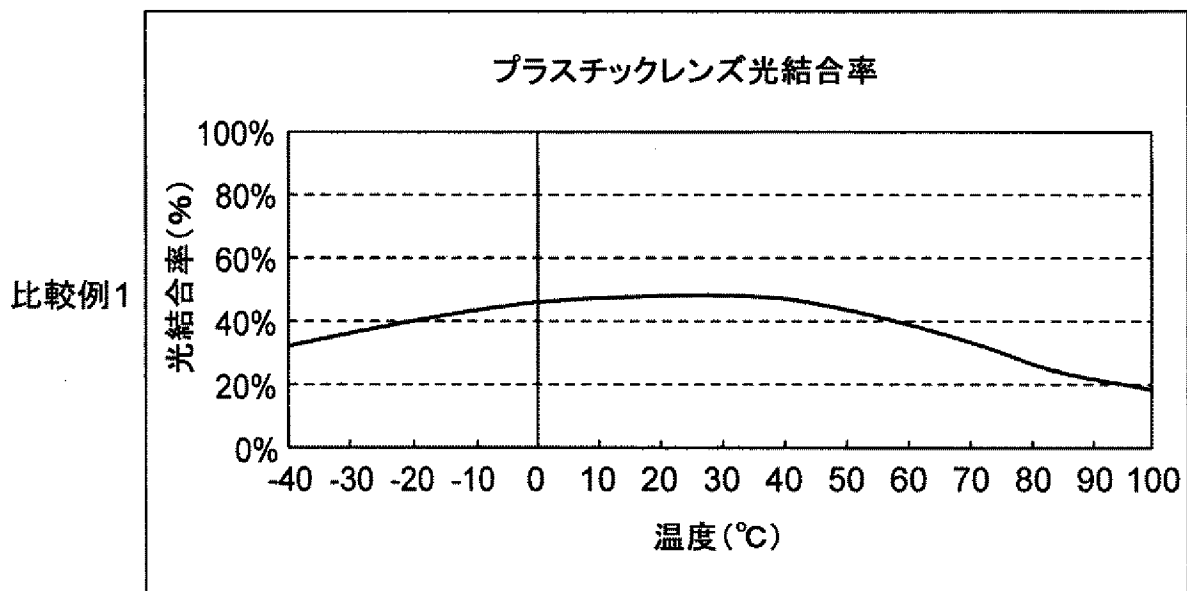


[図5]

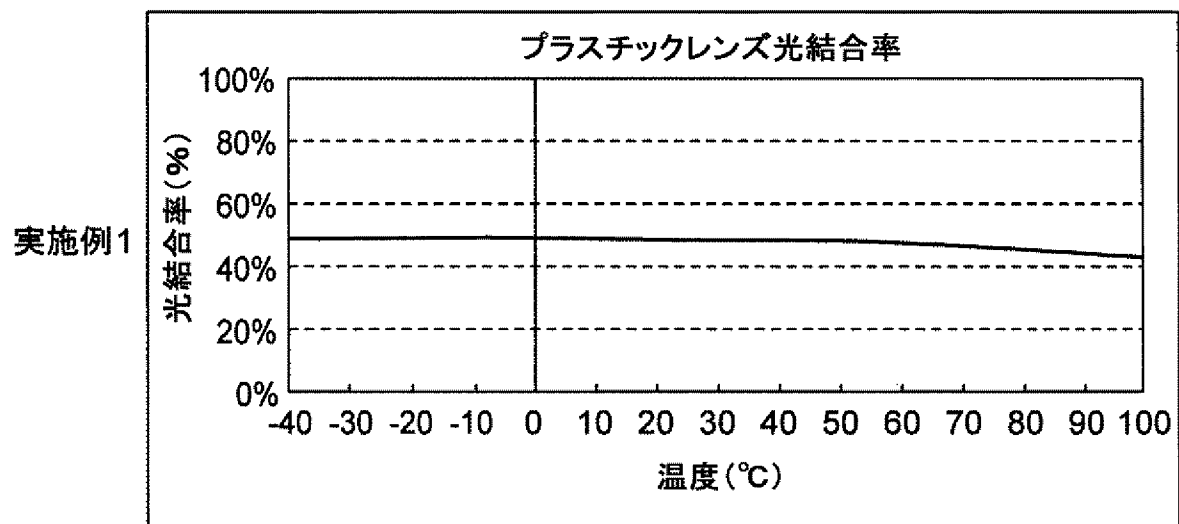
実施例3



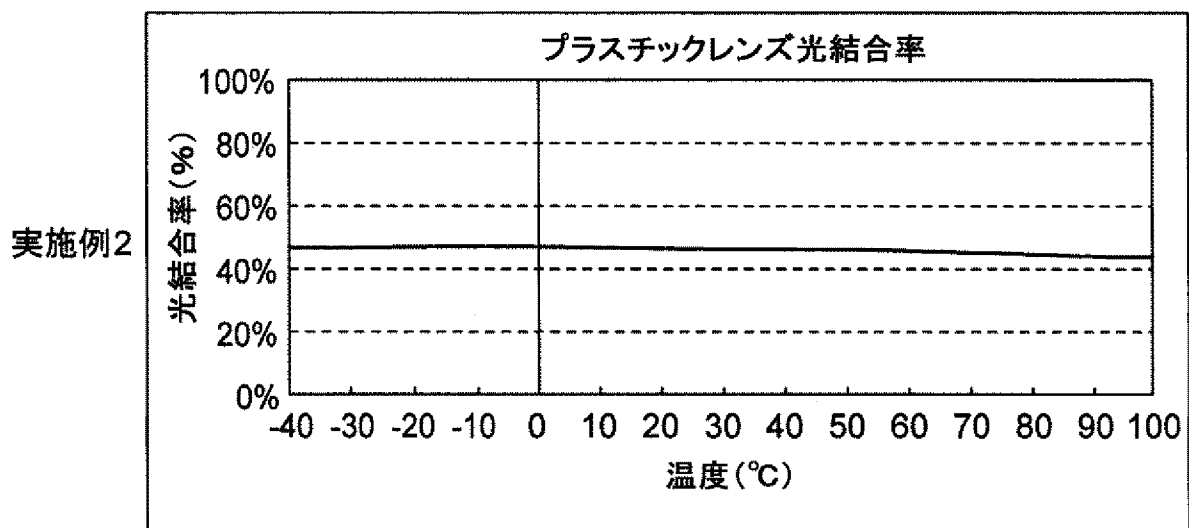
[図6]



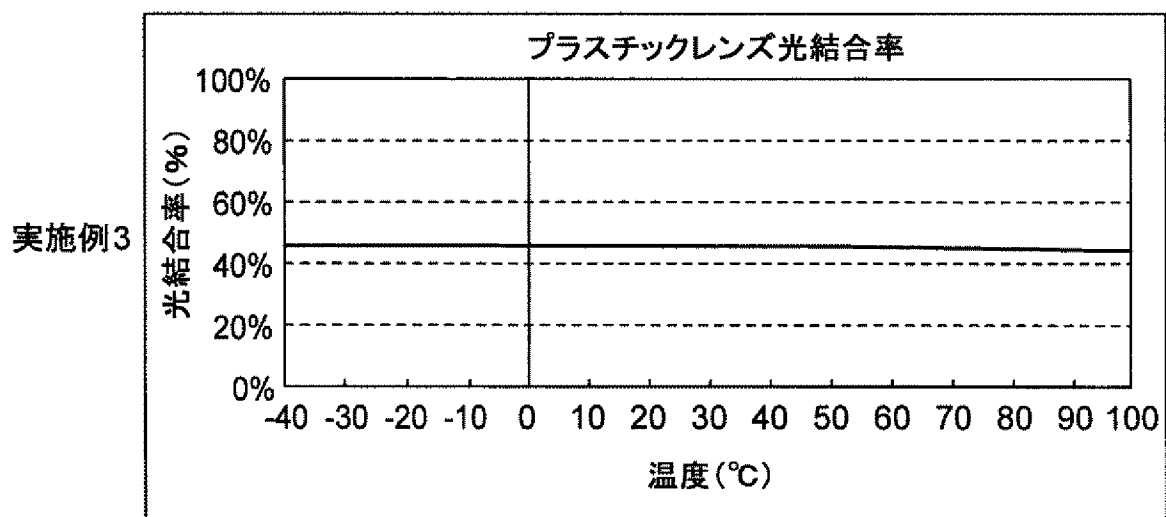
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/077200

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B6/42(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G11B7/135(2012.01)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)
G02B6/42, G02B5/18, G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, H01S5/022

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.
Y	JP 2012-212753 A (Konica Minolta Advanced Layers, Inc.), 01 November 2012 (01.11.2012), paragraphs [0032] to [0034], [0047] to [0057]; table 1; fig. 4, 5 (Family: none)	1-8
Y	JP 2000-35535 A (Konica Corp.), 02 February 2000 (02.02.2000), claim 1; paragraphs [0004], [0016], [0022]; tables 2, 4 & US 6349083 B1	1-8

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 28 October, 2013 (28.10.13)	Date of mailing of the international search report 12 November, 2013 (12.11.13)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B6/42(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B13/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G11B7/135(2012.01)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. G02B6/42, G02B5/18, G02B13/00, G02B13/18, G11B7/135, H01S5/022			
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	
Y	JP 2012-212753 A（コニカミノルタアドバンストレイヤー株式会社） 2012.11.01, 段落【0032】-【0034】、【0047】-【0057】、【表1】、【図4】、【図5】（ファミリーなし）	1-8	
Y	JP 2000-35535 A（コニカ株式会社）2000.02.02, 【請求項1】、段落【0004】、【0016】、【0022】、【表2】、【表4】 & US 6349083 B1	1-8	
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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	28.10.2013	国際調査報告の発送日	12.11.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 吉田 英一 電話番号 03-3581-1101 内線 3294	2 X	9 1 2 4