

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6012692号  
(P6012692)

(45) 発行日 平成28年10月25日 (2016. 10. 25)

(24) 登録日 平成28年9月30日 (2016. 9. 30)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>GO2B</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	3/00	A
<b>HO1L</b>	<b>27/14</b>	<b>(2006.01)</b>	HO1L	27/14	D
<b>HO4N</b>	<b>5/335</b>	<b>(2011.01)</b>	GO2B	3/00	Z
			HO4N	5/335	

請求項の数 10 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-234005 (P2014-234005)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成26年11月18日 (2014. 11. 18)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-158663 (P2015-158663A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成27年9月3日 (2015. 9. 3)	(74) 代理人	100076428
審査請求日	平成26年12月2日 (2014. 12. 2)		弁理士 大塚 康德
(31) 優先権主張番号	特願2014-12765 (P2014-12765)	(74) 代理人	100112508
(32) 優先日	平成26年1月27日 (2014. 1. 27)		弁理士 高柳 司郎
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二
		(74) 代理人	100130409
			弁理士 下山 治
		(74) 代理人	100134175
			弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズアレイの形成方法および固体撮像装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のマイクロレンズがアレイ状に形成されたマイクロレンズアレイであって前記複数のマイクロレンズの少なくとも一部が非対称な形状を有するマイクロレンズアレイを形成する方法であって、

第1の部材の上に、該第1の部材とは異なる材料からなる第2の部材を形成する第1工程と、

グレースケールマスクであるフォトマスクを用いて前記第2の部材を露光して現像することにより、前記第2の部材を、その上面が、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸形状を有するように成形する第2工程と、

前記成形された前記第2の部材と前記第1の部材とをエッチングすることにより、少なくとも前記第1の部材から、前記複数の凸部に対応する前記複数のマイクロレンズを形成する第3工程と、を有し、

前記第2工程で形成された前記複数の凸部は、

第1の凸部と、

前記第1の凸部と対辺方向において隣り合う第2の凸部と、

前記第1の凸部と対角方向において隣り合う第3の凸部と、

を含み、

前記第2工程では、前記第1の部材の一部であって前記複数の凹部のうちの前記第1の凸部と前記第3の凸部との間の凹部の下に位置する一部が露出され、

前記第3工程では、前記第1の部材のエッチングレートが前記第2の部材のエッチングレートよりも大きい条件で、前記第2の部材のエッチングと前記第1の部材のエッチングとを行う

ことを特徴とするマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項2】

前記第2工程では、前記第1の部材の他の一部であって前記複数の凹部のうちの前記第1の凸部と前記第2の凸部との間の凹部の下に位置する他の一部は露出されない

ことを特徴とする請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項3】

前記第2の部材は透光性の材料で構成されており、前記第3工程では、各マイクロレン 10  
ズの頂に前記第2の部材の一部が残るようにエッチングを行う

ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項4】

前記第1の部材の屈折率と前記第2の部材の屈折率との差は0.1以下である

ことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項5】

前記第3工程で形成された各マイクロレンズの高低差は、前記第2工程で形成された前記第2の部材の前記凹凸形状の高低差よりも大きい

ことを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載のマイクロレンズアレイ 20  
の形成方法。

【請求項6】

前記第1の部材は、アクリル系樹脂で構成されており、

前記第2の部材は、スチレン系樹脂で構成されている

ことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項7】

前記第3工程では、前記第1の部材のエッチングレートと前記第2の部材のエッチングレートとの差が5 / 秒から50 / 秒の範囲内でエッチングを行う

ことを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載のマイクロレンズアレイ 30  
の形成方法。

【請求項8】

前記第3工程では、前記複数のマイクロレンズのうちの前記非対称な形状を有する前記少なくとも一部は、前記マイクロレンズアレイにおける周辺部に形成される

ことを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項9】

前記第2工程では、前記複数の凸部は、前記非対称な形状を有する前記少なくとも一部に対応する凸部を含み、

前記複数のマイクロレンズの配列方向とは垂直な方向での断面において、前記第3工程における前記少なくとも一部は、前記第2工程における前記少なくとも一部に対応する凸部よりも急峻な形状を有する

ことを特徴とする請求項8に記載のマイクロレンズアレイの形成方法。

【請求項10】

複数の光電変換部が設けられた基板を準備する工程と、

請求項1に記載のマイクロレンズアレイの形成方法により、前記基板の上に前記複数の光電変換部に対応する前記複数のマイクロレンズを形成する工程と、を有する

ことを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、マイクロレンズの形成方法および固体撮像素子の製造方法に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

特許文献1には、マイクロレンズの形成方法が開示されている。具体的には、まず、平坦な透光性部材の上に複数のレンズパターンを形成する。該複数のレンズパターンは、透光性部材の上に形成されたレンズ部材のパターニングおよびリフローを行うことにより形成され、隣接レンズパターン間にはギャップが存在する。その後、透光性部材のうちのレンズパターン間のギャップにより露出した部分を、複数のレンズパターンをマスクとしてエッチングし、透光性部材の該レンズパターン間の領域に凹部形状（溝）を形成する。

10

## 【0003】

この方法によると、凹部形状が形成された透光性部材とレンズパターンとにより、隣接マイクロレンズ間にギャップのないマイクロレンズアレイが形成される。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0004】

【特許文献1】特開2003-172804号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

20

## 【0005】

特許文献1の方法によると、上記透光性部材の凹部形状は、透光性部材のうちのレンズパターンにより当初からレンズ間ギャップ部により露出している部分のみをエッチングで除去して形成される。そのため、この方法では、該凹部形状を任意に制御することができず、該凹部形状を含むマイクロレンズ全体の形状を制御することが難しい。

## 【0006】

本発明は、マイクロレンズの形状を制御するのに有利な技術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】

30

本発明の一つの側面はマイクロレンズアレイの形成方法にかかり、前記マイクロレンズアレイの形成方法は、複数のマイクロレンズがアレイ状に形成されたマイクロレンズアレイであって前記複数のマイクロレンズの少なくとも一部が非対称な形状を有するマイクロレンズアレイを形成する方法であって、第1の部材の上に、該第1の部材とは異なる材料からなる第2の部材を形成する第1工程と、グレースケールマスクであるフォトマスクを用いて前記第2の部材を露光して現像することにより、前記第2の部材を、その上面が、複数の凸部と複数の凹部とを有する凹凸形状を有するように成形する第2工程と、前記成形された前記第2の部材と前記第1の部材とをエッチングすることにより、少なくとも前記第1の部材から、前記複数の凸部に対応する前記複数のマイクロレンズを形成する第3工程と、を有し、前記第2工程で形成された前記複数の凸部は、第1の凸部と、前記第1の凸部と対辺方向において隣り合う第2の凸部と、前記第1の凸部と対角方向において隣り合う第3の凸部と、を含み、前記第2工程では、前記第1の部材の一部であって前記複数の凹部のうちの前記第1の凸部と前記第3の凸部との間の凹部の下に位置する一部が露出され、前記第3工程では、前記第1の部材のエッチングレートが前記第2の部材のエッチングレートよりも大きい条件で、前記第2の部材のエッチングと前記第1の部材のエッチングとを行うことを特徴とする。

40

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、マイクロレンズの形状を制御するのに有利である。

50

## 【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】マイクロレンズアレイを説明するための図。

【図2】マイクロレンズの形成方法の例を説明するための図。

【図3】マイクロレンズの凸部および凹部を説明するための図。

【図4】マイクロレンズの球面形状を説明するための図。

【図5】マイクロレンズの形成方法の例を説明するための図。

【図6】マイクロレンズの形成方法の例を説明するための図。

【図7】グレースケールマスクの露光光の透過率分布の例を説明するための図。

【図8】非対称マイクロレンズの例を説明するための図。

【図9】非対称マイクロレンズの形成方法例を説明するための図。

## 【発明を実施するための形態】

【0010】

(第1実施形態)

図1～3を参照しながら第1実施形態を説明する。

【0011】

図1は、マイクロレンズアレイ  $A_{ML}$  を説明するための模式図（平面視）である。マイクロレンズアレイ  $A_{ML}$  は、複数のマイクロレンズがアレイ状に配列されて形成され、ここでは、説明を容易にするため、3行×3列のマイクロレンズアレイ  $A_{ML}$  を示している。図中において、実線は、単位マイクロレンズ領域  $R_{ML}$  を示しており、破線は、マイクロレンズの凸部を示している。

【0012】

なお、本明細書において、図中のA - A'方向を「対辺方向」と称し、B - B'方向を「対角方向」と称する。図1に示された複数（ここでは9つ）のマイクロレンズの凸部のうち、注目すべき真ん中の凸部を「第1の凸部」と称する。第1の凸部の周囲には凹部が存在する。この例では凸部の全周が凹部で囲まれている。対辺方向（図中の上下左右方向）において、第1の凸部に凹部を介して隣り合う4つの凸部を「第2の凸部」と称する。対角方向（図中の斜め方向）において、第1の凸部に凹部を介して隣り合う4つの凸部を「第3の凸部」と称する。即ち、第3の凸部の頂は、第2の凸部の頂よりも第1の凸部の頂から遠い位置であり、第1の凸部の頂と第2の凸部の頂との距離をPとすると、第1の凸部の頂と第2の凸部の頂との距離は、例えば  $P \times 2^{1/2}$  である。

【0013】

図2は、本実施形態にかかるマイクロレンズの形成方法を工程ごとに説明するための模式図である。図2(a1)～(a4)は、対辺方向における各工程の態様を示している。図2(b1)～(b4)は、図2(a1)～(a4)に対応する各工程の対角方向における態様を、それぞれ示している。

【0014】

まず、図2(a1)及び(b1)に示されるように、マイクロレンズを形成するための第1の部材  $M_1$  の上に、該部材  $M_1$  とは異なる第2の部材  $M_2$  を形成する。部材  $M_1$  は、例えば、所定の半導体素子等が形成された基板の上に、スピコート法（及び、ベーク処理：230・6分）等により成膜される。部材  $M_1$  の材料には、例えば、アクリル系樹脂が用いられうる。部材  $M_2$  は、部材  $M_1$  の上に、スピコート法（及び、ベーク処理：110・1.5分）等により成膜される。部材  $M_2$  の材料には、例えば、スチレン系樹脂が用いられうる。このように、部材  $M_1$  としての樹脂層と部材  $M_2$  としての樹脂層との積層膜である樹脂膜が得られる。部材  $M_1$  及び部材  $M_2$  の材料は、上述の樹脂材料以外のものが用いられてもよいし、酸化シリコンや窒化シリコン等の無機材料が用いられてもよい。

【0015】

次に、図2(a2)及び(b2)に示されるように、部材  $M_2$  を、その上面が凹凸形状を有するように成形する。成形された部材  $M_2$  を「 $M_2'$ 」で示す。部材  $M_2'$  は、複数

10

20

30

40

50

の凸部と、該複数の凸部の間の凹部を有する。部材 $M_2'$ の上面の凹凸形状は、この凸部と、凸部の周囲の凹部とによって形成される。ここでは、凸部の全周が凹部で囲まれており、部材 $M_1$ の上面の全面が部材 $M_2'$ で覆われている例を示した。仮に、部材 $M_1$ の上面の全部が部材 $M_2'$ で覆われていないと、部材 $M_2'$ をマスクとして用いて部材 $M_1$ をエッチングする際に、部材 $M_1$ に形成されるパターンが、部材 $M_1$ の上面の露出部の形状に依存して決まってしまう。そうすると、部材 $M_2'$ の形状が部材 $M_1$ に十分反映されず、所望の形状を有するマイクロレンズを形成できなくなる。したがって、上記凹部において、部材 $M_1$ の上面の少なくとも一部が部材 $M_2'$ で覆われていることが好ましい。その一方で、凸部の周囲の一部に部材 $M_2'$ の凹部が存在せずに、一部の部材 $M_1$ が露出している構成例も本発明は包含しうる。より具体的には、 $B-B'$ 方向である対角方向については部材 $M_1$ の上面が露出しているが、 $A-A'$ 方向である対辺方向については部材 $M_1$ の上面が露出していない構成例も本発明に包含される。

10

## 【0016】

部材 $M_2'$ は、上記マイクロレンズアレイ $A_{ML}$ における複数の凸部に対応する第1~3の凸部を有する。この工程を「第1の成形工程」と称する。この工程は、例えば、フォトマスクを用いて部材 $M_2$ を露光した後、これを現像することによってなされうる。本実施形態では、フォトマスクとしてグレースケールマスクを用いた。また、露光量を $2000 \sim 2700 \text{ J/m}^2$ とした。また、現像液には $\text{TMAH}$ （テトラメチルアンモニウムヒドロキシド） $2.38\%$ を用い、現像時間を $45$ 秒とした。なお、この工程は、ポジ型およびネガ型のいずれの態様でも可能である。

20

## 【0017】

グレースケールマスクは、露光光の透過率分布を有する多階調マスクである。透過率分布は、例えば、遮光体の厚みの分布や、微細なドット状の遮光体の粗密の分布によって形成される。例えばポジ型の態様を考えた場合、単位マイクロレンズ領域における中央領域（即ち、マイクロレンズの凸部となるべき領域）では露光光の透過率が低く、周辺領域（凹部となるべき領域）では露光光の透過率が高い。よって、現像後には、透過率の低い（露光光量の少ない）中央領域には部材 $M_2'$ の凸部が形成され、透過率の高い（露光光量の多い）周辺領域には部材 $M_2'$ の凹部が形成される。後に詳細を述べるが、この形成方法によると、部材 $M_2$ を例えばリフロー法によってレンズ形状に成形する場合に比べて、その形状を制御するのに有利である。

30

## 【0018】

なお、現像後には、成形された（上面に凹凸形状が形成された）部材 $M_2'$ のブリーチング（露光量 $12000 \text{ J/m}^2$ ）およびベーク処理（ $125 \cdot 5$ 分、 $140 \cdot 5$ 分、 $200 \cdot 5$ 分）がなされうる。

## 【0019】

その後、成形された部材 $M_2'$ と部材 $M_1$ の一部とをエッチングして、部材 $ML$ を成形する。この工程を「第2の成形工程」と称する。この工程により、複数のマイクロレンズ $ML$ によるマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ が形成される。

## 【0020】

図2(a3)及び(b3)は、部材 $M_2$ のエッチング中の様子を示している。

40

## 【0021】

エッチング条件は、

RF電力： $1400 \text{ W}$

圧力： $40 \text{ mT}$

$\text{C}_4\text{F}_8$ ： $10 \text{ sccm}$

$\text{CF}_4$ ： $110 \text{ sccm}$

エッチング時間： $300$ 秒

とした。

## 【0022】

図2(a4)及び(b4)は、部材 $M_1$ の一部のエッチングが完了した後の様子を示し

50

ている。上記エッチングにより、部材 $M_2'$ の凹凸形状が部材 $M_1$ に転写され、部材 $M_2'$ の凸部に対応するマイクロレンズ $ML$ を有するマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ が形成される。

【0023】

ここで、上記エッチングは、部材 $M_1$ のエッチングレートが部材 $M_2'$ ( $M_2$ )のエッチングレートよりも大きい条件でなされる。本実施形態では、部材 $M_1$ のエッチングレートを60 /秒とし、部材 $M_2'$ のエッチングレートを45 /秒とした。

【0024】

上記エッチングレートの場合、部材 $M_1$ と部材 $M_2'$ とのエッチングレート比は4/3である。よって、例えば、部材 $M_2'$ の凹凸形状の高低差(凸部と凹部との高低差)を $H$ としたとき、第2の成形工程後の(一部がエッチングされた)部材 $M_1$ の凹凸形状の高低差は、略 $H \times 4/3$ となる。

【0025】

具体的には、上記エッチングでは、まず、部材 $M_2'$ の凹部で部材 $M_1$ の上面の一部が露出する。例えば、部材 $M_2'$ の凹凸形状の、対辺方向での曲率と、対角方向での曲率とが互いに等しい場合には、まず、対角方向における凹部(前述の第1の凸部と第3の凸部の間の部分)で部材 $M_1$ の上面が露出する。その後、対辺方向における凹部(前述の第1の凸部と第2の凸部の間の部分)で部材 $M_1$ の上面が露出する。さらにその後、部材 $M_2'$ の凸部がエッチングされると共に、部材 $M_1$ の該露出した一部分がエッチングによって除去される。

【0026】

よって、この形成方法によると、部材 $M_1$ の凹凸形状の高低差は、部材 $M_2'$ の凹凸形状の高低差よりも大きくなる。他の観点では、部材 $M_1$ は、部材 $M_2'$ の凹凸形状の曲率よりも大きい曲率の凹凸形状に成形される。換言すると、この形成方法によると、部材 $M_1$ の上面には、部材 $M_2'$ の凹凸形状を強調した凹凸形状が形成される。

【0027】

前述のとおり、上記エッチングは、部材 $M_1$ のエッチングレートが部材 $M_2'$ のエッチングレートよりも大きい条件でなされる。該エッチングによると、対辺方向および対角方向のいずれにおいても、部材 $M_1$ の凹部(即ち、隣接マイクロレンズ $ML$ 間の境界部分の形状)が、部材 $M_2'$ の凹部よりも鋭角になる。その結果、隣接マイクロレンズ $ML$ 間での距離が小さい、いわゆるギャップレスのマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ が形成される。

【0028】

以上の形成方法によると、マイクロレンズ $ML$ の形状は、部材 $M_2'$ の形状と、部材 $M_1$ と部材 $M_2'$ とのエッチングレート比と、に依存する。よって、マイクロレンズ $ML$ を所望の形状に形成するためには、第1の成形工程での部材 $M_2'$ の凹凸形状の形成の制御と、第2の成形工程での部材 $M_1$ および部材 $M_2'$ のエッチングレートの設定と、が適切になされればよい。

【0029】

まとめると、第1の成形工程は、フォトマスクとしてグレースケールマスクを用いて露光処理を行い、その後、現像処理を行うことによってなされる。その後の第2の成形工程は、部材 $M_1$ のエッチングレートが部材 $M_2'$ のエッチングレートよりも大きい条件でなされる。よって、本形成方法によると、マイクロレンズ $ML$ の形成の際、即ち、部材 $M_2'$ の凹凸形状を部材 $M_1$ に転写する際に、部材 $M_1$ と部材 $M_2'$ とのエッチングレート比により、該部材 $M_2'$ の凹凸形状の高低差よりも大きい高低差の凹凸形状が部材 $M_1$ に形成される。他の観点では、本形成方法によると、使用するグレースケールマスクの解像度よりも高い解像度でマイクロレンズの形状を制御することが可能である。

【0030】

また、マイクロレンズ $ML$ の形状は、第1の成形工程での部材 $M_2'$ の凹凸形状にしたがうため、マイクロレンズ $ML$ の形状を任意の形状に制御することが可能である。よって、本形成方法によると、例えば、ギャップレスのマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ を形成する

10

20

30

40

50

のにも有利である。また、マイクロレンズMLの形状を高い精度で制御するため、部材M<sub>1</sub>と部材M<sub>2</sub>'とのエッチングレート比を、部材M<sub>1</sub>のエッチングレートと部材M<sub>2</sub>'のエッチングレートとの差が、例えば5 /秒から50 /秒の範囲内となるように設定するとよい。

【0031】

図3は、対辺方向におけるマイクロレンズアレイA<sub>ML</sub>の断面形状を説明するための模式図である。単位マイクロレンズ領域R<sub>ML</sub>(図1参照)は、第1領域R1(中央領域)と、第2領域R2(周辺領域)とに分けられる。領域R1は、例えば、マイクロレンズMLの上面が凸形状となる第1の曲率を有する領域である。領域R2は、例えば、マイクロレンズMLの上面が凹形状となる第2の曲率を有する領域である。他の観点では、領域R1と領域R2との境界は、マイクロレンズMLの上面形状の変曲点によって形成されうる。図1に示した破線は、凸部の外縁ないし輪郭を示しており、また、領域R1と領域R2の境界に対応する。

10

【0032】

例えば、あるマイクロレンズ(ML<sub>A</sub>とする)の領域R1と、該マイクロレンズML<sub>A</sub>に隣接するマイクロレンズ(ML<sub>B</sub>とする)の領域R1との距離は、マイクロレンズMLのピッチ(配列間隔)の10分の1より小さいとよい。これにより、集光率の高いギャップレスのマイクロレンズアレイA<sub>ML</sub>が得られる。

【0033】

ここで、領域R1では、マイクロレンズMLの上面が球面形状(断面が円弧の形状)を形成しているとよい。これにより、マイクロレンズMLを、例えばCMOSセンサ等の固体撮像素子に適用する場合には、光感度やF値(Fno)比例性が向上し、センサ性能が向上する。

20

【0034】

以下、図4を参照しながら、マイクロレンズMLの球面形状について述べる。図4は、領域R1のマイクロレンズMLの形状と、理想的な真球(いずれの断面においても真円となる球体)との一致率を説明するための模式図である。理想的な真球は、マイクロレンズMLの頂に重なり、且つ、領域R1の外縁に重なる球C<sub>i</sub>を想定する。

【0035】

次に、領域R1を所定数のマトリクス(所定の行数×所定の列数)に分割する。マトリクスの各格子点i(i=1~n)での、マイクロレンズMLの高さをh<sub>r</sub>(i)とし、理想的な真球C<sub>i</sub>の高さをh<sub>i</sub>(i)とする。なお、nは、2以上の整数であり、分割したマトリクス上の格子点の数である。また、「高さ」は、領域R1の外縁の位置を基準とする高さとする。

30

【0036】

ここで、 $h(i) = |h_r(i) - h_i(i)|$ としたときに、上記一致率を、

一致率R<sub>M</sub> =  $(1 - \sum_{i=1}^n h(i) / h_i(i)) \times 100 [\%]$ 、  
と定義する(∑は、i=1~nでの総和)。

【0037】

この定義において、例えば41行×41列のマトリクス(n=41×41)で一致率R<sub>M</sub>を算出したとき、例えばR<sub>M</sub>=85%であれば、マイクロレンズMLは良好な球面形状を有すると言える。

40

【0038】

前述のとおり、本実施形態の形成方法によると、マイクロレンズMLの形状は、部材M<sub>2</sub>'の形状と、部材M<sub>1</sub>と部材M<sub>2</sub>'とのエッチングレート比と、に依存する。そのため、所望の球面形状を有するマイクロレンズMLが形成されるように、予め、第1の成形工程および第2の成形工程の条件を選択すればよい。具体的には、露光条件の設定、及び、形成されるべき部材M<sub>2</sub>'の凹凸形状を形成するためのグレースケールマスクの準備、並びに、上記エッチングレート比の選択がなされればよい。

50

## 【 0 0 3 9 】

以上、本実施形態によると、マイクロレンズMLの形状の制御、ギャップレスのマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ の形成、及び、マイクロレンズアレイ $A_{ML}$ の高集積化に有利である。

## 【 0 0 4 0 】

例えば、複数のレンズパターンをリフロー法で形成する場合には、隣接レンズパターンが接触しないように、隣接レンズパターン間には所定のギャップを設ける必要がある。一方で、本実施形態によると、上述のとおり、ギャップレスのマイクロレンズアレイ $A_{ML}$ を形成するのに有利である。

## 【 0 0 4 1 】

また、上述の背景技術で述べた特開2003-172804では、複数のレンズパターンをリフロー法で形成した後、該複数のレンズパターンをマスクとして、下地部材である透光性部材をエッチングして、透光性部材に凹部形状（溝）を形成した。しかしながら、この方法によると、この凹部形状の形成を制御することが困難であり、また、エッチングによりレンズパターンが損傷ないし変形する虞がある。一方で、本実施形態によると、上述のとおり、マイクロレンズMLの形状を制御するのに有利である。

## 【 0 0 4 2 】

また、グレースケールマスクを用いた露光処理および現像処理のみでマイクロレンズの形成を完成させる方法も考えられるが、この方法によると、隣接マイクロレンズ間の境界部分の形状を高い精度で制御することが難しい。また、この方法によると、マイクロレンズのピッチを小さくすること（高集積化）が難しい。一方で、本実施形態によると、上述のとおり、使用するグレースケールマスクの解像度よりも高い解像度でマイクロレンズMLの形状を制御することが可能であり、高集積化にも有利である。

## 【 0 0 4 3 】

## （第2実施形態）

図5を参照しながら第2実施形態を説明する。本実施形態は、主に、前述の第2の成形工程で、マイクロレンズの頂に部材 $M_2'$ の一部mが残るようにエッチングを行う点で、前述の第1実施形態と異なる。部材 $M_2'$ （ $M_2$ ）は透光性の材料で構成され、第1実施形態と同様にして、スチレン系樹脂が用いられうる。

## 【 0 0 4 4 】

図5は、本実施形態にかかるマイクロレンズML2の形成方法を工程ごとに説明するための模式図を、図2（第1実施形態）と同様にして示している。図5（a1）、（b1）、（a2）及び（b2）は、図2（a1）、（b1）、（a2）及び（b2）と同様であるため、ここでは説明を省略する。

## 【 0 0 4 5 】

その後、前述の第2の成形工程のエッチングを、マイクロレンズの頂に部材 $M_2'$ の一部mが残るように行う。ここでは、エッチング時間を220秒としたことを除いて、第1実施形態と同様のエッチング条件を用いた。図5（a3）及び（b3）は、部材 $M_2'$ のエッチング中の様子を示しており、その後、図5（a4）及び（b4）に示されるように、頂に部材 $M_2'$ の一部mを有するマイクロレンズML2が形成される。

## 【 0 0 4 6 】

本実施形態によると、エッチング時間を短縮することができ、生産性の向上にも有利である。また、本実施形態によると、エッチング時間が短縮されるため、該エッチングによるパーティクルの発生を防ぐことができ、歩留まりの向上にも有利である。

## 【 0 0 4 7 】

マイクロレンズML2は、部材 $M_1$ および部材 $M_2'$ （ $M_2$ ）の2層の材料で構成される。そのため、固体撮像素子に適用する場合には、部材 $M_1$ の屈折率と部材 $M_2$ の屈折率との差を0.1以下にするとよく、これによって、該固体撮像素子から得られた画像の色むらが防止されうる。また、部材 $M_2'$ の一部mは、マイクロレンズML2の頂（略水平な部分）のみに配されるため、この構造によるマイクロレンズML2の集光率に対する影

10

20

30

40

50

響は小さい。

【0048】

以上、本実施形態によると、第1実施形態と同様の効果が得られる他、生産性の向上および歩留まりの向上にも有利である。

【0049】

(第3実施形態)

図6及び7を参照しながら第3実施形態を説明する。前述の第1実施形態では、部材 $M_2'$ の凹凸形状を部材 $M_1$ に転写する際に、部材 $M_1$ と部材 $M_2'$ とのエッチングレート差により、該部材 $M_2'$ の凹凸形状の高低差よりも大きい高低差の凹凸形状を部材 $M_1$ に形成することを述べた。このマイクロレンズの形状の制御は、さらに他の態様に応用することが可能である。例えば、第1の成形工程において、部材 $M_2'$ を、その上面が対辺方向と対角方向とで曲率が互いに異なる凹凸形状になるように成形してもよい。

10

【0050】

図6は、本実施形態にかかるマイクロレンズ $ML3$ の形成方法を工程ごとに説明するための模式図を、図2(第1実施形態)と同様にして示している。図6(a1)及び(b1)は、図2(a1)及び(b1)と同様であるため、ここでは説明を省略する。

【0051】

次に、図6(a2)及び(b2)に示されるように、第1の成形工程、即ち、部材 $M_2$ を、その上面が凹凸形状になるように成形する工程を行う。この工程は、前述のとおり、グレースケールマスクを用いて部材 $M_2$ を露光した後、現像することによってなされる。ここで、本実施形態では、この工程で形成される部材 $M_2'$ の凹凸形状が、対辺方向と対角方向とで互いに異なる曲率になるように、グレースケールマスクの露光光の透過率分布を調整している。

20

【0052】

図7は、本実施形態のグレースケールマスクの露光光の透過率分布を説明するための図である。図中において、縦軸 $X$ は、透過率を示しており、横軸 $Y$ は、マイクロレンズアレイ $A_{ML}$ の平面方向での位置(距離)を示している。なお、説明を容易にするため、露光処理に用いる露光装置の投影光学系の投影倍率を1倍とする。また、比較を容易にするため、ここでは、対辺方向と対角方向との透過率分布のそれぞれを、それらの中央で互いに重なるように示している。

30

【0053】

図7に示されるように、対辺方向の透過率分布の変化率は、対角方向の透過率分布の変化率よりも大きい。このグレースケールマスクを用いた露光処理および現像処理を行うことにより、部材 $M_2$ の凹凸形状を、対辺方向の曲率が対角方向の曲率よりも大きくなるように形成することができる。

その後、前述と同様にして第2の成形工程がなされる。図6(a3)及び(b3)は、部材 $M_2'$ のエッチング中の様子を示している。

【0054】

第2の成形工程の後では、図6(a4)及び(b4)に示されるように、対辺方向での高低差と対角方向での高低差とがそれぞれ大きくなり、即ち、対辺方向での曲率と対角方向での曲率とがそれぞれ大きくなる。

40

本実施形態によると、第1実施形態と同様の効果が得られる他、マイクロレンズ $ML3$ の形状を任意に制御することが可能であり、例えば、前述の一致率がより高く、又は、高低差もしくは曲率がより大きいマイクロレンズ $ML3$ を形成するのにも有利である。

【0055】

以上、本実施形態では、マイクロレンズ $ML3$ の形状を制御する態様を対辺方向および対角方向に着目して述べたが、本発明はこれに限られるものではない。例えば、本発明によると、図3に示された領域 $R1$ (上面が凸形状となる曲率を有する領域)を任意に制御することが可能である。即ち、第1の成形工程で形成される部材 $M_2'$ の凹凸形状の制御と、第2の成形工程での部材 $M_1$ と部材 $M_2'$ とのエッチングレート比の選択とが可能で

50

あれば、マイクロレンズの形状を任意の形状に制御することが可能である。

【0056】

例えば、マイクロレンズの集光率をさらに向上させるため、マイクロレンズを、領域 R 1 の面積が領域 R 2 の面積よりも大きくなるように形成するとよい。例えば、マイクロレンズアレイ A<sub>M L</sub> に対する平面視において、領域 R 1 の面積を領域 R 2 の面積の 4 倍以上にするとよく、5 倍以上にするとさらによい。

【0057】

また、本実施形態においても、前述の第 2 実施形態と同様にして、マイクロレンズの頂に部材 M<sub>2</sub>' の一部 m が残るように、第 2 の成形工程のエッチングを行ってもよい。この方法によると、さらに、生産性の向上および歩留まりの向上にも有利である。

10

【0058】

以上の各実施形態で形成されるマイクロレンズは、例えば、固体撮像素子に用いられる。例えば、固体撮像素子の製造方法は、光電変換部が設けられた基板を準備する工程と、上記各実施形態のマイクロレンズの形成方法により、該基板の上に光電変換部に対応するマイクロレンズを形成する工程と、を有しうる。

【0059】

(第 4 実施形態)

本実施形態では、非対称マイクロレンズを備えた固体撮像素子を形成する工程を説明する。図 8 ( b ) に例示されるように、本実施形態に係る固体撮像素子は、レンズ中心に対して非対称な形状を持つ非対称マイクロレンズ 8 0 4 を備える。非対称マイクロレンズ 8 0 4 は、光電変換部、配線層およびカラーフィルターを有する構造 8 0 9 の上に設けられている。

20

【0060】

非対称マイクロレンズ 8 0 4 は、固体撮像素子の撮像面周辺部に入射する斜め入射光を受光面に集光する。非対称マイクロレンズ 8 0 4 は、球面マイクロレンズと比較して、例えば、より入射角度が大きい入射光を集光できるようになるという点で有利である。球面マイクロレンズを用いる場合には、光電変換部で検出する斜め入射光の光量を増やすために、球面マイクロレンズを基板の面内方向にずらして配置することが行われる。しかし、このようなレンズずらし量が大きくなると、配線によって入射光が遮られることから、光電変換部への集光率が低くなる。一方、非対称マイクロレンズ 8 0 4 を用いると、レンズをずらす場合であっても、球面マイクロレンズを用いる場合と比べてレンズずらし量を小さくすることができ、集光率を向上させるのに有利である。また、非対称マイクロレンズ 8 0 4 を用いると、撮像面への光の入射角度を小さく抑えることができるため、混色を防ぐのにも有利である。

30

【0061】

図 8 ( b ) に示されるように、非対称マイクロレンズ 8 0 4 を備える固体撮像素子において、領域 8 0 8 は、光電変換部への集光に寄与する領域であるため、領域 8 0 8 は、大きく設けられるとよい。一方、領域 8 0 5 は光電変換部への集光に寄与しない領域であり、かつ、領域 8 0 5 からの光は図 8 ( b ) に示されるように迷光成分となりうるため、領域 8 0 5 は、小さく設けられるとよい。

40

【0062】

図 8 ( a 1 ) から ( a 5 ) は、非対称マイクロレンズ 8 0 4 の形成方法を説明するための図である。図 8 ( a 1 ) は、非対称マイクロレンズ 8 0 0 の上面図である。図 8 ( a 2 ) は、カットライン A - A ' の断面における非対称マイクロレンズ 8 0 0 の形状 ( 設計上の形状 ) を示している。図 8 ( a 3 ) は、該非対称マイクロレンズ 8 0 0 の形状に対応するフォトマスクの光透過率の分布 8 0 2 を示している。図 8 ( a 4 ) は、フォトマスクを透過し、フォトレジストに照射される光の光強度分布 8 0 3 を示している。図 8 ( a 5 ) は、現像後のフォトレジストからなる非対称マイクロレンズ 8 0 4 の形状 ( 現像後の形状 ) を示している。

【0063】

50

ここで、レンズ設計段階における非対称マイクロレンズの形状 806 は、露光・現像後における非対称マイクロレンズの形状 807 とは異なる形状となってしまう。すなわち、形状 806 は、急峻な形状として設計されているのに対して、プロセスの過程で、該急峻な形状は鈍った形状である形状 807 となる。図 8 ( a 3 ) 及び ( a 4 ) に示すように、フォトマスクで光の透過率が急峻に変化する領域を設けたとしても、露光工程において発生する光の回折により、露光光の分布がなだらかになってしまい、鈍った形状となる。

【 0 0 6 4 】

この光の回折によって鈍ってしまったレジストの形状を、急峻な形状にする工程を以下説明する。

【 0 0 6 5 】

図 9 ( a ) は、平面視において各々の外形がティアドロップ型の複数の非対称マイクロレンズが配列されたマイクロレンズアレイ 900 を示している。図 9 ( b 1 ) は、第 1 の形成工程後のカットライン A - A ' ( 対辺方向 ) の断面におけるマイクロレンズアレイ 900 の形状を示している。図 9 ( b 2 ) は、第 1 の形成工程後のカットライン B - B ' ( 対角方向 ) の断面におけるマイクロレンズアレイ 900 の形状を示している。部材 M 1 の上には、第 1 の形成工程の露光・現像によってパターンニングされた部材 M 2 ' が形成されている。

【 0 0 6 6 】

ここで、本実施形態では、図 9 ( b 1 ) 及び ( b 2 ) に示されるように、第 1 の形成工程後において、対辺方向では部材 M 1 の上面が露出していないが、対角方向では部材 M 1 の上面が露出している例を示している。また、既に述べたように所望の形状を有するマイクロレンズを形成するためには、部材 M 1 の上面の少なくとも一部が部材 M 2 ' で覆われていることが好ましい。

【 0 0 6 7 】

ところで、マイクロレンズが配置可能な面積を最大限に利用した理想的な曲率等を有する非対称マイクロレンズを設計する場合、対角方向のレンズの高さが、部材 M 2 で形成可能な高さより高くなることがある。しかし、プロセス上、このような理想的な非対称マイクロレンズを形成することはできない。そこで、レンズの集光に寄与する領域が領域 808 であることから、相対的に集光に対する寄与が小さい対角方向の各マイクロレンズが隣接する領域については、M 2 ' にレンズ形状が形成されない部分があることを許容したレンズ設計とすることがある。すなわち、対角方向の各マイクロレンズの隣接領域には曲率を有する部材が形成されておらず、平坦部となるような構成とする。これにより、プロセスの観点からも実現可能な構成が提供できる。このため、本実施形態では、図 9 ( b 2 ) に示されるように、対角方向については、部材 M 1 の上面が覆われていない構成にしている。その一方で、対辺方向については、このような制約がないことから、図 9 ( b 1 ) に示されるように、部材 M 1 の上面が露出していない構成にしている。

【 0 0 6 8 】

以上の 4 つの実施形態を述べたが、本発明はこれらに限られるものではなく、目的、状態、用途及び機能その他の仕様に応じて、適宜、変更が可能であり、他の実施形態によってもなされうる。

なお、ここでは、カメラ等に代表される撮像システムに含まれる固体撮像素子に本発明を適用する態様を例示したが、撮像システム概念には、撮影を主目的とする装置の他、撮影機能を補助的に備える装置 ( パーソナルコンピュータや携帯端末等 ) も含まれる。また、撮像システムは、固体撮像素子からの信号を処理する信号処理部をさらに含みうる。該信号処理部は、例えば、A / D 変換器、該 A / D 変換器から出力されるデジタルデータを処理するプロセッサ等を含みうる。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 9 】

M L : マイクロレンズ、A<sub>M L</sub> : マイクロレンズアレイ。

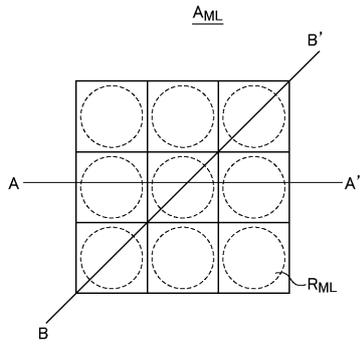
10

20

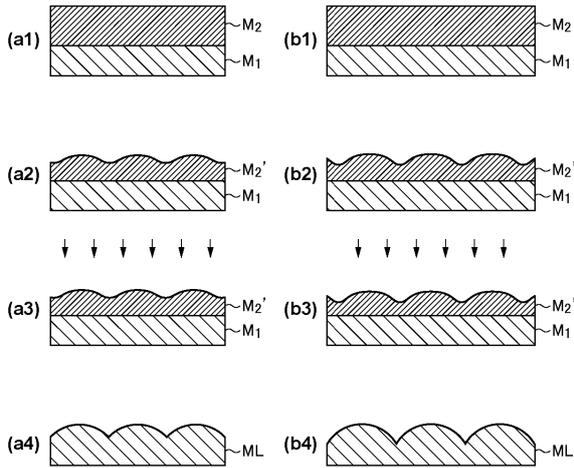
30

40

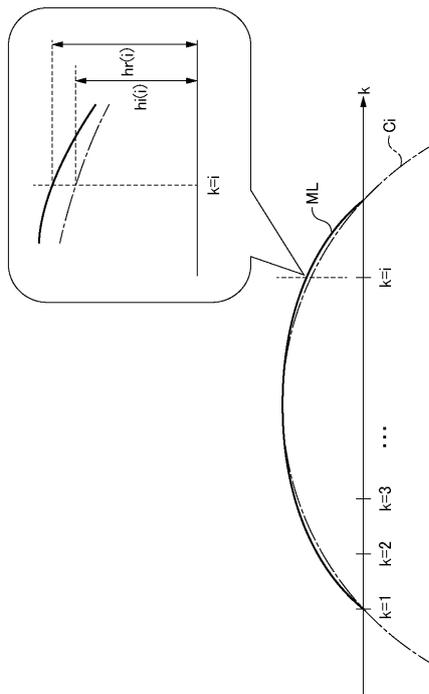
【 図 1 】



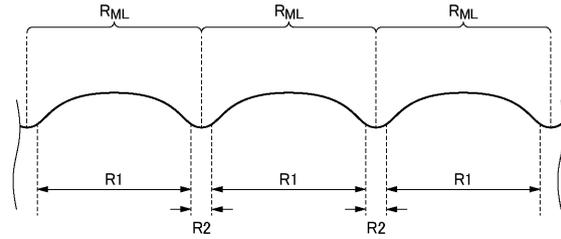
【 図 2 】



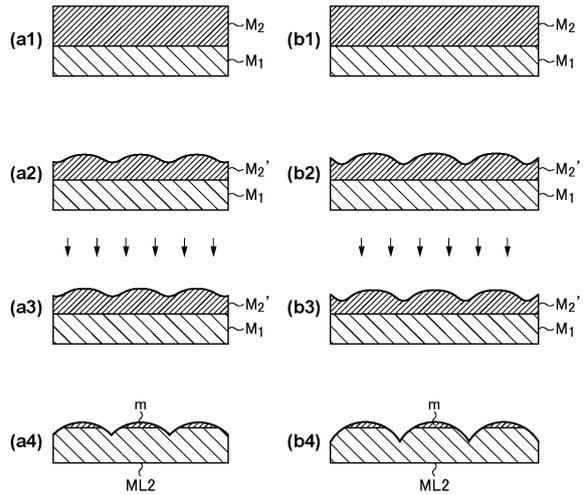
【 図 4 】



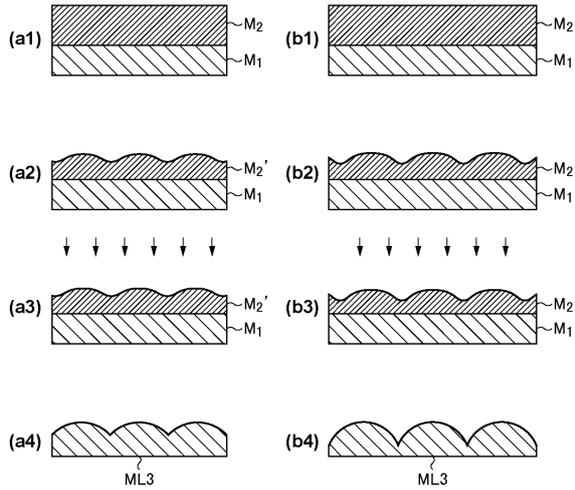
【 図 3 】



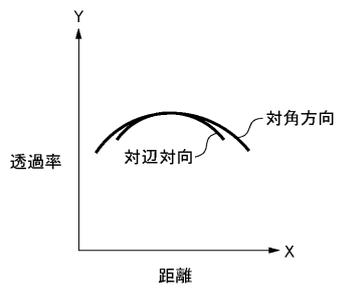
【 図 5 】



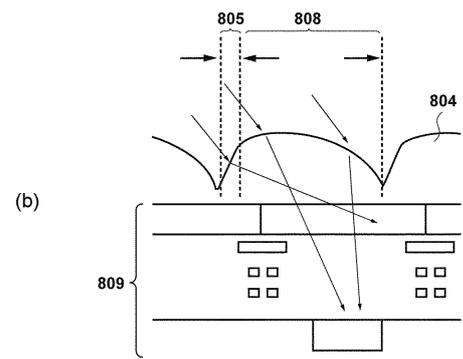
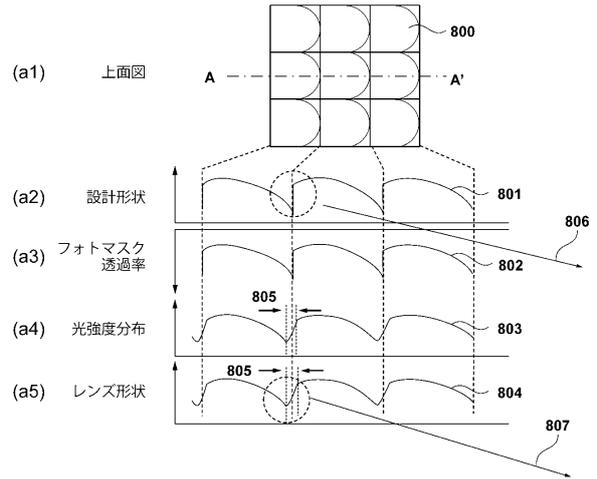
【図6】



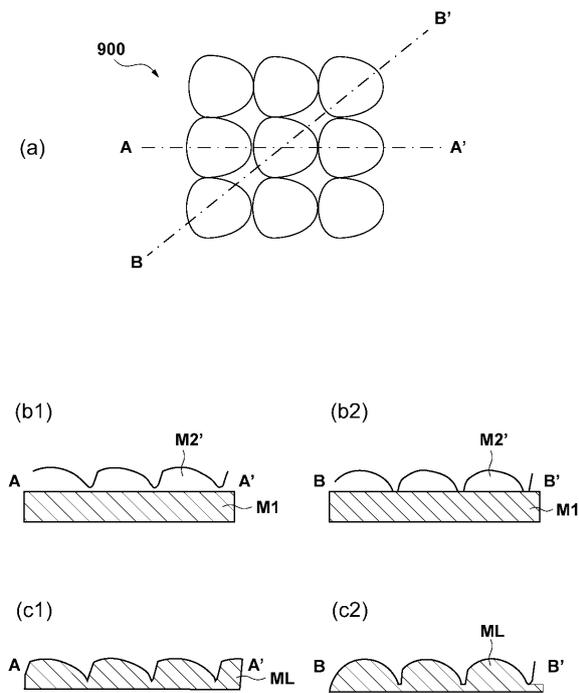
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 関根 康弘  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 世森 光裕  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
- (72)発明者 栗原 政樹  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 藤岡 善行

- (56)参考文献 特開2005-101232(JP,A)  
特開2001-174607(JP,A)  
特開2001-201609(JP,A)  
特開2009-276717(JP,A)  
特開2006-186203(JP,A)  
特開2004-079932(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 3/00  
H01L 27/14  
H04N 5/335