

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5565771号
(P5565771)

(45) 発行日 平成26年8月6日(2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日(2014.6.27)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 L	27/14	(2006.01)	HO 1 L	27/14	D
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20	5 O 1
HO 1 L	31/10	(2006.01)	HO 1 L	31/10	A
GO 2 B	3/00	(2006.01)	GO 2 B	3/00	A

請求項の数 2 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2010-138314 (P2010-138314)	(73) 特許権者	302062931
(22) 出願日	平成22年6月17日 (2010.6.17)		ルネサスエレクトロニクス株式会社
(65) 公開番号	特開2012-4365 (P2012-4365A)		神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
(43) 公開日	平成24年1月5日 (2012.1.5)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成25年4月10日 (2013.4.10)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行
		(74) 代理人	100111246
			弁理士 荒川 伸夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロレンズの製造方法および撮像素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マイクロレンズ材料を基板上に塗布する工程、
 前記マイクロレンズ材料の上に感光性のフォトレジスト材料を塗布する工程、
 前記フォトレジスト材料に、マスクを用いてパターン化された光線を照射する工程、
 前記フォトレジスト材料を現像する工程、
 前記フォトレジスト材料の全面に光線を照射する工程、
 前記フォトレジスト材料を加熱する工程、および、
 エッチングにより、前記フォトレジスト材料から得られたフォトレジストの形状を前記
 マイクロレンズ材料に転写する工程をこの順で含み、
 前記マスクは、メインレイアウト、および、該メインレイアウトの周囲に設けられたサ
 ブレイアウトを有し、

前記メインレイアウトは開口を有さない遮光領域からなり、前記サブレイアウトは少な
 くとも1重のライン状の遮光領域からなり、

前記マスクに光線を照射したときに、前記メインレイアウトによってマイクロレンズの
 中央部に相当する位置に第1の光線パターンが得られ、前記サブレイアウトによって前記
 第1の光線パターンの周囲に前記第1の光線パターンとは分離された第2の光線パター
 ンが得られる、

マイクロレンズの製造方法。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のマイクロレンズの製造方法により製造されたマイクロレンズを備えた撮像素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、撮像素子やイメージセンサ等として用いられるマイクロレンズの製造に用いられるマスク、および、それを用いたマイクロレンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来のマイクロレンズの製造方法を図 1 1 と図 1 2 を用いて説明する。なお、従来のマイクロレンズの製造方法は、特開平 4 - 1 2 5 6 8 号公報（特許文献 1）にも開示されている。

10

【0003】

まず、感光性のマイクロレンズ材料 2 0 を基板 1 上に塗布する（図 1 1（a））。次に、所望のレンズを得るためのマスク 3 0 を通して、マイクロレンズ材料 2 0 に光線 4 1（例えば、I 線）を照射する（図 1 1（b））。ここで用いられるマスク 3 0 は、図 1 2 に示されるような遮光領域 3 1（黒色の部分）が配列されたレイアウトを有しており、この遮光領域 3 1 を通して光線 4 1 がマイクロレンズ材料 2 0 に照射される。

【0004】

次に、現像液で現像することにより感光部 2 1 を除去し、レンズの元になるパターン 2 2 を形成する（図 1 1（c））。図 1 1（c）のパターン 2 2 は、マスク 3 0 の遮光領域 3 1 が転写された形となる。

20

【0005】

次に、パターン 2 2 が形成された基板 1 の全面に、光線 4 2（例えば、I 線を含む光線）を照射する（図 1 1（d））。この処理により、パターン 2 2 は、内部にある感光基が反応して耐熱性が低下する。次に、パターン 2 2 に加熱処理（ベーク処理）を行うことにより、熱だれ（材料が軟化し、その軟化のレベルに応じて、重力と表面張力が均衡するような形状に変化すること）がおり、マイクロレンズ 2 4 の形状となる（図 1 1（e））。熱だれ後のマイクロレンズ 2 4 を冷却することにより、基板の上に複数のマイクロレンズが製造される。

30

【0006】

このようにして得られるマイクロレンズは、例えば、撮像素子に用いられる場合、撮像素子のフォトダイオードに効率よく外部の光を取り込めることが要求される。そのためには、基板上の各レンズの間のスペースをできるだけ少なく（間隔を狭く）することが望ましい。

【0007】

上述のような従来の製造方法においては、マスクを通してパターン化された光線の照射（パターンニング露光）によって得られるマイクロレンズ材料の各パターン間の間隔が熱だれによって狭くなることを考慮した上で、マスクの遮光領域の間隔をマイクロレンズ同士が接触しない範囲で出来る限り狭く設定することで、余分なスペースが少ないマイクロレンズを得ている。このような方法でマイクロレンズを製造する場合、各々のマイクロレンズを再現性よく解像（分離）できるような最小の間隔は、熱だれの際にマイクロレンズ材料が広がる範囲の精度に左右される。

40

【0008】

しかしながら、従来の方法において、熱だれの際にマイクロレンズ材料が広がる範囲を高精度に管理するためには、加熱処理の温度プロファイルや温度分布、マイクロレンズ材料の組成の均一性などを厳密に管理する必要があり、このような管理は、実生産においては限界があり、また、極めて複雑な工程管理となる。したがって、従来の方法によりマイクロレンズの間隔を狭くすることには限界があった。実際には、使用する光線の波長やマイクロレンズ材料の種類にもよるが、マスクの遮光領域の間隔が 0.5 μm 程度になると

50

、得られるマイクロレンズ間の間隔が急に狭くなってマイクロレンズ同士がブリッジしてしまう現象が起こる。

【0009】

また、従来の製造方法において、マイクロレンズ間の距離を狭くするためには、熱だれによる基板界面での材料の広がりを大きくする必要があるので、熱だれによって得られるマイクロレンズの高さは低くなる。このため、図13の(a)のように下地基板と接触角が極めて小さいか、図13(b)のような形状であり、図13(c)に示されるような接触角が大きく、かつ高さが確保された理想的な形状のマイクロレンズを得るのは難しかった。なお、接触角を大きくしてマイクロレンズ自体の高さを確保する、すなわち曲率半径を小さくする方が、広い範囲の光を集光できるため、マイクロレンズの形状として望ましい。

10

【0010】

なお、特許文献2には、メイン遮光領域と、その周辺にメイン遮光領域から遠くなるほど光の透過度が高くなるように形成される補助遮光領域とを有するマイクロレンズパターン用マスクを用いて(特許文献2の請求項1、図7, 9等を参照)、マイクロレンズの曲率半径を大きくし、長方形のレンズの横方向と縦方向の曲率半径を同一にすることのできるマイクロレンズの製造方法が開示されている。しかしながら、かかる製造方法において使用されるマスクは、極めて複雑なレイアウトとなり、且つ正確な設計が必要とされるため、マスクの製造に多くのコストを要するという問題があった。また、特許文献2に開示された製造方法は、マイクロレンズの間隔を狭くすることを目的とするものではない。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】特開平4-12568号公報

【特許文献2】特開平10-74927号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

本発明は、従来と同様の製造プロセスを用いた場合でも、従来よりも間隔の狭い(各マイクロレンズ間のスペースが少ない)マイクロレンズを得ることのできる製造方法の提供を目的とする。また、理想的な接触角を有する形状のマイクロレンズを得ることのできる製造方法の提供を目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、マイクロレンズの製造において、基板上の感光性のマイクロレンズ材料に、パターン化された光線を照射するためのマスクであって、

メインレイアウト、および、該メインレイアウトの周囲に設けられたサブレイアウトを有し、

該マスクに光線を照射したときに、前記メインレイアウトによってマイクロレンズの中央部に相当する位置に第1の光線パターンが得られ、前記サブレイアウトによって前記第1の光線パターンの周囲に前記第1の光線パターンとは分離された(解像された)第2の光線パターンが得られることを特徴とするマスクである。

40

【0014】

前記メインレイアウトおよび前記サブレイアウトは、遮光領域からなり、

前記第1の光線パターンおよび前記第2の光線パターンは、光線の照射されない領域(非照射領域)からなることが好ましい。

【0015】

また、マイクロレンズの製造に使用するマイクロレンズ材料の感光特性によっては、前記メインレイアウトおよび前記サブレイアウトは、透光領域からなり、

前記第1の光線パターンおよび前記第2の光線パターンは、光線の照射される領域(照

50

射領域)からなるようにしてもよい。

【0016】

また、本発明は、上記のマスクを用いて、基板上の感光性のマイクロレンズ材料に、パターン化された光線を照射する工程を含む、マイクロレンズの製造方法にも関する。

【0017】

本発明の製造方法は、

感光性のマイクロレンズ材料を基板上に塗布する工程、
前記マイクロレンズ材料に前記パターン化された光線を照射する工程、
前記マイクロレンズ材料を現像する工程、
前記マイクロレンズ材料の全面に光線を照射する工程、および、
前記マイクロレンズ材料を加熱する工程をこの順で含むことが好ましい。

10

【0018】

また、本発明の製造方法は、

マイクロレンズ材料を基板上に塗布する工程、
前記マイクロレンズ材料の上に感光性のフォトリソ材料を塗布する工程、
前記フォトリソ材料に前記パターン化された光線を照射する工程、
前記フォトリソ材料を現像する工程、
前記フォトリソ材料の全面に光線を照射する工程、
前記フォトリソ材料を加熱する工程、および、

エッチングにより、前記フォトリソ材料から得られたフォトリソの形状を前記マイクロレンズ材料に転写する工程をこの順で含むことが好ましい。

20

【0019】

また、本発明は、上記のマイクロレンズの製造方法により製造されたマイクロレンズを備えた撮像素子にも関する。

【発明の効果】

【0020】

マイクロレンズの製造工程において、本発明のマスクを用いてパターン化された光線を照射することにより、従来と同様の製造プロセスを用いた場合でも、従来よりも間隔の狭い(各マイクロレンズ間のスペースが少ない)マイクロレンズを得ることができる。また、マイクロレンズの高さを確保しつつ基板との高い接触角を有する形状のマイクロレンズを得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】実施形態1のマイクロレンズの製造方法を説明するためのフロー図である。

【図2】実施形態1で用いられるマスクの一例を示す模式図である。

【図3】実施形態1で用いられるマスクの別の例を示す模式図である。

【図4】実施形態1で用いられるマスクのさらに別の例を示す模式図である。

【図5】(a)は、本発明のマスクの形状と該マスクを透過した光線の強度の関係を示す模式図である。(b)~(d)は、従来のマスクの形状と該マスクを透過した光線の強度の関係を示す模式図である。

40

【図6】実施形態2のマイクロレンズの製造方法を説明するためのフロー図である。

【図7】本発明の製造方法によって得られたマイクロレンズを備えた撮像素子を示す模式断面図である。

【図8】(a)は、実施例1で得られたマイクロレンズの写真を示す図である。(b)は、実施例1で用いたマスクのレイアウトを示す模式図である。

【図9】比較例1で得られたマイクロレンズの一例の写真を示す図である。

【図10】実施例1および比較例1におけるマスクの遮光領域の間隔と得られたマイクロレンズの間隔との関係を示すグラフである。

【図11】従来のマイクロレンズの製造方法を説明するためのフロー図である。

【図12】従来のマスクの一例を示す模式図である。

50

【図13】(a)、(b)は、従来のマイクロレンズの形状を示す模式図である。(c)は、望ましいマイクロレンズの形状を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

(実施形態1)

本発明の一実施形態を図1、図2を用いて説明する。図1は、本実施形態のプロセスフローを説明するための断面模式図であり、図2は、実施形態1で用いられるマスクの一例を示す模式図である。

【0023】

まず、感光性のマイクロレンズ材料20を基板1上に塗布する(図1(a))。マイクロレンズ材料20としては、マイクロレンズの製造に用いられる種々公知の材料で感光性を有するものを用いることができ、例えば、アクリル系樹脂やフェノール系樹脂とキノンジアジド基含有の感光剤を含む材料が挙げられる。

【0024】

次に、マスク3を通して、マイクロレンズ材料20に光線(例えば、I線)41を照射する(図1(b))。ここで用いられるマスク3は、図2に示されるように、遮光領域(黒色の部分)31からなるメインレイアウトおよび遮光領域32からなるサブレイアウトを有している。この遮光領域31、32によって、光線41が部分的に遮蔽され(パターン化され)た状態でマイクロレンズ材料20に照射される。

【0025】

次に、現像液(例えば、テトラメチルアンモニウムヒドロキシドの水溶液)で現像することにより感光部21を除去することにより、レンズの元となるパターン22、23が形成される(図1(c))。図1(c)のパターン22、23は、マスク3の遮光領域31、32が転写された形となる。

【0026】

次に、パターン22、23が形成された基板1の全面に、光線42(I線を含む光線)を照射する(図1(d))。この処理により、パターン22、23は、内部にある感光基が反応して耐熱性が低下する。次に、パターン22、23に加熱処理を行うことにより熱だれを起こさせ、マイクロレンズ24の形状とする(図1(e))。

【0027】

このとき、体積の大きいパターン22が先に熱だれを起こすため、熱だれを起こしにくいパターン23によって、パターン22の熱だれの範囲が一定の範囲に制限される。これにより、熱だれの範囲を厳密に制御することができるため、従来よりも狭い間隔のレイアウトを有するマイクロレンズを製造することが可能となる。なお、体積の小さいパターン23の熱だれがパターン22の熱だれよりも遅くなる原因は、体積の小さいパターンの場合、基板界面での材料の流動にかかる力(押し出す力)が体積の大きいパターンと比較して小さいことが上げられる。また、加熱の初期の段階でパターン23の表面に皮膜のようなものが形成されることが観察されることより、さらに流動に対して保護されていると推測されるが、これについては詳細は明らかではない。

【0028】

このようにして形成された熱だれ後のマイクロレンズ24を冷却することにより、基板の上に複数のマイクロレンズが製造される。

【0029】

本発明のプロセスフローは、基本的に従来法と同じであるが、用いるマスクのレイアウトが従来のマスクとは異なっている。本発明のマスクは、該マスクに光線を照射したときに、メインレイアウトによってマイクロレンズの中央部に相当する位置に第1の光線パターンが得られ、サブレイアウトによって第1の光線パターンの周囲に前記第1の光線パターンとは分離された(解像された)第2の光線パターンが得られることを特徴とするマスクである。

【0030】

10

20

30

40

50

上述の本実施形態に用いられるマスクは、矩形の遮光領域 3 1 からなるメインレイアウトを有し、その周囲に別途細いライン状の遮光領域 3 2 からなるサブレイアウトを有している。かかるマスクを用いて、マイクロレンズ材料に（遮光領域 3 1 に対応する第 1 の非照射領域、および、遮光領域 3 2 に対応する第 2 の非照射領域を有する）パターン化された光線を照射することにより、マイクロレンズ材料からなるパターン 2 2 , 2 3 の各々が分離される（解像される）。

【 0 0 3 1 】

このことを図 5 を用いて具体的に説明する。図 5 は、本発明のマスク（図 5（a））、一般的な従来 of マスク（図 5（b））、および、特許文献 2 で用いられている従来 of マスク（図 5（c）、図 5（d））を用いてパターンニング露光を行った場合における、マスク 3 , 3 0 の形状に対応した光学強度（縦軸）の分布を示す。

10

【 0 0 3 2 】

図 5（a）に示されるように、本発明のマスク 3 による光学強度は、メインレイアウト（遮光領域 3 1）とサブレイアウト（遮光領域 3 2）に対応する部分とそれ以外の部分との光学強度のコントラストが大きくなっている。このため、かかるマスクを用いた露光および現像後に基板上に形成されるマイクロレンズ材料のパターン（図 1 のパターン 2 2 , 2 3）は、個々のマイクロレンズ（画素）について各々分離されることとなる（2 つのパターン 2 2 , 2 3 が 1 つのマイクロレンズに対応している）。

【 0 0 3 3 】

このような各パターンの分離のためには、メインレイアウト（遮光領域 3 1）とサブレイアウト（遮光領域 3 2）と間に一定以上の間隔を有する必要がある。パターン 2 2 , 2 3 の各々が分離されるためには、例えば、遮光領域 3 1（メインレイアウト）と遮光領域 3 2（サブレイアウト）との間隔が、光線 4 1 の波長の 0 . 7 倍以上であることが好ましく、より好ましくは 1 . 0 倍以上である。ただし、間隔を広げすぎると、メインレイアウトにより形成されるパターンが、熱だれ後の基板との接触角が小さい状態、もしくはレンズ高さを確保できない状態で、サブレイアウトの熱だれとマージされるため、まるいお椀型のレンズにならない。

20

【 0 0 3 4 】

本発明のマスクにおいて、メインレイアウト（遮光領域 3 1）とサブレイアウト（遮光領域 3 2）との間の最適な間隔は、使用する光線の波長や、使用するマイクロレンズ材料（後述のフォトリソ材料）などに応じて決定される。例えば、I 線（波長）を用いる場合、0 . 3 ~ 0 . 5 μm の間隔が好ましい。

30

【 0 0 3 5 】

一方、図 5（b）は、一般的な従来例のマスクを用いた場合の光学強度の分布を示す。かかるマスクを用いた露光および現像後に基板上に形成されるマイクロレンズ材料のパターンは、マイクロレンズ（画素）1 個につき 1 つとなる。

【 0 0 3 6 】

また、図 5（c）、図 5（d）は、特許文献 2（特開平 1 0 - 7 4 9 2 7 号公報）で用いられている従来 of マスクを用いた場合の光学強度の分布を示す。図 5（c）のマスク 3 0 は、遮光領域 3 1 と、その周辺に遮光領域 3 1 から遠くなるほど光の透過度が高くなるように形成される遮光領域 3 2 とを有するマスクである。図 5（d）のマスク 3 0 は、図 5（c）のマスクと同様の効果（光強度分布）を呈するハーフトーンマスクである。図 5（c）および図 5（d）に示されるように、これらのマスクを用いた場合の光強度分布は、図 5（b）とは異なっているが、図 5（b）の一般的な従来 of マスクを用いた場合と同様に、露光および現像後に基板上に形成されるマイクロレンズ材料のパターンは、マイクロレンズ（画素）1 個につき 1 つとなる。

40

【 0 0 3 7 】

本発明のマスクを用いてパターン化された光線をマイクロレンズ材料に照射し、現像することにより、マイクロレンズ材料の分離したパターン（図 1 のパターン 2 2 , 2 3）を形成した場合、熱だれ時に各々のパターンが、互いに影響することなく独立して熱だれ現

50

象が起こる。熱だれの現象の特徴として、材料の軟化点より十分に高くない温度では、一定の時間での、個々のパターンの体積や幅の違いによって熱だれ量が異なり、体積が大きく幅が大きいパターンほど熱だれ量が大きくなる。

【0038】

したがって、本実施形態においては、図2に示されるマスク3の遮光領域31の面積が遮光領域32の面積より大きいことが好ましい。すなわち、本発明に用いられるマスクは、光線を照射した際にメインレイアウトによって得られる第1の光線パターン（例えば、第1の非照射領域）の面積が、サブレイアウトによって得られる第2の光線パターン（例えば、第2の非照射領域）の面積よりも大きいかことが好ましい。もしくは、第1の光線パターンの幅が第2の光線パターンの幅よりも大きいことが好ましい。

10

【0039】

このようなマスクを用いてパターンニング露光を行った場合、パターン22の面積はパターン23の面積よりも大きくなるが、内側の熱だれ量の大きいパターン22は直ぐに外側のパターン23にくっつくが、外側の熱だれ量の小さいパターン23がパターン22の液だれの範囲を制限する堤防の役割を担い、徐々にマイクロレンズ間の間隔を縮め、マイクロレンズの寸法精度を向上させることができる。また、得られるマイクロレンズのエッジ部分の形状を、基板に対する接触角が小さくならないように保つことができる。

【0040】

これらの効果は、樹脂や溶媒を含む混合物の熱による軟化が寄与するため、材料の化学的性質より物理的性質に因るところが大きく、材料組成および熱処理条件により熱だれ量を制御できるものである。従って、上述のアクリル系樹脂とキノンジアジド含有の感光剤から構成される感光剤を含む感光性マイクロレンズ材料に限らず、フェノール樹脂系など他の樹脂系と感光剤との組み合わせからなる感光性マイクロレンズ材料を用いることもできる。

20

【0041】

本発明のマイクロレンズ材料に照射される光線としては、I線、KrF線、G線などが挙げられるが、好ましくはI線である。本発明によれば、I線を用いた場合に得られる熱だれ前のマイクロレンズの解像力（マイクロレンズの最小の間隔）は約 $0.35\mu\text{m}$ であり、条件の最適化により $0.2\mu\text{m}$ 以下とすることも可能である。また、KrF線を用いた場合に得られるマイクロレンズの解像力は約 $0.2\mu\text{m}$ であり、条件の最適化により $0.12\mu\text{m}$ 以下とすることも可能である。

30

【0042】

（マスクの他の形態）

本実施形態で用いられるマスクとしては、図2に示されるマスク以外にも、図3、図4に示されるようなレイアウトを有するマスクを用いることができる。

【0043】

図3に示されるマスクは、矩形の遮光領域31の周囲に棒状の遮光領域32が配置されたレイアウトを有する。マイクロレンズのレイアウトの都合により、各マイクロレンズの間の隙間が交差する部分のスペースを広くしたい場合などに、かかるレイアウトのマスクを用いることが有用である。

40

【0044】

図4に示されるマスクは、図2に示されるマスクと比べて、遮光領域32の角が面取された形状である点が異なっている。このようなレイアウトを有するマスクを用いることも、最終的に得られるマイクロレンズのレイアウトを制御する上で有用である。

【0045】

なお、本発明のマスクは、マイクロレンズに要求される様々なレイアウトに対応するために、マスク上にサイズ・形状の異なる様々なパターンが配置されたレイアウトとしてもよい。かかるレイアウトを有するマスクは、マイクロレンズ以外にも、他のパターン形状をコントロールすることにも応用することができる。

【0046】

50

さらに、上記以外にも、サブレイアウトの周囲にさらに別のサブレイアウトが配置されているような、複数のサブレイアウトがメインレイアウトの周囲に多重に配置されたマスクも本発明に包含される。ただし、この場合でも、かかるマスクに光線を照射したときに、メインレイアウトによってマイクロレンズの中央部に相当する位置に得られる第1の光線パターン（例えば、第1の非照射領域）と、少なくとも最も外側に配置されたサブレイアウトによって得られる第2の光線パターン（例えば、第2の非照射領域）とは、分離され（解像され）ていることが必要である。

【0047】

（実施形態2）

実施形態1では、感光性マイクロレンズ材料を直接パターニングする例について述べたが、本実施形態では、マイクロレンズ材料の塗膜の上に所望のマイクロレンズと同じ形状のフォトリソを形成された後に、該フォトリソをマスクに用いたエッチングによりマイクロレンズが製造される。

10

【0048】

具体的には、基板上にマイクロレンズ材料の塗膜を形成した後に、さらにその上に感光性のフォトリソ材料の塗膜を形成する。そして、該フォトリソ材料の塗膜を、実施形態1と同様のマスクを用いたプロセスフローによって所望のマイクロレンズと同じ形状のフォトリソを作成する。このフォトリソを用いて下層のマイクロレンズ材料をエッチングすることにより、該フォトリソと同様のパターン形状をマイクロレンズ材料に転写することができる。

20

【0049】

本実施形態を図6を用いてより詳細に説明する。図6は、本実施形態のプロセスフローを説明するための断面模式図である。

【0050】

まず、非感光性のマイクロレンズ材料20を基板1上に塗布し、さらにその上にフォトリソ材料50を塗布する（図6（a））。マイクロレンズ材料20としては、実施形態1と同様の材料を用いることもできるが、その場合にはマイクロレンズ内の感光基に光をあてることにより脱色させる必要がある。

【0051】

次に、マスク3を通して、フォトリソ材料50に光線（例えば、I線）41を照射する（図6（b））。ここで用いられるマスク3は、実施形態1と同様のメインレイアウトおよびサブレイアウトを有するマスクである。この遮光領域31、32によって、光線41が部分的に遮蔽され（パターン化され）た状態でフォトリソ材料50に照射される。

30

【0052】

次に、現像液で現像し感光部51を除去することにより、フォトリソの元となるパターン52、53が形成される（図6（c））。図6（c）のパターン52、53は、マスク3の遮光領域が転写された形となる。

【0053】

次に、パターン52、53が形成された基板1の全面に、光線42（例えば、I線を含む光線）を照射する（図6（d））。この処理により、パターン52、53は、内部にある感光基が反応して耐熱性が低下する。次に、パターン52、53に加熱処理を行うことにより熱だれを起こさせ、所望のマイクロレンズと同じ形状のフォトリソ54が形成される（図6（e））。

40

【0054】

このとき、体積の大きいパターン52が先に熱だれを起こすため、熱だれを起こしにくいパターン53によって、パターン52の熱だれの範囲が一定の範囲に制限される。これにより、熱だれの範囲を厳密に制御することができるため、従来よりも狭い間隔のレイアウトを有するマイクロレンズと同じ形状のフォトリソを製造することが可能となる。なお、体積の小さいパターン53の熱だれがパターン52の熱だれよりも遅くなる原因は

50

、体積の小さいパターンの場合、基板界面での材料の流動にかかる力（押し出す力）が体積の大きいパターンと比較して小さいことが挙げられる。また、加熱の初期の段階でパターン53の表面に皮膜のようなものが形成されることが観察されることより、さらに流動に対して保護されていると推測されるが、これについては詳細は明らかではない。

【0055】

このようにして形成された熱だれ後のフォトレジスト54を冷却することにより、マイクロレンズ材料20の上に所望のマイクロレンズと同形状のフォトレジスト54が製造される。

【0056】

かかるフォトレジスト54を用いて、種々公知のエッチング技術により、フォトレジスト54の形状をマイクロレンズ材料20に転写することで、フォトレジスト54と同じ形状のマイクロレンズ24が製造される。したがって、本実施形態においても、実施形態1と同様に、従来よりも狭い間隔のレイアウトを有するマイクロレンズを製造することが可能となる。

【0057】

（実施形態3）

以下、上述の実施形態1および2などの本発明の製造方法によって得られたマイクロレンズを備えた撮像素子の一実施形態について、図7を用いて説明する。

【0058】

図7に示される撮像素子は、フォトダイオード101を有するフォトダイオード基板10の上に、配線111を有する配線層11、カラーフィルタ12、および、平坦化層13をこの順で備えた基板1を含んでなる。本発明の製造方法を用いて、かかる基板1の上（平坦化層13側）に、フォトダイオード101、配線11、カラーフィルタ12のレイアウトに応じた所望のレイアウトを有するマイクロレンズを形成することができる。

【実施例】

【0059】

（実施例1）

本実施例では、図2と同様の図8に示されるマスクを用いて、実施形態1の製造方法に従ってマイクロレンズを製造した。

【0060】

マイクロレンズ材料としては、アクリル系樹脂とキノンジアジド基含有の感光剤を含む感光性マイクロレンズ材料を使用した。該マイクロレンズ材料を基板上に膜厚2 μm で塗布した。

【0061】

図8に示されるマスクは、外側のライン状の遮光領域32の幅が0.5 μm であり、外枠の一辺が5.0 μm であり、内側の矩形（正方形）の遮光領域31の一辺が3.2 μm であり、遮光領域31と遮光領域32の間隔が0.4 μm であるマスクを用いた（図8（b）参照）。なお、隣り合う遮光領域32同士の間隔は0.5 μm である。この場合、同じ熱処理を行っても、得られるマイクロレンズ材料の外側のパターン23（ライン状の遮光領域32に対応する）の熱だれ量は少なく、内側のパターン22（矩形の遮光領域31に対応する）の熱だれ量が大きくなる。

【0062】

マイクロレンズ材料に照射する光線としてはI線を用いた。マイクロレンズ材料のパターンを形成した後、全面に光線（I線）を照射した後、ホットプレートで150～200の加熱処理（ベーク処理）を8分間行った。

【0063】

このようにして形成された図1（e）に示される状態のマイクロレンズを、基板上面から走査型電子顕微鏡で観察したときの写真を図8（a）に示す。このときのマイクロレンズの間隔は0.1 μm となっていた。

【0064】

10

20

30

40

50

(比較例1)

比較例1では、図12に示される従来のマスクを用いた以外は、実施例1と同様にして、マイクロレンズを製造した。なお、図12に示す遮光領域31(黒パターン)の形状が $4.9\mu\text{m} \times 4.9\mu\text{m}$ の正方形であり、遮光領域31のピッチが $5.5\mu\text{m}$ (遮光領域31の間隔が $0.6\mu\text{m}$)であるマスクを使用した。

【0065】

図11(e)に示される状態のマイクロレンズを、基板上面から走査型電子顕微鏡で観察したときの写真を図9に示す。図9に示されるように、マイクロレンズの間隔は約 $0.2\mu\text{m}$ であった。また、マイクロレンズ間のスペースの交差部分において、さらに間隔が広がっていた。

10

【0066】

同様にして、図12に示す遮光領域31の形状が $5.0\mu\text{m} \times 5.0\mu\text{m}$ の正方形であり、遮光領域31の間隔が 0.4 、 0.5 、 0.6 、 0.7 、 0.8 、 0.9 および $1.0\mu\text{m}$ である(遮光領域31のピッチは 5.4 、 5.5 、 5.6 、 5.7 、 5.8 、 5.9 、 $6.0\mu\text{m}$)マスクを使用して、マイクロレンズを製造し、得られたマイクロレンズの間隔を測定した。

【0067】

実施例1および比較例1において使用した各マスクの遮光領域の間隔と、得られたマイクロレンズの間隔との関係を図10に示す。図10に示されるように、比較例1においては、マスクの遮光領域の間隔が $0.6\mu\text{m}$ から $0.5\mu\text{m}$ になるところで、得られるマイクロレンズの間隔が急に狭くなり、マイクロレンズ同士がブリッジしてしまう現象が起るため、マイクロレンズの間隔を $0.2\mu\text{m}$ より狭くすることは難しい。これに対して、実施例1においては、マスクの遮光領域の間隔を $0.5\mu\text{m}$ とした場合でも、マイクロレンズ同士がブリッジすることなく、マイクロレンズの間隔を $0.1\mu\text{m}$ とすることが可能であることが分かる。

20

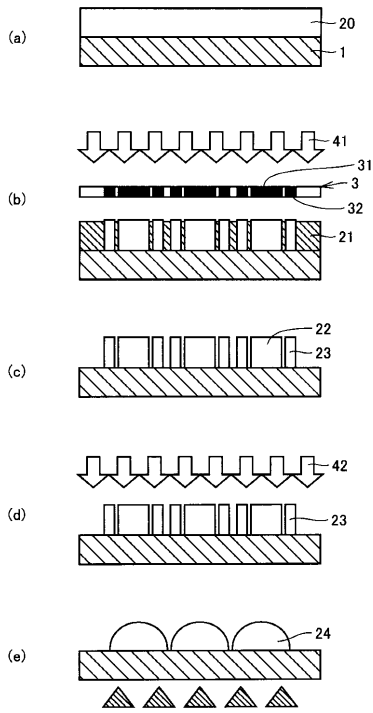
【符号の説明】

【0068】

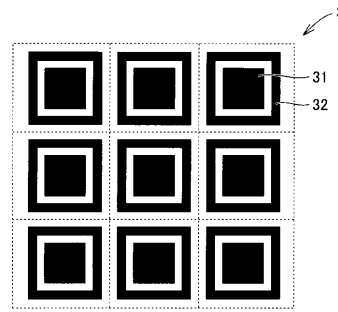
1 基板、10 フォトダイオード基板、101 フォトダイオード、11 配線層、111 配線、12 カラーフィルタ、13 平坦化層、20 マイクロレンズ材料、21 感光部、22, 23 パターン、24 マイクロレンズ、3, 30 マスク、31 遮光領域(メインレイアウト)、32 遮光領域(サブレイアウト)、41, 42 光線、50 フォトレジスト材料、51 感光部、52, 53 パターン、54 マイクロレンズ状フォトレジスト。

30

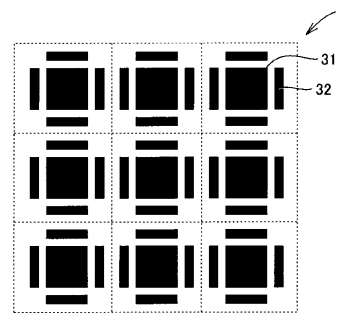
【 図 1 】



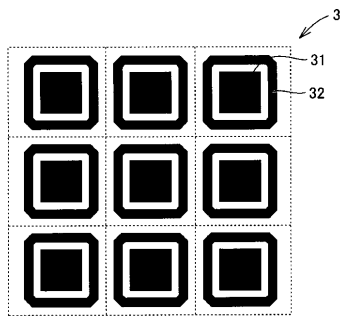
【 図 2 】



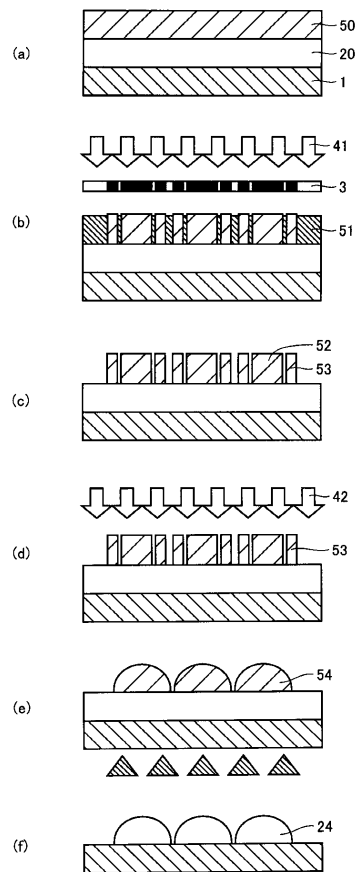
【 図 3 】



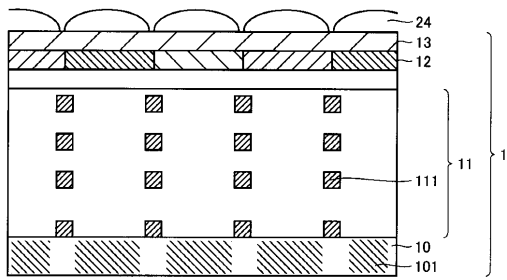
【 図 4 】



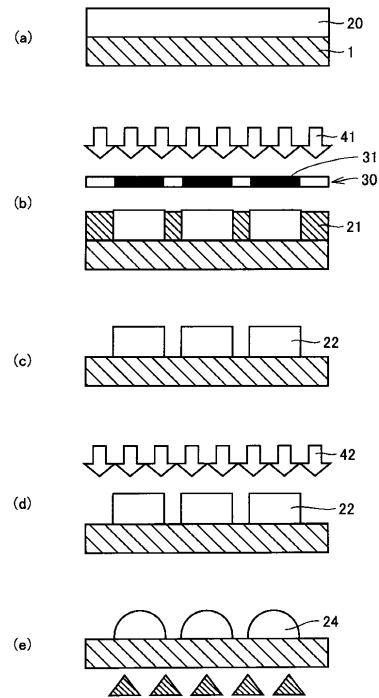
【 図 6 】



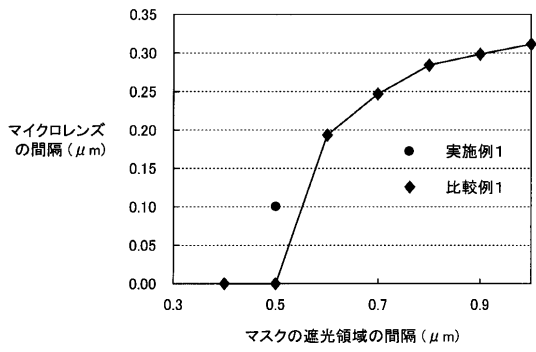
【図7】



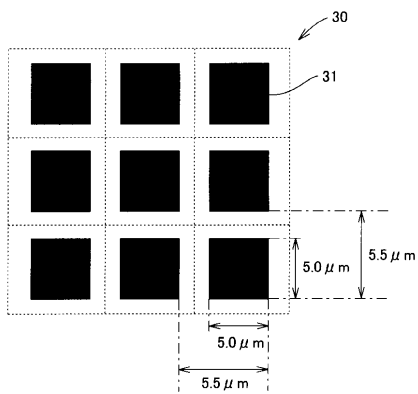
【図11】



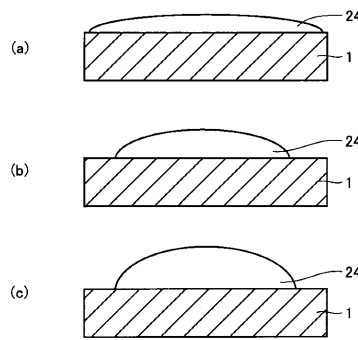
【図10】



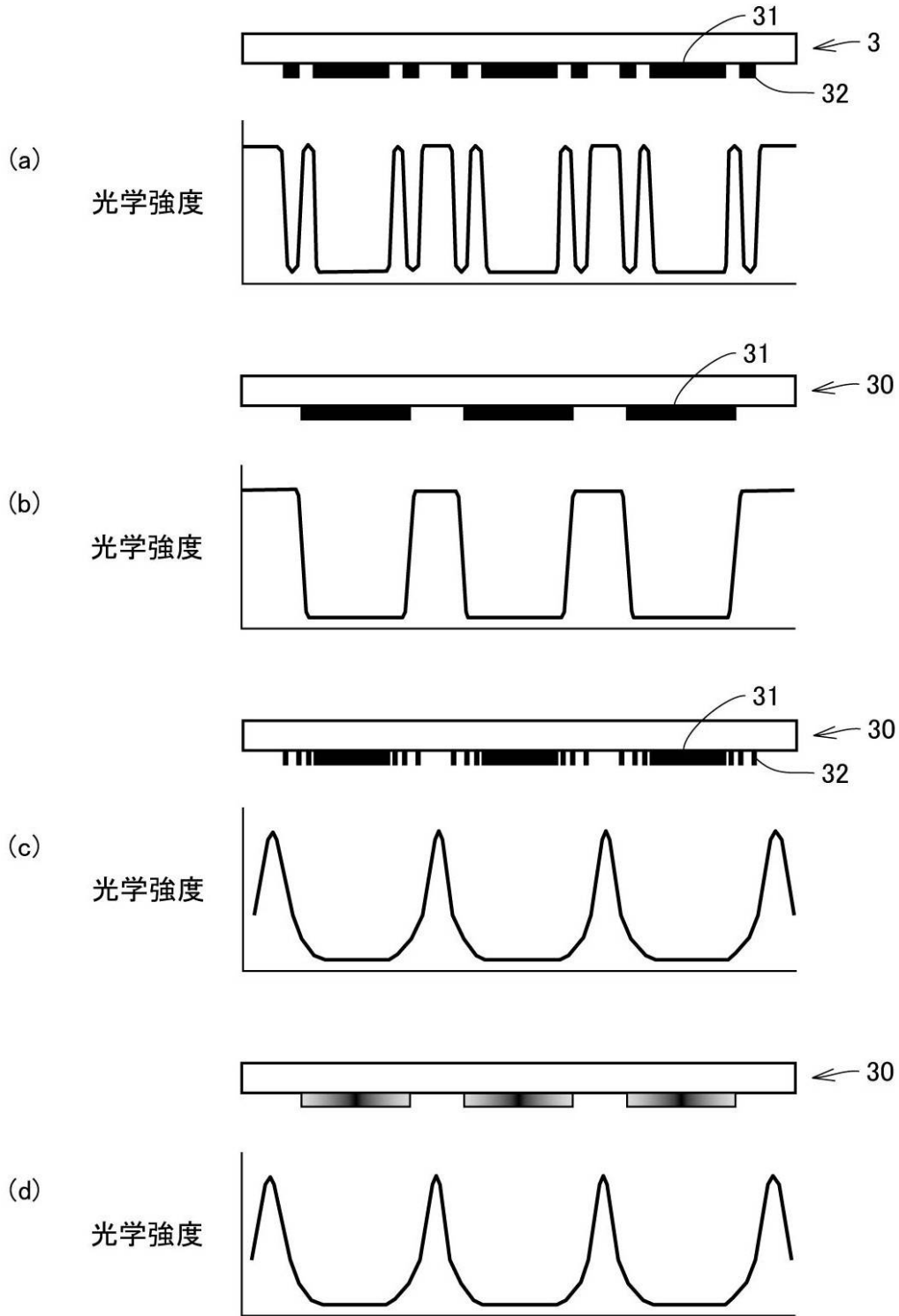
【図12】



【図13】

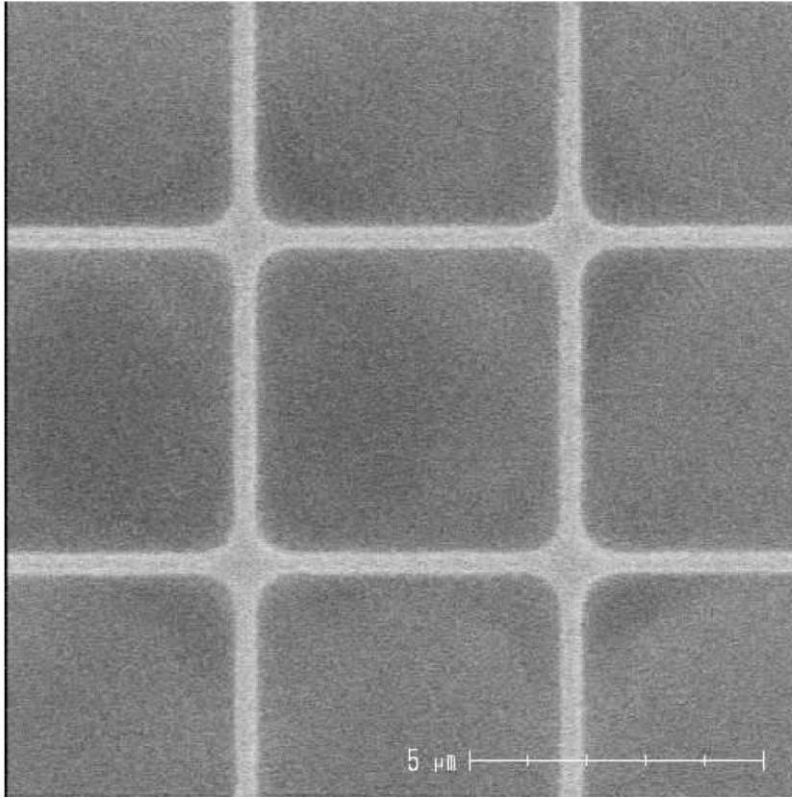


【 図 5 】

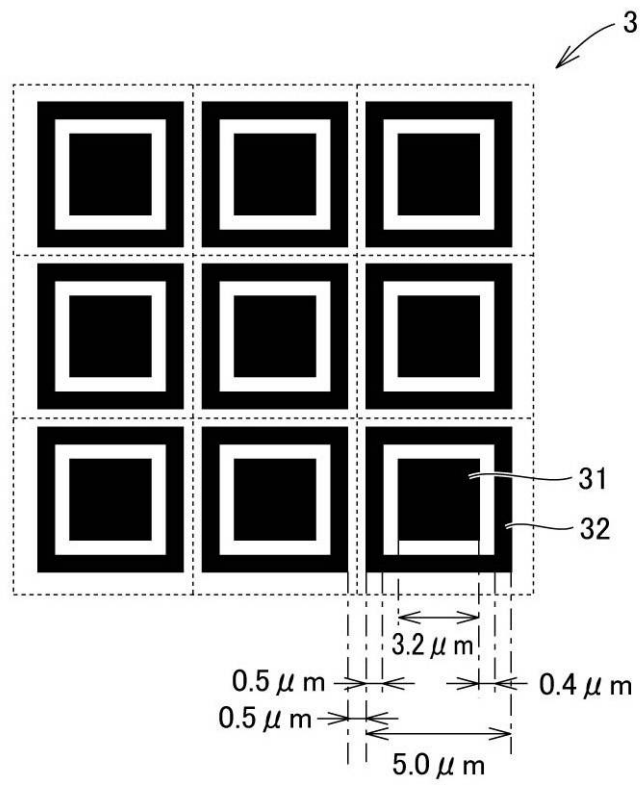


【 図 8 】

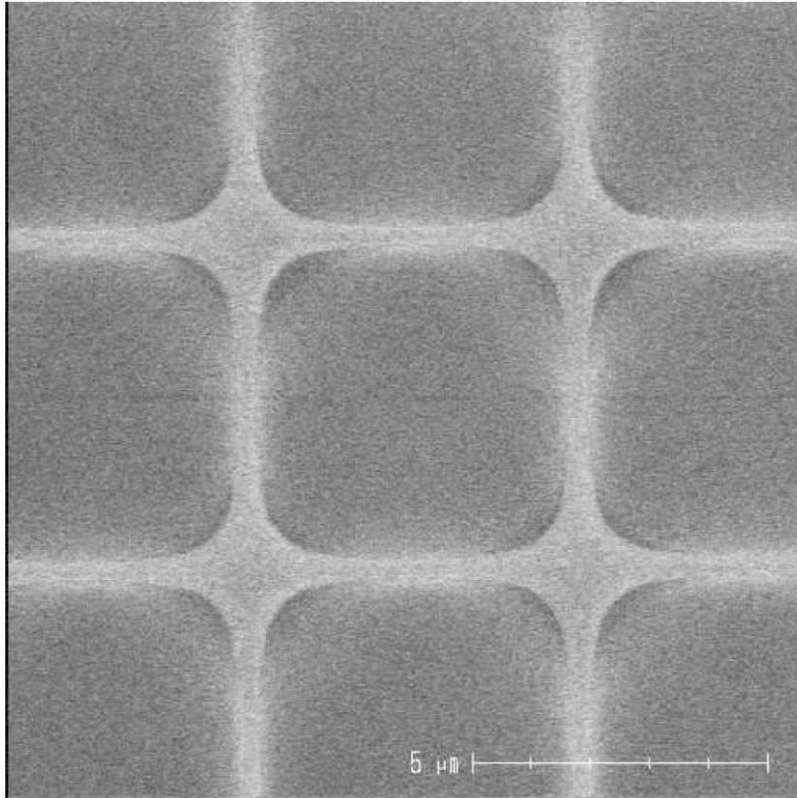
(a)



(b)



【図 9】



フロントページの続き

(74)代理人 100124523

弁理士 佐々木 真人

(72)発明者 小川 佐知子

神奈川県川崎市中原区下沼部1753番地 ルネサスエレクトロニクス株式会社内

審査官 小川 将之

(56)参考文献 特表2009-507669(JP,A)

特開2002-006472(JP,A)

特開2002-323747(JP,A)

特開2004-240287(JP,A)

米国特許出願公開第2004/0263985(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 27/14

G02B 3/00

G03F 7/20

H01L 31/10