

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6332758号

(P6332758)

(45) 発行日 平成30年5月30日 (2018. 5. 30)

(24) 登録日 平成30年5月11日 (2018. 5. 11)

(51) Int. Cl.	F 1
G 0 3 F 7/20 (2006. 01)	G 0 3 F 7/20 5 0 3
G 0 2 B 19/00 (2006. 01)	G 0 2 B 19/00
G 0 2 B 5/10 (2006. 01)	G 0 2 B 5/10 Z

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2015-511982 (P2015-511982)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成25年4月30日 (2013. 4. 30)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2015-517733 (P2015-517733A)		ムベーパー
(43) 公表日	平成27年6月22日 (2015. 6. 22)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オーバー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/059016		コッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02013/171071		ーセ 2
(87) 国際公開日	平成25年11月21日 (2013. 11. 21)	(74) 代理人	100092093
審査請求日	平成28年4月28日 (2016. 4. 28)		弁理士 辻居 幸一
(31) 優先権主張番号	102012208064.3	(74) 代理人	100082005
(32) 優先日	平成24年5月15日 (2012. 5. 15)		弁理士 熊倉 禎男
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(74) 代理人	100067013
(31) 優先権主張番号	61/646965		弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成24年5月15日 (2012. 5. 15)	(74) 代理人	100086771
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 西島 孝喜

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 E U V 投影リソグラフィのための照明光学ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リソグラフィマスク (7) を配置することができる物体視野 (5) に照明光 (16) を案内するための E U V 投影リソグラフィのための照明光学ユニット (4) であって、

少なくとも 2 つの傾斜位置の間で切り換えることができ、照明光部分ビームを前記物体視野 (5) に案内するための個々のミラー照明チャネル (35 a) を与える多数の個々のミラー (26) を含む第 1 のファセットミラー (19 ; 36) を有し、

前記照明光 (16) のビーム経路内で前記第 1 のファセットミラー (19 ; 36) の下流に配置され、かつ群ミラー照明チャネル (35) を通じた前記物体視野 (5) 内への該第 1 のファセットミラー (19 ; 36) の、前記個々のミラー (26) を複数含むミラー群 (24 a) の結像にそれぞれ寄与する複数のファセット (34) を有する第 2 のファセットミラー (20) であって、個々の該ミラー群 (24 a) の該像が、該物体視野 (5) 内で互いの上に重ね合わされる前記第 2 のファセットミラー (20) を有し、

前記個々のミラー (26) の少なくとも一部 (26₀) が、該個々のミラーのそれぞれの前記傾斜位置に応じて少なくとも 1 つの専用群ミラー照明チャネル (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) を通じて少なくとも 1 つの専用の第 2 のファセット (34₁, 34₃) にそれぞれ関連付けることができる前記個々のミラー群 (24 a₁, 24 a₄; 24 a₁, 24 a₃) のうちの少なくとも 2 つの異なる群に属し、

前記第 1 のファセットミラー (19 ; 36) の前記個々のミラー (26) のうちの過半数が、専用群ミラー照明チャネル (35₁, 35₄; 35₁, 35₃) を通じて専用の第 2 の

10

20

ファセット ($34_1, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた前記個々のミラー群のうちの少なくとも2つ ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) に属し、

前記個々のミラー群 ($24a$) の前記像は、前記物体視野 (5) の寸法 (x, y) について同じアスペクト比を有する、

ことを特徴とする照明光学ユニット (4)。

【請求項2】

前記第1のファセットミラー ($19; 36$) の前記個々のミラー (26) の少なくとも一部が、専用群ミラー照明チャネル ($35_1, 35_4; 35_1, 35_3$) を通じて専用の第2のファセット ($34_1, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた前記個々のミラー群のうちのちょうど2つ ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) に属することを特徴とする請求項1

10

【請求項3】

前記第1のファセットミラー ($19; 36$) の前記個々のミラー (26) のうちの過半数が、専用群ミラー照明チャネル ($35_1, 35_4; 35_1, 35_3$) を通じて専用の第2のファセット ($34_1, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた前記個々のミラー群のうちのちょうど2つ ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) に属することを特徴とする請求項2に記載の照明光学ユニット。

【請求項4】

前記第1のファセットミラー ($19; 36$) の前記個々のミラー (26) のうちのいずれも、専用群ミラー照明チャネル ($35_1, 35_4; 35_1, 35_3$) を通じて専用の第2のファセット ($34_1, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた前記個々のミラー群のうちの2つ ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) よりも多いものに属さないことを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

20

【請求項5】

専用群ミラー照明チャネル ($35_1, 35_4; 35_1, 35_3$) を通じて専用の第2のファセット ($34_1, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた2つの個々のミラー群 ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) が、該2つの個々のミラー群 ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) の前記個々のミラー (26) の全てのうちの20%と80%の間のもものが両方の個々のミラー群 ($24a_1, 24a_4; 24a_1, 24a_3$) に同時に属するように互いに重なることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の照明光学ユニット

30

【請求項6】

専用群ミラー照明チャネル ($35_1, 35_4, 35_5; 35_1, 35_2, 35_3$) を通じて専用の第2のファセット ($34_1, 34_4, 34_5; 34_1, 34_2, 34_3$) にそれぞれ関連付けられた3つの個々のミラー群 ($24a_1, 24a_4, 24a_5; 24a_1, 24a_2, 24a_3$) が、該3つの個々のミラー群 ($24a_1, 24a_4, 24a_5; 24a_1, 24a_2, 24a_3$) のうちの第1の群 ($24a_4; 24a_1$) が該3つの個々のミラー群のうちの第2の群 ($24a_1; 24a_3$) に重なり、かつ該3つの個々のミラー群のうちの該第2の群 ($24a_1; 24a_3$) が該3つの個々のミラー群のうちの第3の群 ($24a_5; 24a_2$) に重なるように互いに重なり、

40

前記3つの個々のミラー群のうちの前記第1の群 ($24a_4; 24a_1$) 及び前記第3の群 ($24a_5; 24a_2$) は、互いに重なり合わない、

ことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

【請求項7】

請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の照明光学ユニットを有し、

物体視野 (5) を像視野 (11) に結像するための投影光学ユニット (10) を有する、

ことを特徴とする照明系。

【請求項8】

請求項7に記載の照明系 (3) を有し、

50

EUV光源(2)を有し、

物体変位ドライブ(9)を用いて変位方向(y)に沿って変位可能である物体視野(5)に物体(7)を保持するための物体ホルダ(8)を有し、

ウェーハ変位ドライブ(15)を用いて前記変位方向(y)に沿って変位可能である像視野(11)にウェーハ(13)を保持するためのウェーハホルダ(14)を有する、

ことを特徴とする投影露光装置。

【請求項9】

個々のミラー群(24a)のうちの少なくとも2つが、前記変位方向(y)に沿って互いに重なることを特徴とする請求項8に記載の投影露光装置。

【請求項10】

微細構造化又はナノ構造化構成要素を生成する方法であって、

感光材料の層が少なくとも部分的に塗布されたウェーハ(13)を与える段階と、

結像される構造を有するレチクル(7)を与える段階と、

請求項8又は請求項9に記載の投影露光装置(1)を与える段階と、前記投影露光装置(1)の投影光学ユニット(10)を用いて前記レチクル(7)の少なくとも一部を前記層の領域上に投影する段階と、

を含むことを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

ドイツ特許出願DE 10 2012 208 064.3の内容が引用によって組み込まれている。

【0002】

本発明は、リソグラフィマスクを配置することができる物体視野に照明光を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニットに関する。これに加えて、本発明は、そのような照明光学ユニットと物体視野を像視野に結像するための投影光学ユニットとを有する照明系に関する。更に、本発明は、そのような照明系を有する投影露光装置、そのような投影露光装置を用いて微細構造化又はナノ構造化構成要素、特に半導体チップを生成する方法、及びこうして生成された微細構造化又はナノ構造化構成要素に関する。

【背景技術】

【0003】

冒頭に示したタイプの照明光学ユニットは、US 2011/0001947 A1から公知である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】DE 10 2012 208 064.3

【特許文献2】US 2011/0001947 A1

【特許文献3】US 6,859,515 B2

【特許文献4】EP 1 225 481 A

【特許文献5】WO 2009/100 856 A1

【特許文献6】US 6,438,199 B1

【特許文献7】US 6,658,084 B2

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、異なる照明幾何学形状又は照明設定を設定するときの柔軟性が高められるような冒頭に示したタイプの照明光学ユニットを開発することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

10

20

30

40

50

本発明により、この目的は、リソグラフィマスクを配置することができる物体視野に照明光を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニットであって、

少なくとも2つの傾斜位置の間で切り換えることができ、照明光部分ビームを前記物体視野に案内するための個々のミラー照明チャンネルを与える多数の個々のミラーを含む第1のファセットミラーを有し、

前記照明光のビーム経路内で前記第1のファセットミラーの下流に配置され、かつ群ミラー照明チャンネルを通じた前記物体視野内への該第1のファセットミラーの前記個々のミラーの群の結像にそれぞれ寄与する複数のファセットを有する第2のファセットミラーであって、該個々のミラー群の該像が、該物体視野内で互いの上に重ね合わされる前記第2のファセットミラーを有し、

10

前記個々のミラーの少なくとも一部が、該個々のミラーのそれぞれの前記傾斜位置に応じて少なくとも1つの専用群ミラー照明チャンネルを通じて少なくとも1つの専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けることができる前記個々のミラー群のうちの少なくとも2つの異なる群に属する、

ことを特徴とする照明光学ユニットによって達成することができる。

【0007】

本発明は、各個々のミラーが厳密に1つの個々のミラー群だけに関連付けられた特定の個々のミラー群への第1のファセットミラーの全ての個々のミラーの固定された割り当てを指示することから解放される。本発明による照明光学ユニットでは、個々のミラーの傾斜は、個々のミラー照明チャンネルを通じて関連付けられた第2のファセットの間の変更を
20
もたらしことができるだけでなく、少なくとも1つの群照明チャンネルを通じて少なくとも1つの第2のファセットに関連付けられたそれぞれ1つの個々のミラー群への個々のミラーのグループ割り当てを変更することができる。個々のミラーの傾斜位置に応じて、1つの同じ個々のミラー群をそれぞれ1つの群照明チャンネルを通じて異なる第2のファセットに関連付けることができる。個々のミラーの少なくとも一部が、少なくとも2つの異なる個々のミラー群に属することができることの結果として、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた第1のファセットミラー内の所定の個数の個々のミラーの場合に、従来技術のグループ割り当ての場合に可能であったものよりも遙かに多数の個々のミラー群を形成することができる。従って、所定の個数の個々のミラーを有する第1のファセットミラーを用いて、それぞれの群ミラー照明チャンネル
30
を通じて遙かに多数の第2のファセットを照明することができる。それに応じて、原理的に第2のファセットミラーのファセットを通じて照明視野内に個々のミラー群を結像することによって得ることができる照明角度分布の個数及び従って利用可能な照明幾何学形状又は照明設定の個数の増加がある。それとは逆に、より少数の個々のミラーを有する第1のファセットミラーを用いて、所定の個数の必要とされる照明角度分布を得ることができる。第2のファセットミラーのファセットは、個々に又は照明光学ユニットのその後の構成要素と相互作用して、第1のファセットミラーのそれぞれの個々のミラー群を照明視野に結像することに寄与することができる。群ミラー照明チャンネルは、第2のファセットミラーの関連付けられたファセットを通じての結像の結果として全体の照明視野を照明する上で互いに相補し合う個々のミラー群の全ての個々のミラー照明チャンネルの総計である。
40
個々のミラー群は、物体視野が配置されるか又は物体視野と一致する照明視野の原像であると考えることができる。これらの原像は、それぞれ実質的に同じアスペクト比を有する。個々のミラー群もまた、それぞれ実質的に同じアスペクト比を有する。それぞれの個々のミラー群を物体視野に結像するとき個々のミラーの傾斜位置に依存するビーム幾何学形状の変化の結果として発生するアスペクト比の差は、本明細書では考慮しないままに留める。照明視野の照明は、次に、照明視野内での原像の重ね合わせを構成し、原像は、いかなる場合にも物体視野内で一致する。異なる個々のミラー群は、同じ個々のミラーで構成されない個々のミラー群である。すなわち、異なる個々のミラー群の場合に、両方の個々のミラー群に同時に属さない少なくとも1つの個々のミラーが常に存在する。既に上述したように、1つの同じ個々のミラー群は、傾斜位置に依存して異なる第2のファセット
50

に関連付けることができる。それぞれの個々のミラー群を形成するための個々のミラーの割り当て及びそれぞれの第2のファセットへのそれぞれの個々のミラー群の割り当ては、それぞれ形成される個々のミラー群に属する個々のミラーの対応する位置又はスイッチ位置を指定することによってもたらされる。

【0008】

第1のファセットミラーの個々のミラーのうちの過半数が、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた個々のミラー群のうちの少なくとも2つに属する割り当ては、特に高い照明柔軟性に導くものである。

【0009】

第1のファセットミラーの個々のミラーの少なくとも一部が、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた個々のミラー群のうちのちょうど2つに属する割り当ては、それぞれの個々のミラーが、それぞれの群割り当てを達成するために過度に多くの異なる傾斜位置をとらなければならないことを回避する。対応する陳述は、第1のファセットミラーの個々のミラーのうちの過半数が、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた個々のミラー群のうちのちょうど2つに属する割り当てに適用される。

【0010】

第1のファセットミラーの個々のミラーのうちのいずれも、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた個々のミラー群のうちの2つよりも多いものに属さない割り当てでは、専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた個々のミラー群のうちの最大で2つの重なりが存在する。これはまた、個々のミラーの傾斜調節の要件を程よい程度に保つことに寄与する。

【0011】

専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた2つの個々のミラー群が、2つの個々のミラー群の個々のミラーの全てのうちの20%と80%の間のものが両方の個々のミラー群に同時に属するように互いに重なる重なりは、実際の用途に適することが見出されている。特に、重なり領域は、個々のミラーの全体の行又は列を含むことができる。

【0012】

専用群ミラー照明チャンネルを通じて専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた3つの個々のミラー群が、3つの個々のミラー群のうちの第1の群が3つの個々のミラー群のうちの第2の群に重なり、かつ3つの個々のミラー群のうちの第2の群が3つの個々のミラー群のうちの第3の群に重なり、更に、3つの個々のミラー群のうちの第1の群と第3の群が互いに重なり合わないような互いに重なる割り当ても、個々のミラーの傾斜機能に対する要件を程よい程度に保つ。

【0013】

本発明による照明光学ユニットと物体視野を像視野に結像するための投影光学ユニットとを有する照明系の利点と、本発明による照明系を有し、EUV光源を有し、物体変位ドライブを用いて変位方向に沿って変位可能である物体視野内に物体を保持するための物体ホルダを有し、ウェーハ変位ドライブを用いて変位方向に沿って変位可能である像視野内にウェーハを保持するためのウェーハホルダを有する投影露光装置の利点と、感光材料の層が少なくとも部分的に塗布されたウェーハを与える段階と、結像される構造を有するレチクルを与える段階と、本発明による投影露光装置を与える段階と、投影露光装置の投影光学ユニットを用いてレチクルの少なくとも一部を層の領域上に投影する段階とを含む微細構造化又はナノ構造化構成要素を生成する方法の利点と、本方法によって生成される構成要素の利点とは、本発明による照明光学ユニットを参照して上述したものに対応する。個々のミラー群のうちの少なくとも2つが変位方向に沿って互いに重なる投影露光装置の場合に、実質的に1つの軸の回りに傾斜可能であるように設計された個々のミラーを使用することができる。原理的には、個々のミラー群のうちの少なくとも2つが変位方向に対

10

20

30

40

50

して横断する方向に重なることも可能である。個々のミラー群のうちの少なくとも2つの変位方向に沿う及び横切る両方の同時重なりも可能である。

【0014】

本発明の例示的实施形態を図面に基づいて以下により詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】EUV投影リソグラフィのための投影露光装置を通る略子午断面図である。

【図2】個々のミラーからなり、かつ図1に記載の投影露光装置内での使用に向けて設計された視野ファセットミラーの区画の概略上面図である。

【図3】図2の視線方向IIIからの図2に記載のファセットミラーの個々のミラー行の区画の図である。

10

【図4】図3に示す個々のミラー行の個々のミラーから形成された行反射面の異なる形態を3つの異なる構成のうちの1つに非常に概略的に示す図である。

【図5】図3に示す個々のミラー行の個々のミラーから形成された行反射面の異なる形態を3つの異なる構成のうちの1つに非常に概略的に示す図である。

【図6】図3に示す個々のミラー行の個々のミラーから形成された行反射面の異なる形態を3つの異なる構成のうちの1つに非常に概略的に示す図である。

【図7】個々のミラー群の配置において個々のミラーの例示的グループ分けによる個々のミラーからなる視野ファセットミラーの実施形態の区画の上面図である。

【図8】個々のミラーのうちの一部が、同じく図8の左手側に上面図で例示する第2のファセットミラーの専用の第2のファセットと専用群ミラー照明チャネルを通じてそれぞれ関連付けられた少なくとも2つの異なる個々のミラー群に属するようなグループ分け割り当てによる個々のミラー群内の図2に記載のファセットミラーの個々のミラーの様々なグループ分けの例を示す図である。

20

【図9】個々のミラーのうちの一部が、同じく図9の左手側に上面図で例示する第2のファセットミラーの専用の第2のファセットと専用群ミラー照明チャネルを通じてそれぞれ関連付けられた少なくとも2つの異なる個々のミラー群に属するようなグループ分け割り当てによる個々のミラー群内の図2に記載のファセットミラーの個々のミラーの様々なグループ分けの例を示す図である。

【図10】個々のミラーのうちの一部が、同じく図10の右手側に上面図で例示する第2のファセットミラーの専用の第2のファセットにそれぞれ関連付けられた少なくとも2つの異なる個々のミラー群に属するような個々のミラーグループ分け割り当てによる個々のミラーからなる視野ファセットミラーの更に別の実施形態の区画の非常に概略的な上面図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0016】

図1は、マイクロリソグラフィのための投影露光装置1を子午断面に略示している。投影露光装置1は、放射線源2を含む。投影露光装置1の照明系3は、物体平面6の物体視野5と一致する照明視野を露光するための照明光学ユニット4を有する。照明視野は、物体視野5よりも大きいとすることができる。この場合に、露光されるものは、物体視野5に配置されて物体ホルダ又はレチクルホルダ8によって保持されたレチクル7の形態にある物体である。物体ホルダ8は、物体変位ドライブ9を用いて変位方向に沿って変位可能である。投影光学ユニット10は、物体視野5を像平面12の像視野11に結像するように機能する。レチクル7上の構造は、像平面12の像視野11の領域に配置されたウェーハ13の感光層上に結像される。ウェーハ13は、ウェーハホルダ14(同じく例示していない)によって保持される。ウェーハホルダ14もまた、ウェーハ変位ドライブ15を用いて物体ホルダ8と同期させて変位方向に沿って変位させることができる。

40

【0017】

放射線源2は、5nmと30nmの間の範囲の放出使用放射線を有するEUV放射線源である。この場合に、EUV放射線源は、プラズマ光源、例えば、GDP光源(ガス放

50

電生成プラズマ)又はL P P光源(レーザ生成プラズマ)を含むことができる。シンクロトロン又は自由電子レーザ(F E L)に基づく放射線源を放射線源2として使用することができる。一例として、当業者は、そのような放射線源に関する情報をUS 6,859,515 B2に見出すことができる。放射線源2によって放出されたE U V放射線16は、コレクター17によってフォーカスされる。対応するコレクターは、E P 1 225 481 Aから公知である。コレクター17の後に、E U V放射線16は、中間焦点面18を通して伝播し、その後に視野ファセットミラー19上に入射する。視野ファセットミラー19は、照明光学ユニット4の第1のファセットミラーである。視野ファセットミラー19は、図1には例示していない多数の個々のミラーを有する。視野ファセットミラー19は、物体平面6に対して光学的に共役である照明光学ユニット4の平面に配置される。

10

【0018】

以下に続く本文では、E U V放射線16を照明光又は結像光とも表している。

【0019】

視野ファセットミラー19の後に、E U V放射線16は、瞳ファセットミラー20によって反射される。瞳ファセットミラー20は、照明光学ユニット4の第2のファセットミラーである。瞳ファセットミラー20は、中間焦点面18及び投影光学ユニット10の瞳平面に対して光学的に共役であるか又はこの瞳平面と一致する照明光学ユニット4の瞳平面に配置される。瞳ファセットミラー20は、図1には例示していない複数の瞳ファセットミラー22、23、及び24を有する伝達光学ユニット21の形態にある下流結像光学アセンブリとを用いて、下記で尚もより詳細に説明する視野ファセットミラー19の個々のミラー群24a(図7を参照されたい)が物体視野5に結像される。伝達光学ユニット21の最後のミラー24は、かすめ入射ミラーである。

20

【0020】

位置関係の説明を簡単にするために、図1には、物体平面6と像平面12の間にある投影露光装置1の構成要素の位置関係の説明のための広域座標系として直交x y z座標系を描示している。図1では、x軸は、作図面と垂直に作図面に向けて延びている。y軸は、図1の右に向けて物体ホルダ8及びウェーハホルダ14の変位方向と平行に延びている。図1では、z軸は下向きに、すなわち、物体平面6及び像平面12と垂直に延びている。

30

【0021】

図2は、視野ファセットミラー19の設計の詳細を非常に概略的な図に示している。視野ファセットミラー19の全体の反射面25は、行と列に再分割され、個々のミラー26の格子が形成される。個々のミラー26の個々の反射面は平坦であり、湾曲していない。個々のミラー行27は、互いに直接隣り合って位置する複数の個々のミラー26を有する。1つの個々のミラー行27上には数十個から数百個の個々のミラー26を設けることができる。図2に記載の例では、個々のミラー26は正方形である。可能な限り少ない間隙を有する反射面20の占有を可能にする他の形状の個々のミラーを使用することができる。そのような代替の個々のミラー形状は、モザイク細工の数学理論から公知である。この点に関しては、WO 2009/100 856 A1に指定されている引用文献を参照されたい。

40

【0022】

視野ファセットミラー19の実施形態に基づいて、個々のミラー列28も同じく複数の個々のミラー26を有する。一例として、個々のミラー列28毎に数十個から数百個の個々のミラー26が設けられる。

【0023】

位置関係の説明を簡単にするために、図2には、ファセットミラー19の局所座標系として直交x y z座標系を描示している。ファセットミラー又はその区画を上面図に示すその後の図においても対応する局所x y z座標系を示している。図2では、x軸は、右に向けて水平に個々のミラー行27と平行に延びている。図2では、y軸は、上方に個々のミ

50

ラー列 28 と平行に延びている。z 軸は、図 2 の作図面と垂直に作図面から飛び出すように延びている。

【0024】

図 1 に記載の広域座標系の y 方向、すなわち、レチクル 7 及びウェーハ 13 の変位方向、すなわち、個々のミラーアレイの列方向は、互いに厳密に平行に延びる必要はなく、その代わりに例えば互いに対して小さい角度を取ることができる。

【0025】

視野ファセットミラー 19 の反射面 25 は、x 方向に x_0 という広がりを持つ。y 方向には、視野ファセットミラー 19 の反射面 25 は y_0 という広がりを持つ。

【0026】

視野ファセットミラー 19 の実施形態に基づいて、個々のミラー 26 は、例えば $500\mu\text{m} \times 500\mu\text{m}$ から例えば $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ までの領域内の x / y 広がりを持つ。個々のミラー 26 は、照明光 16 に対してフォーカス効果を持つように成形することができる。個々のミラー 26 のそのようなフォーカス効果は、照明光 16 による視野ファセットミラー 19 の発散照明が使用される場合は特に有利である。全体の視野ファセットミラー 19 は、実施形態に依存して例えば $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 又は $600\text{mm} \times 600\text{mm}$ の x_0 / y_0 広がりを持つ。個々のミラー群 24a (図 7 を参照されたい) は、一般的に $25\text{mm} \times 4\text{mm}$ 又は $104\text{mm} \times 8\text{mm}$ の x / y 広がりを持つ。それぞれのミラー群 24a のサイズとこれらの個々のミラー群 24a を構成する個々のミラー 26 のサイズとの比に基づいて、個々のミラー群 24a の各々は、適切な個数の個々のミラー 26 を有する。

【0027】

個々のミラー 26 の各々は、図 2 に反射面 25 の左下手コーナに配置された 2 つの個々のミラー 26 に基づいて破線で示し、かつ図 3 に個々のミラー行 27 の区画に基づいてより詳細に示すように、入射照明光 16 の個々の偏向の目的でそれぞれアクチュエータ 29 に接続される。アクチュエータ 29 は、個々のミラー 26 の反射側から離れる方向に向く個々のミラー 26 の各々の側に配置される。一例として、アクチュエータ 29 は、圧電アクチュエータとして構成することができる。そのようなアクチュエータの実施形態は、マイクロミラーアレイの設計から公知である。

【0028】

個々のミラー行 27 のアクチュエータ 29 は、それぞれ信号線 30 を通じて行信号バス 31 に接続される。1 つの個々のミラー行 27 は、行信号バス 31 のそれぞれ 1 つに関連付けられる。個々のミラー行 27 の行信号バス 31 は、更に主信号バス 32 に接続される。主信号バス 32 は、視野ファセットミラー 19 の制御デバイス 33 への信号接続を持つ。制御デバイス 33 は、特に線毎、すなわち、行毎又は列毎の個々のミラー 26 の作動に向けて構成される。個々のミラー行 27 及び個々のミラー列 28 の範囲での個々のミラー 26 の個々の作動も可能である。

【0029】

個々のミラー 26 の各々は、互いに対して垂直な 2 つの傾斜軸の回りに個々に独立して傾斜させることができ、これらの傾斜軸のうちの第 1 のものは、x 軸と平行に延び、これらの 2 つの傾斜軸のうちの第 2 のものは、y 軸と平行に延びる。2 つの傾斜軸は、それぞれの個々のミラー 26 の個々の反射面内に位置する。

【0030】

更に、アクチュエータ 29 は、個々のミラー 26 を z 方向に個々に変位させることも可能にする。従って、個々のミラー 26 は、反射面 25 に対する法線に沿って互いに分離して作動可能な方式で変位させることができる。その結果、反射面 25 全体のトポグラフィを変更することができる。これを図 4 から図 6 に基づいて非常に概略的な形式で例示している。その結果、ミラー区画の形態で平面に全体的にフレネルレンズの方式で配置された大きいサグ高、すなわち、反射面のトポグラフィにおいて大きい変化を持つ輪郭の反射面を製造することも可能である。フレネルゾーンの様式での区画へのそのような再分割に

10

20

30

40

50

より、大きいサグ高を有するそのようなミラー面トポグラフィの基本的な湾曲が除かれる。

【 0 0 3 1 】

図 4 は、個々のミラー行 2 7 の全ての個々のミラー 2 6 が制御デバイス 3 3 及びアクチュエータ 2 9 によって同じ絶対 z 位置に設定された個々のミラー行 2 7 の区画の個々のミラー 2 6 の個々の反射面を示している。それによって個々のミラー行 2 7 の平坦な行反射面がもたらされる。視野ファセットミラー 1 9 の全ての個々のミラー 2 6 が図 4 に従って位置合わせされる場合に、視野ファセットミラー 1 9 の全体の反射面 2 5 が平坦である。

【 0 0 3 2 】

図 5 は、中心の個々のミラー 2 6_mが、隣接する個々のミラー 2 6_{r1}、2 6_{r2}、2 6_{r3} に対して負の z 方向にオフセット設定された個々のミラー行 2 7 の個々のミラー 2 6 の作動を示している。この結果は、段状装置であり、それは、図 5 に記載の個々のミラー行 2 7 上に入射する E U V 放射線 1 6 の対応する位相オフセットに導く。この場合に、2 つの中心の個々のミラー 2 6_mによって反射された E U V 放射線 1 6 は、最大の位相リターデーションを受ける。縁部側の個々のミラー 2 6_{r3}は、最小の位相リターデーションを発生させる。中間の個々のミラー 2 6_{r1}、2 6_{r2}は、中心の個々のミラー 2 6_mによる位相リターデーションから始まって相応に段毎に次第に小さい位相リターデーションを発生させる。

【 0 0 3 3 】

図 6 は、第 1 に個々のミラー 2 6 の互いに対する z 方向のオフセット及び第 2 に個々のミラー 2 6 の互いに対する向きの結果として、全体として凸面の個々のミラー行 2 7 がもたらされるような図示の個々のミラー行 2 7 の区画の個々のミラー 2 6 の作動を示している。これは、視野ファセットミラー 1 9 の個々のミラー群の結像効果を発生させるのに使用することができる。当然ながら同じ方法で、例えば、個々のミラー 2 6 の群の凹状配置も可能である。

【 0 0 3 4 】

図 5 及び図 6 を参照して上述したものに対応する設計は、 x 次元に限定されず、制御デバイス 3 3 を用いた作動に基づいて視野ファセットミラー 1 9 の y 次元にわたって続けることもできる。

【 0 0 3 5 】

制御デバイス 3 3 を用いたアクチュエータ 2 9 の個々の作動の結果として、それぞれ少なくとも 2 つの個々のミラー 2 6 から構成された上述の個々のミラー群 2 4 a を形成するために個々のミラー 2 6 の予め決定された傾斜グループ分けを設定することができる。個々のミラー群 2 4 a を照明光 1 6 に対する少なくとも 1 つの専用群ミラー照明チャネルを通じて物体視野 5 に結像するために、個々のミラー群 2 4 a は、瞳ファセットミラー 2 0 の少なくとも 1 つの専用瞳ファセットにそれぞれ関連付けられる。この割り当ては、個々のミラー群 2 4 a に属する個々のミラーのそれぞれの傾斜位置又はスイッチ位置を予め決定することによってもたらされる。ここで、群ミラー照明チャネルは、全体の照明視野又は物体視野 5 を照明するための瞳ファセットを通じての結像の結果として互いに相補し合うそれぞれの個々のミラー群 2 4 a の全ての個々のミラー照明チャネルの総計である。従って、個々のミラー群 2 4 a の各々は、照明視野 5 の原像であると考えることができる。照明視野又は物体視野 5 の全体照明は、次に、これらの原像の重ね合わせを構成する。

【 0 0 3 6 】

従って、視野ファセットミラーのファセットの機能は、例えば、U S 6 , 4 3 8 , 1 9 9 B 1 又は U S 6 , 6 5 8 , 0 8 4 B 2 に開示するように、各場合に個々のミラー群 2 4 a のうちの 1 つによって受け持たれる。

【 0 0 3 7 】

図 7 は、そのようなグループ分けを例示している。図 2 に記載の図と比較して複数の個々のミラー 2 6 を有する視野ファセットミラー 1 9 の代替の視野ファセット板の反射面 2 5 の区画が示されている。図 2 から図 6 を参照して上述したものに対応する構成要素を同

10

20

30

40

50

じ参照記号で表記し、これらに対しては再度詳細に説明することはない。

【 0 0 3 8 】

図 7 の例では、制御デバイス 3 3 による作動の適切な組合せにより、反射面 2 5 内に合計で 1 2 個の個々のミラー群 2 4 a が形成される。個々のミラー群 2 4 a は、それぞれ同じ x / y アスペクト比を有する。個々のミラー群 2 4 a の各々は、個々のミラー 2 6 の $2 4 \times 3$ アレイから構成され、すなわち、それぞれ 2 4 個の個々のミラー 2 6 を有する 3 つの個々のミラー行を有する。従って、個々のミラー群 2 4 a の各々は、8 対 1 のアスペクト比を有する。このアスペクト比は、照明される物体視野 5 のアスペクト比に対応する。

【 0 0 3 9 】

個々のミラー群 2 4 a の各々内では、個々のミラー 2 6 は、個々のミラー群 2 4 a の各々の形状が従来の視野ファセットミラーの個々の視野ファセットの形状に対応するように互いに対して位置合わせされる。

【 0 0 4 0 】

図 8 及び図 9 は、個々のミラー群 2 4 a を形成するための視野ファセットミラー 1 9 の個々のミラー 2 6 のグループ分けの例を示している。この図では、個々のミラー行 2 7 に上部から下部に連続して番号を振った添字を付与している。従って、最上部の個々のミラー線を $2 7_1$ で表記し、最下部の個々のミラー線を $2 7_8$ で表記している。

【 0 0 4 1 】

図 8 に記載のグループ分けでは、互いに上下に位置するそれぞれ 2 つの個々のミラー行、すなわち、個々のミラー行 $2 7_{2/3}$ 、 $2 7_{4/5}$ 、及び $2 7_{6/7}$ が組み合わされ、3 つの個々のミラー群 $2 4 a_1$ 、 $2 4 a_2$ 、及び $2 4 a_3$ を形成する。群ミラー照明チャネル $3 5_1$ 、 $3 5_2$ 、及び $3 5_3$ を通じてのこれらの個々のミラー群 $2 4 a_1$ から $2 4 a_3$ と 3 つの瞳ファセット $3 4_1$ 、 $3 4_2$ 、及び $3 4_3$ との割り当ても図 8 に略示している。図 8 に記載の割り当てでは、照明光は、これらの個々のミラー群 $2 4 a_1$ から $2 4 a_3$ に属する個々のミラー 2 6 の個々のミラー照明チャネルを通り、瞳ファセット $3 4_1$ から $3 4_3$ を通って照明視野 5 に案内され、それぞれの個々のミラー群 $2 4 a_1$ から $2 4 a_3$ が物体視野又は照明視野 5 に結像される。個々のミラー群 $2 4 a_1$ から $2 4 a_3$ の個々のミラー 2 6 は、照明光 1 6 がそれぞれの瞳ファセット $3 4_1$ から $3 4_3$ に案内されるように制御デバイス 3 3 を用いて傾斜される。

【 0 0 4 2 】

図 9 は、個々のミラー群を形成するための視野ファセットミラー 1 9 の個々のミラー 2 6 の異なる割り当てを示している。この場合に、個々のミラー行 $2 7_{1/2}$ は、個々のミラー群 $2 4 a_4$ に関連付けられ、個々のミラー行 $2 7_{3/4}$ は、個々のミラー群 $2 4 a_5$ に関連付けられ、個々のミラー行 $2 7_{5/6}$ は、個々のミラー群 $2 4 a_6$ に関連付けられ、個々のミラー行 $2 7_{7/8}$ は、個々のミラー群 $2 4 a_7$ に関連付けられる。個々のミラー群 $2 4 a_4$ から $2 4 a_7$ は、更に、図 8 に記載の割り当てによる瞳ファセット $3 4_1$ から $3 4_3$ とは異なる瞳ファセット $3 4_4$ から $3 4_7$ に群ミラー照明チャネル $3 5_4$ から $3 5_7$ を通じて関連付けられる。個々のミラー群 $2 4 a_4$ から $2 4 a_7$ は、ここでもまた、群ミラー照明チャネル $3 5_4$ から $3 5_7$ を通じ、瞳ファセット $3 4_4$ から $3 4_7$ を通じて物体視野又は照明視野 5 に結像される。

【 0 0 4 3 】

図 9 に記載の割り当てでは、瞳ファセット $3 4_1$ から $3 4_3$ は、照明されないままに留まる。相応に図 8 に記載の割り当てでは、瞳ファセット $3 4_4$ から $3 4_7$ が照明されないままに留まる。

【 0 0 4 4 】

瞳ファセット 3 4 への個々のミラー群 2 4 a の 2 つの異なる割り当ては、物体視野又は照明視野 5 の照明において相応に異なる照明角度分布をもたらす。これらの異なる照明角度分布を照明設定とも呼ぶ。

【 0 0 4 5 】

図 8 及び図 9 の割り当て例では、個々のミラー行 $2 7_2$ から $2 7_7$ の個々のミラー 2 6 は

10

20

30

40

50

、2つの異なる個々のミラー群 $24a$ に属する。一例として、個々のミラー行 27_2 は、第1に個々のミラー群 $24a_1$ に属し、第2に個々のミラー群 $24a_4$ に属する。これらの異なる個々のミラー群、すなわち、例えば個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_4$ は、それぞれ専用の第2のファセット、すなわち、図示の例では瞳ファセット 34_1 及び 34_4 に専用群ミラー照明チャネル、すなわち、例えば群ミラー照明チャネル 35_1 及び 35_4 を通じて関連付けられる。

【0046】

図8及び図9に記載の実施形態において、視野ファセットミラー19の個々のミラー26の過半数、すなわち、個々のミラー行 27_2 から 27_7 の個々のミラーは、専用群ミラー照明チャネル35を通じて専用の第2のファセット34にそれぞれ関連付けられた少なくとも2つの個々のミラー群 $24a$ に属する。個々のミラー行 27_2 から 27_7 のこれらの個々のミラーは、上述したように、それぞれちょうど2つの個々のミラー群 $24a$ に属する。ある一定の個々のミラー26が多数の個々のミラー群 $24a$ に属する照明幾何学形状も可能であることは自明である。一例として、個々のミラー群 $24a$ が3つの個々のミラー行27から構成される場合に、図8及び図9に関して上述したものと同様に、これらの3つの個々のミラー行のうちの1つが、第1のグループ分けにおいて第1の個々のミラー群の上側の個々のミラー行を構成し、第2のグループ分けにおいて第2の個々のミラー群の中心行を構成し、第3のグループ分けにおいて第3の個々のミラー群の下側行を構成するグループ分け割り当てを予め決定することが可能である。

【0047】

図8及び図9に記載の実施形態において、個々のミラー26のうちのいずれも、2つよりも多い個々のミラー群 $24a$ に属さない。図8及び図9に記載の代替のグループ分け割り当てでは、個々のミラー群 $24a$ 、すなわち、例えば、図8に記載のグループ分け割り当ての個々のミラー群 $24a_1$ と図9に記載のグループ分け割り当ての個々のミラー群 $24a_4$ とは、これらの個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_4$ の個々のミラー26、すなわち、個々のミラー行 27_2 の個々のミラー26の全てのうちの50%が両方の個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_4$ に同時に属するように重なる。図8及び図9に記載の実施形態において、それぞれ3つの個々のミラー群が存在し、すなわち、例えば、個々のミラー群 $24a_4$ 及び $24a_5$ の各々が、個々のミラー群 $24a_1$ と重なるが、互いには重なり合わないように互いに重なる図9に記載のグループ分け割り当ての個々のミラー群 $24a_4$ 、 $24a_5$ と図8に記載のグループ分け割り当ての個々のミラー群 $24a_1$ とが存在する。

【0048】

視野ファセットミラー36の変形を使用する場合のグループ分け割り当ての代替実施形態を図10に例示している。図1から図9を参照して上述したものに対応する構成要素を同じ参照記号で表記し、これらに対して、再度詳細に説明することはしない。

【0049】

視野ファセットミラー19と同様に、視野ファセットミラー36は、個々のミラー26の格子に再分割される。しかし、視野ファセットミラー36では、この格子の行及び列は、それぞれ物体変位方向 y に対して 45° の角度で延びている。図10に記載の視野ファセットミラー36と視野ファセットミラー19の間の更に別の相違点は、個々のミラー群 $24a$ が矩形ではなく弓形の様式で囲まれる点である。これらの弓形の個々のミラー群 $24a$ は、それぞれ関連付けられた瞳ファセット34と、任意的に、原則的に従来技術で公知の下流伝達光学ユニットとを通じて弓形の物体視野又は照明視野内に相応に結像される。

【0050】

図10では、個々のミラー群 $24a$ の弓形縁部をそれぞれ実線で例示している。50%を超えるものがそれぞれこの縁部内に位置する個々のミラー26は、それぞれの個々のミラー群 $24a$ に属する。

【0051】

図10には、瞳ファセット34への個々のミラー群 $24a$ の2つの異なるグループ分け

割り当てを示している。第 1 のグループ分け割り当てでは、上下に位置して互いに接する 2 つの個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_2$ の個々のミラー 26 が、群ミラー照明チャネル 35_1 、 35_2 を通じて 2 つの瞳ファセット 34_1 、 34_2 に関連付けられる。代替のグループ分け割り当てでは、半分がこれらの 2 つの第 1 の個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_2$ と重なる第 3 の個々のミラー群 $24a_3$ が、第 3 の群ミラー照明チャネル 35_3 を通じて第 3 の瞳ファセット 34_3 に関連付けられる。

【0052】

図 10 では、2 つの異なる個々のミラー群 $24a_2$ 及び $24a_3$ に属する個々のミラー 26_0 のうちの 1 つを例示的に強調表示している。この個々のミラー 26_0 は、ちょうど 2 つの個々のミラー群、すなわち、個々のミラー群 $24a_2$ 及び $24a_3$ に属する。

10

【0053】

図 10 には、個々のミラー照明チャネル $35a$ のうちの一部も例示的に示している。照明光 16 の照明光部分ビームは、それぞれの個々のミラー 26 から個々のミラー照明チャネル $35a$ を通じ、それぞれの瞳ファセット 34 を通じて照明視野又は物体視野 5 に案内される。

【0054】

図 10 に記載の実施形態において、2 つの個々のミラー群 $24a_1$ と $24a_3$ は、例えば、これら 2 つの個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_3$ の個々のミラー 26 の全てのうちの約 50% が両方の個々のミラー群 $24a_1$ 、 $24a_3$ に同時に属するように互いに同じく重なる。一方で 2 つの個々のミラー群 $24a_1$ と $24a_3$ 、及び他方で個々のミラー群 $24a_2$ と $24a_3$ は、それぞれ約 50% だけ重複し、それに対して 2 つの個々のミラー群 $24a_1$ と $24a_3$ は、互いに重なり合わない。

20

【0055】

視野ファセットミラー 19 及び 36 では、瞳ファセットミラー 20 が、関連付けられた群ミラー照明チャネル 35 を通じて照明光 16 が入射することができる遥かにより多数の瞳ファセット 34 を有することができるように、個々のミラー群 $24a$ を形成するための個々のミラー 26 の代替の割り当てにより、個々のミラー群 $24a$ を形成するのに多くの異なる方法で個々のミラー 26 をグループ分けすることができる。これによって異なる照明設定の選択が著しく増加する。

【0056】

30

微細構造化又はナノ構造化構成要素、特に半導体構成要素、例えばマイクロチップのリソグラフィを用いる生成に対して、投影露光装置 1 を用いて、物体視野 5 内のレチクルの少なくとも一部は、像視野 11 内のウェーハ 13 上の感光層の領域上に結像される。投影露光装置 1 がスキャナ又はステッパとしてそのいずれに具現化されるかに応じて、レチクル 7 とウェーハ 13 は、スキャナ動作で連続的に又はステッパ動作で逐次にいずれかで時間同期で y 方向に変位される。

【符号の説明】

【0057】

20 瞳ファセットミラー

26 個々のミラー

40

26₀ 2 つの異なる個々のミラー群 $24a_2$ 及び $24a_3$ に属する個々のミラーのうちの 1 つ

35a 個々のミラー照明チャネル

【図 1】

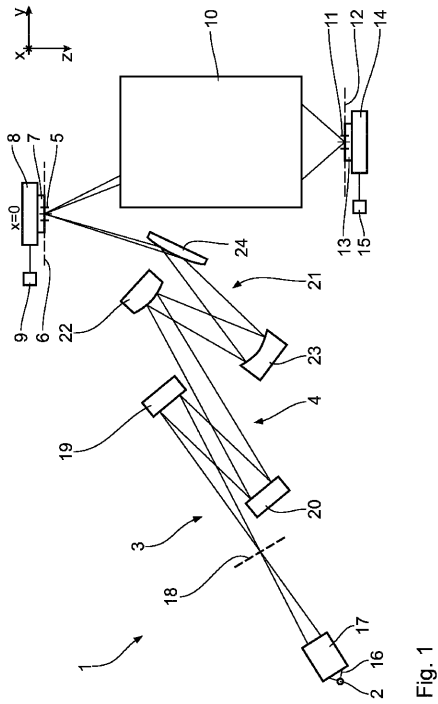


Fig. 1

【図 2】

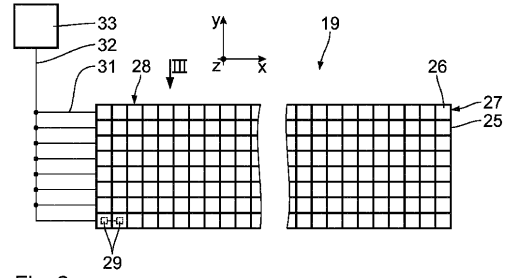


Fig. 2

【図 3】

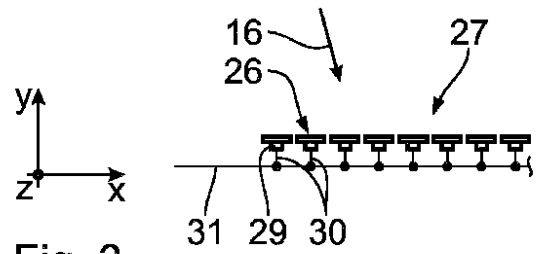


Fig. 3

【図 4】

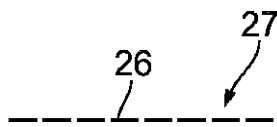


Fig. 4

【図 6】

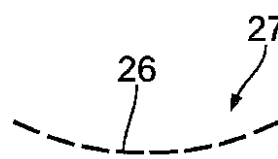


Fig. 6

【図 5】

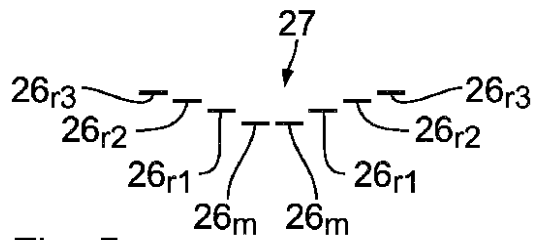


Fig. 5

【図 7】

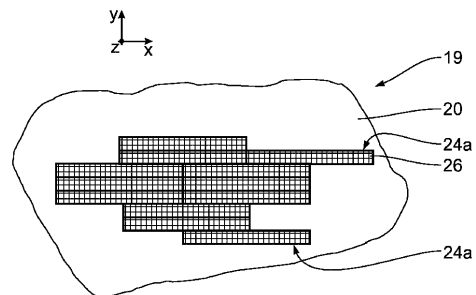
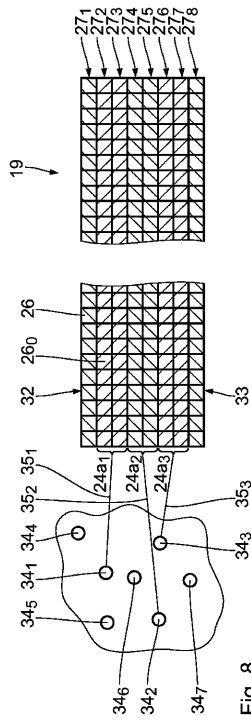
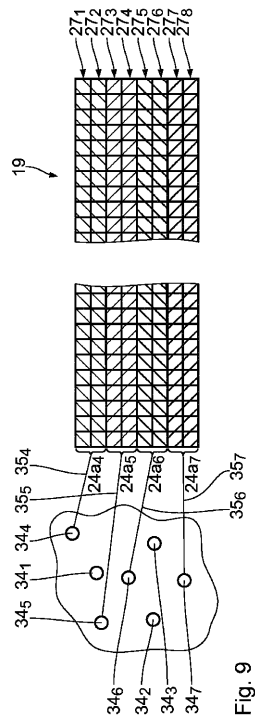


Fig. 7

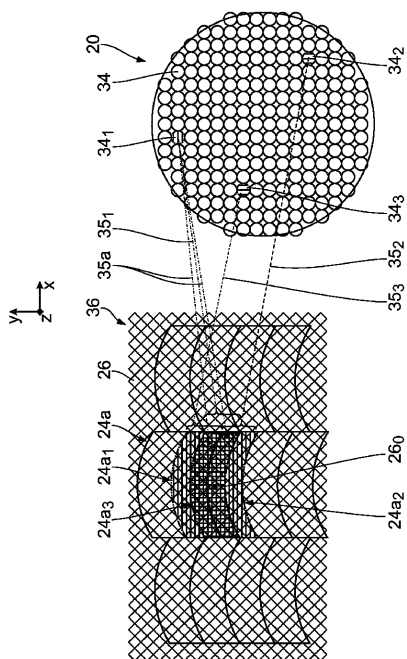
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100120525

弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100151987

弁理士 谷口 信行

(72)発明者 パトラ ミヒヤエル

ドイツ連邦共和国 7 3 4 4 7 オーバーコッヘン シューバルトヴェーグ 4 1

審査官 赤尾 隼人

(56)参考文献 特表2009-535827(JP,A)

特表2011-512659(JP,A)

特開2011-228698(JP,A)

特表2012-504321(JP,A)

国際公開第2010/149487(WO,A2)

特開2012-244184(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20