

(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  
2012 年 3 月 29 日(29.03.2012)

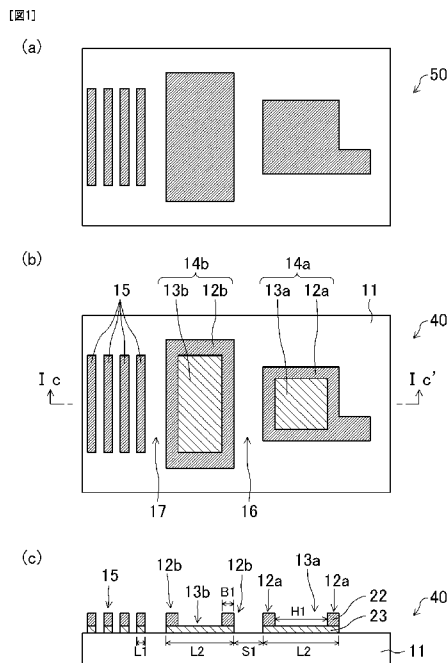
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2012/039078 A1

- (51) 国際特許分類:  
G03F 1/08 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/002241
- (22) 国際出願日: 2011 年 4 月 15 日(15.04.2011)
- (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 2010-210672 2010 年 9 月 21 日(21.09.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社(PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 野並勇治 (NONAMI, Yuji). 三坂章夫(MISAKA, Akio).
- (74) 代理人: 前田弘, 外(MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町 2 丁目 5 番 7 号 大阪丸紅ビル Osaka (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, 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, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, 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: PHOTOMASK, AND PATTERN FORMATION METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: フォトマスク及びそれを用いたパターン形成方法



(57) Abstract: A photomask (40) comprises a transparent substrate (11) and a first mask pattern (14b) and a second mask pattern (14a, 15) which are arranged on the transparent substrate (11) and respectively have parts that face each other through a space (16, 17). The first mask pattern (14b) comprises a light half-shielding part (13b) through which light can transmit partially and a light shielding part (12b). In the first mask pattern (14b), the light half-shielding part (13b) is so adapted as to have a part that faces the space (16, 17) through the light shielding part (12b). The size of the first mask pattern (14b) is larger than  $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ , and the size of the space (16, 17) is  $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$  or smaller (wherein  $\lambda$  represents the wavelength of exposure light; NA represents the number of openings in a reducing projection optical system of an exposure machine; and M represents the magnification of the reducing projection optical system).

(57) 要約: フォトマスク (40) は、透明基板 (11) と、透明基板 (11) 上に、スペース (16、17) を挟んで対向する部分を有する第1マスクパターン (14b) 及び第2マスクパターン (14a、15) を備える。第1マスクパターン (14b) は、光を部分的に透過させる半遮光部 (13b) と、遮光部 (12b) とを含む。第1マスクパターン (14b) において、半遮光部 (13b) は、遮光部 (12b) を挟んでスペース (16、17) と対向する部分を有する配置である。第1マスクパターン (14b) の寸法は  $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$  よりも大きく、スペース (16、17) の寸法は  $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$  以下である ( $\lambda$  は露光光の波長、NA は露光機の縮小投影光学系の開口数、M は前記縮小投影光学系の倍率)。

## 明 細 書

### 発明の名称： フォトマスク及びそれを用いたパターン形成方法 技術分野

[0001] 本開示は、半導体集積回路装置の製造に用いられる微細パターン形成用のフォトマスクと、そのフォトマスクを用いたパターン形成方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、半導体を用いて実現する大規模集積回路装置（以下ＬＳＩと称する）の高集積化を実現するために、回路パターンの微細化がますます必要となっている。その中でも素子分離に関して、ＬＳＩには、ＳＲＡＭ（Static Random Access Memory）等に代表される微細な密集パターンと、スタンダードセル等で多く見られる微細な孤立スペースパターンとが同時に存在する。ＬＳＩの高集積化のためには、これら２種類のパターンを同時に微細化することが重要になっている。

[0003] 微細な密集パターンの形成には、超解像露光と呼ばれる斜入射露光を用いることが行なわれている。この方法は、より微細な密集パターンを形成するために有利であると共に、周期的に配置された密集パターンのＤＯＦ（Depth of Focus、焦点深度）を向上させる効果も有する。しかしながら、斜入射露光方法は、孤立スペースパターンに対しては解像度向上の効果が無く、逆に、ＤＯＦを大きく劣化させてしまう。

[0004] この一方、微細な孤立スペースパターンを形成するために干渉度の小さい光源を用いると、微細な密集パターンの形成が困難になる。

[0005] 以上のように、微細な孤立スペースパターンと微細な密集パターンとに対する最適照明条件は、相反関係にある。従って、微細な密集パターンの形成と微細な孤立スペースパターンの形成とを同時に行なうために、光源からの垂直入射成分及び斜入射成分のいずれも存在するように、干渉度が０．５～０．６程度の光源を用いている。

[0006] しかしこの場合、垂直入射成分と斜入射成分の両方が相殺されるので、密

集パターンと孤立スペースパターンとを同時に微細化して更なる半導体装置の微細化を実現することは困難である。

[0007] これに対しては、例えば特許文献 1 に記載されているように、補助パターンを用いることが有効である。

[0008] 微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いた場合、孤立スペースパターンの部分では D O F の大幅な低下が起る。これに対し、図 1 5 に示すように補助パターン 3 1 をメインパターン 3 0 の近傍に配置すると、孤立スペースパターンの部分における D O F を拡大することができる。

[0009] 図 1 6 には、図 1 5 に例示したパターンに対して斜入射照明を用いた場合について、図 1 5 の XVI-XVI' 線における光強度を表すグラフである。光透過部からなるメインパターン 3 0 (孤立スペースパターンに対応する) の近くに、解像不能な寸法の光透過部からなる補助パターン 3 1 を配置して露光を行なう。これにより、図 1 6 に示すように、光強度が明、暗、明、暗、明と周期性を持つようになり、結果として孤立スペースパターンの部分における D O F が向上する。

[0010] このとき、補助パターン 3 1 について、ウェハ上に転写されるのを避ける必要がある。このために、補助パターン 3 1 の幅を、メインパターン 3 0 よりも小さい、解像限界以下の寸法に設定する。また、一般的に補助パターンはメインパターンに対してルールベース配置される。補助パターンの配置後に、メインパターンに対してモデルベース O P C (Optical Proximity Correction) を行なうのが通常である。

## 先行技術文献

## 特許文献

[0011] 特許文献 1 : 特開平 7 - 1 4 0 6 3 9 号公報

## 発明の概要

## 発明が解決しようとする課題

[0012] 前述のように、補助パターンは解像限界以下の寸法であることが必要であ

る。しかしながら、回路パターンの微細化に伴い、大きなDOF拡大の効果を得るために必要な補助パターンの大きさは、解像限界に近い寸法になっている。更に、補助パターンは、スタンダードセルのようなランダムなパターンに対してルールベースにより配置される。

[0013] これらのことから、周辺のメインパターンの環境次第では、補助パターンに対応する光強度が、転写の生じる光強度の閾値を越えてしまうことがある。この場合、サイドローブと呼ばれる不要なパターンがウェハ上に形成される。

[0014] また、補助パターンは、メインパターンよりも小さい寸法であることが必要である。しかしながら、メインパターン自体が微細化されてマスク作成限界に近づくに従い、メインパターンよりも小さく設計される補助パターンを有するマスクの製造は困難になる。

[0015] また、フォトマスクにおける補助パターンの寸法変動は、転写されるメインパターンの寸法に大きく影響するので、補助パターンのマスクは高い寸法精度に作成する必要がある。しかし、補助パターンはマスク作成限界の近くまで小さくなっているので、高い寸法精度にマスクを作成することは難しく、不可能にもなり得る。更に、マスクの検査等も困難になり、マスクの作成時間の長期化、マスクの製造コストの上昇を起こす可能性がある。

[0016] 以上に鑑み、本開示の技術は（特に、微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いる場合の孤立スペースパターンについて）DOFを向上することができ且つ転写後のパターンにサイドローブを発生させることのないフォトマスク及びそれを用いたパターン形成方法を実現することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0017] 本願発明者等は、前記のような光透過部からなる補助パターンを用いることなくDOFを向上させると共にサイドローブの発生を抑える方法を種々検討した。その結果、フォトマスクを用いた露光に際し、光強度分布に明、暗、明、暗のような周期性を持たせるために、露光光を部分的に透過させる半

遮光部を利用することに想到した。

[0018] 具体的に、本開示の第1のフォトマスクは、透明基板と、透明基板上に、スペースを挟んで対向する部分を有するように形成された第1マスクパターン及び第2マスクパターンを備え、第1マスクパターンは、光を部分的に透過させる半遮光部と、遮光部とを含み、第1マスクパターンにおいて、半遮光部は、遮光部を挟んでスペースと対向する部分を有するように配置され、第1マスクパターンと第2マスクパターンとの対向方向について、第1マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きく、スペースの寸法は、 $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$ 以下である（但し、 $\lambda$ は露光光の波長であり、 $NA$ は露光機の縮小投影光学系の開口数であり、 $M$ は縮小投影光学系の倍率である）。

[0019] このようなフォトマスクによると、第1マスクパターンと第2マスクパターンとの対向方向について、第1マスクパターンの半遮光部、第1マスクパターンの遮光部、スペース、第2マスクパターン、と並んでいる。従って、露光時にこれらの部分に対応する光強度分布において、明、暗、明、暗、のような周期性を持たせることができ、DOFを向上させることができる。特に、微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いると、半遮光部を備えないバイナリマスクの場合とは異なり、スペースのDOFについても大きくなるので、いずれのパターンについてもより適正に形成することができる。

[0020] ここで、半遮光部の光透過率は、フォトマスクを用いて露光を行なう際に、半遮光部を透過した光がレジスト等を感光しない（感光領域を発生させない）光強度となるように設定することができる。これにより、DOF向上のために設けた半遮光部が、不要なパターン（サイドローブ）を発生させるのを避けることができる。これと共に、第1マスクパターンにおける半遮光部及び遮光部の寸法について、マスクの加工限界よりも大きい寸法にすることができる。つまり、フォトマスクの作成がより容易になる。

[0021] 尚、第2マスクパターンは遮光部からなり、第1マスクパターンと第2マ

スクパターンとの対向方向について、第2マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ 以下であっても良い。

[0022] スペースを介して第1マスクパターンと対向する部分の第2マスクパターンの寸法が小さい場合には、第2マスクパターンを遮光部からなるものにすると共に、以上の寸法に設定する。これにより、いずれのパターンについてもDOFを向上させることができる。

[0023] また、半遮光部及び遮光部は、第2マスクパターンにも他の半遮光部及び他の遮光部として含まれており、第2マスクパターンにおいて、他の半遮光部は、他の遮光部を挟んでスペースと対向するように配置されていても良い。

[0024] このようにすると、第1マスクパターンの半遮光部、第1マスクパターンの遮光部、スペース、第2マスクパターンの遮光部、第2マスクパターンの半遮光部、と並ぶので、露光時の光強度分布において、明、暗、明、暗、明、との周期性が実現する。これにより、DOFが向上する。

[0025] また、第1マスクパターンと第2マスクパターンとの対向方向について、第2マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きくても良い。

[0026] スペースを介して第1マスクパターンと対向する部分の第2マスクパターンの寸法が大きい場合には、第2マスクパターンを遮光部及び半遮光部が含まれるものにすると共に、以上の寸法に設定する。これにより、いずれのパターンについてもDOFを向上させることができる。

[0027] また、第1マスクパターンと第2マスクパターンとの対向方向について、遮光部の寸法及び半遮光部の寸法は、 $\lambda$ 、 $NA$ 及び $M$ に基づいて設定されていても良い（但し、 $\lambda$ は露光光の波長であり、 $NA$ は露光機の縮小投影光学系の開口数であり、 $M$ は縮小投影光学系の倍率である）。

[0028] 遮光部及び半遮光部の寸法を決める要素の例としては、以上のものが挙げられる。

[0029] また、遮光部の寸法は、 $(0.13 \times \lambda / NA) \times M$ 以上であっても良い

。

[0030] このような値とすると、フォトリソを用いて露光する際に、十分な露光量余裕度を得ることができる。

[0031] また、遮光部の寸法は、 $(1.13 \times \lambda / NA) \times M$ 以下であっても良い。

。

[0032] このような値とすると、DOFを顕著に向上することができる。

[0033] また、半遮光部の寸法は、 $(0.42 \times \lambda / NA) \times M$ 以上であっても良い。

[0034] このような値とすると、DOFを顕著に向上することができる。

[0035] また、半遮光部は、スペースと同位相で光を透過させても良い。

[0036] このようにすると、より適正にパターンを露光することができる。

[0037] また、遮光部は、半遮光部を囲むように配置されていても良い。

[0038] このようにすると、マスクパターンに関していずれの方向についても、露光時の光強度分布について明、暗、明、の周期性を実現することができる。

[0039] また、遮光部の幅は、半遮光部の凹コーナー部よりも半遮光部の凸コーナー部において広くても良い。

[0040] このようにすると、光近接効果補正により、特にコーナー部の形状に関して、所望の露光パターンをより確実に得ることができる。

[0041] また、半遮光部は、遮光部によって複数の部分に分割されていても良い。

[0042] また、遮光部は、前記対向方向について半遮光部に挟まれた部分を有していても良い。

[0043] このようにすると、遮光部と半遮光部とによって、露光時の光強度分布について明、暗、明の周期性を更に高めることができる。

[0044] また、半遮光部の光透過率は、半遮光部を透過した光が、感光領域を発生させる光強度よりも弱い光強度となるように設定されていても良い。

[0045] このようにすると、露光時に、半遮光部を透過した光によって不要なパターンが生じるのを避けることができる。

[0046] また、半遮光部は、遮光部を挟んでスペースと対向する部分のみに配置さ

れていても良い。

[0047] このようにすると、必要な箇所のDOFを拡大することができることに加えて、フォトマスクの加工が容易になると共に描画時間の短縮が可能になり、マスクコストの削減が実現する。

[0048] 次に、本開示の第2のフォトマスクは、反射基板と、反射基板上に、スペースを挟んで対向する部分を有するように形成された第1マスクパターン及び第2マスクパターンとを備え、第1マスクパターンは、光を部分的に反射させる半反射部と、光を実質的に反射しない非反射部とを含み、第1マスクパターンにおいて、半反射部は、非反射部を挟んでスペースと対向するように配置され、第1マスクパターンと第2マスクパターンとの対向方向について、第1マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きく、スペースの寸法は、 $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$ 以下である（但し、 $\lambda$ は露光光の波長であり、NAは露光機の縮小投影光学系の開口数であり、Mは縮小投影光学系の倍率である）。

[0049] これは、本開示の第1のフォトマスクが透過型のフォトマスクであるのに対し、同様の効果を有するように反射型のフォトマスクとして実現したものである。第1のフォトマスクに関する以上の説明において、透明基板を反射基板、半遮光部を半反射部、遮光部を非反射部、透過を反射、光透過率を光反射率、等のように読み替えることにより、第2のフォトマスクに関する説明となる。

[0050] 次に、本開示のパターン形成方法は、本開示のいずれか1つのフォトマスクを用い、基板上にレジスト膜を形成する工程（a）と、レジスト膜に、フォトマスクを介して露光光を照射する工程（b）と、露光光が照射されたレジスト膜を現像し、レジスト膜をパターン化する工程（c）とを備える。

[0051] このようなパターン形成方法によると露光時に、不要なパターンの発生を抑制しながら、DOFを向上することができる。この結果、特に、微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いる場合に、孤立スペースパターンについてDOFが大きくなるので、いずれのパターンについてもより適



正に形成することができる。

[0052] 尚、工程（b）において、斜入射照明を用いても良い。

[0053] このようにすると、更に適正にパターンを形成することができる。

### 発明の効果

[0054] 以上の通り、本開示のフォトマスク及びこれを用いたパターン形成方法によれば、パターンを精度良く且つサイドローブの発生無く形成することができ、且つ、フォトマスクの作成についても容易になる。特に、斜入射照明を用いて微細な密集パターンと孤立スペースパターンを共に形成する際に顕著な効果を発揮し、微細な半導体装置を製造することができる。

### 図面の簡単な説明

[0055] [図1]図1（a）、（b）及び（c）は、本開示の一実施形態において形成しようとしている例示的パターン、その形成に用いる例示的フォトマスクの平面構成及び**lc-lc'**線による断面構成を模式的に示す図である。

[図2]図2は、図1（b）及び（c）に示すフォトマスクを用いた露光の際の光用度分布について模式的に示す図である。

[図3]図3は、本開示及び比較例のフォトマスクについて、フォーカス変動に対するCD変化を表す図である。

[図4]図4は、本開示の例示的フォトマスクについて、遮光部の幅と、孤立スペースにおけるDOFとの関係を示す図である。

[図5]図5は、本開示の例示的フォトマスクについて、孤立スペースパターンに関して、遮光部の幅と、NILSとの関係を示す図である。

[図6]図6は、本開示の例示的フォトマスクについて、半遮光部の幅に対するDOFの関係をシミュレーションによって求めた結果を示す図である。

[図7]図7（a）～（d）は、本開示の例示的フォトマスクを用いたパターン形成方法について模式的に示す図である。

[図8]図8（a）、（b）、（c）及び（d）は、本開示の一実施形態の変形例において形成しようとしている例示的パターン、その形成に用いる例示的フォトマスクの平面構成、**VIIId-VIIId'**線による断面構成及び**VIIId-VIIId'**

線による断面構成を模式的に示す図である。

[図9] 図9 (a) 及び (b) は、図1 (a) の例示的パターンの形成に用いる他の例示的フォトマスクについて、平面構成及びIXb-IXb' 線による断面構成を模式的に示す図である。

[図10] 図10は、図9 (a) 及び (b) に示すフォトマスクを用いた露光の際の光用度分布について模式的に示す図である。

[図11] 図11は、図1 (a) の例示的パターンの形成に用いる更に他の例示的フォトマスクの平面構成を模式的に示す図である。

[図12] 図12は、図1 (a) の例示的パターンの形成に用いる更に他の例示的フォトマスクの平面構成を模式的に示す図である。

[図13] 図13は、本開示の例示的フォトマスクについて、図1 (c) の断面構成とは異なる例を示す図である。

[図14] 図14は、本開示の例示的フォトマスクについて、図1 (c) の断面構成とは異なる更に他の例を示す図である。

[図15] 図15は、背景技術のフォトマスクの平面構成を示す図である。

[図16] 図16は、図15のフォトマスクを用いた露光の際の光用度分布について模式的に示す図である。

## 発明を実施するための形態

[0056] (前提事項)

まず、本開示の実施形態を説明するに当たっての前提事項について説明する。

[0057] 通常、フォトマスクは縮小投影型の露光機において使用されるので、マスク上のパターン寸法を議論する場合には、縮小倍率を考慮しなければならない。しかし、以下の実施形態では、混乱を避けるために、形成しようとする所望のパターン（例えばレジストパターン）と対応させてマスク上のパターン寸法を説明する場合、特に断らない限りは縮小倍率によって該寸法を換算した値を用いている。具体例を示すと、M分の1縮小投影システムにおいて、幅 $M \times 63 \text{ nm}$ のマスクパターンによって幅 $63 \text{ nm}$ のレジストパターン

を形成した場合について、マスクパターン幅及びレジストパターン幅は共に 63 nm であると表現する。

[0058] また、本開示の実施形態において、特に断らない限り、M及びNAは露光機の縮小投影光学系の縮小倍率及び開口数をそれぞれ表し、 $\lambda$ は露光光の波長を表すものとする。フォトマスク上に形成されるマスクパターンは、レジスト膜等に対して転写する際のパターン寸法制御性の観点から、用いる露光装置の光学条件（M、NA、 $\lambda$ ）を予め決めた上で作成される。従って、予め決められた光学条件と異なる光学条件の露光装置で用いることは一般的には行なわない。

[0059] また、パターン形成について、レジストの非感光領域がレジストパターンとなるポジ型レジストプロセスを想定して説明する。尚、ポジ型レジストプロセスに代えてネガ型レジストプロセスを用いる場合、ネガ型レジストプロセスにおいては、レジストの非感光領域が除去されるので、ポジ型レジストプロセスにおけるレジストパターンをスペースパターンと読み替えればよい。

[0060] また、フォトマスクとしては透過型マスクを前提として説明する。尚、透過型マスクに代えて反射型マスクを前提とする場合、反射型マスクにおいては、透過型マスクの透過領域及び遮光領域がそれぞれ反射領域及び非反射領域となるので、透過型マスクの透過現象を反射現象と読み替えればよい。具体的には、透過型マスクの開口部又は透過性領域を反射部又は反射領域と読み替え、遮光部を非反射部と読み替えればよい。さらに、透過型マスクにおける光を部分的に透過する領域（半遮光部）は光を部分的に反射する領域（半反射部）と読み替えればよく、透過率は反射率と読み替えればよい。

[0061] 更に、実施形態において、各種の条件の一例として、以下のような場合を考える。

[0062] 半遮光部は、露光光に対して例えば9%の透過率を有すると共に、その透過光は、透過部における透過光と同位相となるものと設定する。また、遮光部の露光光に対する透過率は0%である、つまり、遮光部は露光光を完全に

遮光するものと設定する。

[0063] また、露光は、A r F 光源の波長 193 nm 光を用い、NA は 1.35 とする。更に、斜入射照明として  $\sigma_{out} = 0.85$ 、 $\sigma_{in} = 0.57$  の Annular 照明を用いる。

[0064] また、密集パターンは、例えばピッチ 120 nm 以下の Line/Space が 3 個以上集合したパターンとし、孤立スペースは、スペース幅に対して、少なくとも片側のライン幅が各々スペース幅の 3 倍以上あるパターンを考えるものとした。

[0065] 但し、以上は例示であって、これらに限定されるものではない。

[0066] (実施形態)

以下、本開示の一実施形態について、図面を参照しながら説明する。

[0067] 図 1 (a) は、本実施形態において形成しようとしている例示的パターン 50 を示す平面図であり、図 1 (b) は、パターン 50 の形成に用いる例示的フォトマスク 40 を示す平面図であり、図 1 (c) は、図 1 (b) における  $lc-lc'$  線における断面図である。

[0068] 図 1 (b) 及び (c) に示すように、フォトマスク 40 において、露光光を透過させる透明基板 11 に、それぞれが  $0.7 \times \lambda / NA$  よりも小さい例えば 60 nm のライン幅 L1 を有する密集マスクパターン 15 と、 $0.7 \times \lambda / NA$  よりも大きい例えば 200 nm のライン幅 L2 を有するマスクパターン 14a 及び 14b が配置されている。

[0069] 密集マスクパターン 15 及びマスクパターン 14a 及び 14b は、図 1 (c) に示すように、半遮光膜 23 上に遮光膜 22 が積層された構造を有する。密集マスクパターン 15 については、半遮光膜 23 の全体に遮光膜 22 が積層されているので、全体が遮光部となっている。これに対し、マスクパターン 14a 及び 14b については、半遮光膜 23 の一部分（主に外周部分）に遮光膜 22 が積層されているので、中央側の半遮光部 13a 及び 13b と、その周囲の遮光部 12a 及び 12b とが設けられた構造となっている。このように、遮光部・半遮光部とは、図 1 (b) のような平面構成に関して言

うものとする。

[0070] ここで、半遮光部 1 3 a 及び 1 3 b は、開口部（いずれのマスクパターンも配置されていない、透明基板 1 1 の部分）を基準として、同位相に光を透過させる。

[0071] また、マスクパターン 1 4 a とマスクパターン 1 4 b との間には孤立スペース 1 6、マスクパターン 1 4 b と密集マスクパターン 1 5 との間には孤立スペース 1 7 が配置されている。図 1（b）の lc-lc' 線の方角（マスクパターン同士が孤立スペースを挟んで対向する方角）において、孤立スペース 1 6 は幅 S 1、遮光部 1 2 a 及び 1 2 b は幅 B 1、半遮光部 1 3 a 及び 1 3 b は幅 H 1 を有する。

[0072] 次に、図 2 は、フォトマスク 4 0 を用いて露光する際の透過光のイメージを示す図である。孤立スペース 1 6 及び 1 7 を透過した光と、半遮光部 1 3 a 及び 1 3 b を透過した光とは同位相である。また、図にも示すように、半遮光部 1 3 a、遮光部 1 2 a、孤立スペース 1 6（開口部）、遮光部 1 2 b、半遮光部 1 3 b、のように順に配置されていることにより、孤立スペース 1 6 周辺の光学環境は、明、暗、明、暗、明、となり、周期性の高い分布となっている。この結果、DOF が向上する。

[0073] 図 3 に、遮光部及び反射後部を含む本実施形態のマスクと、遮光部のみからなるパターンを有する通常のバイナリマスクとについて露光を行なった際のフォーカス変動に対する CD（線幅寸法）変化を示す。尚、通常照明の場合と、斜入射照明の場合とを共に示している。

[0074] ここで、例えばターゲット 63 nm に対して  $\pm 10$  nm の寸法変動、つまり、 $63 \pm 10$  nm の範囲内の寸法を実現できるフォーカスの最大幅を DOF と定義する。これは、図 3 において、CD が 53 nm 以上で且つ 73 nm 以下となるフォーカスの幅として示される。図 3 に示す通り、バイナリマスクを用いる場合、斜入射照明との組み合わせでは  $DOF = 112$  nm、通常照明との組み合わせでは  $DOF = 117$  nm である。これに対し、本実施形態のフォトマスク 4 0 を用いる場合、通常照明との組み合わせでは  $DOF =$

128 nm、斜入射照明との組み合わせではDOF = 146 nmである。

[0075] このように、フォトマスク40を用いると、バイナリマスクを用いる場合に比べて、フォーカス変動に対するCD変化が小さい。つまり、DOFが大きい。

[0076] これに加えて、バイナリマスクの場合、斜入射照明を用いるよりも通常照明を用いる方がDOFは大きいのにに対して、本実施形態のフォトマスクの場合、通常照明を用いるよりも斜入射照明を用いる方がDOFは大きい。これは、微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いる際に、孤立スペースパターンについても同時に微細化することが可能であることを示している（バイナリマスクの場合、微細な密集パターンを形成するために斜入射照明を用いると、孤立スペースパターンについてはDOFが低下するので微細化が困難になる）。

[0077] 次に、フォトマスク40における遮光部（12a及び12b）について更に説明する。遮光部の幅B1（図1（c）を参照）が大きくなるにつれて、半遮光部と開口部との間の光の干渉度が小さくなり、孤立スペース（16及び17）に関するDOFがバイナリマスクの挙動に近づく。つまり、孤立スペースに関するDOF拡大の効果が得られにくくなる。従って、DOFを大きくするためには、遮光部の幅B1をある程度の値以下に設定する必要がある。

[0078] 図4に、遮光部の幅と、孤立スペースにおけるDOFとの関係を示す。ここでは、DOFは、図3の場合と同様に、例えばターゲット幅63 nmに対して±10 nm以内の寸法変動を実現できるフォーカスの最大幅として定義する。

[0079] 図4に示す通り、遮光部の幅が極小さい範囲以外では、DOFを大きくする効果を得るためには遮光部の幅を小さくする必要がある。よって、具体例として、遮光部の幅が $0.05 \times \lambda / NA$ （前提事項として説明した例によると、7 nm）以上とすると共に、 $1.13 \times \lambda / NA$ （同じ例によると161 nm）以下とすると、バイナリマスクと比較してDOFが10以上向上

する。更に、遮光部の幅が $0.12 \times \lambda / NA$ （同じ例によると $17 \text{ nm}$ ）以上とすると共に、 $0.63 \times \lambda / NA$ （同じ例によると $90 \text{ nm}$ ）以下とすることにより、 $20\%$ 以上のDOF向上が可能となる。この他にも、同様にして、図4から、DOFを所望量向上するために望ましい遮光部の幅 $B_1$ の範囲を求めることが可能である。

[0080] この一方、遮光部の幅 $B_1$ が小さすぎると、孤立スペース（開口部）を透過した光に対して半遮光部を透過した透過光の回り込みによる影響が強くなる。この結果、孤立スペースに対応する光強度の極小値が下がらず、孤立スペース部分のNILS（Normalized Image Log Slope）が悪化するという問題がある。従って、遮光部の幅 $B_1$ は、NILSの観点から、一定の寸法以上に設定する必要がある。

[0081] NILSは、次のように定義される。

[0082] 
$$NILS = (\delta \ln I / \delta x) \times W$$

ここで、 $I$ は光強度、 $(\delta \ln I / \delta x)$ は光強度の対数勾配、 $W$ はパターンの寸法であり、NILSの値が大きいほど、広い露光量余裕度を得ることができる。 $ArF$ 露光によって形成する微細パターンの場合、NILSは、例えば $1.3$ 以上であることが好ましい。遮光部の幅を小さくすると、開口部近傍の暗部の光強度が下がらず、光強度の傾きが緩やかになる為、NILSは小さくなる。

[0083] 図5は、孤立スペースパターンに関して、遮光部の幅 $B_1$ と、NILSとの関係を示した図である。

[0084] 微細プロセスにおいて、NILSの値は $1.3$ 以上であることが好ましい。図5から、遮光部の幅 $B_1$ が $0.13 \times \lambda / NA$ （前提事項の例の場合、 $18 \text{ nm}$ ）以上にすると必要であるとわかる。その他、所望のNILSを得るために必要な遮光部の幅 $B_1$ について、図5から求めることができる。

[0085] 以上のようなDOF及びNILSに基づく点を合わせて考えると、遮光部の幅 $B_1$ について、最大値はDOFにより決定され、最小値はNILSにより決定されることが分る。

[0086] 具体例として、 $0.7 \times \lambda / NA$ よりも大きい幅 $L_2$ を有するマスクパターンと、隣のマスクパターンとの間の距離（スペース寸法 $S_1$ ）が、 $0.5 \times \lambda / NA$ よりも小さいレイアウトのフォトマスク（図1（b）及び（c）のフォトマスク40）を考える。このとき、幅 $L_2$ のマスクパターン14a及び14bに半遮光部13a及び13bを配置し、その周辺に、 $0.13 \times \lambda / NA$ 以上で且つ $1.13 \times \lambda / NA$ 以下の幅を有する遮光部12a及び12bを配置する。これにより、十分なNILSを確保すると共に、孤立スペースのDOFを10%以上向上することができる。同様に、遮光部の幅を $0.13 \times \lambda / NA$ 以上で且つ $0.63 \times \lambda / NA$ 以下とすると、十分なNILSを確保すると共に、孤立スペースのDOFを20%以上向上することができる。

[0087] 次に、半遮光部の幅について説明する。半遮光部の幅が小さいと、露光を行なった際に、半遮光部に対応する光強度が孤立スペースパターンに対応する光強度に対して小さくなる。この結果、光強度分布の周期性が十分に上がらず、DOF拡大の効果が得られにくくなる。これに関して、図6を参照して説明する。

[0088] 図6は、半遮光部の幅に対するDOFの関係をシミュレーションによって求めた結果を示す。図6から、半遮光部の幅が $0.42 \times \lambda / NA$ よりも大きい場合（前提事項として説明した例によると、60nmよりも大きい場合）、半遮光部が存在しないバイナリマスクの例（半遮光部の幅が0nmの場合に相当する）と比較して、10%のDOF拡大が可能となることがわかる。更に、半遮光部の幅が $0.98 \times \lambda / NA$ よりも大きい場合（前提事項として説明した例によると、140nmよりも大きい場合）、バイナリマスクと比較して20%のDOF拡大が可能となることがわかる。

[0089] また、半遮光部の幅 $H_1$ 、遮光部の幅 $B_1$ については、マスク作成の限界よりも大きな値にすることができるので、マスク作成が容易になり、コスト低減も可能である。

[0090] 但し、以上に挙げた具体的な数値（各寸法について $n \times \lambda / NA$ と表すと



きの $n$ の値等)は、いずれも例示するものであり、これらに限定されるものではない。更に、露光光の波長、光源の形状、 $NA$ 、 $M$ 等が異なる場合にも、同様の方法により、望ましい値を求めることができる。

[0091] 次に、本実施形態のフォトリソマスク40を用いたパターン形成方法について、その各工程を模式的に示す断面図である図7(a)～(d)を参照して説明する。

[0092] まず、図7(a)に示すように、シリコン等からなる基板100上に、金属膜、絶縁膜等の被加工膜101を形成する。続いて、図7(b)に示すように、被加工膜101上にポジ型のレジスト膜102を形成する。

[0093] 次に、図7(c)に示すように、フォトリソマスク40を用いて露光を行なう。例えば、ArFエキシマレーザー、KrFエキシマレーザー等を光源として露光光103を照射する。これにより、フォトリソマスク40の開口部(孤立スペース16及び17、密集マスクパターン15同士の間の領域等)を透過した透過光105によってレジスト膜102が感光され、結果として開口部に対応する潜像部分102aが形成される。

[0094] この後、図7(d)に示すように、現像を行なうことにより潜像部分102aを除去し、レジスト膜102のうち感光されていない部分からレジストパターン106を得る。

[0095] ここで、図7(c)の露光の際に、現像工程においてレジスト膜102が完全に溶解するに足りるだけの露光エネルギーが照射されるのは、潜像部分102aのみである。フォトリソマスク40におけるハーフトーン部(半遮光部13a、13b)を透過した透過光104は、開口部を透過した透過光105と同位相であるが、レジスト膜102を感光して潜像部分とするだけのエネルギーを有していない。従って、フォトリソマスク40の開口部に対応する部分のレジスト膜102のみが感光される。

[0096] 前述のように、フォトリソマスク40において、幅 $L_2$ が $0.7 \times \lambda / NA$ よりも大きいマスクパターン14a及び14bが、近傍のパターンと $0.5 \times \lambda / NA$ 以下の間隔(スペース寸法 $S_1$ )にて配置されている例を考える。

この時、幅 $L_2$ のパターン内部に、 $0.42 \times \lambda / NA$ よりも大きい幅の半遮光部を配置し、その周囲には幅が $0.13 \times \lambda / NA$ よりも大きく、 $1.13 \times \lambda / NA$ よりも小さい遮光部を配置する。また、 $0.7 \times \lambda / NA$ よりも小さいライン幅 $L_1$ を有する微細な密集マスクパターン15を、幅 $L_2$ のパターンとの間隔もスペース寸法 $S_1$ として配置する。これにより、開口部、遮光部、半遮光部の配置により露光時の光強度分布に明、暗、明、暗のような周期性を持たせることのできるフォトマスクとなっており、且つ、図4～6によって示した寸法の関係が実現する。

[0097] このようなフォトマスク40を用い、微細な密集マスクパターン15を形成することを目的として斜入射照明を用いた露光を行なうと、孤立スペース16等のDOF拡大が可能になる。この結果、微細な密集パターンと、孤立スペースパターンとを共に精度良く同時に形成することができる。

[0098] (変形例)

以下に、本実施形態のフォトマスクに関する各種変形例を説明する。

[0099] 図8(a)は、本変形例において形成しようとしている例示的パターン51を示す平面図であり、図8(b)は、パターン51の形成に用いる例示的フォトマスク41を示す平面図であり、図8(c)は、図5(b)におけるVlllc-Vlllc'線における断面図であり、図8(d)は、図5(b)におけるVllld-Vllld'線における断面図である。ここで、図8(a)～(d)において、図1(a)～(c)と同等の構成要素には同じ符号を付している。

[0100] フォトマスク41においても、図1(b)のフォトマスク40と同様に、マスクパターン14a及び14bの内側に半遮光部13a及び13bを備え、その周囲に遮光部12a及び12bが配置されている。また、幅 $L_2$ のマスクパターン14a及び14bが $Vc-Vc'$ 線方向に(マスクパターン同士が孤立スペースを挟んで対向する方向に)スペース寸法 $S_1$ を空けて並んでいる。

[0101] しかしながら、Vllld-Vllld'線とは異なるVllld-Vllld'線上において、マスクパターン14aは、マスクパターン14bと並ぶ配置にはならず、 $0.13 \times \lambda / NA$ よりも小さいスペース寸法 $S_2$ で並ぶ。

$5 \times \lambda / NA \times M$ よりも大きいスペース寸法  $S_2$  を空けてマスクパターン 15a と並ぶ配置となっている。このように、マスクパターン 14a のうち、隣のマスクパターンとの間隔が所定の値 ( $\lambda$ 、 $NA$ 、 $M$ により定まる値、例えば前記の  $0.5 \times \lambda / NA \times M$ ) よりも大きい部分が存在し、このような部分については、半遮光部 13a を配置しない構成になっている。

[0102] 同様に、マスクパターン 14b においても、マスクパターン 14a とスペース寸法  $S_1$  を空けて並ぶ部分に半遮光部 13b が配置されるようになっている。

[0103] つまり、DOF が不足するスペース寸法  $S_1$  の孤立スペースについては、マスクパターン内に半遮光部を配置し、且つ、DOF 拡大が不要な大きさのスペース寸法  $S_2$  を空けて配置された部分については半遮光部を配置していない。これにより、必要な箇所の DOF を拡大することができるとことに加えて、フォトマスクの加工が容易になると共に描画時間の短縮が可能になり、マスクコストの削減が実現する。

[0104] 次に、図 9 (a) は、他の例示的フォトマスク 42 を示す平面図であり、フォトマスク 42 は、図 1 (a) のパターンを形成するためのパターンを有する。また、図 9 (b) は、図 9 (a) における  $IXb-IXb'$  線による断面を示す図である。

[0105] 図 1 (b) のフォトマスク 40 の場合、マスクパターン 14a 及び 14b の周縁部に遮光部 12a 及び 12b が配置され、半遮光部 13a 及び 13b は、一続きの領域として形成されている。これに対し、図 9 (a) のフォトマスク 42 の場合、遮光部 12a 及び 12b はマスクパターン 14a 及び 14b の内側にも形成され、半遮光部 13a 及び 13b を複数の部分に分割している。

[0106] このようなフォトマスク 42 を用いて露光を行なうと、図 10 に示す通り、光強度分布における明、暗、明、暗の周期性を更に高めることができるので、孤立スペースの DOF を更に拡大することができる。

[0107] 図 11 には、図 1 (a) のパターンを形成するための更に別の例示的フォ

トマスク 43 を示している。フォトマスク 43 の場合、遮光部 12a 及び 12b は、マスクパターン 14a 及び 14b の周縁部に加えて、半遮光部 13a 及び 13b の内側にも独立した島状に配置されている。この場合にも、図 11 の  $IXb-IXb'$  線による断面は図 9 (b) と同様になる。従って、フォトマスク 43 を用いて露光した場合の光強度分布における明暗は周期性が高くなり、DOF 拡大を実現することができる。

[0108] これらの他にも、孤立スペースパターンを挟んだマスクパターンの対向方向（例えば図 9 (a) における  $IXb-IXb'$  線の方角）について、半遮光部と遮光部とが交互に並ぶような配置とすることにより、DOF の拡大を図ることができる。例えば、半遮光部を囲む部分の遮光部の一部から、反対側の遮光部には達しない突出部が設けられている構成でもよい。

[0109] また、図 12 には、図 1 (a) のパターンを形成するための更に別の例示的フォトマスク 44 を示している。フォトマスク 44 の場合、半遮光部 13a 及び 13b がマスクパターン 14a 及び 14b の周縁部に配置されている点では図 1 (b) のフォトマスク 40 と同様である。但し、半遮光部 13a 及び 13b を囲む遮光部 12a 及び 12b について、平面形状の凸コーナ一部 71 における幅 B2 が、凹コーナ一部 72 における幅 B3 よりも大きくなっている。これは、光近接効果補正 (OPC: optical proximity correction) を考慮した形状である。このようなマスクパターンとすることにより、凸コーナ一部 71、凹コーナ一部 72 のいずれにおいても、転写後のパターンの形状を改善（矩形性を向上）することができる。尚、密集マスクパターン 15 において、両端の幅が広がっているのも同様の理由による。

[0110] 次に、図 13 及び図 14 は、半遮光部と遮光部とを設けるための他の構成を例示する模式的な断面図である。

[0111] 図 1 (c) に示すフォトマスク 40 の場合、透明基板 11 上に半遮光膜 23 を形成し、当該半遮光膜 23 上の必要箇所に遮光膜 22 を設けることによって、半遮光部 13a 及び 13b、遮光部 12a 及び 12b を構成している。

- [0112] これに対し、図 1 3 の場合、透明基板 1 1 上の必要箇所に遮光膜 2 2 を形成し、当該遮光膜 2 2 上を覆うように、透明基板 1 1 上の必要箇所に半遮光膜 2 3 を形成することによって、半遮光部 1 3 a 及び 1 3 b、遮光部 1 2 a 及び 1 2 b を構成している。
- [0113] 更に、図 1 4 の場合、透明基板 1 1 上の必要箇所に半遮光膜 2 3 をパターン化し、当該半遮光膜 2 3 上及び透明基板 1 1 上の必要箇所に遮光膜 2 2 を形成することによって、半遮光部 1 3 a 及び 1 3 b、遮光部 1 2 a 及び 1 2 b を構成している。図 1 (c) の場合、半遮光膜 2 3 と遮光膜 2 2 とは側面が面一であるのに対し、図 1 4 の場合、遮光膜 2 2 は半遮光膜 2 3 の側面を覆うように形成され、透明基板 1 1 上に接している部分を有する。
- [0114] いずれの場合も、半遮光膜 2 3 に関わりなく、遮光膜 2 2 の形成された範囲が遮光部となる。よって、図 1 4 において、遮光部の幅は、遮光部におけるスペースパターンの側のエッジから反対側のエッジまでとなる。
- [0115] フォトマスクに遮光部及び半遮光部を設けるための構成として、図 1 3 及び図 1 4 のようになっていても良い。これらの場合にも、既に説明した通り、遮光部の幅を所定の値（例えば  $0.13 \times \lambda / NA$  よりも大きく、 $1.13 \times \lambda / NA$  よりも小さい値）とすることによって、孤立スペースパターンの DOF 拡大が実現する。

### 産業上の利用可能性

- [0116] 本開示のフォトマスク及びこれを用いたパターン形成方法によると、サイドローブを発生させることなく密集パターン及び孤立スペースパターンを同時に精度良く形成することができ、且つ、フォトマスクの作成が容易になる。よって、素子分離等の SRAM 部（密集パターン）と Logic 部（孤立スペースパターン）が同時に存在する工程のパターン形成においても有用である。

### 符号の説明

- [0117]    1 1                    透明基板  
         1 2 a                遮光部

|             |           |
|-------------|-----------|
| 1 2 b       | 遮光部       |
| 1 3 a、1 3 b | 半遮光部      |
| 1 4 a、1 4 b | マスクパターン   |
| 1 5         | 密集マスクパターン |
| 1 5 a       | マスクパターン   |
| 1 6、1 7     | 孤立スペース    |
| 2 2         | 遮光膜       |
| 2 3         | 半遮光膜      |
| 4 0～4 4     | フォトマスク    |
| 5 0、5 1     | パターン      |
| 7 1         | 凸コーナ一部    |
| 7 2         | 凹コーナ一部    |
| 1 0 0       | 基板        |
| 1 0 1       | 被加工膜      |
| 1 0 2       | レジスト膜     |
| 1 0 2 a     | 潜像部分      |
| 1 0 3       | 透過光       |
| 1 0 4       | 露光光       |
| 1 0 5       | 透過光       |
| 1 0 6       | レジストパターン  |

## 請求の範囲

### [請求項1]

透明基板と、

前記透明基板上に、スペースを挟んで対向する部分を有するように形成された第1マスクパターン及び第2マスクパターンを備え、

前記第1マスクパターンは、光を部分的に透過させる半遮光部と、遮光部とを含み、

前記第1マスクパターンにおいて、前記半遮光部は、前記遮光部を挟んで前記スペースと対向する部分を有するように配置され、

前記第1マスクパターンと前記第2マスクパターンとの対向方向について、

前記第1マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きく、

前記スペースの寸法は、 $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$ 以下であることを特徴とするフォトマスク（但し、 $\lambda$ は露光光の波長であり、 $NA$ は露光機の縮小投影光学系の開口数であり、 $M$ は前記縮小投影光学系の倍率である）。

### [請求項2]

請求項1のフォトマスクにおいて、

前記半遮光部及び前記遮光部は、前記第2マスクパターンにも他の半遮光部及び他の遮光部として含まれており、

前記第2マスクパターンにおいて、前記他の半遮光部は、前記他の遮光部を挟んで前記スペースと対向するように配置されていることを特徴とするフォトマスク。

### [請求項3]

請求項2のフォトマスクにおいて、

前記第1マスクパターンと前記第2マスクパターンとの対向方向について、

前記第2マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きいことを特徴とするフォトマスク。

### [請求項4]

請求項1～3のいずれか1つのフォトマスクにおいて、

前記第 1 マスクパターンと前記第 2 マスクパターンとの対向方向について、前記遮光部の寸法及び前記半遮光部の寸法は、 $\lambda$ 、NA 及び M に基づいて設定されていることを特徴とするフォトマスク（但し、 $\lambda$  は露光光の波長であり、NA は露光機の縮小投影光学系の開口数であり、M は前記縮小投影光学系の倍率である）。

- [請求項5]      請求項 4 のフォトマスクにおいて、  
前記遮光部の寸法は、 $(0.13 \times \lambda / NA) \times M$  以上であることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項6]      請求項 4 又は 5 のフォトマスクにおいて、  
前記遮光部の寸法は、 $(1.13 \times \lambda / NA) \times M$  以下であることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項7]      請求項 4 ～ 6 のいずれか 1 つのフォトマスクにおいて、  
前記半遮光部の寸法は、 $(0.42 \times \lambda / NA) \times M$  以上であることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項8]      請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 つのフォトマスクにおいて、  
前記半遮光部は、前記スペースと同位相で光を透過させることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項9]      請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 つのフォトマスクにおいて、  
前記遮光部は、前記半遮光部を囲むように配置されていることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項10]      請求項 9 のフォトマスクにおいて、  
前記遮光部の幅は、前記半遮光部の凹コーナー部よりも前記半遮光部の凸コーナー部において広いことを特徴とするフォトマスク。
- [請求項11]      請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 つのフォトマスクにおいて、  
前記半遮光部は、前記遮光部によって複数の部分に分割されていることを特徴とするフォトマスク。
- [請求項12]      請求項 1 ～ 11 のいずれか 1 つのフォトマスクにおいて、  
前記遮光部は、前記第 1 マスクパターンと前記第 2 マスクパターン



との対向方向について前記半遮光部に挟まれた部分を有することを特徴とするフォトマスク。

[請求項13] 請求項1～12のいずれか1つのフォトマスクにおいて、  
前記半遮光部の光透過率は、前記半遮光部を透過した光が、感光領域を発生させる光強度よりも弱い光強度となるように設定されていることを特徴とするフォトマスク。

[請求項14] 請求項1～13のいずれか1つのフォトマスクにおいて、  
前記半遮光部は、前記遮光部を挟んで前記スペースと対向する部分のみに配置されていることを特徴とするフォトマスク。

[請求項15] 請求項1のフォトマスクにおいて、  
前記第2マスクパターンは遮光部からなり、  
前記第1マスクパターンと前記第2マスクパターンとの対向方向について、  
前記第2マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ 以下であることを特徴とするフォトマスク。

[請求項16] 反射基板と、  
前記反射基板上に、スペースを挟んで対向する部分を有するように形成された第1マスクパターン及び第2マスクパターンとを備え、  
前記第1マスクパターンは、光を部分的に反射させる半反射部と、光を実質的に反射しない非反射部とを含み、  
前記第1マスクパターンにおいて、前記半反射部は、前記非反射部を挟んで前記スペースと対向するように配置され、  
前記第1マスクパターンと前記第2マスクパターンとの対向方向について、  
前記第1マスクパターンの寸法は、 $(0.7 \times \lambda / NA) \times M$ よりも大きく、  
前記スペースの寸法は、 $(0.5 \times \lambda / NA) \times M$ 以下であることを特徴とするフォトマスク（但し、 $\lambda$ は露光光の波長であり、 $NA$ は

露光機の縮小投影光学系の開口数であり、Mは前記縮小投影光学系の倍率である）。

[請求項17] 請求項1～16のいずれか1つのフォトリソグラフィパターン形成方法において、

基板上にレジスト膜を形成する工程（a）と、

前記レジスト膜に、前記フォトリソグラフィを介して露光光を照射する工程（b）と、

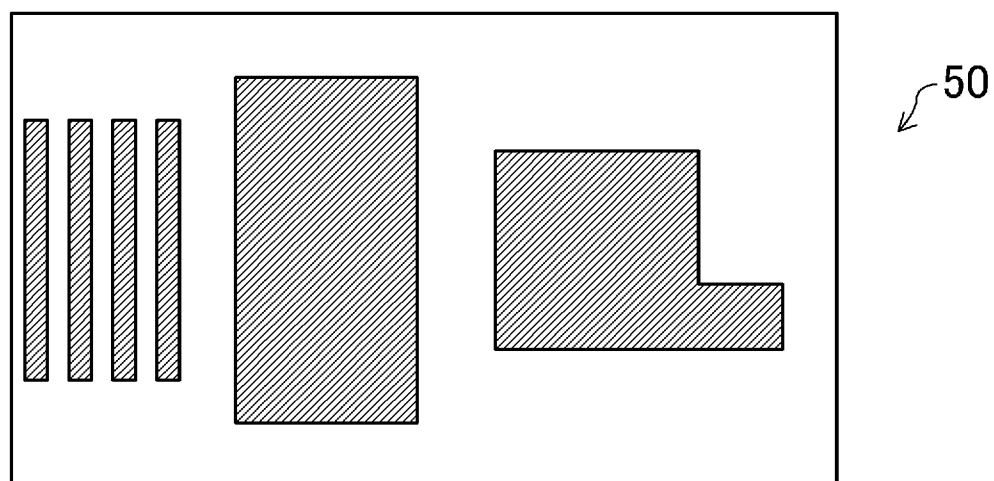
前記露光光が照射された前記レジスト膜を現像し、前記レジスト膜をパターン化する工程（c）とを備えることを特徴とするパターン形成方法。

[請求項18] 請求項17のパターン形成方法において、

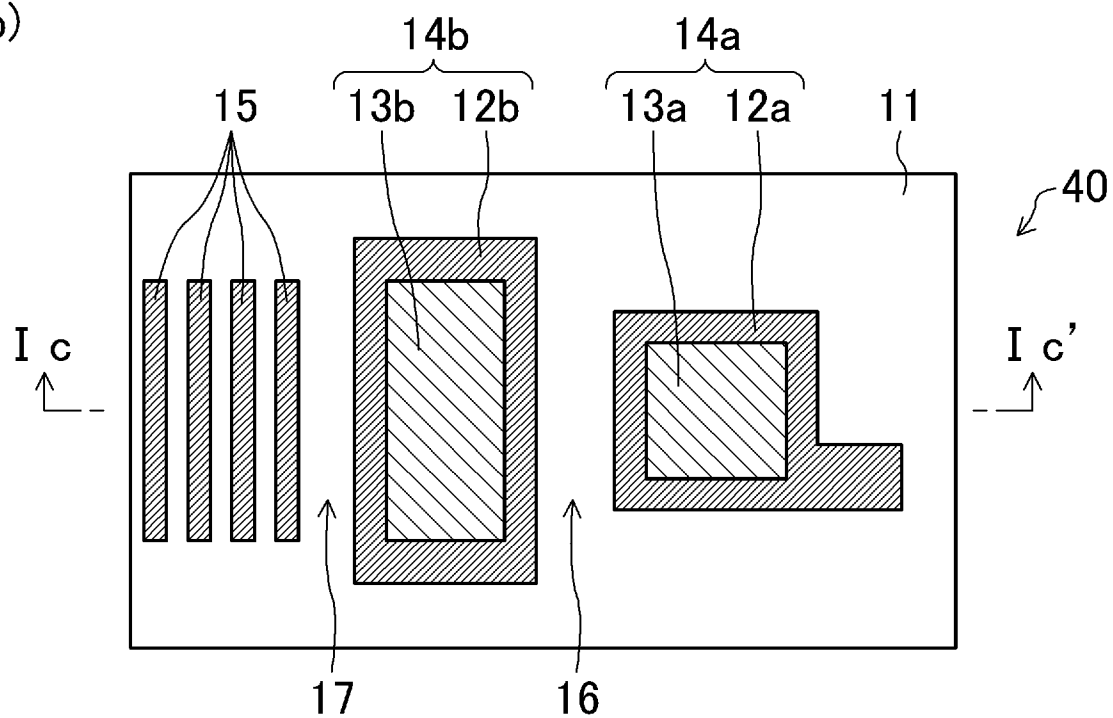
前記工程（b）において、斜入射照明を用いることを特徴とするパターン形成方法。

[図1]

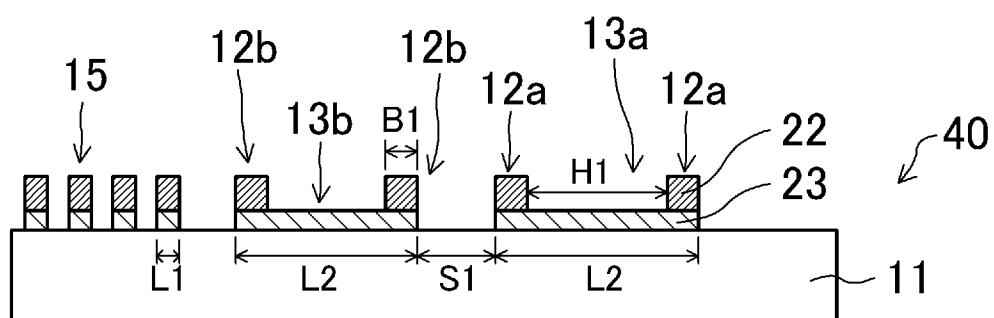
(a)



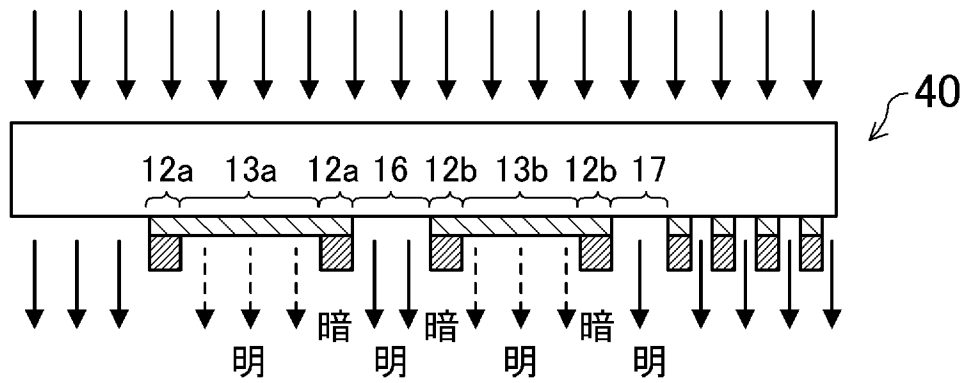
(b)



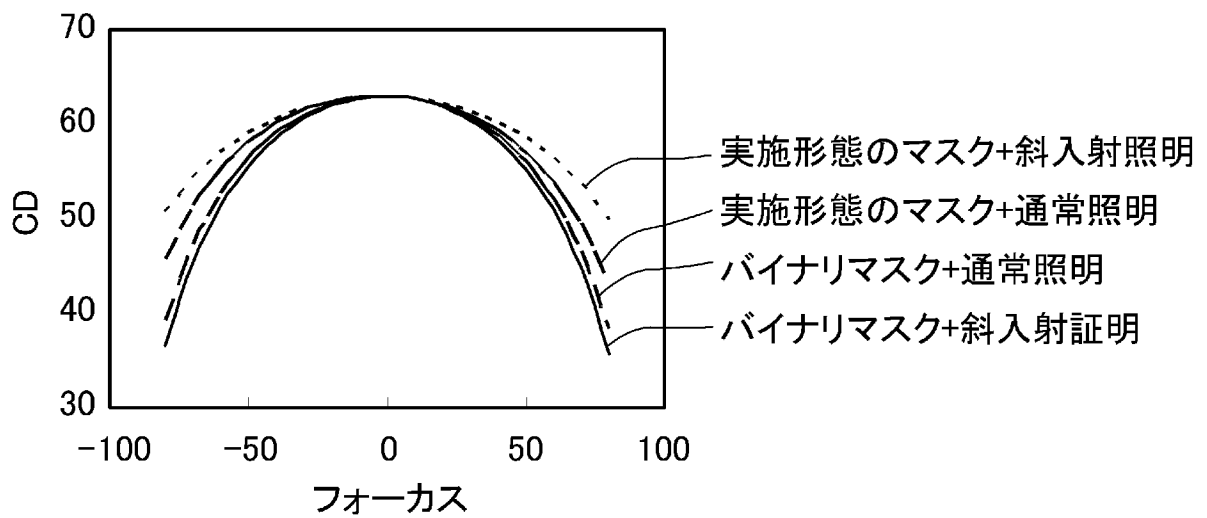
(c)



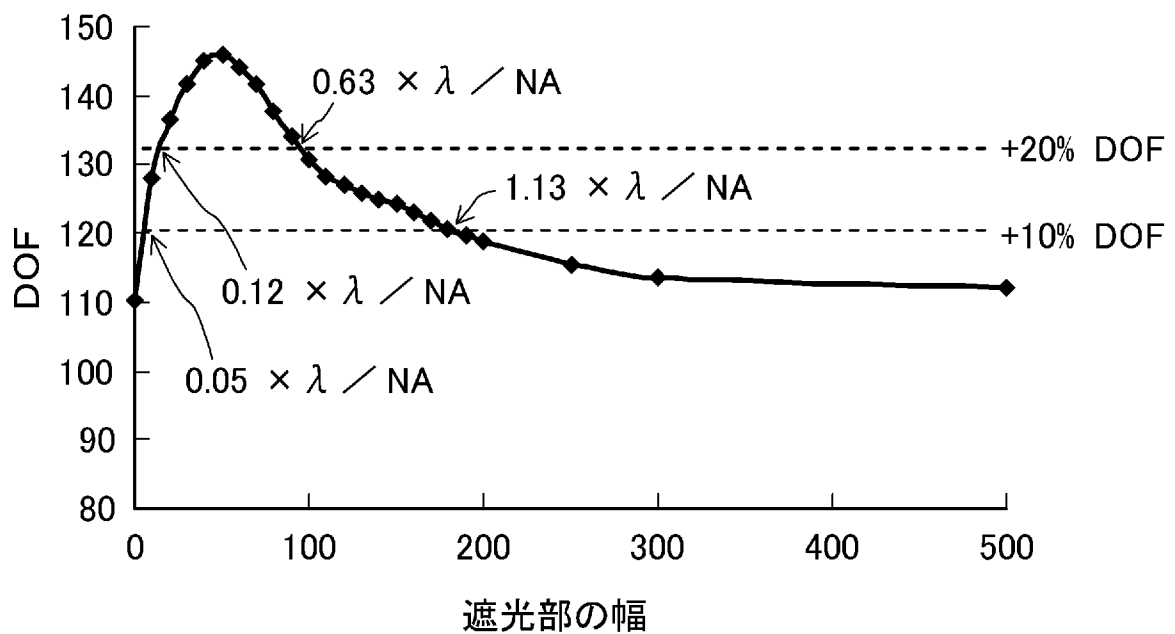
[図2]



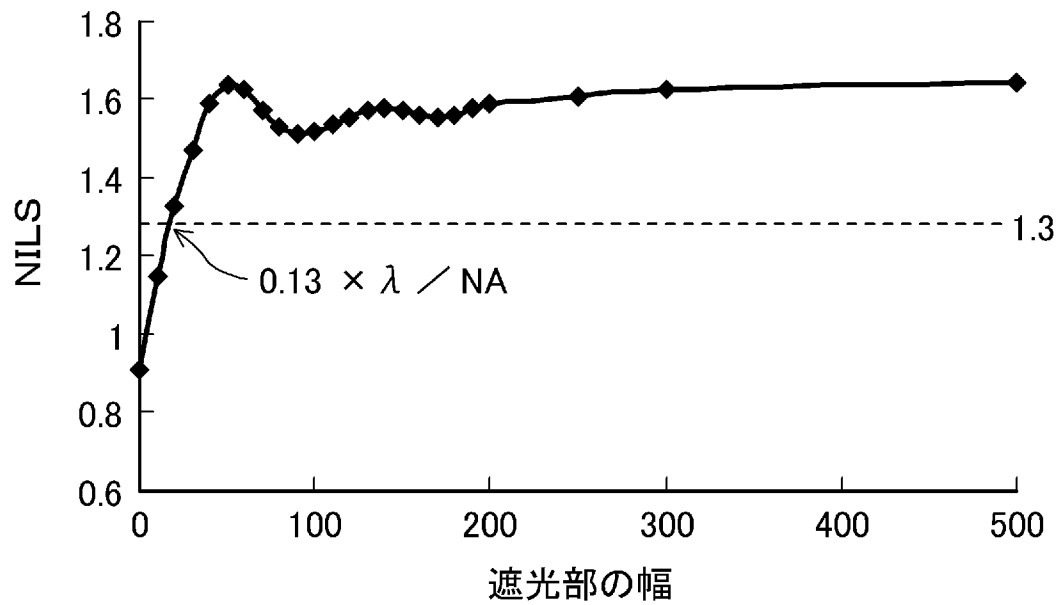
[図3]



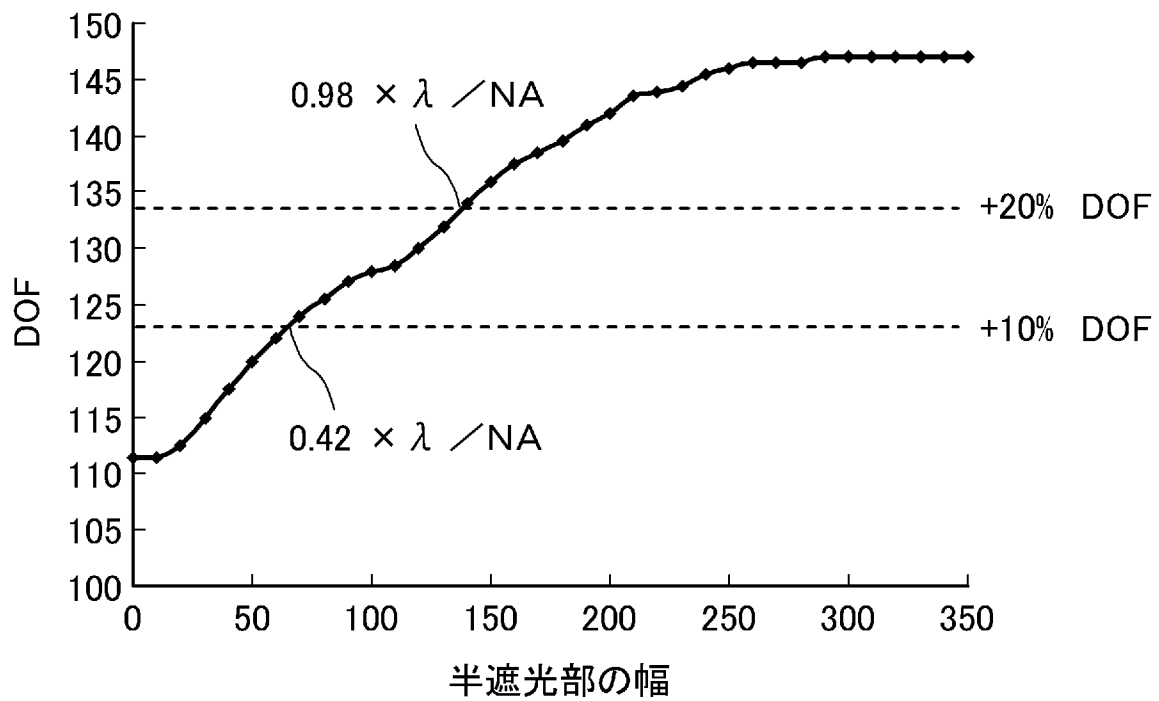
[図4]



[図5]



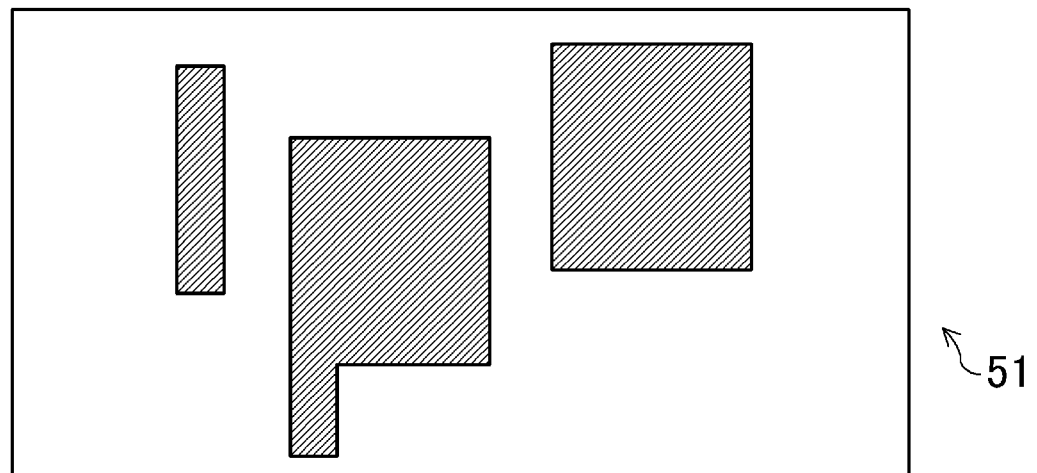
[図6]



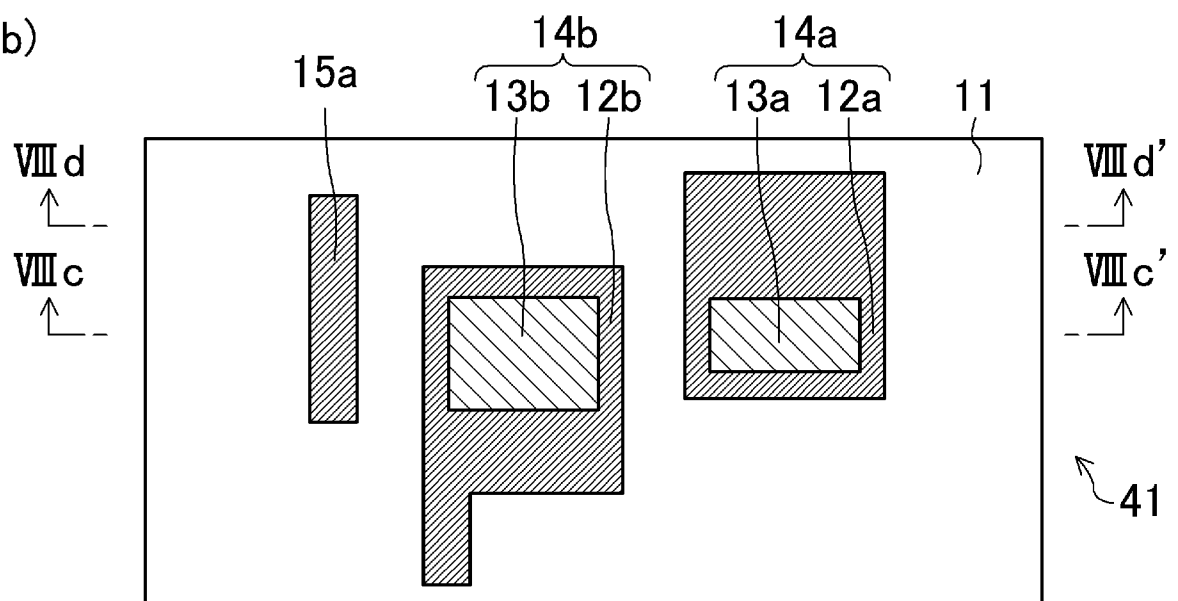


[図8]

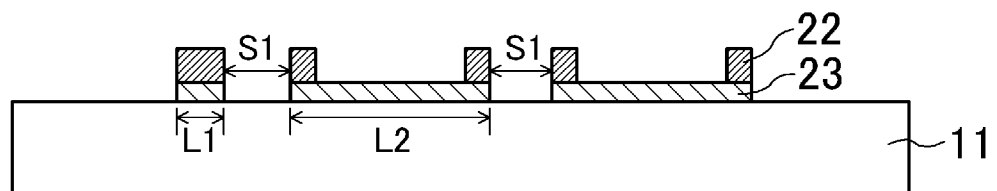
(a)



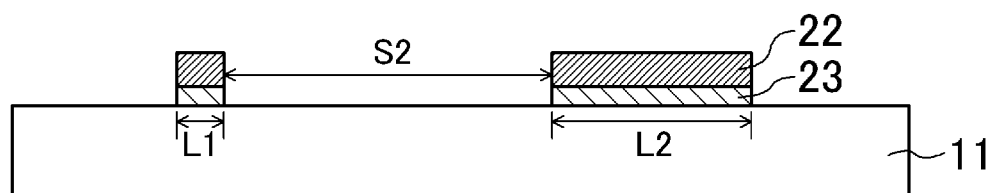
(b)



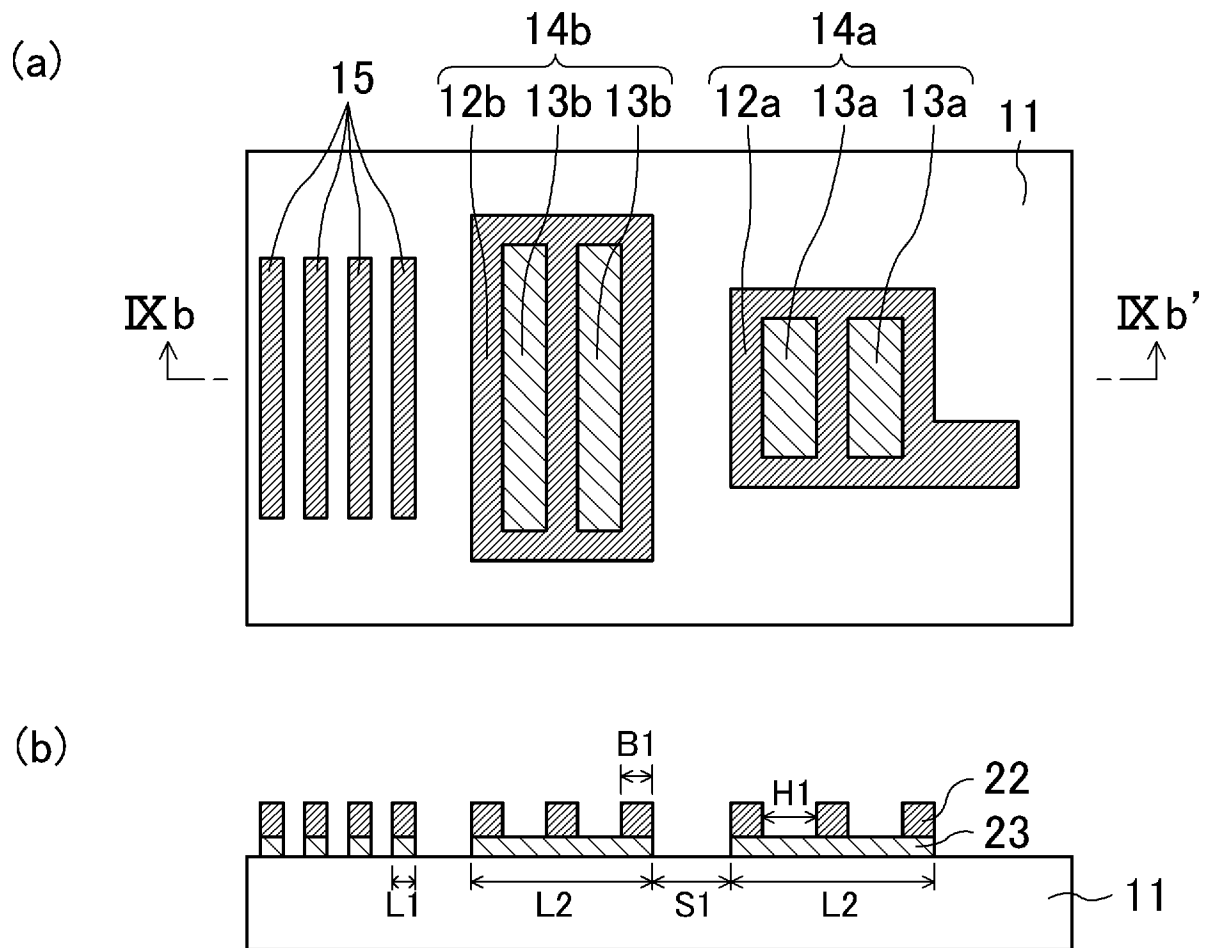
(c)



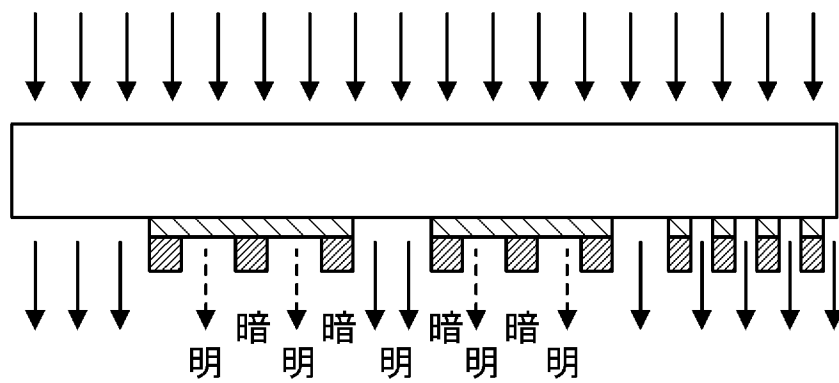
(d)



[図9]

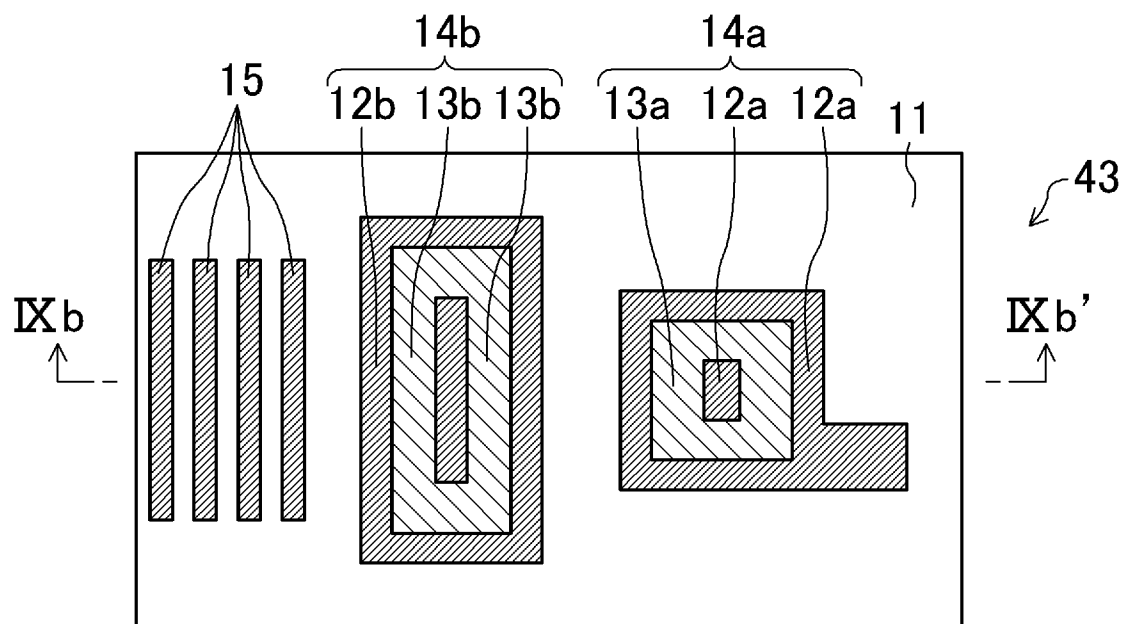


[図10]

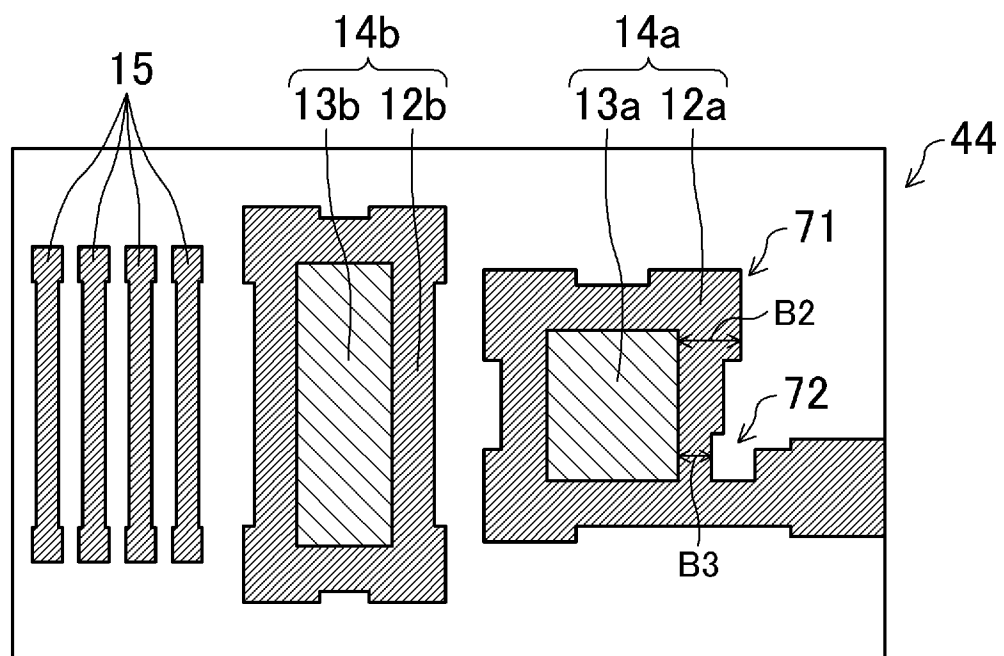




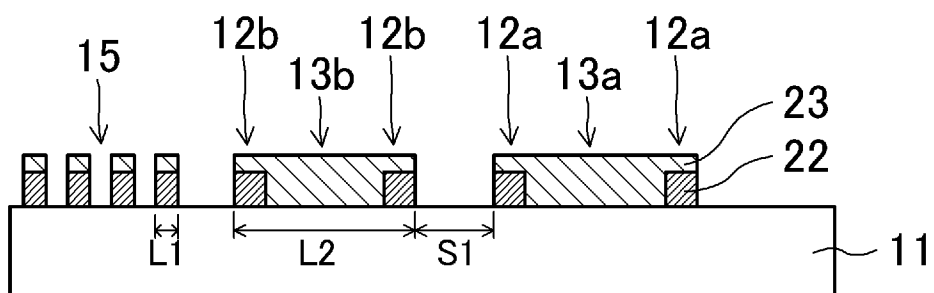
[図11]



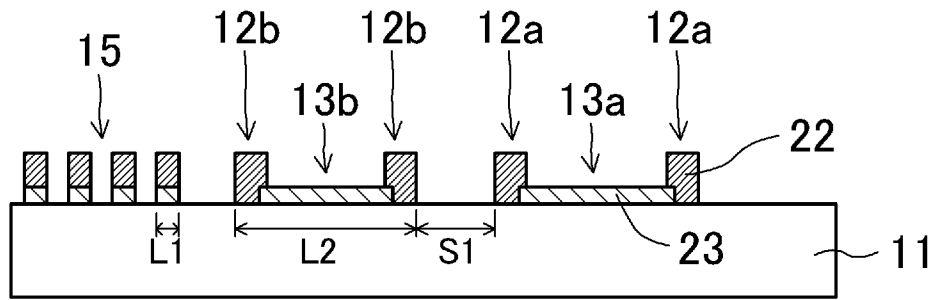
[図12]



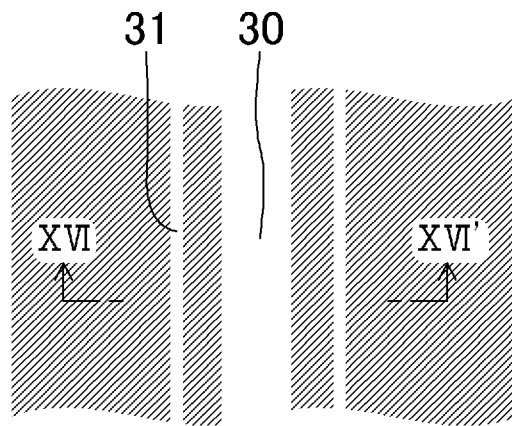
[図13]



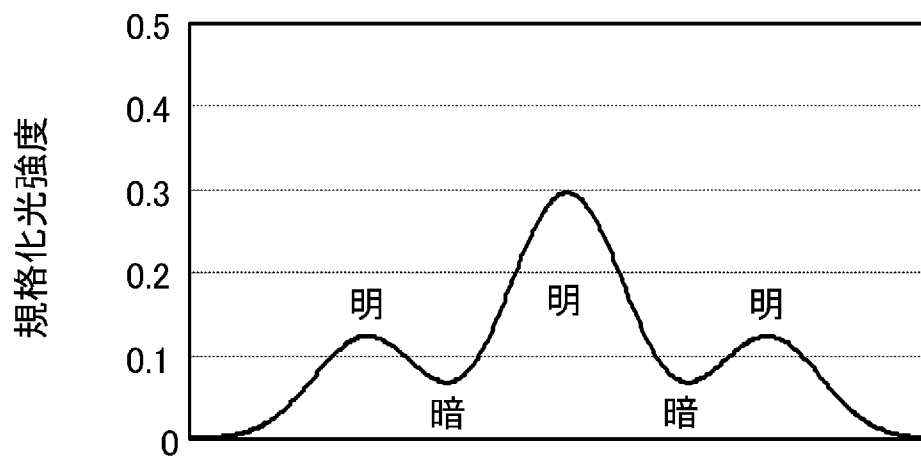
[図14]



[図15]



[図16]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/002241

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G03F1/08(2006.01) i, H01L21/027(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)

G03F1/08, H01L21/027

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 | 1996-2011 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2011 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2011 |

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 2009-075207 A (Panasonic Corp.),<br>09 April 2009 (09.04.2009),<br>paragraphs [0024] to [0054]; fig. 1 to 3, 6, 8<br>& US 2009/0075182 A1                                              | 1-18                  |
| Y         | JP 2006-221078 A (Renesas Technology Corp.),<br>24 August 2006 (24.08.2006),<br>paragraphs [0008] to [0021]; fig. 1 to 3<br>& US 2006/0183030 A1 & KR 10-2006-0091246 A<br>& CN 1854892 A | 1-18                  |
| A         | JP 2008-191364 A (Elpida Memory, Inc.),<br>21 August 2008 (21.08.2008),<br>paragraphs [0013] to [0014]; fig. 5, 11<br>(Family: none)                                                      | 1-18                  |

☒ 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  
07 July, 2011 (07.07.11)

Date of mailing of the international search report  
19 July, 2011 (19.07.11)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2011/002241

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                            | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2002-107909 A (NEC Corp.),<br>10 April 2002 (10.04.2002),<br>paragraphs [0023] to [0028]; fig. 2<br>& US 2002/0039692 A1 & KR 10-2002-0026848 A                            | 1-18                  |
| A         | WO 2005/040919 A1 (Matsushita Electric<br>Industrial Co., Ltd.),<br>06 May 2005 (06.05.2005),<br>description, page 22, line 16 to page 23,<br>line 14<br>& US 2007/0065730 A1 | 1-18                  |

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））  
Int.Cl. G03F1/08(2006.01)i, H01L21/027(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. G03F1/08, H01L21/027

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 1 年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Y               | JP 2009-075207 A（パナソニック株式会社）2009.04.09,<br>段落[0024]-[0054], 図 1-3, 6, 8 & US 2009/0075182 A1                                     | 1-18           |
| Y               | JP 2006-221078 A（株式会社ルネサステクノロジ）2006.08.24,<br>[0008]-[0021], 図 1-3 &<br>US 2006/0183030 A1 & KR 10-2006-0091246 A & CN 1854892 A | 1-18           |
| A               | JP 2008-191364 A（エルピーダメモリ株式会社）2008.08.21,<br>[0013]-[0014], 図 5, 11（ファミリーなし）                                                     | 1-18           |

☒ 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。

|                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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）</p> <p>「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p> | <p>の日の後に公表された文献</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「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</p> <p>「&amp;」同一パテントファミリー文献</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

国際調査を完了した日

0 7 . 0 7 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 7 . 2 0 1 1

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）

渡戸 正義

2 M

9 0 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                                                             |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 2002-107909 A (日本電気株式会社) 2002. 04. 10, [0023]-[0028],<br>図 2 & US 2002/0039692 A1 & KR 10-2002-0026848 A | 1-18           |
| A                     | WO 2005/040919 A1 (松下電器産業株式会社) 2005. 05. 06,<br>明細書第 22 ページ第 16 行-第 23 ページ第 14 行<br>& US 2007/0065730 A1    | 1-18           |