(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
2013 年 6 月 13 日 (13.06.2013)

W 画P O | P C T

(10) 国際公開番号
W O 2013/084574 A 1

(51) 国際特許分類：
G03F 7/30 (2006.01) H01L 21/027 (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2012/075677

(22) 国際出願日： 2012 年 iO月 3 日 (03. 10.2012)

(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 201 1-267026 201 1年 12 月 6 日 (06.12.201 1) JP

(71) 出願人：独立行政法人 産業技術総合研究所 (NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒 1008921 東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP)-

(72) 発明者：クンプアン ソマワン (KHUMPUANG Sommawan); 〒 3058568 茨城県つくば市梅園 1 — 1 — 1 中央第 2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP). 原 史朗 (HARA Shiro); 〒 3058568 茨城県つくば市梅園 1 — 1 — 1 中央第 2 独立行政法人産業技術総合研究所内 Ibaraki (JP).

(74) 代理人：特許業務法人 武和国際特許事務所 (THE PATENT BODY CORPORATE TAKEWA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒 1050003 東京都港区西新橋 1 丁目 6 番 1 3 号柏屋ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

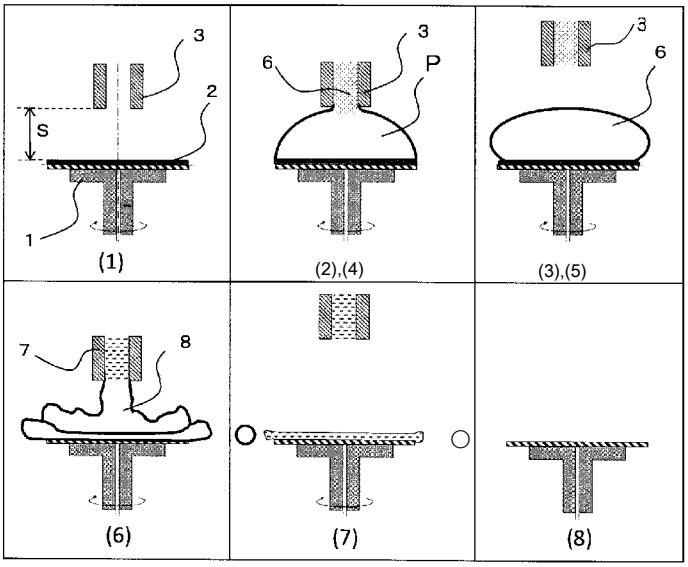
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (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: SPIN DEVELOPMENT METHOD AND DEVICE

(54) 発明の名称：スピン現像方法および装置

[図3]



(57) Abstract: The present invention relates to an optimal development method and device for a resist formed on a half-inch sized wafer. Provided are a development method and device for a resist formed on a wafer with a size for fabricating semiconductor devices with an extremely small number of units, the development method comprising: a first step for dripping developer onto a wafer for which rotation is at rest, until the thickness of developer is maximized; a second step for developing the wafer while rotating the wafer; a third step for bringing the rotation of the wafer to rest and supplying developer in approximately half the developer amount in the first step onto the wafer; and a fourth step for developing the wafer with a developing time longer than the second step while rotating the wafer.

(57) 要約： ハーフインチサイズのウェハ上に形成されたレジストの最適な現像方法および装置。 極小単位数の半導体デバイスを作製するウエハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法であって、回転を静止されたウエハ上に、現像液厚みが最大となるまで現像液を滴下する第 1 ステップ、ウェハを回転させながら現像する第 2 ステップ、ウェハの回転を静止して第 1 ステップでの現像液量の約半分の現像液をウェハ上に供給する第 3 ステツプ、ウェハを回転させながら、第 2 ステップより長い現像時間で現像する第 4 ステップからなる現像方法およびその装置。

WO 2013/084574 A1

明　細　書

発明の名称　：スピン現像方法および装置

技術分野

[0001] 本発明は、極めて小さな面積を有するウェハ上に形成されたレジストを現像するスピン現像方法および装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、半導体デバイスの製造ラインは、広大なクリーンルーム内に、同種機能の処理装置を纏めたベイと呼ばれるユニットを複数備え、そのベィ間を搬送ロボットやベルトコンベアで接続するジョブショップ方式を採用したレィアゥトが主流になっている。

また、そのような製造ラインで処理されるワークに、１２インチなどの大口径のウェハが使用され、１枚のウェハから数千個の半導体チップが製造される生産システムとされている。

[0003] ところがこのジョプショップ方式では、複数の似たような処理工程を繰り返す場合には、ベイ内での搬送やベィ間での搬送距離が大幅に伸びるとともに、待機時間も増加するため、製造時間が増大し、仕掛品の増大を招くなどコストアップの要因となり、ワークを大量処理する製造ラインとしては、生産性の低さが問題となる場合が生じる。

そこで、従来のジョプショップ方式の製造ラインに代え、半導体処理装置を処理工程順に配置したフローショップ方式による製造ラインも提案されている。

[0004] 一方、このようなフローショップ方式による製造ラインは、単一の製品を大量に製造する場合には最適であるが、製造品を変えることで製造手順（レシピ）を変えなければならない場合には、製造ラインでの各半導体処理装置の配置をワークの処理フロー順に並べ替えることが必要となる。しかしながら、製品が変わるたびにそのような並べ替えを行うのは、再配置のための手間と時間を考慮すると、現実的ではない。特に、クリーンルームという閉鎖

空間内に巨大な半導体処理装置が固定配置されている現状では、その半導体処理装置をその都度再配置することは、現実的には不可能である。

[0005] また、これまでの半導体製造システムでは、製造コストを極小とするためのファクターとして同時生産性 (単位時間あたりの生産量）を最重要視してきたため、ワークサイズ (シリコンウェハサイズ）の大口径化や製造単位数（１つの製品に対するオーダー数）の増大が優先され、メガファブとも言うべき、巨大化した製造システムが指向されてきた。

このような巨大な製造システムでは、プロセス数も数百を越え、それに比例してベィ数や装置数も大幅に増大してきている。

このため製造ライン全体としてのスループットは向上してきたものの、このようなメガファブを構築するには数千億円もの設備投資が必要とされ、総投資額が巨額化している。

また、このように製造システムが巨大化するに伴い、装置制御が複雑化して、搬送系での搬送時間や待ち時間が飛躍的に増大しているため、生産ライン内で滞留する仕掛かりウェハ数もそれに応じて飛躍的に増加している。ここで使用される大口径のゥェハの単価は非常に高いので、仕掛かり枚数が増大するとコスト上昇を招くこととなる。

このようなことなどから、設備投資を含めたトータルでの生産性は、現在より小口径のウェハを用いた比較的中規模の製造ラインと比べて、現状では、もはや減少する方向に転じていると言われている。

[0006] 一方、エンジニアサンプルやユビキタスセンサー用など、製造単位数が数個〜数百個というような超少量の半導体を製造するニーズも存在する。

このような巨大な製造システムでなければこの超少量生産はコストパフォーマンスをさほど犠牲にすることなく行うことが可能であるが、このような巨大な製造システムでは、この超少量生産を製造ラインに流すにはコストパフォーマンスが極端に悪くなることから、これと同時に、他の品種を該製造ラインに流さざるを得ないこととなる。

しかしながら、そのように多品種を同時に投入して混流生産をするとなる

と、製造ラインの生産性は品種数の増大とともに一層低下することとなるので、結局のところ、このような巨大な製造システムでは、超少量生産でかつ多品種生産に適切に対応することができない。

[0007] そこで、０．５インチサイズのウェハに１個のデバイスを作成することを基本とし、そのために製造工程を複数の可搬性の単位処理装置で構成して、それら単位処理装置をフローショップやジョプショップに再配置することを容易にすることで、超少量生産でかつ多品種生産に適切に対応することができるようにするミニマルファプシステムが本出願人より提案されている。（特願２０１０―１９５９９６号）

―方、デバイス製造工程でのウェハの現像方式も種々、提案されている。（非特許文献１）

先行技術文献

非特許文献

[0008] 非特許文献１：厚膜レジストにおける現像方法の違いによる解像性の検討」扇子義久外　電子情報通信学会論文誌　V0L. J86-C　No. 1 January　2003　p50

発明の概要

発明が解決しょうとする課題

[0009] 非特許文献１に記載の現像方法（ディップ現像方法、ステツプ・パドル現像方法、振動現像方法、逆さ現像方法）のうち、パターン解像性に優れたステツプ'パドル法（以下、ＳＰ法、という。）を用いて、実際に4インチ径のウェハ上に形成された厚さ１μｍのレジストの現像を行った。

ウェハを１００ｒｐｍで回転させながら5秒間現像液を供給し、２０秒間の静止現像を行い、この作業を3回繰り返した。使用される現像液量は合計９０ｍし現像時間は合計６０秒となつた。

このように、従来法では厚さ１μｍのレジストを現像するに要する時間は、６０~３００秒とされており、比較的現像時間の短い上記したＳＰ法でも６０秒を要するように、現像効率に優れているわけではない。また、使用す

る現像液量は、ウェハ全体を浸漬しなければならない程度の現像液量となるなど、現像液の使用効率においても高くない。

[001 0] 非特許文献１によれば、ＳＰ法では、ウェハを１００ｒｐｍで回転しながら5秒間現像液を供給し、２９５秒間静止現像を行い、この作業を3回繰り返す現像方法が採用されており、比較的現像時間が長い。また、この非特許文献１では、上記した各現像方法における現像特性の評価を、現像時間が１５分として行われている。この評価によれば、ＳＰ法が現像コントラストに優れているとされているが、１５分の現像時間は、効率的な現像時間とは言いがたい。

このように、これら現像方法は、上記したハーフインチサイズのようなきわめて小さいワーク上のレジストの現像方式としては、現像効率や解像性の点でまだ、十分ではない。

[001 1] 本発明は、上記した実情に鑑みてなされたものであり、その目的は、上記したミニマルファブシステム等に使用することのできる、ハーフィンチサィズのようなきわめて小さいワーク上のレジストの現像方式として、現像効率が良く省資源で解像度が高い、最適な現像方式を提供することである。

課題を解決するための手段

[001 2] 上記目的を達成するために、本発明は、極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法であつて、停止しているゥェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する第１ステップ、ウェハを回転させながら現像する第２ステップからなるスピン現像方法。とした。

さらに、極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法であって、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液を厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ

上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する第１ステツプ、ウェハを回転させながら現像する第２ステップからなるスピン現像方法とした。

さらに、前記ウェハサイズを０．５インチ径とし、前記第１ステップでの滴下現像液量を０．４ｍｌ程度とし、前記第３ステツプでの滴下現像液量を０．２ｍｌ程度とし、現像液滴下時のウェハ上での現像液の接触角を１３５～１４６度程度としても良い。

[001 3] また、本発明は、極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像装置であつて、

ウェハを所定速度で回転させる回転部と、ウェハ上に所定量の現像液を滴下することのできる現像液供給部と、前記回転部の回転を制御する回転制御部と、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する現像液供給制御部と、を有するスピン現像装置とした。

また、前記現像液供給部は、ウェハ表面と前記現像液供給部の現像液供給口との距離を、前記現像液供給口と前記ウェハ表面との間に連続的な液滴ボールが形成される距離に保持する供給口高さ制御機構を備えることを特徴とするスピン現像装置とした。

[0014] ここで、極小単位数とは、極小単位の半導体デバイス、実施の形態例としては０．５インチサイズのウェハから１ｃｍ２の１個の半導体デバイスを作製するものとするが、作成されるデバイスの大きさにもよるが、１個に限定されることなく、１枚のウェハから作成可能な限りにおいて該極小単位数を２個以上としても良い。

発明の効果

[001 5] このように構成された本発明によれば、極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法および装置として、最適な現像方法および装置を提供することができる。より具体的に

は、現像特性の向上と共に、現像液量の低減化と現像時間の短縮化が図られることにより、現像液供給からレジスト現像、レジスト乾燥までの全現像工程におけるスループットの生産効率と品質を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[001 6] [図1]本発明の実施の形態例に係る現像装置フロー図。

[図2]本発明の実施の形態例に係る現像方法のフロー図。

[図3]図2の現像フローに対応させた現像状態説明図。

[図4]ウエハ上に供給される現像液量の説明図。

[図5]本発明のウエハ上で現像液の接触角とウエハ回転速度との関係の説明図。

[図6]本発明のウエハ上への現像液量の説明図。

[図7]従来のパドル現像法での現像液供給状態の説明図。

[図8]従来の大口径ウエハでのパドル現像法・SP現像法のフロー図。

発明を実施するための形態

[001 7] 以下、本発明の実施の形態例を、図面を参照して説明する。

まず、本発明に使用される現像装置を図1に示す。0.5インチサイズのウエハ2は、真空チャックが備えられたワークテーブル1上に載置される。ワークテーブル1は、4から空気が吸引され、図示しない駆動部材により矢印5方向に回転されるので、載置されたウエハ2を、その上に固定し、回転することができる。ワークテーブル1の回転中心の真上には、現像液6をウエハ2上に供給するための供給ノズル(現像液供給部)3や、リンスをウエハ2上に供給するための供給ノズル(図示せず)等が選択的に配置されるように構成されている。そのうち、現像液を供給する供給ノズル3の供給口(現像液供給口)は、内径2mmに形成されており、ウエハ2から該供給口までの距離Sが5mmになるように設けられる。また、ワークテーブル1の回転を制御したり、供給ノズルからの供給量を制御したりする制御部(図示せず)が設けられている。

[001 8] 本発明の実施の形態では、ウエハ上に形成される感光性レジストとして、

ジァゾナフトキノン (ＤＮＱ) ノポラックポジ型レジスト (ｉ線レジスト) を用いた。

レジストの塗布プロセスは、ＨＭＤＳ:９０℃１０秒、その後、スピンコート4０００ｒｐｍ３０秒、その後、プレベーク９０℃６０秒により、レジスト膜厚は６００~７００ｎｍを得た。

露光は、ｉ線ＬＥＤ光源を用いてドーズ量２５０ｍＪ/ｃｍ2、Ｐ.Ｅ.Ｂ:１００℃６０秒で行った。

現像液は、含水ＴＭＡＨ (テトラメチルアンモニゥムハイドロオキサイド) 、利用濃度２．３８％を用いた。

環境温度は、２１℃± １℃である。

[0019] 本発明の現像方法を、図２および図３を用いて説明する。

図示しない搬送装置により、０．５インチサイズのウェハ２が、ワークテーブル１上に搬送されると、互いの回転中心をァライメントされて、真空チャックによりワークテーブル１上に固定される。

< 第１ステップ>

図３(1)に示すように、現像液供給ノズル３の供給口を待機位置からワークテーブル１の回転中心の真上の距離Ｓを５ｍｍにして配置する。(1)

ここで、ワークテーブル１の回転速度が３００ｒｐｍとされると、供給ノズル３からウェハ上に現像液６を０．４ｍｌ供給する。この現像液量は、回転しているウェハ２上の現像液の厚みがほぼ最大となる液量である。 あるいは、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液量を滴下するようにしてもよい。つまり、回転状態のウェハ２上に載置可能な最大液量にほぼ相当するような現像液を供給する。(2)

この際、図３に示すように、供給ノズル３の供給口とウェハ２の表面との間に連続的な液滴ボールＰが表面張力により形成されるような距離Ｓ (具体的には、５ｍｍ) に保持する。

< 第２ステップ>

その回転速度のまま、１５秒間の現像を行う（1回目のスピン現像）。(3)

この現像の際、供給口を一旦退避させても良いが、現像液供給時における距離Ｓに保持したままでも良いので、退避させない場合には、供給ノズル3の位置制御が省略できる。なお、退避させる場合は、供給ノズル3をウエハ2に対し一旦持ち上げるように退避させることが必要である。

< 第3ステップ>

次に、その回転速度のまま、供給ノズル3からウエハ2上に現像液6を0．２ｍｌ供給する。供給ノズル3を、現像液供給位置から退避させる。具体的には、供給口を供給位置から一旦上方に持ち上げてから、待機位置に戻す。(4)

< 第4ステップ>

次に、その回転速度のまま、２０秒間の現像を行う（2回目のスピン現像）。(5)

以上の第1ステツプ〜第4ステツプにより現像を終了させる。

次に、リンス供給ノズル7を回転中心に配置するとともに、ウエハの回転速度を８００ｒｐｍに上昇させてリンス液8（純水）１ｍｌを供給し、2秒間のリンスを行う。これにより、現像を完全に停止させるとともに、残滓レジストを除去する。< 第5ステップ>(6)

次に、回転を４５００ｒｐｍに上昇させ、１５秒間の乾燥を行い、これにより現像の全工程を終了する。< 第6ステップ> (7)

最後に、ワークテーブル1の回転を停止し、ウエハを取り出す。(8)

[0020] 上記の現像方法を実施するために、本発明の実施の形態では、ゥ工ハ2を所定速度で回転させる回転部と、ウエハ2上に所定量の現像液を滴下することので供給ノズル3と、前記回転部の回転を制御する回転制御部と、停止しているウエハ2上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ゥエハを回転させて現像液を厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているゥエハ上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する現像液供給制御部とを有している。

そして、前記供給ノズル３は、ウェハ２表面と現像液供給口との距離を、現像液供給口とゥエハ表面との間に連続的な液滴ボールｐが形成される距離に保持する供給口高さ制御機構 (図示せず) を備えている。

[0021] 次に、上記の実施の形態と対比した現像方法とその評価結果について、説明する。

本発明の実施の形態では、上記したように、２回のスピン現像と２回の現像液供給を行った。トータルの現像時間は３５秒である。

これに対し、対比例１ :[１回のスピン現像・現像液の入れ替えなし、現像時間３８～４０秒]、および対比例２ :[１回の静止現像・現像液の入れ替えなし (つまり、普通のパドル現像法)、現像時間４５秒]によつて現像された現像パターンとの対比評価を行った。

対比例１および２とも、レジスト線のＬ＆Ｓ幅３μｍで、レジスト残が見られた。また、十字マーク現像パターンにおいても、マーク幅２μｍおよび５μｍのいずれも、レジスト残が見られた。

[0022] 本発明のスピン現像を行う上で、非常に重要な要点の一つは、次のことである。現像液の滴下の際、供給ノズルの先端がウェハの比較的上方にある場合、滴下された液滴が重力で加速して、ウェハに当たった際の液の運動エネルギーが大きく、ゥエハの表面張力で現像液をゥエハ上に保持できなくなり、ウェハから液がこぼれてしまうことである。零れる分だけ現像液をムダに消費してしまう。これを防ぐには、本発明のごとく、ノズル先端を限りなくウェハに近づけるように、ノズル高さを制御する機構を備え、かつそのようにノズルをウェハに実際に近づけて滴下を行うことが重要である。このようにノズルを近接して現像液を滴下すると、結果としてできるウェハ上の現像液の液滴ボールＰ (図３(2)) は、ノズルと接触していることになる。

そうすると次に重要なことは、このノズルを現像中に待機位置まで待避する場合には、ウェハ面内と水平にノズルを待避すると、液滴が引きずられて、液がウェハから零れてしまうことになる。それを防ぐために、ノズルはまず、垂直に引き上げなければならない。その後、待機位置まで待避する動作

を行う。

なお、上記したように、ノズルは現像中に必ずしも待避する必要はなく、現像中に液滴に触れたままでもよい。その場合、ノズルは液滴に触れた状態で現像することになる。このように、液滴にノズルが触れることはスピン現像の一つの特徴である。

[0023] 次に、現在行われている4～8インチサイズのウェハを、普通のパドル現像法 (1回の静止現像、現像液の入れ替えなし)あるいは、ＳＰ法 (2回の静止現像、現像液の入れ替えあり)により現像した場合を、本実施の形態例と比較するために、図8に示す。

図8により明らかなように、現像時間についてみると、普通のパドル現像法は３００秒、ＳＰ法は６０～７０秒であり、いずれも本実施の形態例の現像時間 (35～45秒)よりも長い。リンス時間については、これらの現像法によるものが６０～１８０秒を要するに対し、本実施の形態例のものは、上記したように2秒にすぎない。なお、乾燥時間については、これら現像法によるものと本実施の形態例によるものとは、ほぼ同様 (１５秒)であった。したがって、現像工程全体で見ると、大口径ウェハを従来現像法で現像する場合は、２．５分～8分であるのに対し、０．５インチウェハを本実施の形態例で現像する場合は、1分以内ということになる。しかも、上記したように、その現像特性は、本実施の形態例によるもののほうが、優れている。

また、現像に要した現像液量は、4インチウェハの現像の場合、９０ｍｌであったのに対し、上記したように本発明による０．５インチウェハの現像では０．６ｍｌである。０．５インチ径と4インチ径とでは面積比１：６４であるが、使用現像液量は１：１５０であるから、本発明のスピン現像方法は、ＳＰ法の１．５％まで現像液使用量を減少させることができる。

[0024] 小口径ウェハの場合には、大口径ウェハよりも、面積が小さい分、単位時間当たりのチップ生産量 (スループット)は下がることになる。しかし、小口径ウェハ用の製造装置やそのファクトリーシステムは、その小口径の分だけ装置価格と工場設備投資額も下がることになる。従って、原理的には設備

投資額をウェハの面積で割った、設備投資額/ウェハ面積、すなわち、投資生産性は、ウェハの径にはあまり依存しないことになるのである。その意味で、小口径ウェハで利点の大きな本発明が、大口径ウェハによる生産方法より劣っているわけではなく、かつ、本発明により、現像液を非常に節約できることから、総じて、従来法よりも有利な現像方法であると言うことができる。

[0025] このように本実施の形態例の現像時間が短く、しかも現像液量が少なくて済むその要因について、以下、考察する。

[現像液量と、回転速度について]

図4の右図に示す4インチサイズのウェハに保持される現像液は、左図に対比して示す0．5インチサイズへの現像液の保持量とは、単位面積あたりの現像液保持量が小さくなる。これは、0，5インチサイズのウェハ上の場合は、現像液の滴下時に液滴が分裂しないように供給すると、ウェハ表面全体から現像液の表面張力により盛り上がるように保持される。これに対し、4ィンチサイズのように表面積が広がると、ゥェハ上に供給された現像液は、その表面張力により取り敢えずは塊となってしまう。そのまま放置すると、ウェハ表面に徐々に広がっていくものの、全体に広がるまでには数十秒かかってしまう。その間、最初に現像液が供給された部位は現像が進むので、中心部と周縁部とでは現像レー トに差が生じてしまう。したがって、このような表面積の広いウェハの場合は、図6に記載するように、ウェハ2を回転させながら現像液を供給しなければならない。このため、現像液6は、ゥェハ表面から薄く拡散され、ウェハ周縁部2'から飛散し、結果として0．5ィンチサイズのものと比較して単位面積あたりの現像液保持量は小さくなる。

実際、この4インチウェハの場合、ウェハの回転速度１００ｒｐｍで回転させると、全面に広がるまで数秒間を要し、しかも使用される現像液量は３０ｍｌ以上となる。単位面積あたりの現像液保持量は、0．4μl/ｍｍ2である。

[0026] これに対し、０．５インチウェハの場合には、図３(2)、(4)に示すように、現像液の滴下時に液滴が分裂しないように供給すると、その表面張力により、現像液はウェハ表面全体から高さ(現像液厚み)ｈを保持するように盛り上がる(図５　実線部)。ここで、ウェハ自体を３００ｒｐｍで回転させながら現像液を供給すると、図４に示すように、その現像液は遠心力をうけ、外方に広がろうとするので、ウェハ表面との接触角ｅは大きくなつてゆく。そして、この接触角が最大になる時点(図５　破線部)を越えると、この遠心力が現像液の表面張力より大きくなり、現像液は遠心力により外方に飛散してしまう。実際、この最大接触角(θmax)は、本実施例の場合、１４６°であった。

ゥェハ上の現像液がこの最大接触角の近傍になるまで、現像液量(現像液厚み)とウェハ回転速度とを制御することにより、図５および６に示すように、最小接触角(θmin)での現像液高さｈで供給されるよりも、現像液高さｈ'は低下するものの、多くの現像液量をウェハ上に保持させることが可能となる。実際、この接触角を１３５°～１４６°、望ましくは１４６°近傍まで保持するように回転速度および現像液供給量(現像液厚み)を制御すると、ウェハ回転時におけるウェハ上の現像液量は最大となり、単位面積あたりの現像液保持量は、４μｌ／ｍｍ2となった。これは、４インチウェハの場合よりもほぼ1桁多くの単位面積あたりの現像液量となる。この現像液量が多いほど、現像液中に溶け出したレジストによる現像液の濃度変化が少なくなるので、現像条件のマージンが広く取れ、有利である。現像むらを発生させるリスクは小さくなる。

[0027] このように、本実施の形態例では、現像液６がウェハ上に表面張力を形成して供給されるように、現像液供給ノズル３とウェハ２との距離を５ｍｍ程度の間隙に保持し、０．４ｍｌの少量の現像液を滴下している。(図３　(2)、(4))

これ以上の距離では、滴下時に液滴が分裂するので、ウェハ上への最大液量の供給が難しくなるからである。

しかも、従来のパドル現像法とは異なり、ウェハを回転しながら現像液を供給することで、現像液を多量にしかもウェハ表面に早く供給することができ、現像液を効率的に有効活用することもできる。このことは、本実施の形態例における、現像効率の高さや再現性の高さが確保できる要因となっている。

[0028] [2回のパドル現像と、現像液量について]

上記のように供給された現像液は、時間の経過にともなつて現像液とウェハとの濡れ性が良くなるにつれて、ウェハの回転に伴って次第にウェハ上から飛散されてゆく。また、現像の進行と共に現像液とレジスト表面の境界に発生したN2ガスも、ウェハの回転と共にウェハ外周に運ばれることとなるので、現像が早く進展し、1回目の現像液のリアクションレートは、急激に低下することとなる。

実際、回転速度を１００ｒｐｍ、２００ｒｐｍ、３００ｒｐｍと変化させて、現像されたテストパターンを比較検査すると、低速の場合には、より長い現像時間が必要であることが判明した。

したがって、1回目のパドル現像は、より早いタイミングで現像液の入れ替えを必要とされることとなる。したがって、1回目の現像時間< 2回目の現像時間としている。

また、2回目の現像液量は、1回目のほぼ半分に設定している。これは、1回目の現像にともない、レジスト表面の濡れ性が向上しているので、1回目のような多くの現像液量を必要とせず、また、実際、1回目のような現像液量の供給は不能になっている。

したがって、本実施の形態例では、2回目のパドル現像の現像液量は、1回目のそれよりも少なくできるので、現像剤の使用効率に優れている。

[0029] 以上のように、本発明は、極めて小さなサイズのウェハのレジスト現像方法として、現像効率や解像度再現性等の点で、極めて優れた作用効果を発揮するものである。

なお、回転速度、現像液量 (現像液厚み) および接触角については、ウェ

ハないしはレジストの濡れ性や現像液の粘性、レジスト膜厚等によって、上記した実施の形態例と相違が生じる場合があるが、上記した本件発明における技術思想の範囲内で変更することが可能である。

符号の説明

[0030] 1 ワークテーブル

2、2' ウェハ

3 現像液供給ノズル

6、6' 現像液

h、h' 現像液高さ

Θ 接触角

請求の範囲

[請求項1] 極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法であって、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する第1ステップ、ウェハを回転させながら現像する第2ステップからなるスピン現像方法。

[請求項2] 極小単位数の半導体デバイスを作製するウェハサイズのウェハ上に形成されたレジストの現像方法であって、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウェハを回転させて現像液を厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ上に現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する第1ステップ、ウェハを回転させながら現像する第2ステップ、第1ステップと同一の回転速度で回転されているウェハに第1ステップでの現像液量の約半分の現像液を滴下する第3ステツプ、ウェハを回転させながら、第2ステツプょり長い現像時間で現像する第4ステップからなるスピン現像方法。

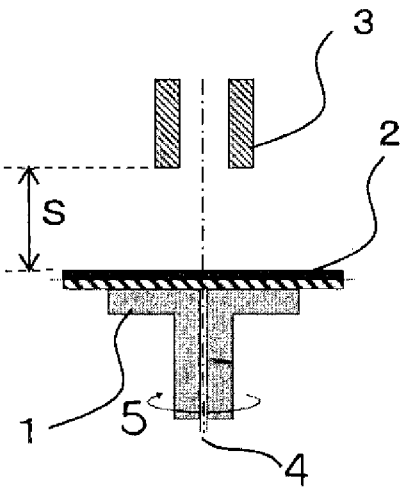
[請求項3] 前請求項1において、前記ウェハサイズを0．5インチ径とし、前記第1ステツプでの滴下現像液量を0．4ｍｌ程度とし、前記第3ステツプでの滴下現像液量を0．2ｍｌ程度とし、現像液滴下時の前記ウェハ上での現像液の接触角を135～146度程度とすることを特徴とする請求項2記載のスピン現像方法。

[請求項4] ウェハを所定速度で回転させる回転部と、ウェハ上に所定量の現像液を滴下することのできる現像液供給部と、前記回転部の回転を制御する回転制御部と、停止しているウェハ上に現像液をこぼれる量を下回る量だけ滴下し、その後ウ」ハを回転させて現像液を厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下するか、または、回転しているウェハ上に

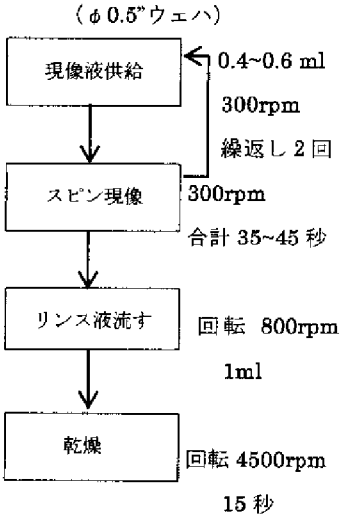
現像液の厚みがほぼ最大となるまで現像液を滴下する現像液供給制御部と、とを有するスピン現像装置。

[請求項5] 前記現像液供給部は、ウエハ表面と前記現像液供給部の現像液供給口との距離を、前記現像液供給口と前記ウエハ表面との間に連続的な液滴ボールが形成される距離に保持する供給口高さ制御機構を備えることを特徴とする請求項4記載のスピン現像装置。

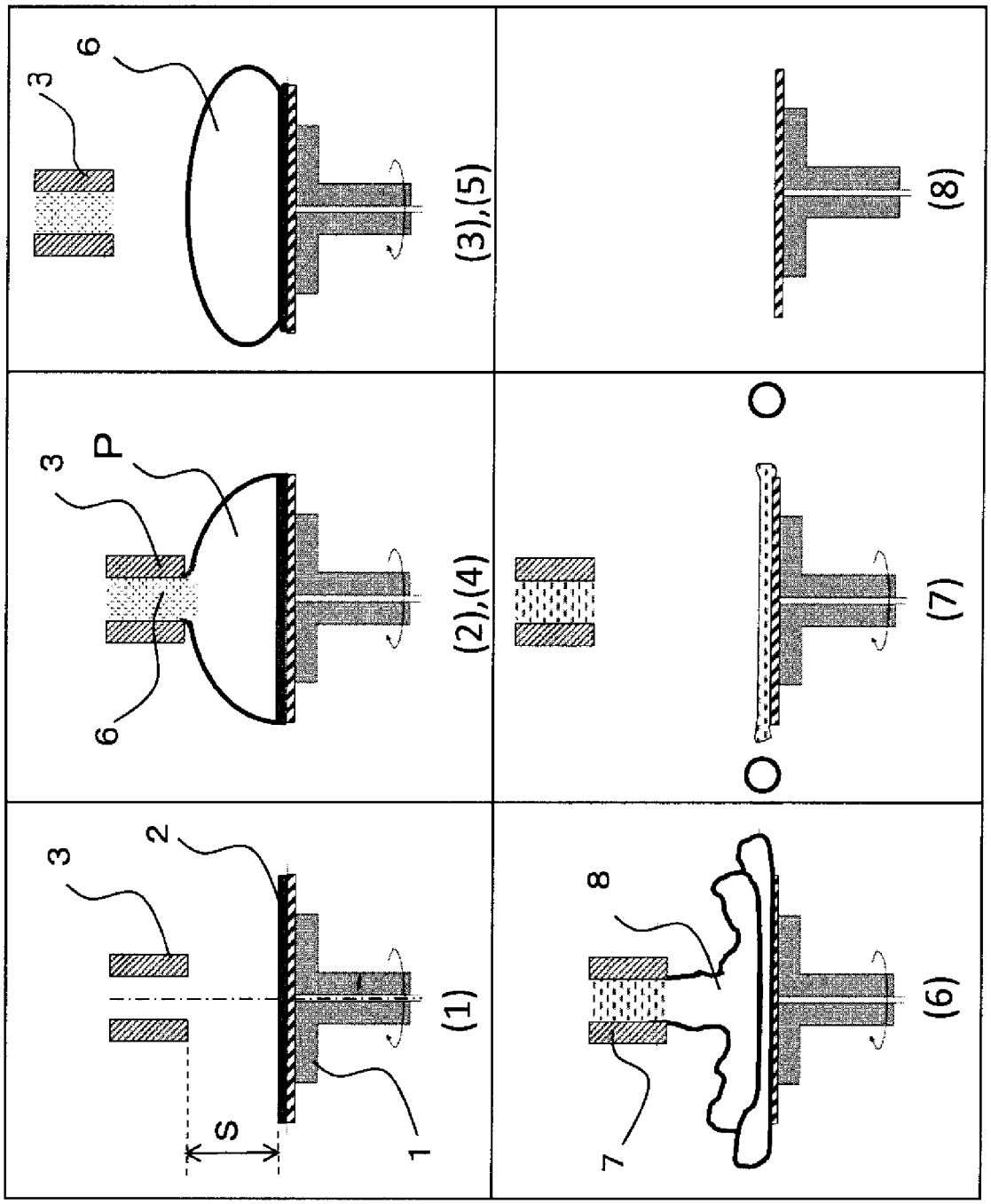
[図1]


3
2
S
1
5
4

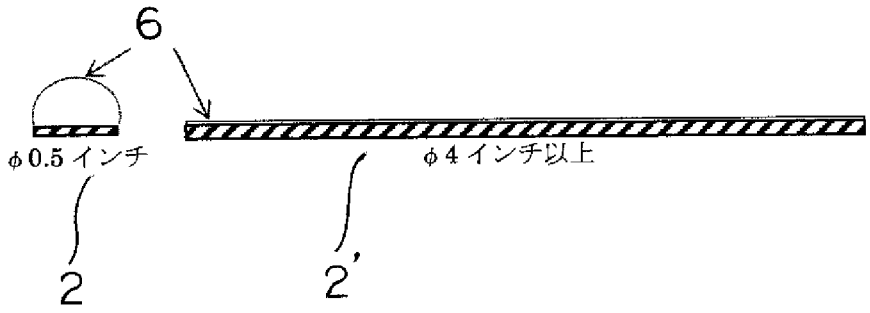
[図2]


（φ0.5"ウェハ）
現像液供給
0.4~0.6 ml
300rpm
繰返し2回
スピン現像
300rpm
合計 35~45 秒
リンス液流す
回転 800rpm
1ml
乾燥
回転 4500rpm
15 秒

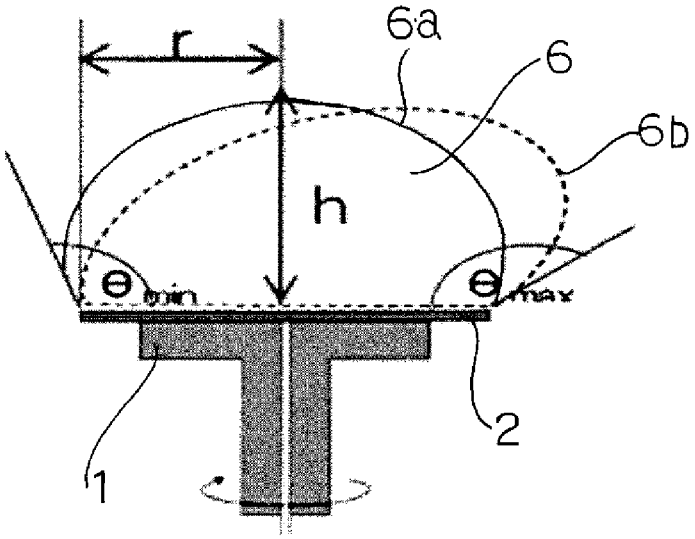
[図3]



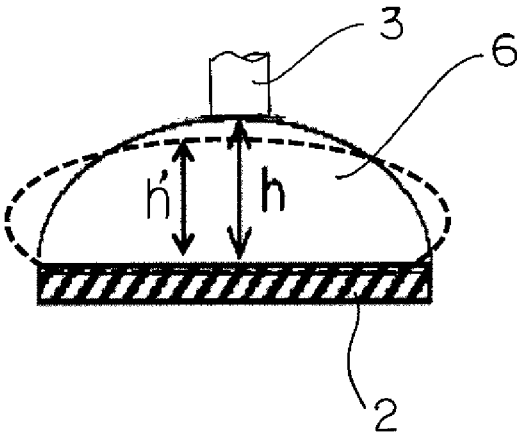
[図4]



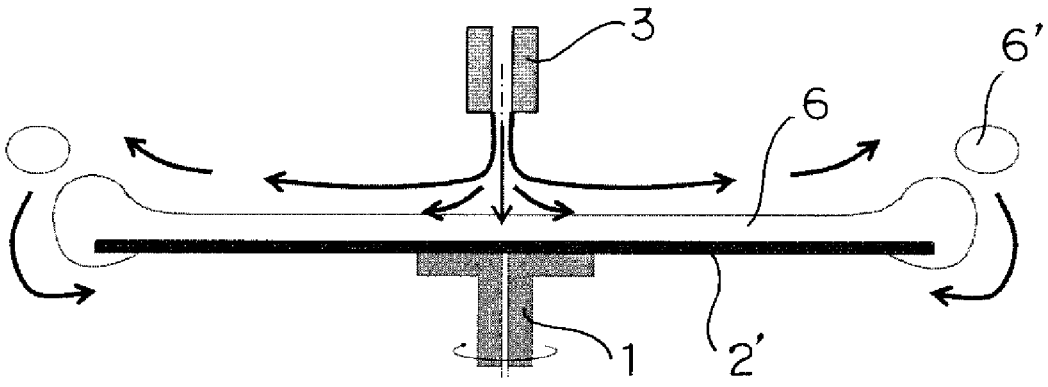
[図5]



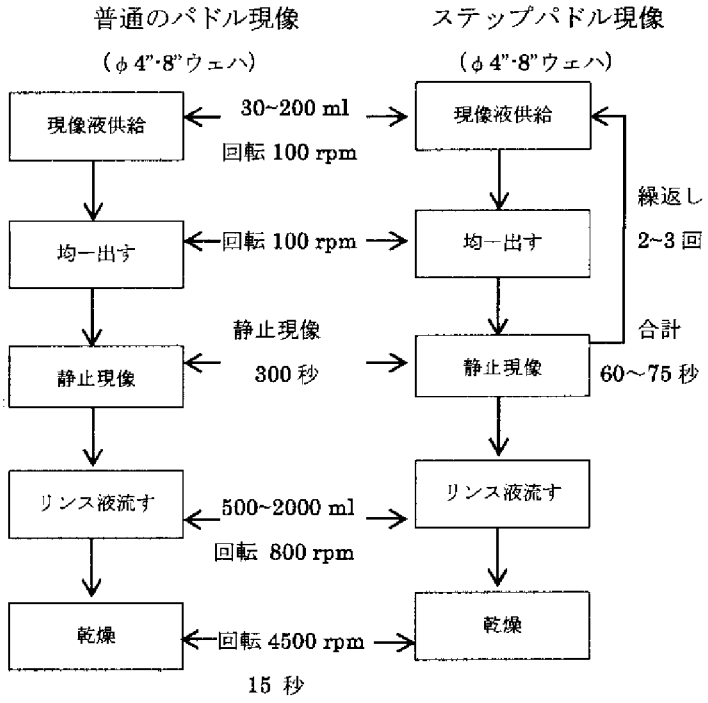
[図6]



[図7]



[図8]


普通のパドル現像
(φ4"·8"ウェハ)
現像液供給
30~200 ml
回転 100 rpm
均一出す
回転 100 rpm
静止現像
静止現像
300 秒
リンス液流す
500~2000 ml
回転 800 rpm
乾燥
回転 4500 rpm
15 秒
ステップパドル現像
(φ4"·8"ウェハ)
現像液供給
均一出す
静止現像
リンス液流す
乾燥
繰返し
2~3 回
合計
60~75 秒

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/075677

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G03F7/3 0(2006.01)i, H01L21/02 7{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)
G03F7/30, 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 1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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.
X A	JP 55-96944 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 23 July 1980 (23.07.1980), claim 1; page 2, lower left column, line 3 to lower right column, line 8; fig. 4 (Family: none)	1-2,4 3
X Y A	JP 6-45245 A (Mitsumi Electric Co., Ltd.), 18 February 1994 (18.02.1994), claim 1; paragraphs [0024] to [0027] (Family: none)	1,4 2 3
Y	JP 6-61135 A (NEC Corp.), 04 March 1994 (04.03.1994), claim 1 (Family: none)	2

☒ 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 tiie 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	Date of mailing of the international search report
26 November, 2012 (26.11.12)	04 December, 2012 (04.12.12)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2012/075677

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 5-119482 A (Dai nippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 18 May 1993 (18.05.1993), claim 1; paragraphs [0002], [0011], [0014] (Family: none)	1, 4-5 2-3

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2012/075677

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G03F7/30 (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（IPC））

Int.Cl. G03F7/30, 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	1922-19
日本国公開実用新案公報	1971-20
日本国実用新案登録公報	1996-20
日本国登録実用新案公報	1994-20

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	JP 55-96944 A (松下電器産業株式会社) 1980.07.23, 請求項1, 公報第2頁左下欄3行目-右下欄8行目, 第4図 (ファミリーなし)	1-2, 4 3
X Y A	JP 6-45245 A (ミツミ電機株式会社) 1994.02.18, 請求項1, [0024] - [0027] (ファミリーなし)	1, 4 2 3
Y	JP 6-61135 A (日本電気株式会社) 1994.03.04, 請求項1 (ファミリーなし)	2

☑ 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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 26.11.2012	国際調査報告の発送日 04.12.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号100—8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 2H 9812 大瀧 真理 電話番号 03-3581-1101 内線 3231

様式PCT／ISA／210（第2ページ）（2009年7月）

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 5-119482 A（大日本スクリーン製造株式会社）1993. 05. 18，請求項1，[0002]，[0011]，[0014]　（ファミリーなし）	1,4-5
A		2-3