

(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 12 月 6 日(06.12.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/164848 A1

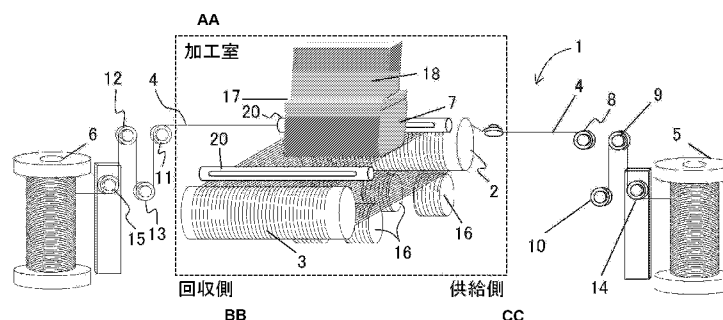
- (51) 国際特許分類:
B24B 27/06 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)
B28D 5/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/003198
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 16 日(16.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-125818 2011 年 6 月 3 日(03.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中川 政俊
(NAKAGAWA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府
大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号シャープ株
式会社内 Osaka (JP). 相良 智行(SAGARA, Tomoy-
uki) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池
町 2 2 番 2 2 号シャープ株式会社内 Osaka (JP).
熊田 浩(KUMADA, Hiroshi) [JP/JP]; 〒5458522 大
阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号シャ-
- プ株式会社内 Osaka (JP). 沖 尚浩(OKI, Naohiro)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号シャープ株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 山本 秀策, 外(YAMAMOTO, Shusaku et
al.); 〒5406015 大阪府大阪市中央区城見一丁目 2
番 2 7 号クリスタルタワー 1 5 階 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, 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

[続葉有]

(54) Title: WIRE SAW DEVICE, WORKPIECE CUTTING METHOD, AND MANUFACTURING METHOD FOR WAFER

(54) 発明の名称: ワイヤソー装置およびワーク切断方法、ウエハの製造方法

【図1】



AA WORK CHAMBER
BB COLLECTION SIDE
CC SUPPLY SIDE

(57) Abstract: The present invention maintains a constant wire deflection amount from the wire supply side to the wire collection side by reducing the tension of a wire on the wire supply side (new wire side), thereby making it possible to reduce the risk of the breaking of the wire and make the workpiece cutting capability uniform between the wire supply side and the wire collection side to thereby reduce variations in cut thickness. A wire saw device (1) causes a cutting wire (4) wound around the outer peripheral grooves of a plurality of (here two) grooved rollers (2, 3) disposed at predetermined intervals to travel to cut a semiconductor ingot (7) that is a workpiece by a plurality of rows of the wire (4). The wire saw device comprises a tension control means (16) which, regarding the tension of the wire suspended between the groove rollers (2, 3), makes the tension of the wire on the wire collection side larger and the tension of the wire on the wire supply side smaller.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/164848 A1



(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, 添付公開書類:
NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

ワイヤ供給側（新線側）ワイヤの張力を低減してワイヤの撓み量をワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持して、ワイヤの断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側とワイヤ回収側でワーク切断能力を均一にできて切断厚さのバラツキを低減する。 所定の間隔で配置された複数（ここでは二つ）の溝付きローラ 2, 3 の外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤ 4 を走行させてワイヤ 4 の複数列でワークである半導体インゴット 7 を切断するワイヤソー装置 1 において、溝付きローラ 2, 3 間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段 16 を有している。

明 細 書

発明の名称：

ワイヤソー装置およびワーク切断方法、ウエハの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、所定の間隔で配置された複数の溝付きローラの外周に通した切断用ワイヤを走行させることによって、切断用ワイヤでワークを切断するワイヤソー装置およびこれを用いたワーク切断方法、ウエハの製造方法に関する。

背景技術

[0002] この種の従来のワイヤソー装置は、メインローラに掛け渡されたワイヤの張力を制御しながらワークを切断してウエハ素材を作製している。これが特許文献１、２に開示されている。

[0003] 図１７は、特許文献１に開示されている従来のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す斜視図である。

[0004] 図１７に示すように、従来のワイヤソー装置２００は、主に、ワークＷを切断するための固定砥粒ワイヤ２０１と、この固定砥粒ワイヤ２０１を巻掛けした二つの溝付きローラ２０２と、固定砥粒ワイヤ２０１に張力を付与するためのワイヤ張力付与機構２０３Ａ、２０３Ｂと、切断するワークＷを保持して切り込み送りするワーク送り機構２０４と、切断されるワークＷを冷却するための冷却水供給機構２０５とを有している。

[0005] 固定砥粒ワイヤ２０１は、供給側のワイヤリール２０６Ａから繰り出され、ワイヤ張力付与機構２０３Ａを経て、溝付きローラ２０２に入っている。固定砥粒ワイヤ２０１がこの溝付きローラ２０２に３００～４００回程度巻掛けられることによってワイヤ列が形成される。固定砥粒ワイヤ２０１はもう一方のワイヤ張力付与機構２０３Ｂを経て回収側のワイヤリール２０６Ｂに巻き取られている。

[0006] このように、これらのワイヤ張力付与機構２０３Ａ、２０３Ｂにより、溝

付きローラ 202 に巻掛けられた固定砥粒ワイヤ 201 に張力を付与し、駆動モータ 207 によって軸方向へ予め設定した反転サイクル時間、走行速度で往復走行させ、ワーク W を往復走行する固定砥粒ワイヤ 201 に押し当てて切り込み送りし、ワーク W をウエハ状に切断している。

[0007] 上記従来のワイヤソー装置 200 では、新線供給側と旧線回収側でワイヤ張力付与機構 203 A、203 B により固定砥粒ワイヤ 201 の張力を管理しているが、各溝付きローラ 202 内側で固定砥粒ワイヤ 201 の張力を管理していない。各溝付きローラ 202 内側で固定砥粒ワイヤ 201 の張力を管理しているものが特許文献 2 に開示されている。

[0008] 図 18 は、特許文献 2 に開示されている従来のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す側面図である。図 19 は、図 18 のワイヤソー装置における 3 個の溝付ローラの斜視図である。

[0009] 図 18 および図 19 において、従来のワイヤソー装置 100 は 3 個の溝付ローラ 101 ~ 103 が所定間隔を置いて軸方向に平行で回転自在に設けられている。各溝付ローラ 101 ~ 103 にワイヤ 104 が巻き付けられてその巻付き形状が側面視で三角形になっている。各溝付ローラ 101 ~ 103 はそれぞれ、その周面に回転軸と直交する平面内に所定ピッチ間隔で複数の円周溝 105 が螺旋状に形成されている。

[0010] 各溝付ローラ 101 ~ 103 の所定ピッチの円周溝 105 にワイヤ 104 が係合するように、溝付ローラ 101 ~ 103 間にワイヤ 104 を巻き付ける。このとき、溝付ローラ 101 ~ 103 の円周溝 105 に巻き付けられるワイヤ 104 は、螺旋状に多重に巻き付けられる。溝付ローラ 101 ~ 103 間に螺旋状に巻き付けられたワイヤ 104 の一方を供給リール 106 に巻き付け、他方を回収リール 107 に巻き付けてワイヤ 104 を巻き取るようにしている。これらの供給リール 106 および回収リール 107 を駆動することにより、溝付ローラ 101 ~ 103 に巻き付けられたワイヤ 104 を走行させることができるようになっている。

[0011] 各溝付ローラ 101 ~ 103 に巻き付けられるワイヤ 104 に、所要の張

力を与えるため、溝付ローラ101～103の外では、ダンサローラ108、109により張力を検知し、供給リール106および回収リール107の回転数を制御して、溝付ローラ101～103の外でのワイヤ104の張力が一定となるようにしている。なお、キャプスタン110、111はワイヤ104を複数回巻き付けてワイヤ104に制動を与えている。

[0012] 各溝付ローラ101～103内でもワイヤ104の張力が一定となるように溝付ローラ間に螺旋状に巻き付けられたワイヤ104に当接して、ワイヤ104の張力を一定に保持する張力保持手段112を設けている。この張力保持手段112の設置場所は、図18に示すように、三角形の頂点位置に配設した溝付ローラ101と溝付ローラ103との間の斜辺のワイヤ104の近傍、および溝付ローラ101と溝付ローラ102との間の斜辺のワイヤ104の近傍の2箇所で、共に三角形の外側辺部である。

[0013] 張力保持手段112は、ワイヤ104に当接する張力付与部材113と、それを支えるシャフト114と、張力付与部材113を一定の圧力でワイヤ104に付勢するスプリング115と、スプリング115およびシャフト114を支える支持部材116とから構成されている。

[0014] 溝付ローラ102と溝付ローラ103との間の底辺のワイヤ104はワークの切断部となり、この切断部となるワイヤ104に冷却用のクーラントをかけながら、例えばワークとしての半導体インゴットなどの被切断物117を押し付ける。この押し付けは、駆動装置118によりスライド部119を介してステージ120を昇降させ、ステージ120上に固定した被切断物117を昇降させる昇降装置121によって行われる。多数本が平行に並んだ各ワイヤ104に被切断物117を押し付けることによりラッピング作用で切削を行い、同時に被切断物117を多数の薄いウエハ状に切断することができる。これによって、多数のウエハ素材を製造することができる。

[0015] スプリング115によって一定の圧力で付勢された張力付与部材113を、切断に寄与しない三角形の頂角に隣接する2辺のワイヤ104に当接させて、ワイヤ104の張力が常に一定となるように保持している。

[0016] この結果、張力保持手段 112 により、ワイヤ 104 に引張強度以上の張力が加えられてワイヤ 104 が断線したり、または、ワイヤ 104 の溝付ローラ 101～103 への巻付力が弱くなってワーク切断精度が低下したり、ワイヤ 104 が円周溝 105 から外れて切断不良を起こしたりすることもなくなる。

[0017] このように、切断部のワイヤ 104 の張力を一定に保持すると、特に、半導体材料、磁性体材料、セラミックス材料のような脆性材料をウエハ状に高精度に多数同時に切断することができる。

[0018] 張力付与部材 113 は、各ワイヤ 104 単位で個別に当接する複数個の当接ローラを用いたものであり、その周面にはワイヤ 104 と係合する円周溝が設けられている。このようにすると、個別に各ワイヤ 104 の張力が調節できるため、ワイヤ 104 の横振れが無くなり、ウエハ切断精度の一層の向上が可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0019] 特許文献1：特開 2011-20197 号公報

特許文献2：特開平 7-276218 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0020] 特許文献 2 に開示されている上記従来のワイヤソー装置 100 では、新線供給側と旧線回収側でダンサーローラ 108, 109 でワイヤ 104 の張力を管理し、各溝付ローラ 101～103 内側でもワイヤ 104 の張力が一定となるようにワイヤ 104 の張力を張力保持手段 112 により管理している。

[0021] この場合、ワイヤ 104 に固着された砥粒は、ワークとの摩擦で磨耗するため、図 20 に示すように新線側ほど良く切れて、ワークの幅方向のワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に行くほど切れ味が低下する

。したがって、ワイヤ１０４にワークとしての被切断物１１７を一定の力で押し付けると、多数本張られた各ワイヤ１０４の撓み量に差が発生する。即ち、ワイヤ供給側からワイヤ回収側に向かうほど、ワイヤの撓み量が大きくワイヤ１０４に強い張力がかかりブレが生じ易くなって加工精度が低下するという問題があった。また、ワイヤ１０４が切れると、ワイヤ１０４のつなぎ目や被切断物１１７の温度も冷えて切れ方が変わって段差を生じてしまうので、被切断物１１７とワイヤ１０４を共に交換する必要があるという問題があった。

[0022] 本発明は、上記従来の問題を解決するもので、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤの張力を低減してワイヤの撓み量バラツキをワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って低減することにより、ワイヤの断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワーク切断能力を均一にできて切断厚さのバラツキを低減することができるワイヤソー装置およびこれを用いたワーク切断方法、ウエハの製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0023] 本発明のワイヤソー装置は、所定の間隔で配置された複数の溝付きローラの外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤを走行させて該ワイヤの複数列でワークを切断するワイヤソー装置において、該複数の溝付きローラ間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段を有するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0024] また、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における張力制御手段は、前記ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、該ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて一または複数のワイヤ毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する。

[0025] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して前記ワイ

ヤの撓み量が該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定に保持されている。

[0026] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワークを切断するワイヤ列面と、前記張力制御手段が当接するワイヤ列面とがそれぞれ別のワイヤ列面である。

[0027] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における張力制御手段は、一または複数設けられ、２段階以上で前記ワイヤの複数列におけるワイヤ本数分の複数段階以下に張力を制御する。

[0028] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における張力制御手段は、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて複数段階に前記ワイヤ張力が設定されている。

[0029] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における張力制御手段は、前記各ワイヤに当接する複数のサブローラ群と、該複数のサブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、該サブローラ群を一定の圧力で該ワイヤのそれぞれに付勢する付勢部材とを一または複数セット有し、該複数のサブローラ群を一括して該ワイヤのそれぞれに押圧する。

[0030] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎または該サブローラ群の各サブローラ毎に段階的にサブローラの直径が小さくなるように構成されている。

[0031] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における張力制御手段は、前記ワイヤのそれぞれに当接するサブローラ群と、該サブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、該サブローラ群を一定の圧力で該ワイヤのそれぞれに付勢する付勢部材とを複数セット有し、該複数セットのサブローラ群のそれぞれを独立して該ワイヤのそれぞれに押圧する。

[0032] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎に段階的にサブローラ

群の前記ワイヤのそれぞれへの押し込み力または押し込み量が小さくなるように構成されている。

[0033] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎に段階的にワイヤ張力を小さくするように構成されている。

[0034] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置において、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群の各サブローラ毎に段階的にワイヤ張力を小さくするように構成されている。

[0035] さらに、好ましくは、本発明のワイヤソー装置における溝付きローラ間に、前記ワイヤの撓み量を検出する撓み量検出手段を備え、前記張力制御手段は、該ワイヤの撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤの撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、該撓み量検出手段で検出した該撓み量に応じて該ワイヤのそれぞれを加圧する加圧制御部が設けられている。

[0036] 本発明のワーク切断方法は、本発明の上記ワイヤソー装置を用いたワークの切断方法であって、テスト用ワークの切断により前記溝付きローラ間に張架されたワイヤのワイヤ張力を設定するワイヤ張力設定工程と、該設定されたワイヤ張力を用いて実際のワークを切断するワーク切断工程とを有するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0037] また、好ましくは、本発明のワーク切断方法におけるワイヤ張力設定工程は、前記テスト用ワークの切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて前記張力制御手段を操作して前記ワイヤ張力を制御することにより、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して該ワイヤ撓み量が該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤの撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、該ワイヤ張力を調整して該ワイヤ張力を設定する。

[0038] 本発明のワーク切断方法は、本発明の上記ワイヤソー装置を用いたワーク

の切断方法であって、前記溝付きローラ間に張架されたワイヤのワイヤ張力を自動的に設定するワイヤ張力設定工程と、該設定されたワイヤ張力を用いて実際のワークを切断するワーク切断工程とを有するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0039] さらに、好ましくは、本発明のワーク切断方法におけるワイヤ張力設定工程は、前記実際のワークの切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して該ワイヤ撓み量が該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤの撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、前記張力制御手段が自動的に前記ワイヤ張力を制御して該ワイヤ張力を設定する。

[0040] 本発明のウエハの製造方法は、本発明の上記ワーク切断方法において、前記ワークが半導体のインゴットであって、該半導体インゴットを前記ワイヤソー装置のワイヤ列で多数枚の半導体ウエハに切断するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0041] 上記構成により、以下、本発明の作用を説明する。

[0042] 本発明においては、所定の間隔で配置された複数の溝付きローラの外周溝に巻き付けられた切断用の各ワイヤを走行させてワイヤの複数列でワークを切断するワイヤソー装置において、複数の溝付きローラ間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段を有する。

[0043] これによって、ワイヤ供給側（新線側）ワイヤの張力を低減してワイヤの撓み量バラツキをワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って低減することにより、ワイヤの断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワーク切断能力を均一にでき切断厚さのバラツキを低減することが可能となる。

発明の効果

[0044] 以上により、本発明によれば、ワイヤ供給側（新線側）ワイヤの張力を低

減してワイヤの撓み量バラツキをワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って低減することにより、ワイヤの断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワーク切断能力を均一にでき切断厚さのバラツキを低減することができる。

図面の簡単な説明

[0045] [図1]本発明の実施形態1におけるワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す斜視図である。

[図2]図1のワイヤソー装置の溝付ローラ間にワイヤが巻き付けられた状態を上から見た平面図である。

[図3]図1のワイヤソー装置の要部構成の一例を示す側面図である。

[図4]図1のワイヤソー装置の要部構成の一例を示す平面図である。

[図5]図4の張力制御手段の一例を示す構成図である。

[図6]図1のワイヤソー装置の要部構成の一例を示す平面図である。

[図7]図6の張力制御手段の他の一例を示す構成図である。

[図8]図1の張力制御手段の変形例を含むワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す側面図である。

[図9]（a）は、本発明の実施形態1におけるワイヤソー装置の変形例を模式的に示す側面図であり、（b）は、（a）のワイヤソー装置の更なる変形例を模式的に示す側面図である。

[図10]図9の張力制御手段の一例を示す構成図である。

[図11]図9の張力制御手段の他の一例を示す構成図である。

[図12]ワイヤ1本毎の張力を設定した場合のワイヤによるワークの切れ方を模式的に示すワークおよびワイヤの縦断面図である。

[図13]2段階にワイヤの張力を設定した場合のワイヤによるワークの切れ方を模式的に示すワークおよびワイヤの縦断面図である。

[図14]本発明の実施形態3におけるワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す側面図である。

[図15]図14のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す平面図である。

[図16]図14および図15の張力制御手段の一例を示す構成図である。

[図17]特許文献1に開示されている従来のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す斜視図である。

[図18]特許文献2に開示されている従来のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す側面図である。

[図19]図18のワイヤソー装置における3個の溝付ローラの斜視図である。

[図20]従来のワイヤソー装置のワイヤによるワークの切れ方を模式的に示す半導体インゴットおよびワイヤの縦断面図である。

符号の説明

- [0046] 1、1A、1B ワイヤソー装置
- 2、3 溝付ローラ
- 4 ワイヤ
- 5 供給リール（新線ポビン）
- 6 回収リール（旧線ポビン）
- 7 ワーク（半導体インゴット）
- 8、9、11、12 ガイドローラ
- 10、13 ダンサローラ
- 14、15 トラバーサ
- 16、161A、161B、162 張力制御手段
- 161a、161b、161c、161d、161e 溝付サブローラ
- 161f シャフト部材
- 161g スプリング
- 161h 支持部材
- 162a、162b、162c、162d、162e 溝付サブローラ
- 162f シャフト部材
- 162g スプリング
- 162h 支持部材
- 17 固定部

- 1 8 ワーク送り機構
- 1 9 張力制御手段
- 1 9 1 押さえ部材
- 1 9 2 保持部材
- 1 9 3 制御部
- 2 0 加工液供給部
- 2 1 撓み量センサ
- 2 2、2 3 張力制御手段
- 2 2 a～2 2 f サブローラ群
- 2 2 g シャフト部材
- 2 2 h 付勢部材
- 2 3 a サブローラ群
- 2 3 b シャフト部材
- 2 3 c スプリング
- 2 3 d 支持部材
- 2 4 撓み量センサ
- 2 5 張力制御手段
- 2 5 a 溝付サブローラ
- 2 5 b シャフト部材
- 2 5 c スプリング
- 2 5 d 支持部材
- 2 5 e 圧力センサ
- 2 5 f 加圧ステージ
- 2 5 g 加圧制御部
- A ワイヤ回収側（旧線側）
- B ワイヤ供給側（新線側）
- R 1～R 6 溝付サブローラの直径

発明を実施するための形態

[0047] 以下に、本発明のワイヤソー装置の実施形態 1、3 および、これらの本発明のワイヤソー装置の実施形態 1 を用いたワーク切断方法の実施形態 2 について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図における構成部材のそれぞれの厚みや長さなどは図面作成上の観点から、図示する構成に限定されるものではない。

[0048] (実施形態 1)

図 1 は、本発明の実施形態 1 におけるワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す斜視図である。

[0049] 図 1 において、本実施形態 1 のワイヤソー装置 1 は複数（ここでは 2 個）の溝付ローラ 2、3 が所定間隔を置いて水平に配置されている。2 個の溝付ローラ 2、3 の回転軸はその軸方向が平行でその回転軸の外側の外周溝と共に回転自在に設けられている。これらの溝付ローラ 2、3 はそれぞれ、その周面に所定ピッチ間隔で複数の外周溝が螺旋状に形成されている。所定の間隔で配置された複数の溝付きローラ 2、3 の外周溝に切断用のワイヤ 4 が巻き付けられている。

[0050] 溝付ローラ 2、3 の外周溝に巻き付けられるワイヤ 4 は、螺旋状に多重に巻き付けられる。溝付ローラ 2、3 間で巻き回数が多い場合には数千回程度にもなる。溝付ローラ 2、3 間に螺旋状に巻き付けられたワイヤ 4 の一方端が新線供給側の供給リール 5 に巻き付けられ、その他方端が旧線回収側の回収リール 6 に巻き付けられている。これらの供給リール 5 および回収リール 6 を駆動することにより、溝付ローラ 2、3 間に巻き付けられたワイヤ 4 を走行させてワイヤ 4 の複数列でワーク 7（ここでは半導体インゴット）を多数枚同時に切断するようになっている。切断枚数は多い場合には、数千枚程度を同時に切断する。ワイヤ 4 は、芯線径が例えばここでは $50\ \mu\text{m}$ ~ $500\ \mu\text{m}$ のものを用い、芯線の周囲にダイヤモンドなどの砥粒が固着されている。ワイヤ 4 の芯線径によって切り代が決まり例えばワイヤ 4 の径が $50\ \mu\text{m}$ ($0.05\ \text{mm}$) の場合に切り代も $50\ \mu\text{m}$ ($0.05\ \text{mm}$) 程度となるのが理想的である。供給リール 5 には、例えば数十～数百 Km のワイヤ 4 が

巻かれている。

[0051] 各溝付ローラ 2, 3 に巻き付けられるワイヤ 4 に、所要の張力を与えるため、溝付ローラ 2 と供給リール 5 との間に慣性駆動のガイドローラ 8, 9 が設けられ、ガイドローラ 8, 9 の間にダンサローラ 10 が設けられている。ダンサローラ 10 により溝付ローラ 2 へのワイヤ 4 の張力を一定に制御している。また、溝付ローラ 3 と回収リール 6 との間の慣性駆動のガイドローラ 11, 12 が設けられ、ガイドローラ 11, 12 の間にダンサローラ 13 が設けられている。ダンサローラ 13 により溝付ローラ 3 からのワイヤ 4 の張力を一定に制御している。要するに、ダンサローラ 10, 13 は、ワイヤ 4 の向きを変えるためのガイドローラ 8, 9 間とガイドローラ 11, 12 間に設けられ、一定の付勢力が下方に働いてワイヤ 4 に一定の張力が作用するようになっている。旧線側のダンサローラ 13 によるワイヤ張力が最大、供給側のダンサローラ 10 によるワイヤ張力は回収側のワイヤ張力よりも低い値（例えば 70～95 パーセント）とする。

[0052] ガイドローラ 9 と供給リール 5 との間にはトラバーサ 14 が設けられ、トラバーサ 14 により供給リール 5 に整列して巻き付けられているワイヤ 4 が順次取り出されるように作用する。また、ガイドローラ 12 と回収リール 6 との間にもトラバーサ 15 が設けられ、トラバーサ 15 により回収リール 6 に整列してワイヤ 4 が巻き取られるように作用する。

[0053] 供給側のトラバーサ 14 は、供給リール 5 からワイヤ 4 を取り込むときに順次ワイヤ位置に上下移動して整列巻き付けされたワイヤ 4 をスムーズに取り出す機能を有している。また、回収側のトラバーサ 15 は、回収リール 6 にワイヤ 4 を整列巻き付けするために順次上下移動してワイヤ 4 をスムーズに順次巻き付ける機能を有している。

[0054] 各溝付ローラ 2, 3 内において、ワイヤ 4 の張力が制御できるように溝付ローラ 2, 3 間に螺旋状に巻き付けられた多数のワイヤ 4 に当接して、ワイヤ 4 の張力を制御する張力制御手段 16 が設けられている。この張力制御手段 16 が当接する下側のワイヤ列面は、ワーク 7 を切断する上側のワイヤ列

面とは別のワイヤ列面である。このように、張力制御手段１６をワーク切断部（半導体インゴット側）と別の場所に備えることにより、張力制御によるワイヤ高さずれがワーク切断に与える影響を小さくすることができる。ここで、ワイヤ列面とは、溝付ローラ２、３間のワイヤ列で形成される上側と下側の各平面を示している。

[0055] 張力制御手段１６は、溝付きローラ２、３間に張架されたワイヤ４の張力のうち、少なくとも２段階で、ワイヤ回収側（旧線側）のワイヤ４の張力を大きくし、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ４の張力を小さく設定している。また、張力制御手段１６は、ワイヤ回収側（旧線側）のワイヤ４の張力を最大とし、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて一または複数のワイヤ毎に段階的にワイヤ４の張力を小さくした状態でワイヤ４の張力を保持している。この場合、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤの張力を低減する。

[0056] 溝付ローラ２、３間のワイヤ４の上側ワイヤ列面はワーク７の切断面であり、この切断面を左右に横切るように加工液供給部２０が設けられ、この切断面の各ワイヤ列に加工液供給部１９の加工液供給口から冷却用のクーラントをかけながら、例えばワーク７をその切断面のワイヤ列面に押し付けて切断する。冷却の目的で液体のクーラントをワーク７および各ワイヤ４にかけて多数本のワイヤ４で一括して同時にワーク７をウエハ状に切断する。

[0057] このワイヤ列へのワーク７の押付けは、ワーク７を固定した固定部１７をワーク送り機構１８により昇降させて、ワーク７を溝付ローラ２、３間のワイヤ列に上から押し付ける。多数本が平行に並んだワイヤ４の列上にワーク７を押し付けることにより、厚さが均一な多数の薄いウエハ状に同時に切断する。これによって、厚さの揃ったウエハ素材を製造することができる。

[0058] 加工室には、溝付ローラ２、３、その間のワイヤ４、張力制御手段１６、ワーク７、これを固定した固定部１７およびワーク送り機構１８が収容され、それ以外の部材は加工室の外部に配置されている。

[0059] 図２は、図１のワイヤソー装置１の溝付ローラ２、３間にワイヤ４が巻き

付けられた状態を上から見た平面図である。

[0060] 図2に示すように、溝付きローラ2, 3間に張架された多数のワイヤ4のうち、少なくともワイヤ回収側（旧線側）Aとワイヤ供給側（新線側）Bの2段階に分割し、張力制御手段16は、ワイヤ回収側（旧線側）Aのワイヤ4の張力を大きくし、ワイヤ供給側（新線側）Bのワイヤ4の張力を小さく設定する。ここでは、ワイヤ回収側（旧線側）Aとワイヤ供給側（新線側）Bとの比率を1対2（全体の $1/3$ と $2/3$ ）としている。ワイヤ回収側（旧線側）Aとワイヤ供給側（新線側）Bとの比率は1対2に限らず、センターラインを境にして1対1（全体の $1/2$ と $1/2$ ）でもよいし、それ以外の比率でもよい。また、張力制御手段16は、ワイヤ回収側（旧線側）のワイヤ4の張力を最大とし、ワイヤ回収側（旧線側）Aの端部からワイヤ供給側（新線側）に向けて一または複数のワイヤ4毎に段階的にワイヤ4の張力を小さくした状態でワイヤ4の張力を保持するようにしてもよい。要するに、張力制御手段16は、一または複数設けられ、2段階以上でワイヤ列のワイヤ本数以下の段階に張力を制御する。これによって、2段階以上でワイヤ列のワイヤ本数以下の張力グラデーションがある状態となる。

[0061] ここで、張力制御手段16として、図3および図4を用いて、溝付ローラ2, 3間の下側のワイヤ4をワイヤ4に沿った左右2箇所を押圧する連結サブローラについて説明する。

[0062] 図3は、図1のワイヤソー装置1の要部構成の一例を示す側面図である。図4は、図1のワイヤソー装置1の要部構成の一例を示す平面図である。図5は、図4の張力制御手段16の一例を示す構成図である。

[0063] 図3～図5に示すように、張力制御手段16は、各ワイヤ4に当接する5個のサブローラ群と、5個の溝付サブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、溝付サブローラ群を一定の圧力で各ワイヤ4に付勢する付勢部材とを有し、5個のサブローラ群を一括して各ワイヤ4に押圧してもよいが、ここでは、各ワイヤ4への張力が5段階に分割されており、平面視でワーク7と溝付きローラ2間に設けられた3個のサブローラ

群を持つ連結サブローラの張力制御手段 161A と、平面視でワーク 7 と溝付きローラ 3 間に設けられた 2 個のサブローラ群を持つ連結サブローラの張力制御手段 161B とに分けられている。

[0064] 張力制御手段 161A は、各ワイヤ 4 に当接する張力付与部材としての溝付サブローラ 161a、161c および 161e と、溝付サブローラ 161a、161c および 161e を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材 161f からなる支持部材と、張力付与部材としての溝付サブローラ 161a、161c および 161e を一定の圧力で各ワイヤ 4 に付勢するためにシャフト部材 161f に付勢するスプリング 161g と、スプリング 161g およびシャフト部材 161f を支持する支持部材 161h とを有し、溝付サブローラ 161a、161c および 161e（3 個のサブローラ群）を一括して各ワイヤ 4 に押圧する。これらのスプリング 161g と支持部材 161h により上記付勢部材が構成されている。

[0065] ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて第 1～第 5 の 5 段階にワイヤ張力を付与するワイヤ列範囲に分割されており、溝付サブローラ 161a は最も旧線側の第 1 のワイヤ列範囲に対応し、溝付サブローラ 161c は中間に位置する第 3 のワイヤ列範囲に対応し、溝付サブローラ 161e は最もワイヤ供給側（新線側）の第 5 のワイヤ列範囲に対応している。溝付サブローラ 161a の直径を R1、溝付サブローラ 161c の直径を R3、溝付サブローラ 161e の直径を R5 とした場合に、 $R1 > R3 > R5$ とする。直径の異なる 3 個のサブローラ群である溝付サブローラ 161a、161c および 161e を共通な軸部材を介して一括して各ワイヤ 4 に押圧するように構成されている。この場合、旧線側ほど径が大きい分だけ、旧線側ほど押し込み量が大きく強い張力で各ワイヤ 4 に押圧することができる。

[0066] 張力制御手段 161B は、各ワイヤ 4 に当接する張力付与部材としての溝付サブローラ 161b および 161d と、溝付サブローラ 161b および 161d を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材からな

る支持部材と、張力付与部材としての溝付サブローラ 161b および 161d を一定の圧力で各ワイヤ 4 に付勢するスプリングと、このスプリングおよびシャフト部材を支持する支持部材とを有している。これらのスプリングと支持部材により上記付勢部材が構成されている。

[0067] 溝付サブローラ 161b は旧線側の第 2 のワイヤ列範囲に対応し、溝付サブローラ 161d は新線側の第 4 のワイヤ列範囲に対応している。溝付サブローラ 161b の直径を $R2$ 、溝付サブローラ 161d の直径を $R4$ とした場合に、 $R2 > R4$ であって、 $R1 > R2 > R3 > R4 > R5$ とする。直径の異なる 2 個のサブローラ群である溝付サブローラ 161b および 161d を共通な軸部材を介して一括して各ワイヤ 4 に押圧することができる。この場合、旧線側ほど径が大きい分だけ、旧線側ほど押し込み量が大きく強い張力で各ワイヤ 4 に押圧することができる。

[0068] 以上の場合、張力制御手段 161A および 161B により、ワイヤ 4 に引張強度以上の張力が加えられてワイヤ 4 が断線したり、または、ワイヤ 4 の溝付ローラ 2, 3 への巻付力が弱くなってワーク切断精度が低下したり、ワイヤ 4 が外周溝から外れて切断不良を起こしたりすることがないように、ワイヤ 4 の張力が設定される。ワイヤ 4 の張力はワイヤ 4 の破断強度（引張強度）に基づいて設定される。

[0069] 以上は、張力制御手段 161A および 161B により、それぞれ一括して各ワイヤ 4 に押圧し、サブローラ径の違いによってワイヤ張力を異ならせた張力制御手段 161A の張力付与部材として 3 個の溝付サブローラ 161a、161c および 161e、張力制御手段 161B の張力付与部材として 2 個の溝付サブローラ 161b および 161d について説明したが、別の事例として、図 6 および図 7 を用いて、独立してワイヤ群毎に押圧し、ローラ押し込み量（ローラ押し込み力）の違いによってワイヤ張力を異ならせた 5 個の張力制御手段 162 の張力付与部材として溝付サブローラ 162a、162b、162c、162d および 162e について説明する。

[0070] さらに、張力制御手段 16 として、溝付ローラ 2, 3 間の下側のワイヤ 4

をワイヤに

沿った左右2箇所を押圧する非連結サブローラについて説明する。

[0071] 図6は、図1のワイヤソー装置1の要部構成の他の一例を示す平面図である。図7は、図6の張力制御手段16の他の一例を示す構成図である。

[0072] 図6および図7に示すように、上記張力制御手段16は、各ワイヤ4への張力が5段階に分割されており、平面視でワーク7と溝付きローラ2間に設けられ、それぞれ独立して動く溝付サブローラ162a、162c、162eをそれぞれ持つ3個の張力制御手段162と、平面視でワーク7と溝付きローラ3間に設けられ、それぞれ独立して動く溝付サブローラ162bおよび162dをそれぞれ持つ2個の張力制御手段162とを有し、複数（5個）のサブローラ群をそれぞれ独立に駆動させて、分割した5個の溝付きサブローラ162a、162b、162c、162d、162eのうち、最もワイヤ回収側（溝付きサブローラ162a）の押し込み量（押し込み力）を最大としてワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて押し込み量（押し込み力）を段階的に小さくしてワイヤ4の張力を順次段階的に小さくした状態でワイヤ4の張力を保持するように各ワイヤ4に押圧する。

[0073] 張力制御手段162は、各ワイヤ4に当接するサブローラ群の溝付サブローラと、溝付溝付サブローラを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、溝付サブローラ群を一定の圧力で各ワイヤ4に付勢する付勢部材とを有し、サブローラ群の溝付きサブローラ162a、162b、162c、162d、162eをそれぞれ独立して各ワイヤ4にそれぞれ押圧する。

[0074] 例えば、最もワイヤ回収側（旧線側）の張力制御手段162は、各ワイヤ4に当接する張力付与部材としての溝付サブローラ162aと、溝付サブローラ162aを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材162fからなる支持部材と、張力付与部材としての溝付サブローラ162aを所定圧力（押し込み力）で各ワイヤ4に付勢するためにシャフト部材1

6 2 f を付勢するスプリング 1 6 2 g と、スプリング 1 6 2 g およびシャフト部材 1 6 2 f を支持する支持部材 1 6 2 h とを有している。他の張力制御手段 1 6 2 も同様の構成である。これらのスプリング 1 6 2 g と支持部材 1 6 2 h により上記付勢部材が構成されている。

[0075] 5 個の張力制御手段 1 6 2 のスプリング 1 6 2 g による各ワイヤ 4 への押し込み力は、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて段階的に小さくなっている。要するに、溝付サブローラ 1 6 2 a は、最もワイヤ回収側（旧線側）に位置しており、溝付サブローラ 1 6 1 e は最もワイヤ供給側（新線側）に位置している。溝付サブローラ 1 6 2 a が最も大きい押し込み量（押し込み力）で、溝付サブローラ 1 6 2 a ~ 1 6 2 e においてワイヤ供給側（新線側）に行くほど押し込み量（押し込み力）を段階的に小さくしてワイヤ 4 の張力を順次小さくしている。

[0076] 以上の場合、5 個の張力制御手段 1 6 2 により、ワイヤ 4 に引張強度以上の張力が加えられてワイヤ 4 が断線したり、または、ワイヤ 4 の溝付ローラ 2, 3 への巻付力が弱くなってウエハ切断精度が低下したり、ワイヤ 4 が外周溝から外れて切断不良を起こしたりすることがないように、ワイヤ 4 の張力が設定される。ワイヤ 4 の張力はワイヤ 4 の破断強度（引張強度）に基づいて設定される。

[0077] さらに、張力制御手段 1 6 として、溝付ローラ 2, 3 間の下側のワイヤ 4 を左右 2 箇所を押圧する非連結サブローラの場合に、以上の同一ローラ径を持ち押し込み量を変化させた 5 個の張力制御手段 1 6 2 a ~ 1 6 2 e に代えて、図 1 1 を用いて説明すると、5 個の張力制御手段がそれぞれ、ローラ直径が段階的（階段状）または連続的（テーパ状）に変化するように構成してもよい。この場合、1 個の張力制御手段においても 5 個の張力制御手段全体においても、ワイヤ供給側（新線側）に行くほどローラ直径が段階的（階段状）または連続的（テーパ状）に小さくなるように設定して、ワイヤ供給側ほどワイヤ 4 の張力を順次小さくすればよい。この場合に、5 個の張力制御手段において押し込み量（押し込み力）は一定かまたはそれほど変化しない

ように変化幅を小さくすることができる。要するに、ローラ直径の変化と押し込み量の変化とを組み合わせることにより、ワイヤ回収側のワイヤ4の張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ4の張力を小さくすることができる。

[0078] 図11を用いて説明すると、5個の張力制御手段はそれぞれ、各ワイヤ4に当接するサブローラ群23aからなる溝付サブローラと、溝付サブローラ群23aを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材23bからなる支持部材と、サブローラ群23aを一定の圧力で各ワイヤ4に付勢するスプリング23cと、スプリング23cおよびシャフト部材23bを支持する支持部材23dとを有し、サブローラ群23aを一括して各ワイヤ4に押圧する場合に、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて溝付サブローラ毎に段階的（階段状）または連続的（テーパ状）にワイヤ張力を小さくするように構成することができる。これらのスプリング23cと支持部材23dにより付勢部材が構成されている。ここでは、サブローラ群23aは、一の溝付サブローラで一のワイヤ4を押圧して最もワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて1本のワイヤ4毎に連続的（テーパ状）に張力を小さくした状態で張力を保持するようになっている。

[0079] 以上の5個の張力制御手段162、張力制御手段161Aおよび161Bは、取り付け機構において、溝付サブローラの各ワイヤ4に対する押し込み量を調整可能に取り付けられている。

[0080] 以上により、本実施形態1によれば、所定の間隔で配置された複数（ここでは二つ）の溝付きローラ2, 3の外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤ4を走行させてワイヤ4の複数列でワーク7を切断するワイヤソー装置1において、溝付きローラ2, 3間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段16を有している。即ち、張力制御手段16は、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ4毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する。

[0081] これによって、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ４の張力をワイヤ排出側のワイヤ張力に比べて低減してワイヤ４の撓み量のバラツキを低減した状態で保持するため、ワイヤ４の断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ排出側（旧線側）でワイヤ切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。

[0082] ここで、一般的に、ワイヤ４を細線化するとワイヤ破断強度が低下し、装置内で使用できるワイヤ張力上限を下げる必要があるが、ワイヤ張力上限を下げると、ワーク７の加工性が低下し、ワイヤ張力の違い、即ち、上述の各ウエハの切断厚さのバラツキがより顕著に表れてしまう。したがって、細線ワイヤ使用時（特にワイヤ４の芯線径が $80\mu\text{m}$ 以下のような破断強度が小さなワイヤを用いるとき）、本発明のように制御することで、従来装置に対してより大きな効果を得ることができる。

[0083] 特に、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ４の張力を低減するのは、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ４は良く切れるために切り代を広げてしまう可能性が高く、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ４の張力を低減することにより、ワーク切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。また同様に、ワイヤ回収側のワイヤ４においても良く切れなくなっているためにかえって切り代を広げてしまう可能性が高く、ワイヤ回収側（旧線側）のワイヤ４の張力を大きくすることにより、ワイヤ切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。要するに、ワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡ってワイヤ４にて同じように切断することができる。

[0084] 次に、前述したように、ワイヤ４に沿って左右に分けられた２個（またはそれ以上の複数個）の張力制御手段１６を設けたが、これに限らず、張力制御手段１６の変形例として、図９および図１０を用いて、溝付ローラ２，３間の下側のワイヤ４をワイヤ４に沿って１箇所を押圧する連結サブローラについて説明する。

[0085] ここでは、ワイヤ４に沿って後述する１個の張力制御手段２２を設けた場

合について図9（a）および図10～図13を用いて詳細に説明する。

[0086] 図9（a）は、本発明の実施形態1におけるワイヤソー装置の変形例を模式的に示す側面図である。図9（a）では、図1の構成部材と同一の作用効果を奏する構成部材には同一の部材番号を付けて説明する。図10は、図9（a）の張力制御手段の一例を示す構成図である。

[0087] 図9（a）および図10において、本実施形態1の変形例であるワイヤソー装置1Aは、複数（ここでは2個）の溝付ローラ2, 3が所定間隔を置いて水平に配置されている。2個の溝付ローラ2, 3の回転軸は、その軸方向が平行でその回転軸の外側の外周溝と共に回転自在に設けられている。これらの溝付ローラ2, 3はそれぞれ、その周面に所定ピッチ間隔（例えば0.3mm）で複数の外周溝が螺旋状に形成されている。所定の間隔で配置された2個の溝付きローラ2, 3の外周溝に切断用のワイヤ4が巻き付けられている。溝付ローラ2, 3間に巻き付けられたワイヤ4を走行させてワイヤ4の複数列でワーク7（ここでは半導体インゴット）を多数枚同時に切断するようになっている。

[0088] 本実施形態1の変形例であるワイヤソー装置1Aが上記実施形態1のワイヤソー装置1の場合と異なるのは、ワイヤ4に沿った張架方向に分けられた2個（またはそれ以上の複数個）の張力制御手段16の代わりに、ワイヤ4に沿った張架方向に設けられた1個の張力制御手段22を設けた点である。

[0089] 張力制御手段22は、平面視で溝付ローラ2とワーク7との間で、ワーク7とは反対側のワイヤ面に設けられている。張力制御手段22は、各ワイヤ4に当接する、直径が段階的に異なる6個のサブローラ群22a～22fからなる溝付サブローラと、6個の溝付サブローラ群22a～22fを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材22gからなる支持部材と、6個のサブローラ群22a～22fを一定の圧力で各ワイヤ4に付勢する付勢部材22hとを有し、6個のサブローラ群22a～22fを一括して各ワイヤ4に押圧する。

[0090] 溝付サブローラ22a～22fは、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供

給側（新線側）に向けて複数段階の第1～第6の6段階にワイヤ張力を付与するワイヤ列範囲に分割されており、溝付サブローラ22aが最も旧線側の第1のワイヤ列範囲に対応し、溝付サブローラ22fは最も新線側の第6のワイヤ列範囲に対応している。溝付サブローラ22aの直径をR1、溝付サブローラ22bの直径をR2、溝付サブローラ22cの直径をR3、溝付サブローラ22dの直径をR4、溝付サブローラ22eの直径をR5、溝付サブローラ22fの直径をR6とした場合に、 $R1 > R2 > R3 > R4 > R5 > R6$ とする。直径の異なるサブローラ群22a～22fを共通な軸部材を介して一括して各ワイヤ4に押圧することができる。この場合、旧線側ほどローラ直径が大きい分だけ、旧線側ほど強い張力で各ワイヤ4に押圧することができるようになっていく。

[0091] 以上の場合、張力制御手段22により、ワイヤ4に引張強度以上の張力が加えられてワイヤ4が断線したり、または、ワイヤ4の溝付ローラ2, 3への巻付力が弱くなってウエハ切断精度が低下したり、ワイヤ4が外周溝から外れて切断不良を起こしたりすることがないように、ワイヤ4の張力が設定される。ワイヤ4の張力はワイヤ4の破断強度（引張強度）に基づいて設定される。

[0092] 以上の張力制御手段22は、取り付け機構において、溝付サブローラの各ワイヤ4に対する押し込み量を調整可能に取り付けられている。

[0093] 以上により、本実施形態1の変形例によれば、所定の間隔で配置された複数（ここでは二つ）の溝付きローラ2, 3の外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤ4を走行させてワイヤ4の複数列でワークであるワーク7を切断するワイヤソー装置1Aにおいて、溝付きローラ2, 3間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段22を有している。即ち、張力制御手段22は、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて所定数のワイヤ4毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する。

[0094] これによって、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ4の張力を低減してワイヤ4の撓み量のバラツキをワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って低減するかまたは一定に保持するため、ワイヤ4の断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワイヤ切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。

[0095] なお、本実施形態1では、ワーク7として半導体材料の半導体インゴット（例えば単結晶または多結晶のシリコンインゴット）を多数に切断する場合について説明したが、これに限らず、サファイヤ、磁性体材料やセラミックス材料のような脆性材料をウエハ状に高精度に多数同時に切断することもできる。

[0096] なお、本実施形態1では、一括して各ワイヤ4に押圧し、サブローラ径の違いによってワイヤ張力を異ならせた張力制御手段161Aの張力付与部材として3個の溝付サブローラ161a、161cおよび161e、張力制御手段161Bの張力付与部材として2個の溝付サブローラ161bおよび161dについて説明すると共に、別の事例として、独立してワイヤ群に押圧し、ローラ押し込み量の違いによってワイヤ張力を異ならせた5個の張力制御手段162の張力付与部材として溝付サブローラ162a、162b、162c、162dおよび162eについて説明したが、これに限らず、ワイヤ4に対して摩擦がない溝付サブローラの代わりに、図8に示すように、ワイヤ4に対して多少の摩擦がある押さえ部材191を設けてもよい。溝付サブローラのサブローラ径の違いに代えて押さえ部材191の厚みの違い（ワイヤ列面の幅方向に平面状、階段状またはテーパ状など）でワイヤ張力の違いを生じさせてもよいし、溝付サブローラの押し込み量（押し込み力）の違いに代えて押さえ部材191の押し込み量（押し込み力）の違いでワイヤ張力の違いを生じさせてもよい。さらに、厚みが連続的または段階的に異なる押さえ部材191をワイヤ列面の幅方向に端から端（ワイヤ供給側からワイヤ回収側の旧線側）まで設けてもよい。

[0097] この場合、張力制御手段 19 は、各ワイヤ 4 に当接する張力付与部材としての押さえ部材 191 と、一または複数のワイヤ 4 に対して押さえ部材 191 の押し込み量を調節可能に保持する保持部材 192 と、張力付与部材としての押さえ部材 191 を、所定の押し込み量で各ワイヤ 4 に所定の張力になるように付勢する付勢部材である制御部 193 とを有している。

[0098] なお、本実施形態 1 では、複数のワイヤ 4 のワイヤ列を幅方向に 5 段階のエリアに分割し 5 段階のエリアに対応した各溝付サブローラでワイヤ 4 を押圧してワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ（5 段階のエリア）毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する場合について説明したが、5 段階のエリアに限らず、2～4 段階のエリアや 6 段階のエリア、さらにはそれ以上の複数段階のエリアに分割して各エリアに対応した各溝付サブローラでワイヤ 4 を押圧してワイヤ回収側のエリアのワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ 4（各エリア）毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持するようにしてもよい。

[0099] なお、本実施形態 1 では、図 6 の場合に、各ワイヤ 4 への張力が 5 段階に分割されており、平面視でワーク 7 と溝付きローラ 2 間に、それぞれ独立して動く溝付サブローラ 162a、162c、162e をそれぞれ持つ 3 個の張力制御手段 162 が設けられ、平面視でワーク 7 と溝付きローラ 3 間に、それぞれ独立して動く溝付サブローラ 162b および 162d をそれぞれ持つ 2 個の張力制御手段 162 が設けられる場合について説明したが、これに限らず、平面視でワーク 7 と溝付きローラ 2 間に、それぞれ独立して動く溝付サブローラ 162a、162b、162c、162d および 162e をそれぞれ持つ 5 個の張力制御手段 162 が設けられてもよい。ところが、実際は、それぞれ独立して動く溝付サブローラ 162a、162b、162c、162d および 162e は、ローラ径は同一であってもワイヤ 4 への押し込み力（押し込み量）が異なっており、ワイヤ 4 の走行に同期して独立に回転する以上、隣接する溝付サブローラとの間にある程度の隙間を持たせる必要

があり、ワイヤ4の間隔を例えば0.3mmとした場合に、ある程度の隙間が0.3mm以下にできれば可能である。ここでは、前後の位置に分けて3個の張力制御手段162と2個の張力制御手段162を配置している。各張力制御手段162が、隣の張力制御手段162とくっ付かないようにする必要がある。

[0100] 図6の各溝付きサブローラをそれぞれ独立して各ワイヤ4に押圧する場合の方が、図4のローラ径が異なる各溝付サブローラを共通な軸部材を介して一括して各ワイヤ4に押圧する場合に比べて汎用性がある。つまり、ローラ径はワイヤ4の張力の設定に応じて変更されることから、図4のローラ径が異なる各溝付サブローラを共通な軸部材を介して一括して各ワイヤ4に押圧する場合は、ワイヤ4の芯線径の異なるものには適用できない可能性があるが、図6の各溝付きサブローラをそれぞれ独立して各ワイヤ4に押圧する場合には押し込み量（押し込み力）の設定を、ワイヤ4の芯線径に応じて変えるだけで対応することができる。

[0101] なお、本実施形態1の変形例では、張力制御手段22は、各ワイヤ4に当接する6個のサブローラ群22a～22fからなる溝付サブローラと、6個の溝付サブローラ群22a～22fを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材22gからなる支持部材と、6個のサブローラ群22a～22fを一定の圧力で各ワイヤ4に付勢する付勢部材とを有し、6個のサブローラ群22a～22fを一括して各ワイヤ4に押圧する場合に、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて第1～第6の6段階にワイヤ張力を階段状に小さくするように構成したが、これに限らず、図11に示すように、張力制御手段23として、各ワイヤ4に当接するサブローラ群23aからなる溝付サブローラと、溝付サブローラ群23aを回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材23bからなる支持部材と、サブローラ群23aを一定の圧力で各ワイヤ4に付勢するスプリング23cと、スプリング23cおよびシャフト部材23bを支持する支持部材23dとを有し、サブローラ群23aを一括して各ワイヤ4に押圧する場合

に、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて溝付サブローラ毎に連続的（テーパ状）にワイヤ張力を小さくするように構成してもよい。これらのスプリング 23 c と支持部材 23 d により付勢部材が構成されている。ここでは、サブローラ群 23 a は、一の溝付サブローラで一のワイヤ 4 を押圧して最もワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて 1 本のワイヤ 4 毎に連続的（テーパ状）に張力を小さくした状態で張力を保持する。

[0102] ワイヤ 1 本毎に張力を設定した場合（テーパ状）のワイヤ 4 によるワーク 7 の切れ方を模式的に示すワーク 7 およびワイヤ 4 の縦断面図を図 12 に示している。このように、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ 4 の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されている。

[0103] 2 段階にワイヤの張力を設定した場合（階段状）のワイヤ 4 によるワーク 7 の切れ方を模式的に示すワーク 7 およびワイヤ 4 の縦断面図を図 13 に示している。2 段階にワイヤ 4 の張力を設定した図 13 の場合よりもワイヤ 1 本毎に張力を設定した図 12 の場合の方がワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワイヤ切断能力をより均一にすることができて、各ウエハの切断厚さのバラツキをより低減することができる。

[0104] なお、本実施形態 1 では特に説明しなかったが、各ワイヤ 4 に当接する張力制御手段 16 の各サブローラ群は、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けてワイヤ列面の端から端まで設けたが、ダンサローラ 10、13 でワイヤ 4 の張力制御ができるワイヤ回収側とワイヤ供給側のワイヤ 4 の各数本については、各ワイヤ 4 に当接する張力制御手段 16 の各サブローラ群を配置しなくてもよい。

[0105] なお、本実施形態 1 では、2 個の溝付ローラ 2, 3 が所定間隔を置いて水平に配置されている場合について説明したが、これに限らず、図 18 のように側面から見て三角形の頂点部分に 3 個の溝付ローラを設けてもよく、また、側面から見て四角形の頂点部分に 4 個の溝付ローラを設けてもよい。

[0106] なお、本実施形態 1 では、特に説明しなかったが、溝付サブローラ 16 1

a、161b、161c、161d、161e、溝付サブローラ162a、162b、162c、162d、162e、サブローラ群22a～22f、サブローラ群23aに関して溝付きであったが、これに限らず、溝なしサブローラまたは溝なしサブローラ群であってもよい。

[0107] (実施形態2)

本実施形態2では、上記実施形態1のワイヤソー装置1、1Aを用いてワーク7を多数のウエハに切断するワーク切断方法について説明する。

[0108] 本実施形態2のワーク切断方法は、テスト用ワーク（ワーク7と同様の半導体インゴット）の切断により溝付きローラ2、3間に張架されたワイヤ4のワイヤ張力を設定するワイヤ張力設定工程と、設定されたワイヤ張力を用いて実際のワーク7を切断するワーク切断工程とを有している。このワイヤ張力設定工程は、テスト用ワークの切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて張力制御手段16または22を操作してワイヤ張力を制御することにより、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるようにワイヤ張力を調整してワイヤ張力を設定する。ここでは、ワーク7は半導体インゴットであって、半導体インゴットをワイヤソー装置1または1Aのワイヤ列で多数枚の半導体ウエハにスライス状に切断する。

[0109] 以下に、本実施形態2のワーク切断方法について更に詳細に説明する。

[0110] まず、テスト用のワーク7での試し切断により、張力グラデーションを設定する。その後、張力グラデーションの切断条件で、実際のワーク7を切断する。ワイヤ4の張力にグラデーションを付けて、加工中のワイヤ撓み量のバラツキを低減するかまたはワイヤ撓み量を一定にする。要するに、撓み量の分布を小さくする。なお、ワイヤ張架直後は、メインローラMR（溝付きローラ2、3）全面が新線の状況であり、連続的に切断しているときと状況が異なる。

[0111] ここで、張力グラデーションの設定方法について説明する。

(1) 新線側のダンサローラ10の張力（例：10N）でMRに芯線径50

μm ～ $500\mu\text{m}$ のワイヤ4を張架する。

(2) 旧線側の張力値となるように張力制御手段を構成する全溝付サブローラを各ワイヤ4にそれぞれ当接する。

(3) テスト用のワーク7 (半導体インゴット) を1本、固定部17にセットする。予めワーク7について、接着剤を介して固定部17の固定板に固定しておく。ワーク7の切断深さは例えば $\square 125\text{mm}$ 、 $\square 156\text{mm}$ である。

(4) テスト用の半導体インゴット7を1本、実際のスライス条件でスライスを実施する。

[0112] スライス条件例としては、新線供給量： $5-30\text{m}/\text{分}$ 、サイクル数： $0.5-4\text{cycle}/\text{min}$ (なお、 $1\text{cycle}/\text{min}$ とは往路 30sec /復路 30sec で往復走行させることを意味する)、インゴット送り速度： $0.1-1.0\text{mm}/\text{min}$ 、ワイヤ走行速度： $500-1200\text{m}/\text{min}$ である。

(5) ワーク7を例えば半分以上切断したところで、スライスを中断し、ワイヤ4の撓み量を実測する。

(6) 新線側のサブローラ当接量を減少させることにより、MR張力グラデーションを付与し、ワイヤ4の撓み量分布を減少させる。

(7) テスト用のワーク7のスライスを再開し、張力グラデーション付与の妥当性を確認する。

[0113] 以上によって、張力グラデーションを設定することができる。

[0114] 次に、設定された張力グラデーションを用いて実際のワーク7を切断するワーク切断工程を実施する。

(1) 新線側のダンサローラ10の張力 (例： 10N) でMRに芯線径 $50\mu\text{m}$ ～ $500\mu\text{m}$ のワイヤ4を張架する。

(2) 旧線側の張力値となるように張力制御手段を構成する全溝付サブローラを各ワイヤ4にそれぞれ当接する。

(3) 実際に切断するワーク7を1本、固定部17にセットする。予めワー

ク 7 について、接着剤を介して固定部 17 の固定板に固定しておく。ワーク 7 の切断深さは例えば□ 125 mm、□ 156 mm である。

(4) 実際に切断するワークを 1 本、実際のスライス条件でスライスを実施する。

[0115] スライス条件例としては、新線供給量：5－30 m／分、サイクル数：0.5－4 cycle／min（なお、1 cycle／min とは往路 30 sec／復路 30 sec で往復走行させることを意味する）、インゴット送り速度：0.1－1.0 mm／min、ワイヤ走行速度：500－1200 m／min である。

[0116] これによって、本実施形態 2 によれば、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ 4 の張力を低減してワイヤ 4 の撓み量のバラツキをワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って低減するかまたは一定に保持するため、ワイヤ 4 の断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワイヤ切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。

[0117] なお、上記実施形態 1 の変形例であるワイヤソー装置 1 A の更なる変形例として、ワーク送り機構 18 を制御するための撓み量センサ 21 が設けられていてもよい。

[0118] 図 9（b）は、図 9（a）のワイヤソー装置 1 A の更なる変形例を模式的に示す側面図である。図 9（b）では、図 1 および図 9（a）の構成部材と同一の作用効果を奏する構成部材には同一の部材番号を付けて説明する。

[0119] 図 9（b）に示すように、図 9（a）のワイヤソー装置 1 A の場合と異なるのは、ワーク送り機構 18 を制御するための撓み量センサ 21 が設けられた点である。

[0120] 撓み量センサ 21 は、ワーク 7 の切断領域のワイヤ 4 の撓み量を検出し、検出した撓み量が所定値以下になるように、ワーク 7 を上部で固定してワーク 7 を下方に移動させて各ワイヤ 4 に押し付けるワーク送り機構 18 を制御する。この撓み量センサ 21 で検出したワイヤ撓み量に応じてワーク送り機

構 18 のワーク送り量が制御される。

[0121] なお、この撓み量センサ 21 を用い、ワイヤ 4 の撓み量に応じてワーク送り量を制御する構成は、図 9 (a) の構成への適用に限らず、ワイヤに沿った左右 2 箇所を押圧する上記実施形態 1 の連結サブローラや非連結サブローラその他、図 8 の押さえ部材 191 および溝なしサブローラまたは溝なしサブローラ群など、上記実施形態 1 で記載した全てのサブローラ押圧構成に適用することができる。

[0122] (実施形態 3)

前述したように、撓み量センサ 21 を用い、ワイヤ 4 の撓み量に応じてワーク送り量を制御する場合に対して、本実施形態 3 では、撓み量センサを用い、ワイヤ 4 の撓み量に応じてサブローラ押圧量を調整する場合について説明する。

[0123] 図 14 は、本発明の実施形態 3 におけるワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す側面図である。図 15 は、図 14 のワイヤソー装置の要部構成例を模式的に示す平面図である。図 14 および図 15 では、図 1 の構成部材と同一の作用効果を奏する構成部材には同一の部材番号を付けて説明する。図 16 は、図 14 および図 15 の張力制御手段の一例を示す構成図である。

[0124] 図 14 ~ 図 16 において、本実施形態 3 のワイヤソー装置 1B は複数（ここでは 2 個）の溝付ローラ 2, 3 が所定間隔を置いて水平に配置されている。2 個の溝付ローラ 2, 3 の回転軸は、その軸方向が平行でその回転軸の外側の外周溝と共に回転自在に設けられている。これらの溝付ローラ 2, 3 はそれぞれ、その周面に所定ピッチ間隔（例えば 0.3 mm）で複数の外周溝が螺旋状に形成されている。所定の間隔で配置された 2 個の溝付きローラ 2, 3 の外周溝に切断用のワイヤ 4 が巻き付けられている。溝付ローラ 2, 3 間に巻き付けられたワイヤ 4 を走行させてワイヤ 4 の複数列でワーク 7（ここでは半導体インゴット）を多数枚同時に切断するようになっている。

[0125] 上記実施形態 1, 2 の場合と異なるのは、各ワイヤ 4 の撓み量を検出する撓み量検出手段としての撓み量センサ 24 と、張力制御手段 16, 22 の代

わりに、前後に設けられ、撓み量センサ 24 で検出した各ワイヤ 4 の撓み量に基づいてワイヤ 4 の張力を制御する張力制御手段 25 とを設けた点である。

[0126] 撓み量センサ 24 は、ワーク 7 のヘワイヤ 4 の供給側と回収側にそれぞれ設けられると共に、張力制御手段 25 が配置されているワイヤ列面毎に設けられている。撓み量センサ 24 は、ワーク 7 の切断領域のワイヤ 4 の撓み量を検出し、検出した撓み量が所定値以下になるように、ワーク 7 を上部で固定してワーク 7 を下方に移動させて各ワイヤ 4 に押し付けるワーク送り機構 18（ここでは図示せず）を制御すると共に、撓み量センサ 24 で検出した各ワイヤ 4 の撓み量の検出値を、対応する張力制御手段 25 にフィードバックする。

[0127] 張力制御手段 25 は、ここでは合計 5 個、平面視で溝付ローラ 2 とワーク 7 との間および平面視で溝付ローラ 3 とワーク 7 との間で、ワーク 7 を切断する上側のワイヤ列面とは反対側の下側のワイヤ列面に設けられている。張力制御手段 25 はそれぞれ、各ワイヤ 4 に当接する、直径が同一のサブローラ群からなる溝付サブローラ 25 a と、溝付サブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支えるシャフト部材 25 b からなる支持部材と、張力付与部材としての溝付サブローラ 25 a を所定圧力（押し込み力）で各ワイヤ 4 に付勢するためにシャフト部材 25 b を付勢するスプリング 25 c と、スプリング 25 c およびシャフト部材 25 b を支持する支持部材 25 d と、スプリング 25 c を介して溝付サブローラ 25 a を押し込む押し込み力（押し込み量）を検出する圧力センサ 25 e と、撓み量センサ 24 で検出した各ワイヤ 4 の撓み量の検出値に応じた所定加圧値を圧力センサ 25 e が検出するまで圧力センサ 25 e を介してスプリング 25 c を加圧する加圧ステージ 25 f とを有し、サブローラ群 22 a を他のサブローラ群 22 a と独立的に溝付サブローラ 25 a によって各ワイヤ 4 に押圧する。これらのスプリング 25 c、支持部材 25 d、圧力センサ 25 e および加圧ステージ 25 f により加圧制御部 25 g が構成されている。この場合、撓み量センサ 24 で検

出した各ワイヤ4の撓み量の検出値に応じた所定加圧値は、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ4の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるように設定される。

[0128] 複数（ここでは5個）のサブローラ群の各溝付サブローラ25aは、ワイヤ回収側（旧線側）からワイヤ供給側（新線側）に向けて第1～第5の5段階にワイヤ張力を付与するワイヤ列面範囲に分割されており、複数の溝付きローラ2, 3間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくしている。

[0129] 即ち、張力制御手段25のサブローラ制御部は、撓み量センサ24で検出した各ワイヤ4の撓み量の検出値をモニタリングする張力モニタリング手段（ロードセル；ここでは図示せず）と、モニタリングした各ワイヤ4の撓み量の検出値に応じて、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ4の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるように、加圧する加圧ステージ25fとを有し、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持するようになっている。加圧制御部25gを構成する加圧ステージ25fの内部に、図示しない張力モニタリング手段が設けられていてもよい。

[0130] 以上の場合、張力制御手段25により、ワイヤ4に引張強度以上の張力が加えられてワイヤ4が断線したり、または、ワイヤ4の溝付ローラ2, 3への巻付力が弱くなってウエハ切断精度が低下したり、ワイヤ4が外周溝から外れて切断不良を起こしたりすることがないように、ワイヤ4の張力が設定される。ワイヤ4の張力はワイヤ4の破断強度（引張強度）に基づいて設定される。

[0131] 上記構成により、まず、全ての溝付サブローラ25aを旧線側張力値にてワイヤ列に当接し、所定の切断条件でワーク7の切断を開始する。

[0132] 次に、張力制御手段25の加圧制御部25g内の張力モニタリング手段により、張力制御手段25に対応した撓み量センサ24で検出されたワーク7

の切断領域のワイヤ4の撓み量がモニタリングされる。このモニタリングした各ワイヤ4の撓み量の検出値に応じて、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ4の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるように、加圧ステージ25fが溝付サブローラ25aをワイヤ4側に押し込むように加圧する。

[0133] これを繰り返して、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ毎に段階的に張力を小さくした状態で張力が保持されて、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ4の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持される。

[0134] したがって、本実施形態3によれば、所定の間隔で配置された複数（ここでは二つ）の溝付きローラ2, 3の外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤ4を走行させてワイヤ4の複数列でワーク7を切断するワイヤソー装置1Bにおいて、溝付きローラ2, 3間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段25を有している。即ち、張力制御手段25は、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて一または複数のワイヤ4毎に連続的または段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する。この場合に、溝付きローラ2, 3間に、ワイヤ4の撓み量を検出する撓み量検出手段としての撓み量センサ24が設けられ、張力制御手段25は、ワイヤ4の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるように撓み量センサ24で検出した撓み量に応じてワイヤ4を加圧する加圧制御部25gが設けられている。

[0135] 本実施形態3のワーク切断方法は、溝付きローラ2, 3間に張架されたワイヤ4のワイヤ張力を自動的に設定するワイヤ張力設定工程と、設定されたワイヤ張力を用いて実際のワーク7（ここでは半導体インゴット）を切断するワーク切断工程とを有している。このワイヤ張力設定工程は、実際のワーク切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一

定に保持されるように、張力制御手段 25 が自動的にワイヤ張力を制御してワイヤ張力を設定する。

[0136] このように、試し切断をしてワイヤ張力を調整する必要はなく、直接、ワイヤ供給側（新線側）のワイヤ 4 の張力を低減してワイヤ 4 の撓み量をワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って一定に保持して、ワイヤ 4 の断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワーク切断能力を均一にできて各ウエハの切断厚さのバラツキを低減することができる。

[0137] なお、本実施形態 3 では、各ワイヤ 4 の撓み量を検出する撓み量検出手段としての撓み量センサ 24 と、上記実施形態 1 の張力制御手段 16, 22 の代わりに、ワイヤ 4 に沿った左右 2 箇所（ここでは平面視で左 2 箇所と右 3 箇所の合計 5 箇所）に設けられ、撓み量センサ 24 で検出した各ワイヤ 4 の撓み量に基づいてワイヤ 4 の張力を制御する張力制御手段 25 とを設けた場合について説明したが、これに限らず、各ワイヤ 4 の撓み量を検出する撓み量検出手段としての撓み量センサ 24 と、上記実施形態 1 の張力制御手段 16 または／および 22 とを用いてもよい。この場合にも、張力制御手段 25 のサブローラ制御部と同様のサブローラ制御部が必要である。このサブローラ制御部は、撓み量センサ 24 で検出した各ワイヤ 4 の撓み量の検出値をモニタリングする張力モニタリング手段（ロードセル；ここでは図示せず）と、モニタリングした各ワイヤ 4 の撓み量の検出値に応じて、ワイヤ供給側のワイヤ張力を低減してワイヤ 4 の撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるように、加圧する加圧ステージ 25 f とを有し、ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、ワイヤ回収側からワイヤ供給側に向けて複数のワイヤ毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する。

[0138] 要するに、この撓み量センサ 24 を用い、ワイヤ 4 の撓み量に応じてワイヤ 4 の張力を制御する張力制御手段 25 は、本実施形態 3 の構成に限らず、ワイヤ 4 に沿った左右 2 箇所（ここでは平面視で左 2 箇所と右 3 箇所の合計 5 箇所）で押圧する上記実施形態 1 の連結サブローラや非連結サブローラの

他、図8の押さえ部材191および溝なしサブローラまたは溝なしサブローラ群など、上記実施形態1で記載した全てのサブローラ押圧構成に適用することができる。

[0139] なお、本実施形態3では、撓み量センサ21を用い、ワイヤ4の撓み量に応じてワーク送り量を制御する場合とは別に、撓み量センサ24を用い、ワイヤ4の撓み量に応じてワイヤ4の張力を制御する張力制御手段25を用いてサブローラ押圧量を調整する場合について説明したが、これに限らず、撓み量センサ21を用い、ワイヤ4の撓み量に応じてワーク送り量を制御する場合に加えて、撓み量センサ24を用い、ワイヤ4の撓み量に応じてワイヤ4の張力を制御する張力制御手段25を用いてサブローラ押圧量を調整するようにしてもよい。撓み量センサ24は撓み量センサ21と別々でもよいし、撓み量センサ24は撓み量センサ21を兼ねてもよい。

[0140] なお、本実施形態3では、溝付サブローラ161a、161b、161c、161d、161e、溝付サブローラ162a、162b、162c、162d、162e、サブローラ群22a～22f、サブローラ群23a、溝付サブローラ25aに関して溝付きであったが、これに限らず、溝なしサブローラまたは溝なしサブローラ群であってもよい。

[0141] なお、本実施形態3では、撓み量センサ24で検出した撓み量に応じてワイヤ4を加圧する加圧制御部25gを設けたことによって、試し切断をしてワイヤ張力を調整する必要はなかったが、上記実施形態1では、試し切断をしてワイヤ張力を調整する必要がある。

[0142] なお、以上のように、本発明の好ましい実施形態1～3を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態1～3に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態1～3の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。本明細書において引用した特許、特許出願および文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されてい

るのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

産業上の利用可能性

[0143] 本発明は、所定の間隔で配置された複数の溝付きローラの外周に通した切断用ワイヤを走行させることによって、切断用ワイヤでワークを切断するワイヤソー装置およびこれを用いたワーク切断方法、ウエハの製造方法の分野において、ワイヤ供給側（新線側）ワイヤの張力を低減してワイヤの撓み量をワイヤ供給側（新線側）からワイヤ回収側（旧線側）に渡って一定に保持することにより、ワイヤの断線リスクを抑制すると共に、ワイヤ供給側（新線側）とワイヤ回収側（旧線側）でワーク切断能力を均一にでき切断厚さのバラツキを低減することができる。

請求の範囲

- [請求項1] 所定の間隔で配置された複数の溝付きローラの外周溝に巻き付けられた切断用のワイヤを走行させて該ワイヤの複数列でワークを切断するワイヤソー装置において、
- 該複数の溝付きローラ間に張架されたワイヤ張力のうち、ワイヤ回収側のワイヤ張力を大きくし、ワイヤ供給側のワイヤ張力を小さくした張力制御手段を有するワイヤソー装置。
- [請求項2] 前記張力制御手段は、前記ワイヤ回収側のワイヤ張力を最大とし、該ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて一または複数のワイヤ毎に段階的に張力を小さくした状態で張力を保持する請求項1に記載のワイヤソー装置。
- [請求項3] 前記張力制御手段は、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して前記ワイヤの撓み量を該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定にしているかまたは、該ワイヤの撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減している請求項1または2に記載のワイヤソー装置。
- [請求項4] 前記ワークを切断するワイヤ列面と、前記張力制御手段が当接するワイヤ列面とがそれぞれ別のワイヤ列面である請求項1または2に記載のワイヤソー装置。
- [請求項5] 前記張力制御手段は、一または複数設けられ、2段階以上で前記ワイヤの複数列におけるワイヤ本数分の複数段階以下に張力を制御する請求項1または2に記載のワイヤソー装置。
- [請求項6] 前記張力制御手段は、前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて複数段階に前記ワイヤ張力が設定されている請求項1に記載のワイヤソー装置。
- [請求項7] 前記張力制御手段は、前記各ワイヤに当接する複数のサブローラ群と、該複数のサブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、該サブローラ群を一定の圧力で該ワイヤのそれぞ

れに付勢する付勢部材とを一または複数セット有し、該複数のサブローラ群を一括して該ワイヤのそれぞれに押圧する請求項 6 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 8] 前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎または該サブローラ群の各サブローラ毎に段階的にサブローラの直径が小さくなるように構成されている請求項 7 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 9] 前記張力制御手段は、前記ワイヤのそれぞれに当接するサブローラ群と、該サブローラ群を回転自在に軸支する軸部材およびこれを支える支持部材と、該サブローラ群を一定の圧力で該ワイヤのそれぞれに付勢する付勢部材とを複数セット有し、該複数セットのサブローラ群のそれぞれを独立して該ワイヤのそれぞれに押圧する請求項 6 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 10] 前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎に段階的にサブローラ群の前記ワイヤのそれぞれへの押し込み力または押し込み量が小さくなるように構成されている請求項 9 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 11] 前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群毎に段階的にワイヤ張力を小さくするように構成されている請求項 7 または 9 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 12] 前記ワイヤ回収側から前記ワイヤ供給側に向けて前記サブローラ群の各サブローラ毎に段階的にワイヤ張力を小さくするように構成されている請求項 7 に記載のワイヤソー装置。

[請求項 13] 前記溝付きローラ間に、前記ワイヤの撓み量を検出する撓み量検出手段を備え、前記張力制御手段は、該ワイヤの撓み量がワイヤ供給側からワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤの撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、該撓み量検出手段で検出した該撓み量に応じて該ワイヤの

それぞれを加圧する加圧制御部が設けられている請求項 6 に記載のワイヤソー装置。

[請求項14] 請求項 1 に記載のワイヤソー装置を用いたワークの切断方法であって、

テスト用ワークの切断により前記溝付きローラ間に張架されたワイヤのワイヤ張力を設定するワイヤ張力設定工程と、該設定されたワイヤ張力を用いて実際のワークを切断するワーク切断工程とを有するワーク切断方法。

[請求項15] 請求項 1 4 に記載のワーク切断方法であって、前記ワイヤ張力設定工程は、前記テスト用ワークの切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて前記張力制御手段を操作して前記ワイヤ張力を制御することにより、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して該ワイヤ撓み量が該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤ撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、該ワイヤ張力を調整して該ワイヤ張力を設定するワーク切断方法。

[請求項16] 請求項 1 3 に記載のワイヤソー装置を用いたワークの切断方法であって、

前記溝付きローラ間に張架されたワイヤのワイヤ張力を自動的に設定するワイヤ張力設定工程と、該設定されたワイヤ張力を用いて実際のワークを切断するワーク切断工程とを有するワーク切断方法。

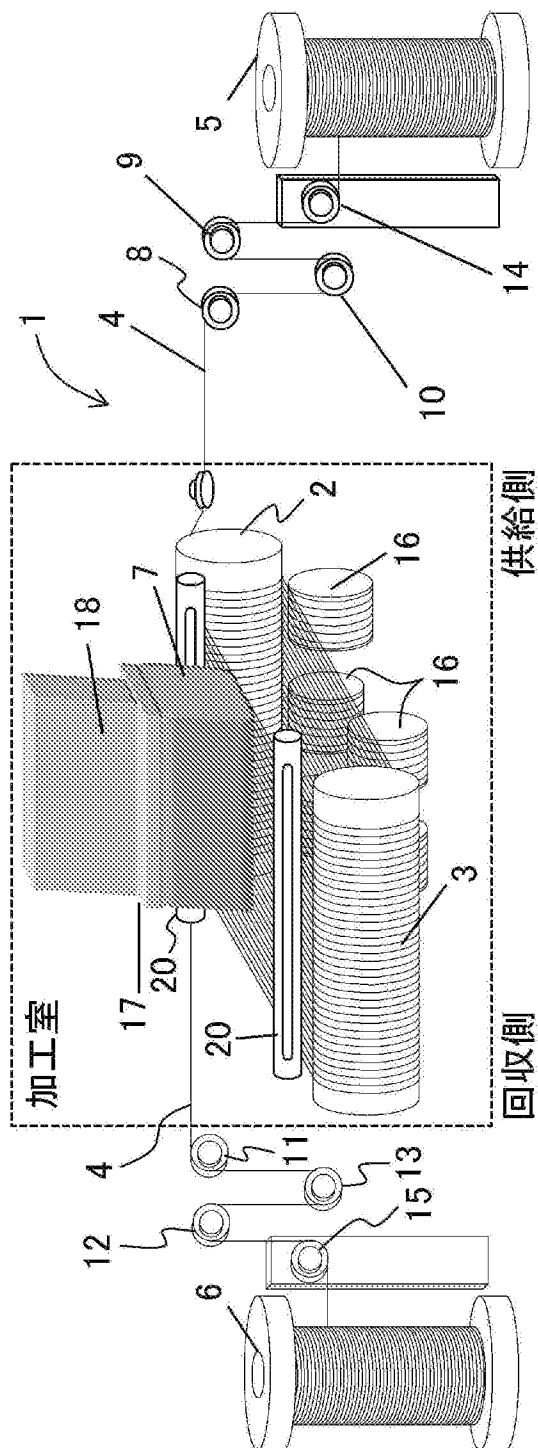
[請求項17] 請求項 1 6 に記載のワーク切断方法であって、前記ワイヤ張力設定工程は、前記実際のワークの切断中に検出されたワイヤ撓み量の変位に基づいて、前記ワイヤ供給側のワイヤ張力を前記ワイヤ回収側のワイヤ張力に比べて低減して該ワイヤ撓み量が該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って一定に保持されるかまたは、該ワイヤ撓み量のバラツキを該ワイヤ供給側から該ワイヤ回収側に渡って低減するように、前記張力制御手段が自動的に前記ワイヤ張力を制御して該ワイヤ張

力を設定するワーク切断方法。

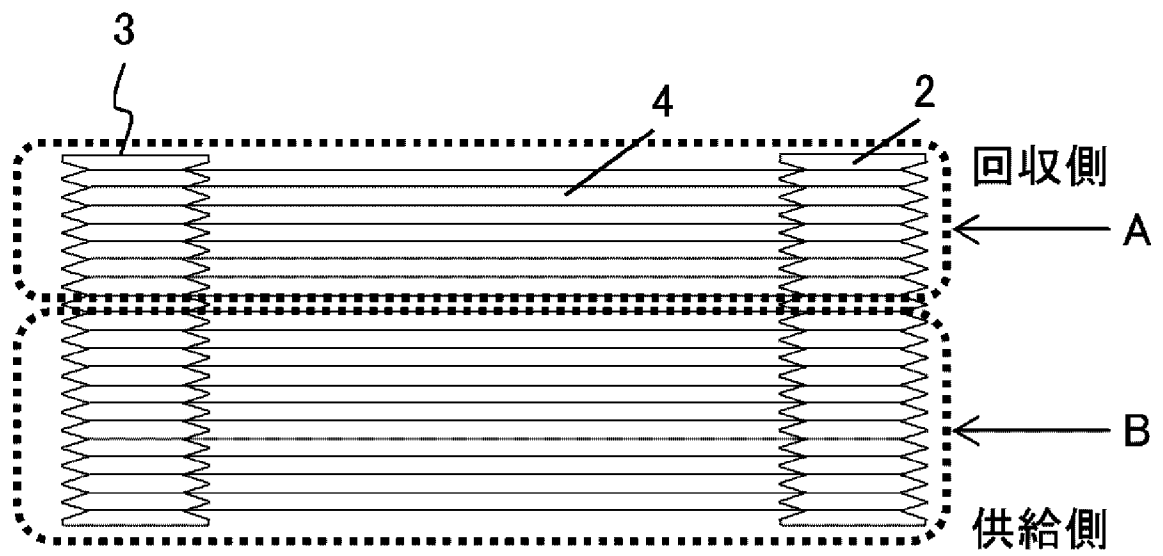
[請求項18] 請求項14または16に記載のワーク切断方法であって、前記ワーク切断工程は、前記ワイヤ撓み量に応じてワーク送り機構のワーク送り量を制御するワーク切断方法。

[請求項19] 請求項14～17のいずれかに記載のワーク切断方法において、前記ワークが半導体のインゴットであって、該半導体インゴットを前記ワイヤソー装置のワイヤ列で多数枚のウエハ状に切断するウエハの製造方法。

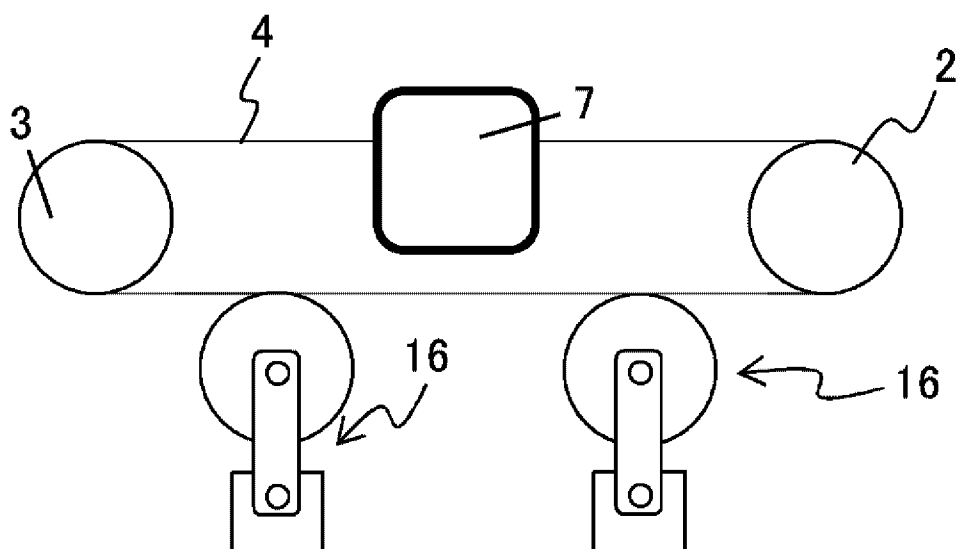
[図1]



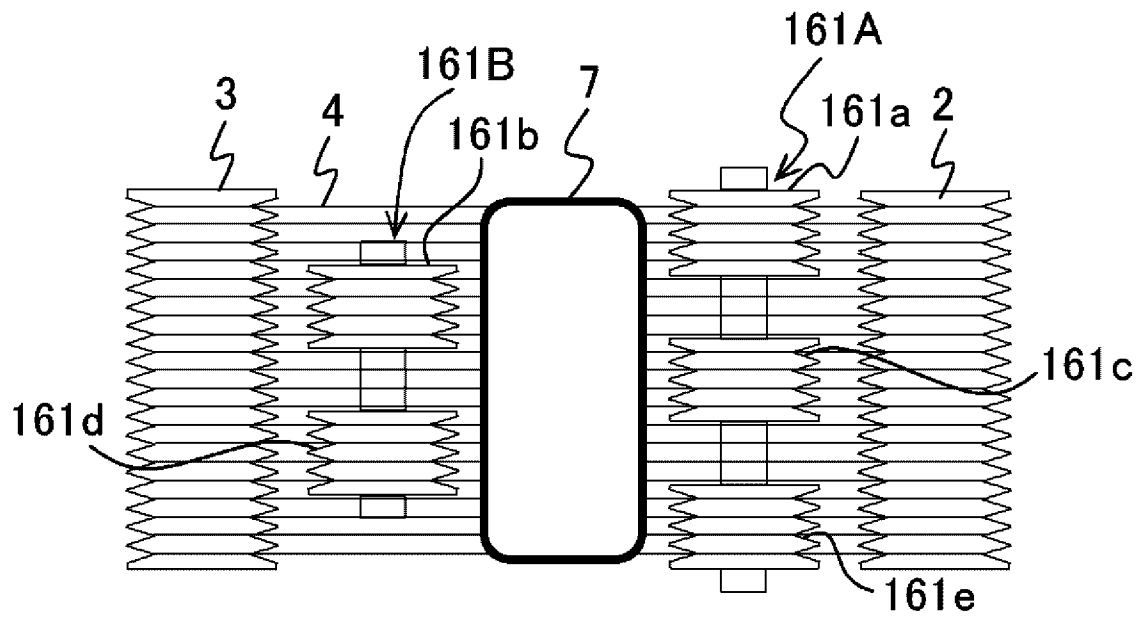
[図2]



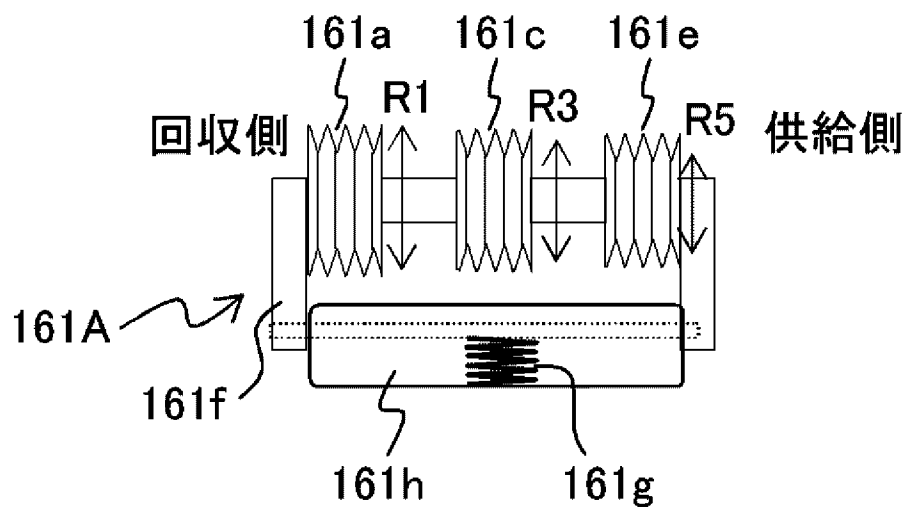
[図3]



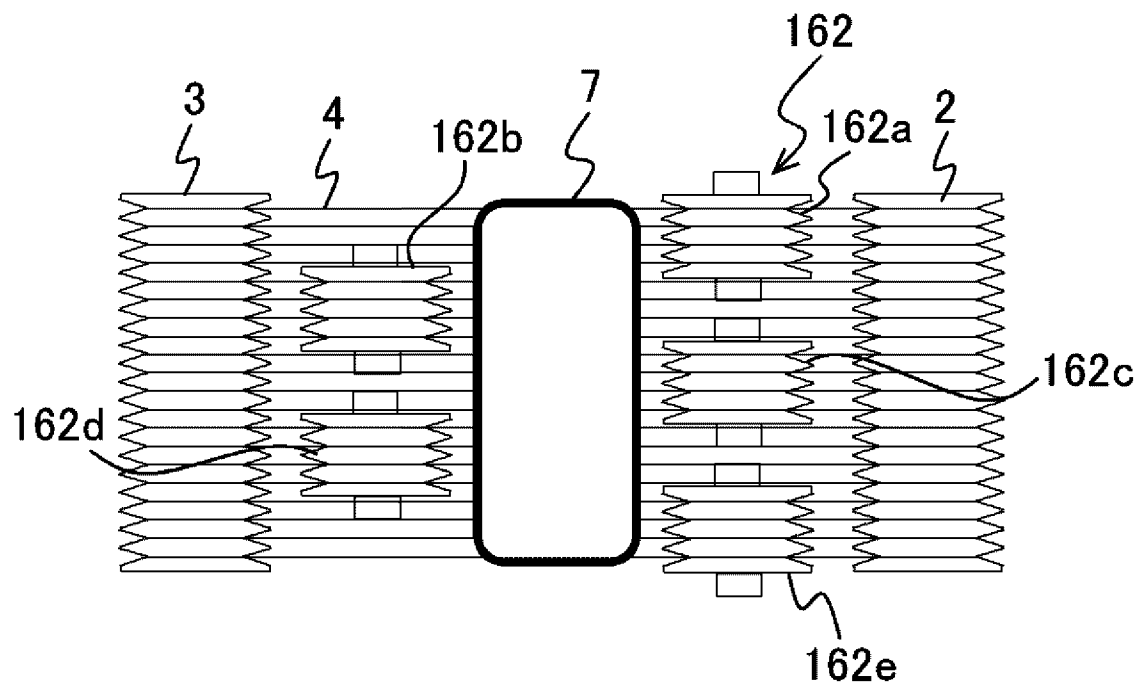
[図4]



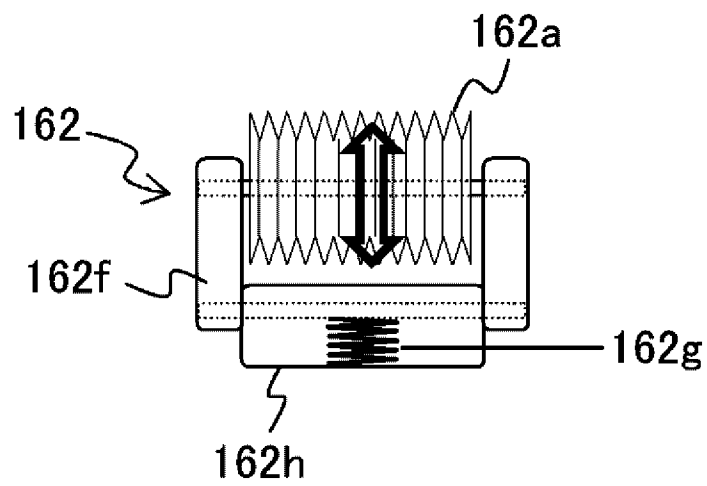
[図5]



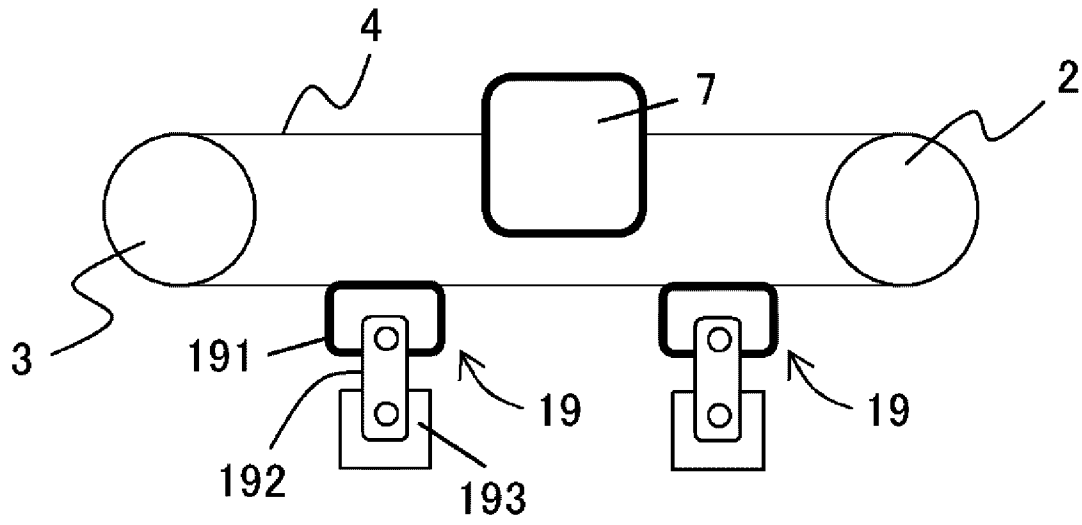
[図6]



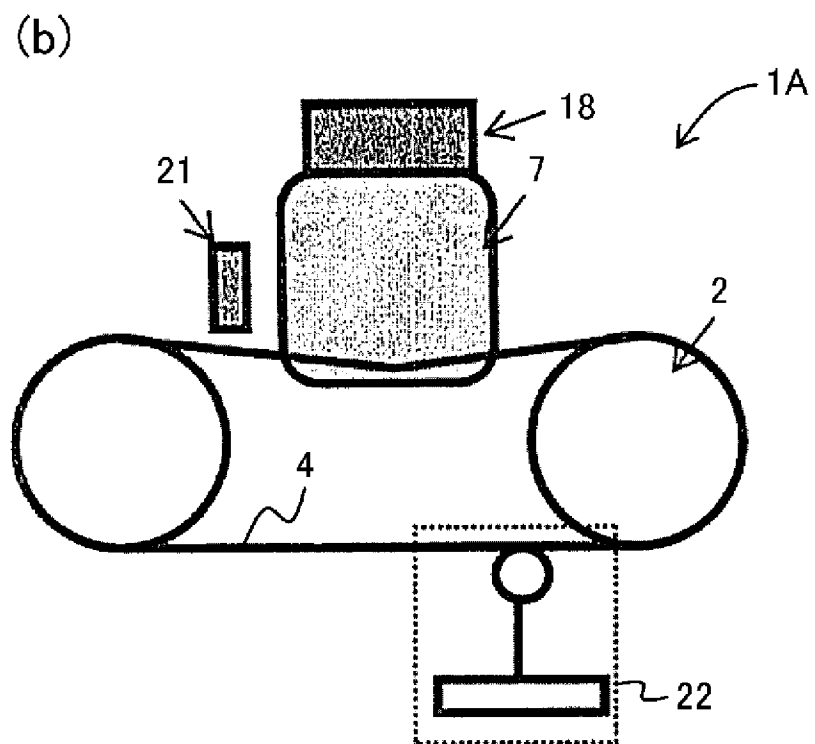
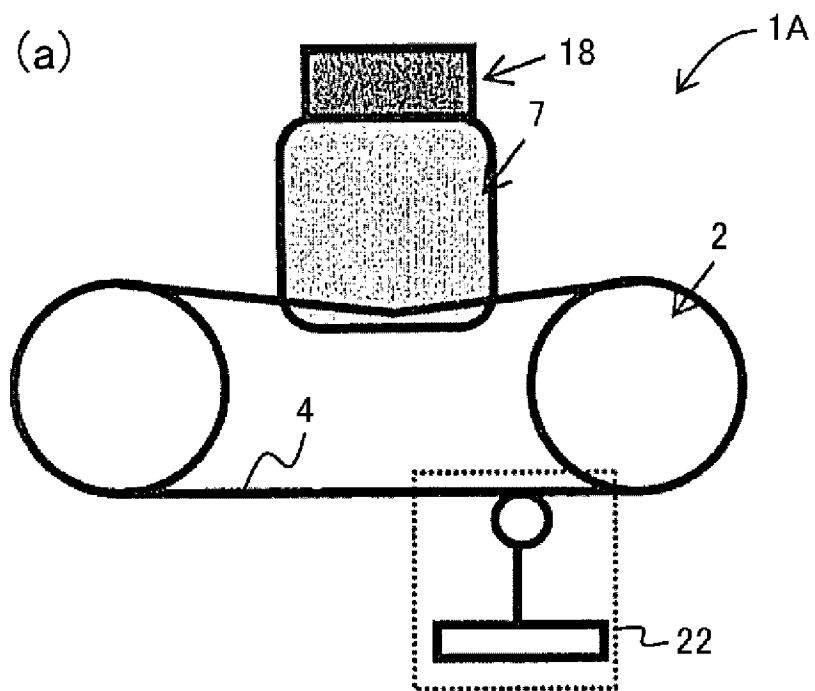
[図7]



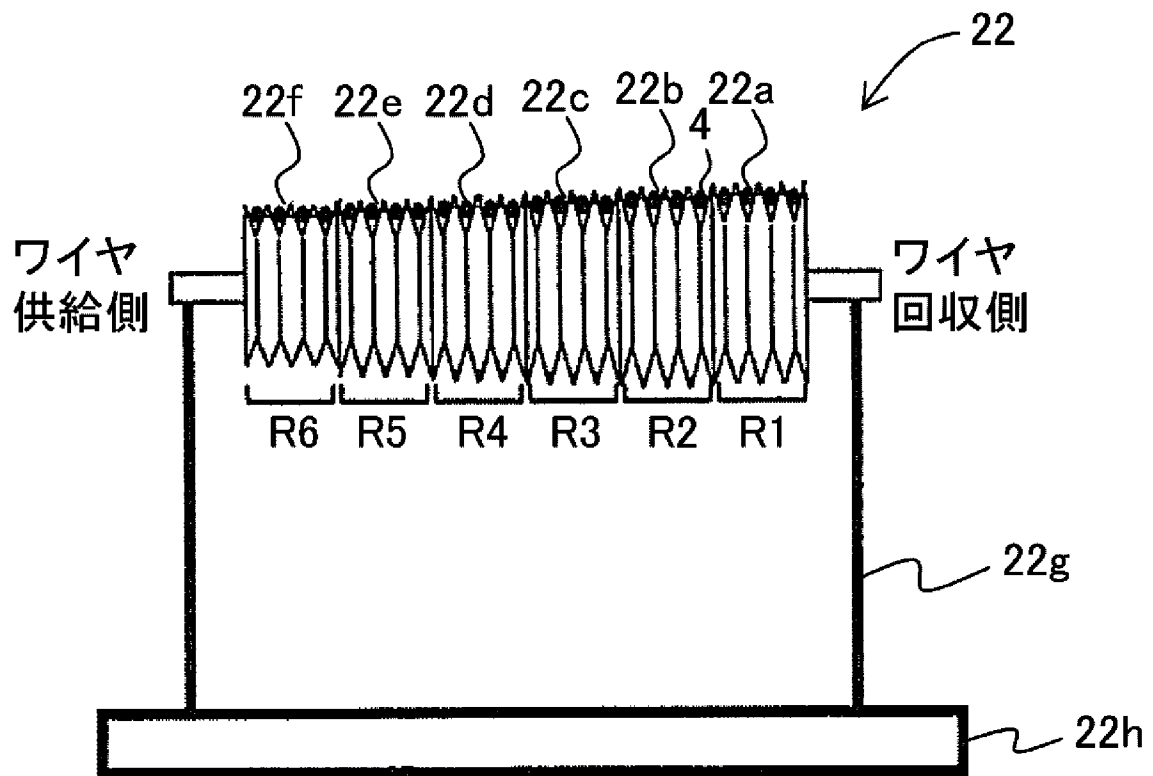
[図8]



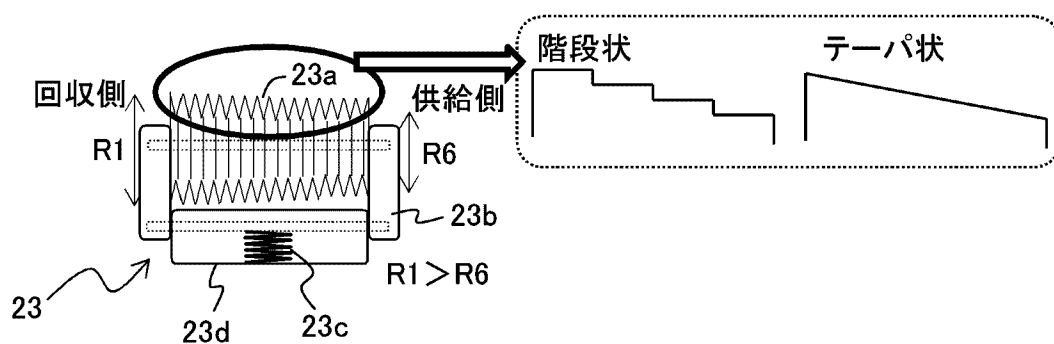
[図9]



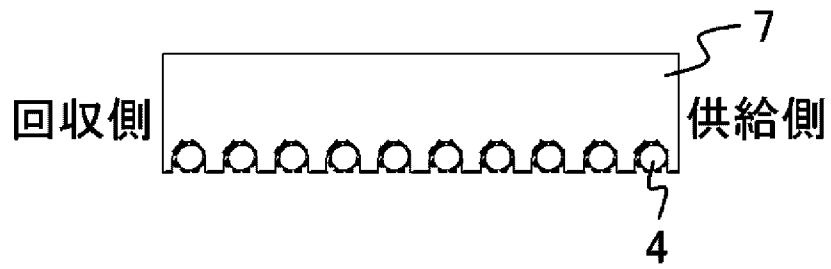
[図10]



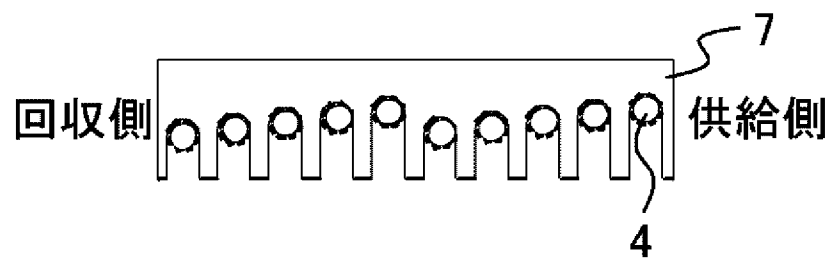
[図11]



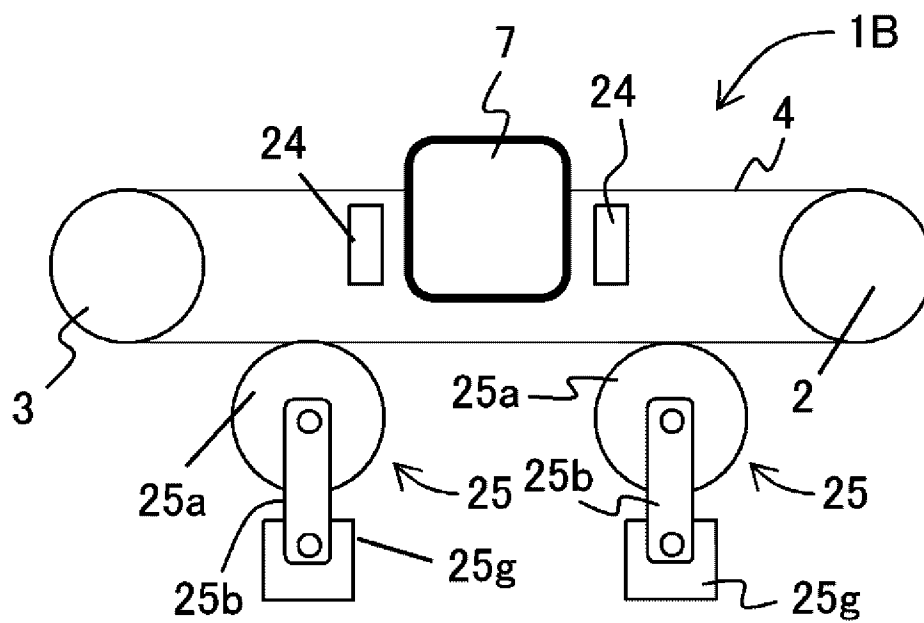
[図12]



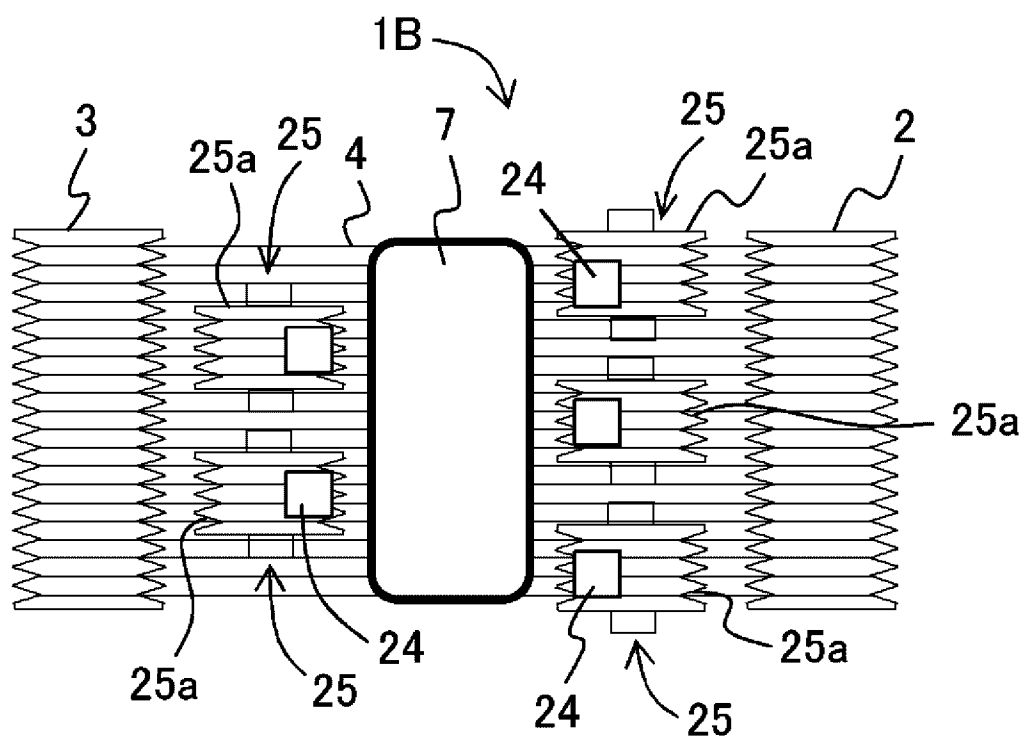
[図13]



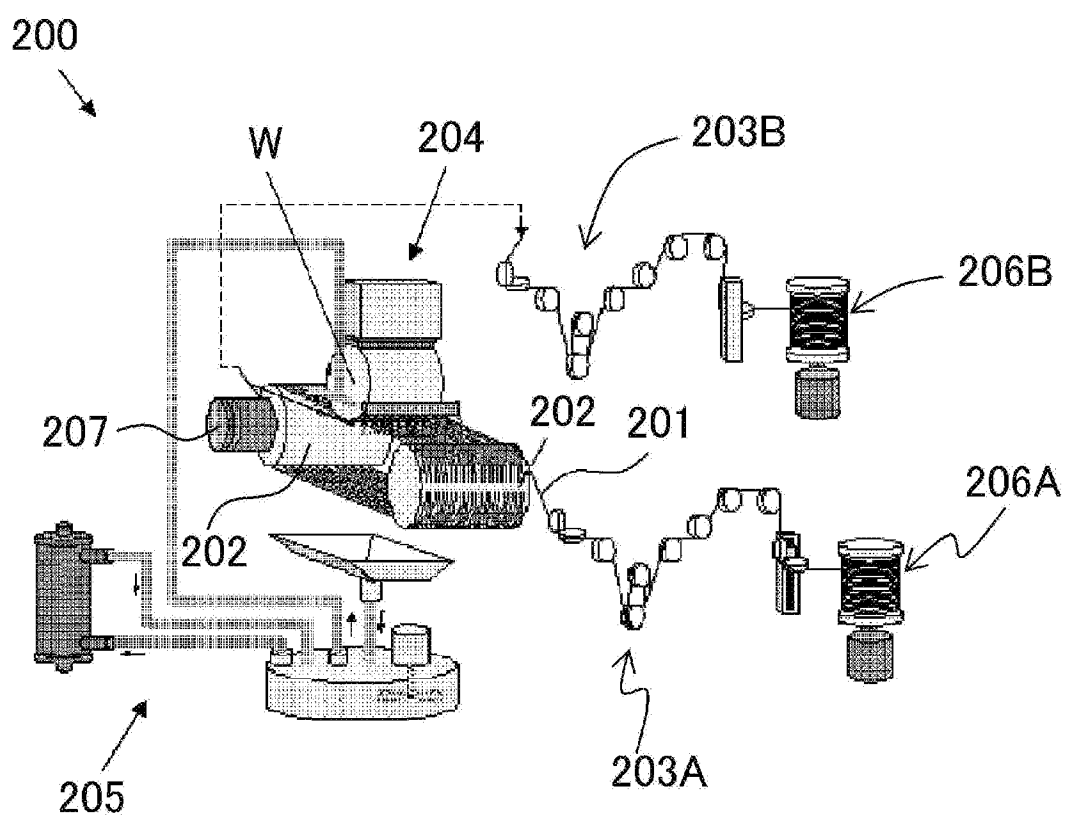
[図14]



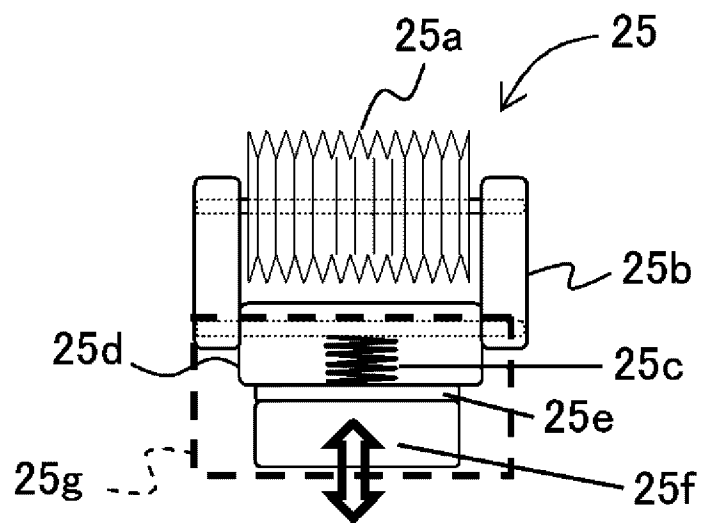
[図15]



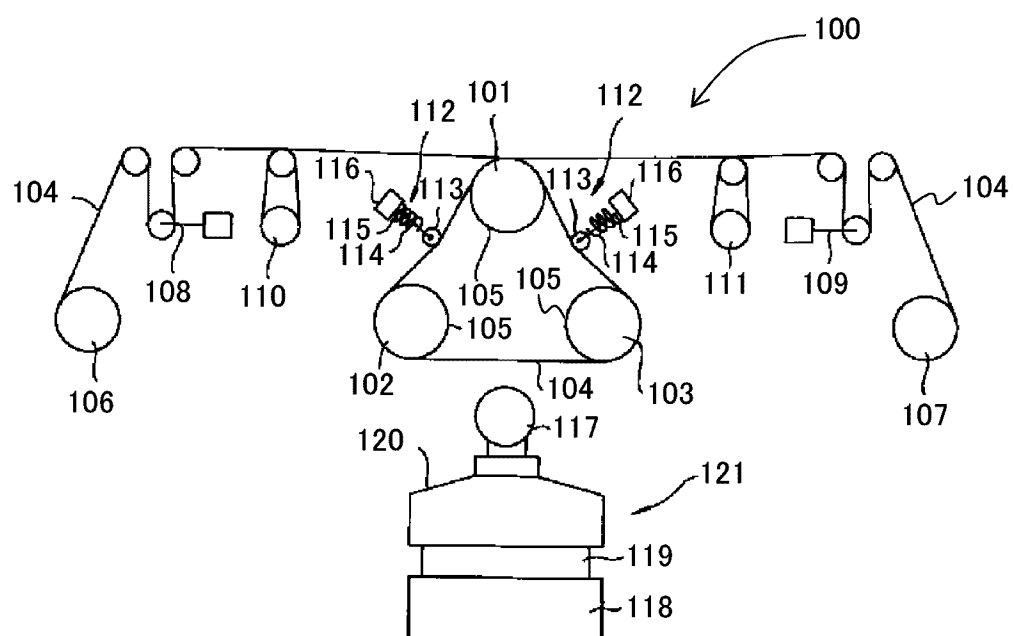
[図16]



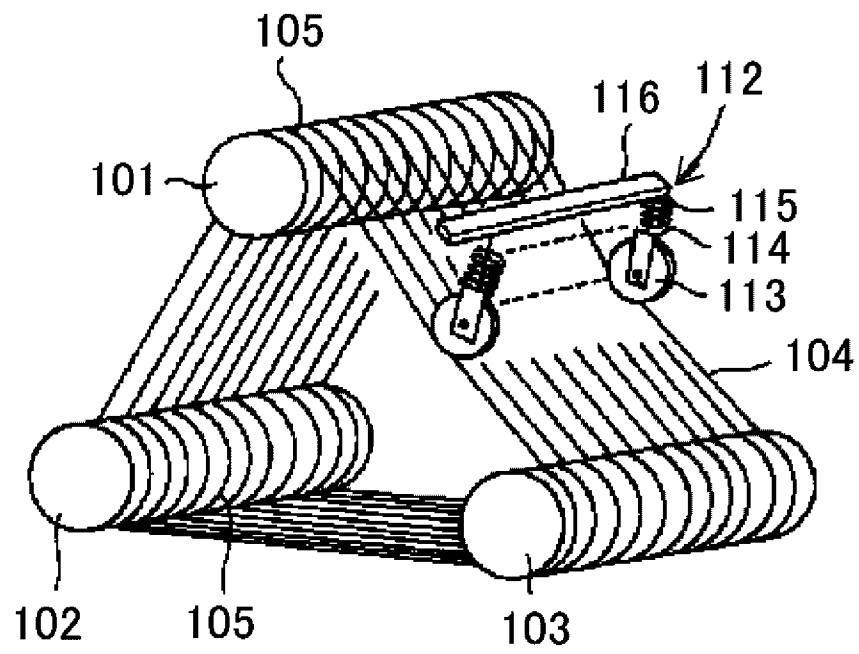
[図17]



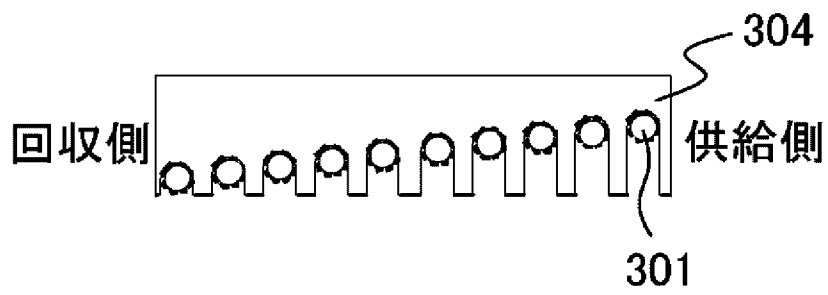
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/003198

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B24B27/06(2006.01) i, B28D5/04(2006.01) i, H01L21/304(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)

B24B27/06, B28D5/04, H01L21/304

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 2010-110865 A (Hiroaki KANAI), 20 May 2010 (20.05.2010), paragraphs [0013] to [0027]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-3, 6 4-5, 7-19
A	JP 7-276218 A (Hitachi Cable, Ltd.), 24 October 1995 (24.10.1995), (Family: none)	1-19
A	JP 2002-233943 A (Yasunaga Corp.), 20 August 2002 (20.08.2002), (Family: none)	1-19

☐ 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
30 May, 2012 (30.05.12)

Date of mailing of the international search report
12 June, 2012 (12.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B24B27/06(2006.01)i, B28D5/04(2006.01)i, H01L21/304(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. B24B27/06, B28D5/04, H01L21/304

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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 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 2010-110865 A（金井宏彰）2010.05.20, 第【0013】～【0027】段落、第1～4図 （ファミリーなし）	1-3, 6 4-5, 7-19
A	JP 7-276218 A（日立電線株式会社）1995.10.24, （ファミリーなし）	1-19
A	JP 2002-233943 A（株式会社安永）2002.08.20, （ファミリーなし）	1-19

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

3 0 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 6 . 2 0 1 2

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）

金本 誠夫

電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3 C

3 5 0 5