

(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10月26日(26.10.2012)



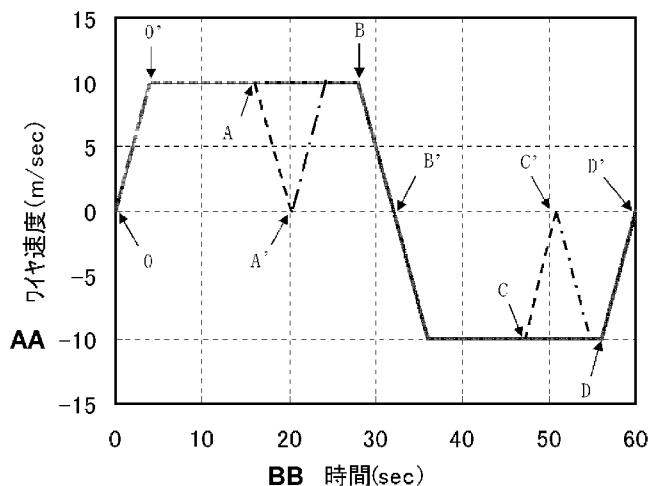
(10) 国際公開番号
WO 2012/144136 A1

- (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/JP2012/002276
 - (22) 国際出願日: 2012年4月2日(02.04.2012)
 - (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 2011-094357 2011年4月20日(20.04.2011) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 北川 幸司 (KITAGAWA, Koji) [JP/JP]; 〒9618061 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平150番地信越半導体株式会社 半導体白河研究所内 Fukushima (JP).
 - (74) 代理人: 好宮 幹夫 (YOSHIMIYA, Mikio); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号第一下谷ビル8F 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, 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, 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: METHOD FOR RESUMING OPERATION OF WIRE SAW AND WIRE SAW

(54) 発明の名称: ワイヤソーの運転再開方法及びワイヤソー

[図4]



AA WIRE SPEED (m/sec)
BB TIME (sec)

(57) Abstract: The present invention is a method for resuming the operation of a wire saw in the case where after cutting of a workpiece has been temporarily interrupted halfway, the cutting is resumed, said method being characterized by comprising: a step for cutting the workpiece while the direction and travel speed of the back-and-forth travel of a wire are detected and recorded on a time-series basis; and a step for controlling the direction of the back-and-forth travel of the wire and the travel time in the direction on the basis of the travel history of the wire recorded before the interruption of the cutting of the workpiece so that the back-and-forth cycle of the wire maintains continuity between before the interruption of and after the resumption of the cutting of the workpiece when the cutting of the workpiece is resumed. Consequently, even when cutting of a workpiece is interrupted halfway due to the breaking of a wire or the like in the cutting of the workpiece by a wire saw, it is possible to reliably suppress the deterioration of the nanotopography of a processed wafer and complete the cutting.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/144136 A1

本発明は、ワークの切断を途中で一旦中断した後、該切断を再開する場合の運転再開方法であって、ワイヤの往復走行の方向及び走行速度を検出して時系列で記録しつつ前記ワークを切断する工程と、ワークの切断を再開する際に、ワイヤの往復サイクルがワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間をワークの切断の中断時までに記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御して切断を再開する工程とを有することを特徴とするワイヤソーの運転再開方法である。これにより、ワイヤソーによるワークの切断において、ワイヤの断線等によってワークの切断が途中で中断された場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を確実に抑制して切断を完了させることができる。

明 細 書

発明の名称：ワイヤソーの運転再開方法及びワイヤソー

技術分野

[0001] 本発明はワイヤにスラリを供給しながら半導体インゴット等のワークを押し当てて切断するワイヤソーに関し、特に、切断の中断時におけるワイヤソーの運転再開方法及びそのワイヤソーに関するものである。

背景技術

[0002] 従来、半導体インゴット等のワークをウェーハ状に切り出す手段としてワイヤソーが知られている。このワイヤソーでは、複数の溝付きローラの周囲に切断用ワイヤが多数巻掛けられることによりワイヤ列が形成されており、その切断用ワイヤが軸方向に高速駆動され、かつ、スラリが適宜供給されながらワイヤ列に対してワークが切り込み送りされることにより、このワークが各ワイヤ位置で同時に切断されるようにしたものである。

[0003] ところで、ワイヤソーのワイヤには、耐摩耗、耐張力性に富み、しかも高硬度の線材、例えば、ピアノ線などが用いられ、また、溝付きローラには、ワイヤの損傷を防ぐため所定硬度の樹脂ローラが使用されているが、ワイヤの経時的な摩耗や、疲労によってワークの切断時にワイヤが断線してしまい、ワークの切断を継続することができない場合がある。

[0004] このような場合、従来は、ワイヤからワークの切込みを離脱させる離脱作業を行った後、ワイヤを手動で引き出したり、又は溝付きローラ駆動装置をマニュアルで操作してワイヤの断線箇所を一方の溝付きローラの適宜外側まで引き出して、その断線部同士を連結し、その後、ワイヤ同士の接続部がワークの切断に直接関与しない位置に再度引き出したりする引き出し作業を行ったり、使用不能な場合にはワイヤを新規なものに交換するという交換作業がなされていた。

[0005] そして、このようなワイヤ補修処理の後、ワイヤの各列に対してワークの各切込みを対応させて係合させる復帰作業を行い、ワークの切断を再開する

ことにより、ワークの切断を完了するという復旧作業が行われていた。

[0006] しかし、ワイヤ復旧開始からワークの切断再開までの所要時間が極めて短い場合、例えば、ワイヤの断線が溝付きローラと嵌合していないところで起きた場合のように、単にワイヤ同士の接続のみでワイヤ処理を完了できる場合を除き、ワイヤ補修処理に長時間（1時間以上）を要してしまう場合には、溝付きローラの軸受部やワイヤとの摩擦熱によって熱膨張をしていた溝付きローラが冷えて収縮し、切断を行っていた状態よりワイヤ列のピッチが狭くなってしまうため、この状態でワークの切断を再開すると、切り出すウェーハの切断面に修正不能な段差が生じてしまう問題があった。

[0007] この問題に対して特許文献1には、溝付きローラとワークに、それぞれ独立に温度制御した温度調整媒体を供給することによって、溝付きローラの軸方向の変位量とワークの温度をワークの切断を中断した時と同じに調整した後、切断を再開するワイヤソーの運転方法及びワイヤソーが開示されている。

この方法及び装置によれば、ワイヤ補修処理に長時間を要した場合でも溝付きローラの収縮やワークの収縮に起因したウェーハ表面の段差発生を回避することができる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：特開2010-29955号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] しかしながら、上記のように切断を再開してワイヤ補修処理が1時間以下の短時間で完了し、溝付きローラやワークの収縮の影響がほとんどない場合にも、ウェーハ加工後のナノトポグラフィー測定で不良が発生することがあった。

本発明はこのような問題に鑑みてなされたもので、ワイヤソーによるワー

クの切断において、ワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を確実に抑制して切断を完了させることができ、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができるワイヤソーの運転再開方法及びそのワイヤソー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

[0010] 上記目的を達成するために、本発明によれば、複数の溝付きローラに巻掛けられたワイヤを軸方向に所定のサイクルで往復走行させ、前記ワイヤに切断用のスラリを供給しつつ、ワークを相対的に押し下げて、前記往復走行するワイヤに押し当てて切り込み送りし、前記ワークをウェーハ状に切断するワイヤソーの運転において、前記ワークの切断を途中で一旦中断した後、該切断を再開する場合の運転再開方法であって、前記ワイヤの往復走行の方向及び走行速度を検出して時系列で記録しつつ前記ワークを切断する工程と、前記ワークの切断を再開する際に、前記ワイヤの往復サイクルが前記ワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、前記ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を前記ワークの切断の中断時までに記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御して切断を再開する工程とを有することを特徴とするワイヤソーの運転再開方法が提供される。

[0011] このような方法であれば、ワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができる。

[0012] このとき、前記ワークの切断を再開する前に、温度調整媒体を供給することによって前記溝付きローラの軸方向の変位量と前記ワークの温度を前記ワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整することが好ましい。

このようにすれば、溝付きローラの収縮やワークの収縮に起因したウェーハ切断面の段差発生を回避することができ、ナノトポグラフィーの悪化をより効果的に抑制することができる。

[0013] また、本発明によれば、複数の溝付きローラに巻掛けられ、軸方向に往復走行するワイヤと、該ワイヤに切断用のスラリを供給するスラリ供給手段と、ウェーハ状に切断されるワークを相対的に押し下げて、前記往復走行するワイヤに押し当てて切り込み送りするワーク送り手段とを具備するワイヤソーであって、更に、前記ワークの切断中に前記ワイヤの往復走行の方向と走行速度を検出して時系列で記録するワイヤ走行履歴記録手段と、前記ワイヤが所定のサイクルで往復走行するように、前記ワイヤの往復走行の方向と、各方向への走行時間及び走行速度を制御する制御装置とを具備し、前記ワークの切断を途中で一旦中断した後、前記ワークの切断を再開する際、前記制御装置は前記ワイヤの往復サイクルが前記ワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、前記ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を前記ワイヤ走行履歴記録手段によって前記ワークの切断の中断時まで記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御するものであることを特徴とするワイヤソーが提供される。

[0014] このようなワイヤソーであれば、ワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィの悪化を抑制して切断を完了させることができ、ナノトポグラフィ検査で不良となるのを防ぐことができる装置となる。

[0015] このとき、更に、前記溝付きローラと前記ワークにそれぞれ独立に温度制御した温度調整媒体を供給する温度調整媒体供給手段を有し、該温度調整媒体供給手段は、前記ワークの切断を再開する前に、前記温度調整媒体を供給することによって前記溝付きローラの軸方向の変位量と前記ワークの温度を前記ワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整するものであることが好ましい。

このようなものであれば、溝付きローラの収縮やワークの収縮に起因したウェーハ表面の段差発生を回避することができ、ナノトポグラフィの悪化をより効果的に抑制することができる。

発明の効果

[0016] 本発明では、ワイヤソーによるワークの切断において、前記ワイヤの往復走行の方向及び走行速度を検出して時系列で記録しつつ前記ワークを切断し、該ワークの切断を中断した後、前記ワークの切断を再開する際に、前記ワイヤの往復サイクルが前記ワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、前記ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を前記ワークの切断の中断時まで記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御して切断を再開するので、ワークの切断中に発生するワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明のワイヤソーの一例を示す概略図である。

[図2]本発明のワイヤソーの別の一例を示す概略図である。

[図3]ワイヤの走行方向によりウェーハの厚さ形状が微細に変化する様子を示す説明図である。(A) ウェーハ切断面の側面図。(B) ウェーハ位置と切断された部分の厚さとの関係。

[図4]実施例1-3、比較例1-3におけるワイヤ走行速度プロファイルを示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

従来、ワイヤソーによるワークの切断において、ワイヤの断線等の異常によってワークの切断が途中で中断された場合にワークの切断を再開すると、ウェーハ切断面に修正不能な段差が発生するという問題に対し、溝付きローラとワークにそれぞれ独立に温度制御した温度調整媒体を供給することによって、溝付きローラの軸方向の変位量とワークの温度をワークの切断を中断した時と同じに調整した後、切断を再開する方法が知られている。

[0019] このようにすれば、ワイヤ補修処理に長時間を要した場合でも溝付きロー

ラの収縮やワークの収縮に起因したウェーハ切断面の段差発生を回避し、溝付きローラやワークの収縮の影響をほとんどなくすることができる。しかし、このような処理を行っても、切断後のウェーハのナノトポグラフィー測定で不良が発生することがあった。

[0020] そこで、本発明者はこの発生原因について鋭意調査したところ、下記のこと
が明らかとなった。すなわち、ワークを切断する際にワイヤにスラリを供給する遊離砥粒方式のワイヤソーによる切断では、切断されたウェーハの厚さ形状はワークへのワイヤ進入側から抜け側へ向かって厚さが増加するテーパ形状となっており、このテーパの向きがワイヤを前進させて切断した箇所と、ワイヤを後退させて切断した箇所とで反転した規則的な段差形状となっている。

[0021] 図3(A)(B)はこの様子を模式的に示した図である。図3(A)はワークの切断面の側面図であり、A部の切断とB部の切断との間でワイヤの走行方向が反転する場合を示している。図3(B)はこの場合のA部の切断におけるワイヤ進入側からのウェーハ位置と切断された部分の厚さとの関係を示した図である。図3(B)に示すように、A部とB部の厚さ形状は上記したようなテーパ形状が反転した形状となっている。

このようなウェーハ切断面の規則的な段差形状は微細であり、切断が連続的に行われる場合にはナノトポグラフィー検査で不良となることはない。

[0022] ところが、例えば、ワイヤが前進方向への走行がちょうど終わるところで停止した場合に、その後の切断再開において、前進方向への走行が始まる
ところから開始すると、切断を中断及び再開した箇所は、通常の倍の距離にわたってワイヤが前進方向で走行する状態で切断されるため、段差形状のピッチがその前後の場所よりも広くなり、ナノトポグラフィーが悪化し、切断後のウェーハのナノトポグラフィー検査で不良となることが分かった。ワイヤの走行サイクルの途中で切断が中断された場合も同様な問題が生じる。

[0023] そして、本発明者は更に検討を重ね、ワイヤの往復サイクルがワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤの往復走行の方向及びそ

の方向への走行時間を制御して切断を再開することによって、上記のような原因によって生じるナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、その結果、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができることに想到し、本発明を完成させた。

[0024] 図1は本発明のワイヤソーの一例を示す概略図である。

図1に示すように、本発明のワイヤソー1は、主に、ワークWを切断するためのワイヤ2、溝付きローラ3、ワイヤ2に張力を付与するためのワイヤ張力付与機構4、4'、ウェーハ状に切断されるワークWを相対的に押し下げて切り込み送りするワーク送り手段5、切断時にワイヤ2に切断用のスラリを供給するためのスラリ供給手段6等で構成されている。

[0025] ワイヤ2は、一方のワイヤリール7から繰り出され、トラバーサを介してパウダクラッチ（定トルクモータ）やダンサローラ（デッドウェイト）等からなるワイヤ張力付与機構4を経て、溝付きローラ3に入っている。ワイヤ2が複数の溝付きローラ3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。ワイヤ2はもう一方のワイヤ張力付与機構4'を経てワイヤリール7'に巻き取られている。

[0026] また、溝付きローラ3は鉄鋼製円筒の周囲にポリウレタン樹脂を圧入し、その表面に一定のピッチで溝を切ったローラであり、駆動用モータ10によって、巻掛けられたワイヤ2が軸方向に往復走行できるようになっている。

ワークWは当て板に接着されており、当て板とこの当て板を保持するワークプレートを介して、ワーク送り手段5により保持される。

[0027] そして、ワークWの切断を行う際、ワークWはワーク送り手段5により相対的に下方に位置するワイヤ2へと送られる。このワーク送り手段5はワイヤ2が当て板に到達するまでワークWを相対的に下方へと押し下げることによって、ワークWを往復走行するワイヤ2に押し当てて切り込み送りする。このワーク送り手段5はコンピュータ制御で予めプログラムされた送り速度で保持したワークWを送り出すことが可能となっている。そして、ワークWの切断を完了させた後、ワークWの送り出し方向を逆転させることにより、

ワイヤ列から切断済みワークWを引き抜くようになっている。

[0028] スラリ供給手段6はスラリタンク11、スラリチラー12、ノズル13等から構成される。ノズル13は溝付きローラ3に巻掛けられたワイヤ2の上方に配置されている。このノズル13はスラリチラー12を介してスラリタンク11に接続されており、供給される切断用のスラリはスラリチラー12により供給温度が制御されてノズル13からワイヤ2に供給できるようになっている。

ここで、切断中に使用するスラリの種類は特に限定されず、従来と同様のものを用いることができ、例えばGC（炭化珪素）砥粒を液体に分散させたものとすることができる。

[0029] また、本発明のワイヤソー1は、図1に示すように、ワークWの切断中にワイヤ2の往復走行の方向及び走行速度を検出して時系列で記録するワイヤ走行履歴記録手段9と、ワイヤ2が所定のサイクルで往復走行するように、ワイヤ2の往復走行の方向と、各方向への走行時間及び走行速度を制御する制御装置8とを具備している。

このワイヤ走行履歴記録手段9は制御装置8と接続されており、制御装置8はワイヤ走行履歴記録手段9に記録したワイヤ2の走行履歴（時系列で記録した走行方向、走行速度など）を読み取ることができるようになっている。

[0030] そして、ワイヤソー1は、ワークWの切断中にワイヤ2の往復走行の方向及び走行速度をワイヤ走行履歴記録手段9に時系列で記録しつつワークWを切断する。そして、ワイヤ切断等の異常の発生によってワークWの切断を途中で一旦中断した後、ワークWの切断を再開する際、制御装置8はワイヤ2の往復サイクルがワークWの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤ2の往復走行の方向及びその方向への走行時間をワイヤ走行履歴記録手段9によってワークWの切断の中断時まで記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御する。

[0031] この際、ワイヤの往復サイクルが切断を中断する直前のサイクルと連続的

になるように制御することができる。ここで、切断を中断する直前のサイクルとは、ワイヤの走行を中断することなく、あらかじめ決められたワイヤの前進及び後退を完結したサイクルを意味し、連続的になるように制御するとは、ワイヤの往復サイクル中にワークWの切断を中断して、その後再開したサイクルにおいて、ワイヤの前進方向への走行時間と、後退方向への走行時間が、切断を中断する直前のサイクルと同じであることを意味する。

[0032] 例えば、ワイヤが前進方向への走行がちょうど終わるところで停止した場合には、後退方向への走行が始まるところから開始することになる。

さらに、例えば、ワイヤが前進方向への走行を、あらかじめ決められた時間の $1/2$ 走行したところで停止した場合には、再開後に前進方向へ残りの $1/2$ の時間走行した後、後退方向へ走行すればよい。

このようなワイヤソーであれば、ワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、ワークの切断面の段差形状がワークの切断の中断前と再開後とで不連続になることがなく、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、その結果、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができる。

[0033] このとき、図2に示すように、更に、溝付きローラ3とワークWにそれぞれ独立に温度制御した温度調整媒体を供給する温度調整媒体供給手段16を設け、この温度調整媒体供給手段16によって、ワークの切断を再開する前に、温度調整媒体を供給することによって溝付きローラ3の軸方向の変位量とワークWの温度をワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整するように構成することが好ましい。

この図2に示すワイヤソー20は切断中のワークWの温度を測定して記録するための、例えば放射式温度計等を有したワーク温度の記録手段14と、溝付きローラ3の軸方向の変位量を測定して記録するための、例えば渦電流式変位センサ等を有した変位量の記録手段15とを備えている。これらの記録手段14、15によってワークの切断の中断時の溝付きローラ3の軸方向の変位量とワークWの温度を記録しておくことができる。

[0034] このようなものであれば、溝付きローラとワークの熱膨張の状態が、切断の中断前と再開後とで不連続になることがなく、切断したウェーハの表面に段差が生じたり、ナノトポグラフィーが悪化するのを抑制しつつワークの切断を完了することができる。

このようなワークの切断の再開時における溝付きローラの軸方向の変位量とワークの温度の調整の制御は、図2に示すように、上記したワイヤの往復走行の方向と、各方向への走行時間及び走行速度を制御する制御装置8によって行うように構成しても良いし、これとは別に設けた制御装置によって行っても良い。

[0035] ここで、図2に示すように、溝付きローラ3とワークWに供給する温度調整媒体として、ワークWを切断する際に使用するスラリを用いることができる。このようにすれば、別途温度調整媒体を準備する必要がないので、装置構成を簡便にすることができるとともに、溝付きローラの軸方向の変位量とワークの温度を調整した後、スラリの供給を止めることなく、そのまま速やかにワークWの切断を再開することができる。図2は温度調整媒体供給手段16の溝付きローラ3への温度調整媒体の供給をスラリ供給手段6と同一のスラリタンク11及びスラリチャラー12を用いて行う構成とした例である。

或いは、ワークWへの温度調整媒体として温度制御された気体を用いることもできる。

[0036] 次に、本発明のワイヤソーの運転再開方法について説明する。

ここでは、図1に示す本発明のワイヤソーを用いた場合について説明する。

前提として、ワークWの切断を行うために、まず、ワークWに当て板を接着し、該当て板をワークプレートにより保持する。そして、これらの当て板、ワークプレートを介してワーク送り手段5によりワークWを保持する。

[0037] 次に、ワイヤ2に張力を付与して軸方向に往復走行させ、ワイヤ2へのスラリ供給を行った状態で、ワーク送り手段5に保持されたワークWを相対的に押し下げて該ワークWを往復走行するワイヤ2に押し当てて切り込み送り

し、ワークWを切断していく。

また、ワークWの切断中にワイヤ2の往復走行の方向及び走行速度を検出してワイヤ走行履歴記録手段9に時系列で記録する。

そして、例えばワイヤの断線等の異常の発生によりワークの切断を中断し、その切断を再開する際、まず、切断の中断の原因を除去し復旧作業を行う。例えばワイヤ2の断線が発生した場合には、ワイヤ2の補修作業を行い、その後、ワイヤ列の各列に対してワークの各切込みを対応させて係合させる復旧作業を行う。

[0038] その復旧作業完了後、ワークの切断を再開する際に、ワイヤの往復サイクルがワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤの往復走行の方向と、その方向への走行時間をワークの切断の中断時までに記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御装置8により制御して切断を再開する。

この際、ワイヤの往復サイクルが切断を中断する直前のサイクルと連続的になるように制御することができる。ここで、切断を中断する直前のサイクルとは、ワイヤの走行を中断することなく、あらかじめ決められたワイヤの前進及び後退を完結したサイクルを意味し、連続的になるように制御するとは、ワイヤの往復サイクル中にワークWの切断を中断して、その後再開したサイクルにおいて、ワイヤの前進方向への走行時間と、後退方向への走行時間が、切断を中断する直前のサイクルと同じであることを意味する。

[0039] 例えば、ワイヤが前進方向への走行がちょうど終わるところで停止した場合には、後退方向への走行が始まるところから開始することになる。

さらに、例えば、ワイヤが前進方向への走行を、あらかじめ決められた時間の1/2走行したところで停止した場合には、再開後に前進方向へ残りの1/2の時間走行した後、後退方向へ走行すればよい。

[0040] このような方法であれば、ワイヤの断線等の異常によって途中で中断されたワークの切断を再開する場合でも、ワークの切断面の段差形状がワークの切断の中断前と再開後とで不連続になることがなく、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、切断され

たウェーハがナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができる。

[0041] なお、ワークの切断中に何らかの異常が発生して切断を中断する際には、異常が発生した時点で瞬間的にワイヤの走行を停止させると、ワイヤに過大な力が加わり異常発生とは別の箇所でワイヤ断線が発生することがある。このようなワイヤ停止によるワイヤ断線が発生しないように、ワイヤを停止させる際には、ワイヤの走行方向を反転させる際と同様に、一定の加速度で減速してワイヤを停止させる。このような場合にも上記したように、ワイヤの往復サイクルがワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間をワークの切断の中断時まで記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御することによって、ワークの切断面の段差形状がワークの切断の中断前と再開後とで不連続になることを確実に回避することができる。

[0042] このとき、ワークの切断を再開する前に、温度調整媒体を供給することによって溝付きローラの軸方向の変位量と前記ワークの温度をワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整することが好ましい。

このようにすれば、溝付きローラとワークの熱膨張の状態が、切断を中断する前と再開した後とで不連続になることがなく、切断したウェーハの表面に段差が生じたり、ナノトポグラフィーが悪化するのを抑制しつつワークの切断を完了することができる。

実施例

[0043] 以下、本発明の実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例 1 - 3)

図 1 に示すような本発明のワイヤソーを用い、直径 300 mm のシリコンインゴットをウェーハ状に切断を開始し、その途中で切断を中断し、本発明の運転再開方法に従って切断を再開した。そして、切断後のウェーハのナノトポグラフィーを評価した。ここでは、切断中断位置付近の領域で測定された 10 mm × 10 mm 領域におけるナノトポグラフィーの最大値を評価した

。

[0044] また、ワークの切断中にはワイヤを図4に示す走行速度プロファイルで走行させた。この走行速度プロファイルは、0で示す時点からワイヤを前進方向に走行開始し、Bで示す時点から一定の加速度で減速し、B'で示す時点からワイヤを後退方向に走行開始する走行サイクルを有するものである。

[0045] まず、ワイヤの往復走行の方向及び走行速度を検出して記録しつつ、シリコンインゴットを中央位置（切り込み深さ150mm）まで切断した。そこで一旦加工を中断して、シリコンインゴットを上昇させてワイヤ列から抜いた。その後、再度シリコンインゴットを下降させて、切断を中断した位置にシリコンインゴットを戻して切断を再開した。ここで、切断を中断するタイミングは、図4に示す走行速度プロファイルのA、B、Cの位置とし、ワイヤはA'、B'、C'のそれぞれの走行サイクルの時点で停止した。

[0046] そして、切断の再開を、A'（実施例1）、B'（実施例2）、C'（実施例3）の走行サイクルの時点から行った。すなわち、ワイヤの往復サイクルがワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、ワイヤの往復走行サイクルがワークの切断の中断によってワイヤが停止する直前の往復走行サイクルと同じになるように、すなわちワイヤの新方向へ走行する時間及び後退方向へ走行する時間が同じになるように制御して切断を再開した。

[0047] その結果を表1に示す。表1に示すように、実施例1-3共に後述する比較例1-3よりナノトポグラフィーが改善されていた。また、ナノトポグラフィー検査を行ったところいずれのウェーハにも不良は検出されなかった。

このように、本発明のワイヤソー及びワイヤソーの運転再開方法は、ワークの切断が途中で中断された場合でも、加工後のウェーハのナノトポグラフィーの悪化を抑制して切断を完了させることができ、ナノトポグラフィー検査で不良となるのを防ぐことができることが確認できた。

[0048] （比較例1-3）

本発明の制御装置を具備しない従来ワイヤソーを用い、切断を中断するタイミングを、図4に示す走行速度プロファイルのA（比較例1）、B（比

較例 2)、C (比較例 3) の位置とし、切断の再開を切断中断位置と関係なく 0 の時点とした以外、すなわち、ワークの切断を再開する際にワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を制御しなかった以外、実施例 1-3 と同様な条件でシリコンインゴットを切断し、切断後のウェーハのナノトポグラフィーを評価した。

その結果を表 1 に示す。表 1 に示すように、比較例 1-3 共に実施例 1-3 の結果と比べ悪化しており、ナノトポグラフィー検査で不良となってしまった。

[0049] [表1]

	切断停止	切断再開	ナノトポグラフィー (nm)
実施例1	A	A'	13.9
実施例2	B	B'	13.7
実施例3	C	C'	14
比較例1	A	0	18.3
比較例2	B	0	20.5
比較例3	C	0	16.8

[0050] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

[請求項1]

複数の溝付きローラに巻掛けられたワイヤを軸方向に所定のサイクルで往復走行させ、前記ワイヤに切断用のスラリを供給しつつ、ワークを相対的に押し下げて、前記往復走行するワイヤに押し当てて切り込み送りし、前記ワークをウェーハ状に切断するワイヤソーの運転において、前記ワークの切断を途中で一旦中断した後、該切断を再開する場合の運転再開方法であって、

前記ワイヤの往復走行の方向及び走行速度を検出して時系列で記録しつつ前記ワークを切断する工程と、

前記ワークの切断を再開する際に、前記ワイヤの往復サイクルが前記ワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、前記ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を前記ワークの切断の中断時までに記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御して切断を再開する工程とを有することを特徴とするワイヤソーの運転再開方法。

[請求項2]

前記ワークの切断を再開する前に、温度調整媒体を供給することによって前記溝付きローラの軸方向の変位量と前記ワークの温度を前記ワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整することを特徴とする請求項1に記載のワイヤソーの運転再開方法。

[請求項3]

複数の溝付きローラに巻掛けられ、軸方向に往復走行するワイヤと、該ワイヤに切断用のスラリを供給するスラリ供給手段と、ウェーハ状に切断されるワークを相対的に押し下げて、前記往復走行するワイヤに押し当てて切り込み送りするワーク送り手段とを具備するワイヤソーであって、

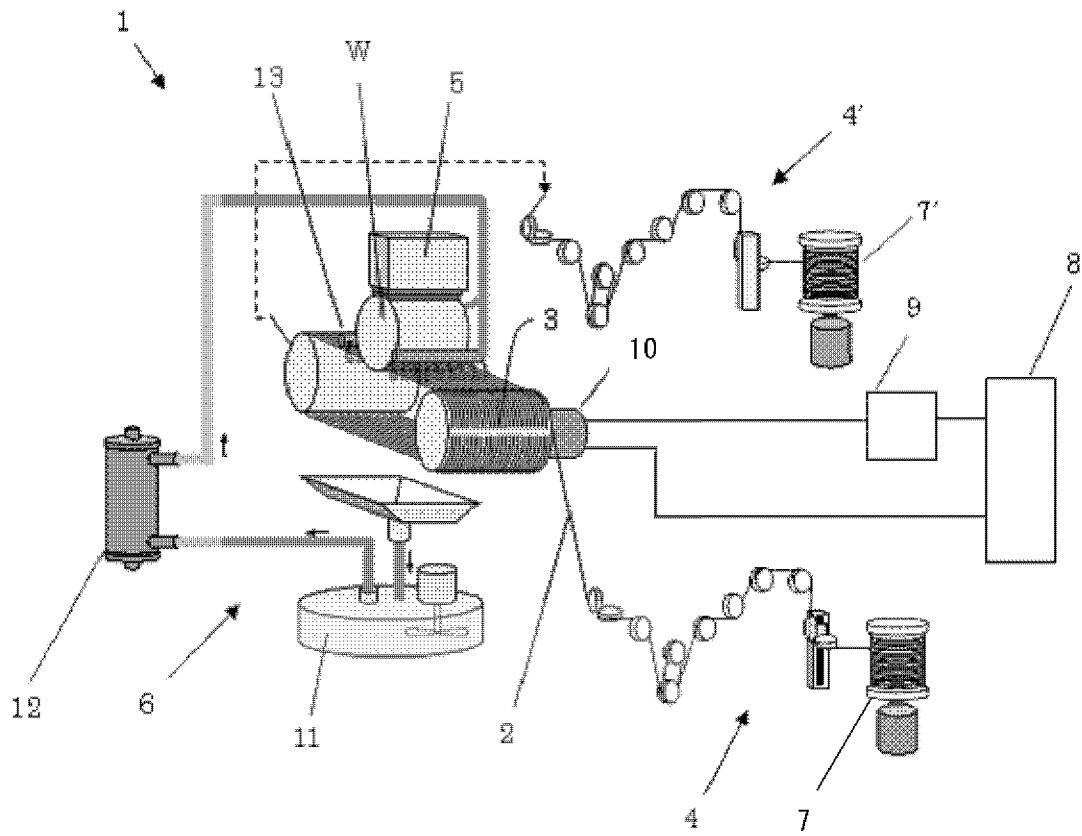
更に、前記ワークの切断中に前記ワイヤの往復走行の方向と走行速度を検出して時系列で記録するワイヤ走行履歴記録手段と、前記ワイヤが所定のサイクルで往復走行するように、前記ワイヤの往復走行の方向と、各方向への走行時間及び走行速度を制御する制御装置とを具備し、

前記ワークの切断を途中で一旦中断した後、前記ワークの切断を再開する際、前記制御装置は前記ワイヤの往復サイクルが前記ワークの切断の中断前と再開後で連続的となるように、前記ワイヤの往復走行の方向及びその方向への走行時間を前記ワイヤ走行履歴記録手段によって前記ワークの切断の中断時までに記録されたワイヤの走行履歴に基づいて制御するものであることを特徴とするワイヤソー。

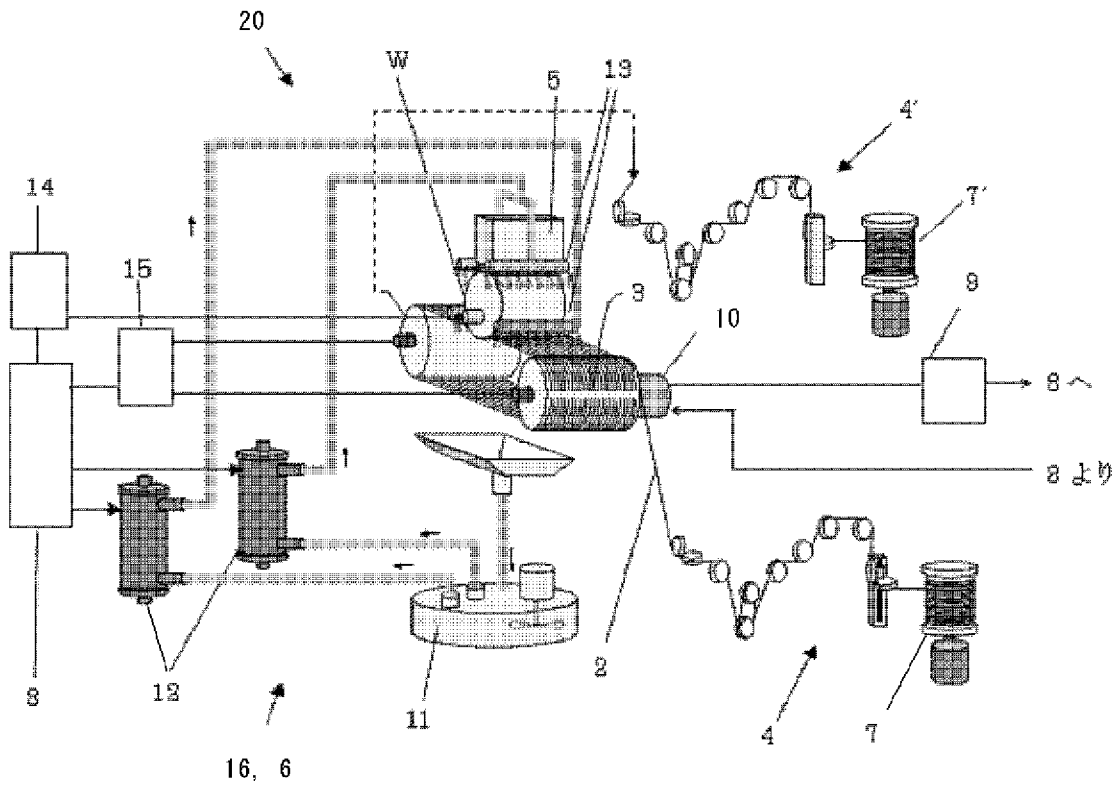
[請求項4]

更に、前記溝付きローラと前記ワークにそれぞれ独立に温度制御した温度調整媒体を供給する温度調整媒体供給手段を有し、該温度調整媒体供給手段は、前記ワークの切断を再開する前に、前記温度調整媒体を供給することによって前記溝付きローラの軸方向の変位量と前記ワークの温度を前記ワークの切断の中断時とそれぞれ同じになるように調整するものであることを特徴とする請求項3に記載のワイヤソー。

[図1]

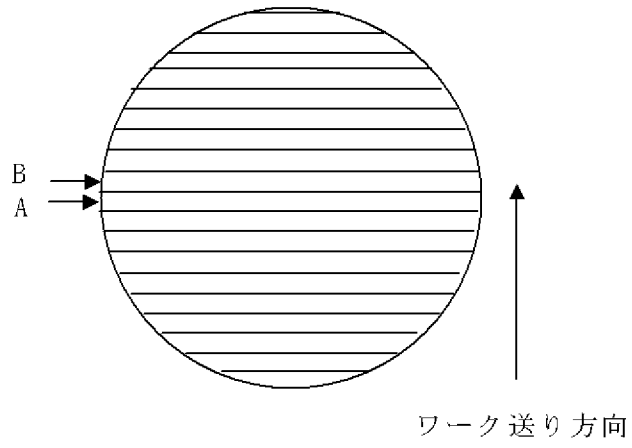


[図2]

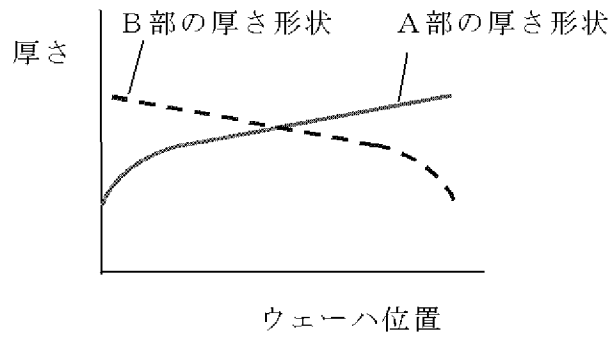


[図3]

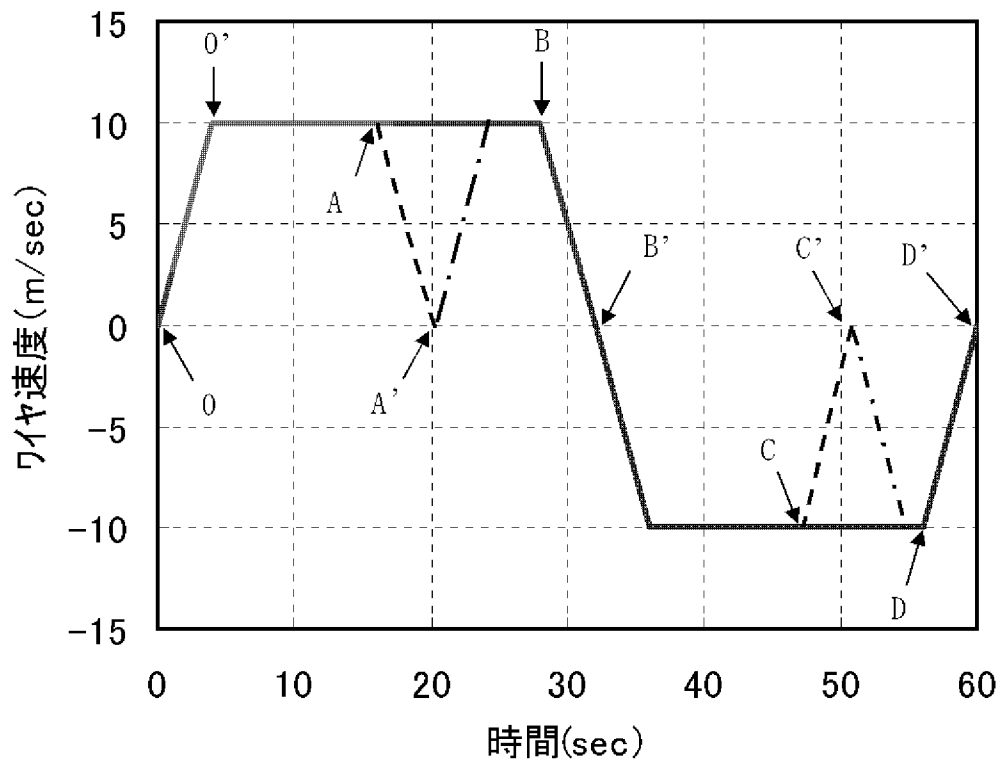
(A)



(B)



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002276

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.
A	JP 10-202497 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 04 August 1998 (04.08.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 10-6202 A (Nippei Toyama Corp.), 13 January 1998 (13.01.1998), entire text; all drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2009-90377 A (Denso Corp.), 30 April 2009 (30.04.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-4

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
26 April, 2012 (26.04.12)

Date of mailing of the international search report
15 May, 2012 (15.05.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/002276

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 2010-29955 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 12 February 2010 (12.02.2010), entire text; all drawings & US 2011/0088678 A1 & KR 10-2011-0052582 A & CN 102105265 A	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 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 (IPC))
 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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012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
A	JP 10-202497 A (信越半導体株式会社) 1998.08.04, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 10-6202 A (株式会社日平トヤマ) 1998.01.13, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2009-90377 A (株式会社デンソー) 2009.04.30, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-4

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 26.04.2012	国際調査報告の発送日 15.05.2012
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 橋本 卓行 電話番号 03-3581-1101 内線 3324

3C 3747

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
A	JP 2010-29955 A (信越半導体株式会社) 2010.02.12, 全文, 全図 & US 2011/0088678 A1 & KR 10-2011-0052582 A & CN 102105265 A	1-4