

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-535666

(P2004-535666A)

(43) 公表日 平成16年11月25日(2004.11.25)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/02	HO 1 L 21/02	Z 2GO51
GO 1 N 21/00	GO 1 N 21/00	B 2GO59
GO 1 N 21/956	GO 1 N 21/956	A 4M106
HO 1 L 21/66	HO 1 L 21/66	Z

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 58 頁)

(21) 出願番号 特願2002-585932 (P2002-585932)  
 (86) (22) 出願日 平成14年4月24日 (2002. 4. 24)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年10月23日 (2003. 10. 23)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2002/013158  
 (87) 国際公開番号 W02002/088677  
 (87) 国際公開日 平成14年11月7日 (2002. 11. 7)  
 (31) 優先権主張番号 60/286, 485  
 (32) 優先日 平成13年4月26日 (2001. 4. 26)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

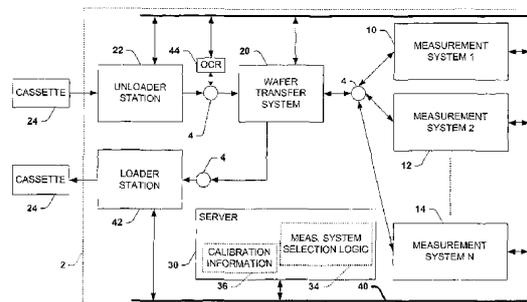
(71) 出願人 500022362  
 サーマ-ウェイブ・インク  
 アメリカ合衆国、カリフォルニア州 94  
 539、フレモント、リライアンス・ウェイ 1250  
 (74) 代理人 100071010  
 弁理士 山崎 行造  
 (74) 代理人 100104086  
 弁理士 岩橋 越夫  
 (74) 代理人 100121762  
 弁理士 杉山 直人  
 (74) 代理人 100126767  
 弁理士 白銀 博  
 (74) 代理人 100122839  
 弁理士 星 貴子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 計測システムクラスター

(57) 【要約】

製造プロセス(80, 100, 200)において、1以上の複数の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)を用いて半導体ウエハー(4, 54, 75, 110)を計測するシステムと方法が開示されている。計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)は、1以上の計測システム選択基準に従い、ウエハー(4, 54, 75, 110)を1以上の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)に移送させるためのシステム(20, 74, 254)に沿って、このような複数の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)を有している。使用する計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)は、ウエハー(4, 54, 75, 110)に関連するプロセス値を計測するために要求される、必要精度と能力を満たした状態で、システム全体としての処理量と効率が改善されるように、使用可能性情報(271, 272, 273)と処理量情報(281, 282, 283)に基づいて



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

半導体機器製造プロセス(80, 100, 200)においてウエハー(4, 54, 75, 110)のプロセス値を計測するための計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)であって、

第1と第2の計測計器(71, 72, 73, 210, 212, 214)を有し、第1と第2の計測計器のおおのが、ウエハー(4, 54, 75, 110)に関連する少なくとも1つのプロセス値を計測する、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)と、

製造プロセス(80, 100, 200)において加工されたウエハー(4, 54, 75, 110)を受け取り、プロセス値を計測するための計測システム選択基準に従い、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)のうちの少なくとも1つを選択して、ウエハー(4, 54, 75, 110)を供給する、ウエハー移送システム(20, 74, 254)と、

を具備する計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

## 【請求項 2】

計測システム選択基準に従い、ウエハー移送システム(20, 74, 254)に計測システム選択結果(252)を提供する計測システム選択ロジック要素(34, 250)であって、計測システム選択結果(252)に従い、ウエハー移送システム(20, 74, 254)が、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)のうちの少なくとも1つにウエハー(4, 54, 75, 110)を供給する、計測システム選択ロジック要素(34, 250)を具備する請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

## 【請求項 3】

計測システム選択基準は、ウエハー(4, 54, 75, 110)に関連する能力要求情報(256)、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)に関連する計測システム能力情報(261, 262, 263)、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)に関連する使用可能性情報(271, 272, 273)、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)の必要性の予想、及び第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)に関連する処理量情報(281, 282, 283)のうちの少なくとも1つを具備する、請求項2に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

## 【請求項 4】

ウエハー識別情報(257)に従い能力要求情報(256)が導かれるような、ウエハー識別情報(257)を計測システム選択ロジック要素(34, 250)に提供する光学的文字認識システム(44, 258)を具備する、請求項3に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

## 【請求項 5】

計測システム選択ロジック要素(34, 250)は、能力要求情報(256)及び計測システム能力情報(261, 262, 263)に従い、ウエハー(4, 54, 75, 110)に要求される能力を有する選択された計測システムを表示した、計測システム選択結果(252)を提供する、請求項3に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

## 【請求項 6】

計測システム選択ロジック要素(34, 250)は、計測システム能力情報(261, 262, 263)及び処理量情報(281, 282, 283)に従い、ウエハー(4, 54

10

20

30

40

50

、75、110)に要求される能力を持った最高の処理量を有する使用可能な選択された計測システムを表示した計測システム選択結果(252)を提供する、請求項3に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

【請求項7】

第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)は相互校正される、請求項1に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

【請求項8】

第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)のうちの少なくとも1つから、計測されたプロセス値を受け取り、計測されたプロセス値に従いプロセスフィードバック(66、68、122、126)を提供する、APCシステム(64、130、206)を具備する、請求項1に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

10

【請求項9】

ウエハー移送システム(20、74、254)と第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)とに関連して運転され、APCシステム(64、130、206)を具備するコンピュータシステム(30)、を具備する請求項8に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

20

【請求項10】

コンピュータシステム(30)は、計測システム選択基準に従い、ウエハー移送システム(20、74、254)に計測システム選択結果(252)を提供する計測システム選択ロジック要素(34、250)であって、計測システム選択結果(252)に従い、ウエハー移送システム(20、74、254)が、第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)のうちの少なくとも1つにウエハー(4、54、75、110)を供給する、計測システム選択ロジック要素(34、250)を有している、請求項9に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

30

【請求項11】

計測システム選択基準は、ウエハー(4、54、75、110)に関連する能力要求情報(256)、第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)に関連する計測システム能力情報(261、262、263)、第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)に関連する使用可能性情報(271、272、273)、及び第1と第2の計測システム(10、12、14、58、60、62、71、72、73)に関連する処理量情報(281、282、283)のうちの少なくとも1つを含む、請求項10に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

40

【請求項12】

ウエハー識別情報(257)に従い能力要求情報(256)が導かれるような、ウエハー識別情報(257)を計測システム選択ロジック要素(34、250)に提供する光学的文字認識システム(44、258)を具備する、請求項11に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

【請求項13】

計測システム選択ロジック要素(34、250)は、能力要求情報(256)及び計測システム能力情報(261、262、263)に従い、ウエハー(4、54、75、110)に要求される能力を有する選択された計測システムを表示した計測システム選択結果(252)を提供する、請求項11に記載の計測システムクラスター(2、70、112、114、116、150、202、230、240)。

【請求項14】

50

計測システム選択ロジック要素(34, 250)は、計測システム能力情報(261, 262, 263)及び処理量情報(281, 282, 283)に従い、ウエハー(4, 54, 75, 110)に要求される能力を持った最高の処理量を有する使用可能な選択された計測システムを表示した計測システム選択結果(252)を提供する、請求項13に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

【請求項15】

コンピュータシステム(30)は、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)に関連する校正情報(36)を具備し、第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)は、相互校正される、請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

10

【請求項16】

製造プロセス(80, 100, 200)からウエハー(4, 54, 75, 110)を受け取り、ウエハー保持装置(24)からウエハー(4, 54, 75, 110)を荷おろしし、荷おろしされたウエハー(4, 54, 75, 110)をウエハー移送システム(20, 74, 254)に移送する運転が可能な荷おろしステーション(22, 220)を具備する、請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

【請求項17】

ウエハー移送システム(20, 74, 254)からウエハー(4, 54, 75, 110)を受け取り、ウエハー(4, 54, 75, 110)をウエハー保持装置(24)に積み込む、荷積みステーション(42, 222)を具備する、請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

20

【請求項18】

ウエハー移送システム(20, 74, 254)は、ロボット(216)を具備する、請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

【請求項19】

少なくとも1つの製造プロセスステップの実行が可能であり、加工されたウエハーをウエハー移送システム(20, 74, 254)に供給するプロセスツール(56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204)を具備する、請求項1に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

30

【請求項20】

第1と第2の計測システム(10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73)のうちの少なくとも1つから、計測されたプロセス値を受け取り、計測されたプロセス値に従いプロセスフィードバック(66, 68, 122, 124, 126)を提供するAPCシステム(64, 130, 206)を具備する、請求項19に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

【請求項21】

APCシステム(64, 130, 206)は、プロセスツール(56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204)にプロセスフィードバック(66, 68, 122, 124, 126)を提供し、プロセスツール(56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204)は、プロセスフィードバック(66, 68, 122, 124, 126)に従い、少なくとも1つの製造プロセスステップを実行する、請求項20に記載の計測システムクラスター(2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240)。

40

【請求項22】

半導体機器製造プロセス(80, 100, 200)におけるウエハー(4, 54, 75, 110)を検査するウエハー検査システムであって、

50

ウエハー（４，５４，７５，１１０）に関連する少なくとも１つのプロセス値を計測可能な計測計器（２１０，２１２，２１４）を有する計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）と、  
ウエハー（４，５４，７５，１１０）上の少なくとも１つの工学的に認識可能な文字（character）によりウエハー識別情報（２５７）を提供する光学的文字認識システム（４４，２５８）と、  
を具備するウエハー検査システム。

【請求項２３】

おのおの第１と第２の計測計器（２１０，２１２，２１４）を有する第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）と、製造プロセス（８０，１００，２００）にて加工されたウエハー（４，５４，７５，１１０）を受け取り、ウエハー識別情報（２５７）とプロセス値を計測するための少なくとも１つの計測システムの選択に従い、第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）のうちの１つに選択的にウエハー（４，５４，７５，１１０）を移送するウエハー移送システム（２０，７４，２５４）とを具備する請求項２２に記載の検査システム。 10

【請求項２４】

ウエハー識別情報（２５７）と少なくとも１つの計測システム選択基準に従い、計測システム選択結果（２５２）をウエハー移送システム（２０，７４，２５４）に提供する計測システム選択ロジック要素（３４，２５０）を具備し、ウエハー移送システム（２０，７４，２５４）は、計測システム選択結果（２５２）に従い、ウエハー（４，５４，７５，１１０）を、第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）のうちの少なくとも１つに移送する、請求項２３に記載の検査システム。 20

【請求項２５】

計測システム選択基準のうちのすくなくとも１つは、ウエハー（４，５４，７５，１１０）に関連する能力要求情報（２５６）、第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）に関連する計測システム能力情報（２６１，２６２，２６３）、第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）に関連する使用可能性情報（２７１，２７２，２７３）、及び第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）に関連する処理量情報（２８１，２８２，２８３）のうちの少なくとも１つを具備する、請求項２４に記載の検査システム。 30

【請求項２６】

計測システム選択ロジック要素（３４，２５０）は、ウエハー（４，５４，７５，１１０）に要求される能力を持った最高の処理量を有する使用可能な選択された計測計器を表示した、計測システム選択結果（２５２）を提供する、請求項２５に記載の検査システム。

【請求項２７】

半導体機器製造プロセス（８０，１００，２００）におけるウエハー（４，５４，７５，１１０）に関連するプロセス値を計測する方法であって、  
製造プロセス（８０，１００，２００）から、ウエハー（４，５４，７５，１１０）を受け取り、  
計測システム選択基準に従い、第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）のうちの少なくとも１つに、選択的に、ウエハー（４，５４，７５，１１０）を供給し、  
第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３）のうちの少なくとも１つを用いて、プロセス値を計測する、  
工程を具備する方法。 40

【請求項２８】

第１と第２の計測システム（１０，１２，１４，５８，６０，６２，７１，７２，７３） 50

のうちの少なくとも1つに、選択的に、ウエハー（4，54，75，110）を供給する方法であって、

ウエハー（4，54，75，110）を識別し、

ウエハー（4，54，75，110）識別にしたがってプロセス値を計測するために要求される計測能力を決定し、

要求される能力（256）と第1と第2の計測システム（10，12，14，58，60，62，71，72，73）に関連する計測システム能力情報（261，262，263）に従い第1と第2の計測システム（10，12，14，58，60，62，71，72，73）のうちの少なくとも1つを選択する

工程を具備する請求項27に記載の方法。

10

【請求項29】

第1と第2の計測システム（10，12，14，58，60，62，71，72，73）の少なくとも1つを選択する工程は、計測システム使用可能性情報（271，272，273）と処理量情報（281，282，283）とに応じてウエハーに対する要求計測能力を持ち最高の処理能力を有する第1と第2の計測システム（10，12，14，58，60，62，71，72，73）から使用可能な計測システムを選択する工程を具備する、請求項28に記載の方法。

【請求項30】

半導体機器製造プロセス（80，100，200）において、半導体ウエハー（4，54，75，110）に関連するプロセス値の計測に用いる設定情報を作り出すシステムであって、

20

ウエハー（4，54，75，110）を計測するのに用いられるオフライン計測計器と、計測値にしたがって設定情報をつくり、設定情報を半導体機器製造プロセス（80，100，200）に関連するプロセス計測システムに供給するためのオフライン計測計器に関連して運転可能な、設定情報発生装置とを具備し、

半導体機器製造プロセス（80，100，200）において、設定情報は、半導体ウエハー（4，54，75，110）に関連するプロセス値を計測するためのプロセス計測システムにより使用可能である、システム。

【請求項31】

設定情報は、処方とデータベースのうちの少なくとも1つを具備する請求項30に記載のシステム。

30

【請求項32】

半導体サンプルの幾何学的特徴を評価するために走査型電子顕微鏡（SEM）（210）と併せてスカタロメータを操作する方法であって、

スカタロメータ（212）で基準用サンプル1式を計測し、特性を示す数値をコンピュータで決定し、

走査型電子顕微鏡（SEM）（210）で前記基準用サンプル1式を計測し、特性を示す数値を物理学的に決定し、

コンピュータで導き出される値と、物理学的に導き出される値との相関係数を決定し、そして、

40

スカタロメータ（212）でテストサンプル1式を測定し、特性を示す数値としてコンピュータで決定し、当該数値を相関係数に従い調整する、

工程を具備するスカタロメータを操作する方法。

【請求項33】

前記相関係数は、前記コンピュータで決定された数値と前記物理学的に決定された数値との関係を定義する多項式に従って導き出される請求項32に記載の方法。

【請求項34】

さらに、計測システムクラスター（2，70，112，114，116，150，202，230，240）内のあらゆる計器（71，72，73，210，212，214）の、他のあらゆる計器（71，72，73，210，212，214）にたいする関連付け

50

をおこなう工程を具備する請求項 3 2 に記載の方法。

【請求項 3 5】

クラスターのあらゆる計測計器 ( 2 1 0 , 2 1 2 , 2 1 4 ) の、他のあらゆる計測計器 ( 2 1 0 , 2 1 2 , 2 1 4 ) にたいする関連付けは、SEM ( 2 1 0 ) に対するスキヤタロメータ ( 2 1 2 ) の関連付けと、スキヤタロメータ ( 2 1 2 ) に対するSEM ( 2 1 0 ) の関連付けとを双方向にできるようにすることを具備する、請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 6】

さらに、第 1 の計測計器 ( 2 1 0 , 2 1 2 , 2 1 4 ) 上の基準用サンプルと第 2 の計測計器 ( 2 1 0 , 2 1 2 , 2 1 4 ) 上の基準用サンプルとの相関係数の計測と、当該相関係数を他の計器の少なくとも 1 つに適用する工程とを具備する、請求項 3 2 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の生産及び加工に係り、具体的には、半導体ウエハー加工に関するプロセスパラメータの計測システムと手順に関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願

本出願は、2001年4月26日付け米国出願出願、暫定的出願番号60/286,485に基づく優先権の利益を主張する。

20

【0003】

半導体工業において、装置の密度を上げようとする傾向が続いている。このような高密度を達成するため、半導体ウエハー上の素子のサイズを縮小する方向で、ずっと努力が続けられている。このような、素子の高実装密度を成し遂げるため、部品のサイズをより小さくする必要がある。このために、部品間の配線の幅やスペース及び様々な部品の角や端部のような外見的な構成を考慮に入れてもよい。

【0004】

隣り合う部品間のスペースを密にした小さな部品という条件を満たすために、分解能の高いフォトリソグラフィと同時に分解能の高い測定学と検査計器と体制が必要である。一般に、リソグラフィは様々なメディア間でパターンを転送する手順に関する。リソグラフィは、集積回路に用いられるもので、例えば、光線に感度を持つフィルム (例えば、フォトレジスト) でシリコンウエハーが覆われ、(紫外線、X線、又は電子ビーム等の) 照射源が、マスターテンプレート (例えば、マスク又はレチクル) を介在させることでフィルム表面を選択的に照射して、特定のパターンを作り出す。次に、フォトレジストフィルム上の露光されたパターンは、フォトレジストのタイプ (すなわち、陽画又は陰画、このようにして、さらなる処理のためにシリコンウエハー上に必要なフォトレジストパターンを残す) により、露光部又は非露光部のどちらかを溶かす現像液と呼ばれる溶液で現像される。リソグラフィ処理に加えて、部品やスペースの縮小に対応させるためには、半導体ウエハーの製造において他の処理ステップも高度な分解能と検査機器が必要となる。計測機器や装置は、製造物の研究開発のみならず製造ラインの品質コントロールへの応用に関連して半導体機器の検査に用いられる。半導体製造プロセス中にある特別な部品を計測し観察することが出来れば、さらに良い製品を製造したり不良品を削減したりすること等が可能となる。例えば、機器の限界寸法 (CDs) やオーバーレイの精度の計測は、製品の要求される品質を達成するため、1以上のこのような製造プロセスの調整を行うために行われている。従って、走査型電子顕微鏡 (SEMs)、アトミックフォースマイクロメータ (AFMs)、スキヤタロメータ、分光エリプソメータ (SEs)、その他のような、半導体装置の部品を描いたり記録したりするために様々な計測技術や検査ツールや計器が開発されている。この文脈で用いられるスキヤタロメータは、計測された光学的特性から得られたパラメータを変換する演算手順を採用する光学計器である。典型的には、スキヤタロメータは、計器に採用されて、波長より短い側面の寸法から得られるものを計測するため

30

40

50

に用いられる。スカタロメータ用の光学計器は、例えば薄膜測定技術に用いられるものと同じでも良い。従って、有効な手順があるなら、パターン化されていない薄膜を特徴づけるために良く用いられるSEを、スカタロメータとして用いてもよい。このことはリフレクトメータについても同様である。場合によっては、スカタロメータの光学計器部分は具体的に後方散乱を測定するために設計されたものでも良い。これから導かれるのは、「SE」は、標準的な薄膜計測、すなわち膜の厚み、及び/又は光学的特性、に用いられる分光エリブソメータの設計に用いられるということである。

#### 【0005】

このような計測計器は、単独、オフラインで典型的に用いられ、例えば、特別なプロセスツールで処理された1以上のウエハーが計測又は検査され、計測したプロセス値（例えば、CDs、オーバーレイレジストレーション、膜圧、材料特性、部品数）が許容値にあるかどうか、及び/又はウエハー内に処理中の不具合があるかどうかの決定を行う。単独型の計測計器は、プロセスツールに組み込まれることなく、多数のプロセスツールの点検のために使われる。計測や検査は、2以上のこのような計測計器を使って実施され、異なった計器を用いて特性が測定される。計測計器が単独型のシステムであるため、計測値を得る前に、ウエハーを、プロセスツールと計測機器との間で移送させなければならない。一般計測計器が単独型の特性を持ち、このような計器間で移送を行う結果、半導体製造設備におけるかなりの停止期間が発生し、高価なプロセスツールが、製造プロセスにおいて問題が存在するため、最終決定を保留したまま停止する。

#### 【0006】

加えて、2以上の連続する計測システムを直列にしてウエハーを計測しなければならないため、ウエハーに対し最も低い処理量を持った計測計器が検査プロセスにおけるボトムネックとなり、このことが、工程の停止期間をさらに悪化させる。さらに、既存の半導体ウエハー製造プロセスにおける測定計器又は計測計器は、ある計器は特定の特性に関して寸法上の問題を認識する一方、他の計器は認識しないというように、同じ特性の測定結果が異なることがある。このように、計測システムや手順を改善し、製造設備において製造中のウエハーの十分な特性計測と検査をタイムリーに行い、工程の停止期間を減らしたり改善したりすることの必要性が存在する。

#### 【0007】

##### 発明の概要

本発明の特徴を基本的に理解してもらうために、本発明の簡単な概要を以下に述べる。この概要は、本発明の広い範囲で概観するものではない。これは、本発明のキー又は必須要件を特定するものでもなければ、本発明の範囲の輪郭を描くものでもない。むしろ、本概要の唯一の目的は、本発明の概念を、以降に述べるより詳細な説明の前置きとして、単純化して説明することである。本発明は、依存のシステムに関する前述の欠点を軽減させる複数の計測計器や計測ツールを2以上用いて、製造設備における半導体ウエハーの計測と検査の方法とシステムを提供するものである。一群の計測システムは、選択基準に従って1以上の計測装置にウエハーを移送するシステムと、複数の計測計器とからなる。従って、計測システムは、使用可能性、処理量、能力及び/又は他の考慮を払って選択され、全体としての処理量と効率が、ウエハーに関して計測するプロセス値（例えば、CDs、オーバーレイレジストレーション、その他）に要求される精度内になるよう改善される。

#### 【0008】

加えて、本発明は、例えばCD-SEMとスカタロメータのように、少なくとも2つの計測システムの応答データ間での相関や相互校正を容易にする。特に、ウエハー（例えば、積層構造中の1以上の層）は、照射した光の波長の散乱に関する応答データを受け取るスカタロメータにより計測することができる。ウエハーは、CD-SEM装置の特性である他の応答データを受け取るCD-SEMにより、計測することが出来る。スカタロメータからの応答データとCD-SEMからの応答データとは相関関係がある。相関計算結果に基づき、スカタロメータは、将来のスカタロメータによる計測値が、CD-SEMによる応答データと同じようになるまで調整される。この相関計算は、加工時間、コ

10

20

30

40

50

スト、精度及び効率のニーズ及び要求に応じて採用される計測システムを変更或いは手直しすることを容易にする。

【0009】

本発明の1つの特徴によれば、一群の計測システムは、走査型電子顕微鏡（SEM）、アトミックフォースマイクロメータ（AFM）、スカタロメータ、分光エリブソメータ（SES）、その他のような、ウエハーに関するプロセス値を計測するために選択的に採用される2以上の計測計器からなる。種々の計器は、お互いに接続されて、校正用情報のような情報を共有し、相互校正が可能となる。計測群はさらに、ロボットのように、少なくとも1つの計測システム選択基準に従って、ウエハーを選択的に1以上の計測装置に提供するような運転が可能で、ウエハー移送機構又はシステムにより構成されている。この選択基準は、例えば、種々の計測計器の能力、使用可能性及び処理量を考慮に入れても良く、これにより、要求された計測に用いるために最高の処理能力を持った使用可能な計測計器のように、選択された計測装置が当該ウエハー（例えば、組になった加工中のウエハー）の要求する適切な計測能力を持つ。

10

【0010】

加えて、本発明は、例えばCD-SEMとスカタロメータのような少なくとも2つの計測システムでの計測値の相関計算又は相互校正を容易にする。特に、例えば特定の現場で違った金型の基準ウエハーのような、複数の基準用見本は、スカタロメータにより計測される。基準用の現場では、CD-SEMで計測することも出来る。スカタロメータとCD-SEMによる計測値は相関計算される。相関計算に基づき、将来、例えば製造サンプルに対するスカタロメータによる測定値が、CD-SEMにより計測された場合の測定値と近似するよう調整することが出来る。この相関計算は、加工時間、コスト、精度及び効率のニーズ及び要求に応じて採用される計測システムを変更或いは手直しすることを容易にする。

20

【0011】

本発明の他の特徴によれば、ウエハー上の光学的に認識可能な少なくとも1つの文字によりウエハーの識別を行う光学的文字認識システム（OCR）のみならず、ウエハーに関係する少なくとも1つのプロセス値を計測する計測計器を有するウエハー計測又は検査システムが提供される。この文脈で文字とは、情報を示すものを意味する。例えば、文字はアルファベットでも又はバーコードでも良い。光学的文字認識システムは、このようにして、ロット番号やデータコードその他、計測されたウエハーの文字ベースの引証のような印字や刻印を読み取り、要求される計測のために適当な計測計器の選択のために提供する。計測システムは、加工工程の一部をなす1以上のプロセスツールに組み込まれ、加工中のウエハーは、それ以上の機械や人間が介在することなしに、直接計測システムに送られる。

30

【0012】

本発明のもう1つの特徴によれば、半導体加工処理におけるウエハーに関するプロセス値の計測のための手順が提供される。加工工程からウエハーを受け取り、計測システム選択基準に従って選択的に1以上の計測装置に提供する。これに関連して、選択基準には、最大の処理能力と要求精度又はウエハーの計測に必要な他の処理能力を持つ使用可能な計測計器を用いることを含めることが可能であり、これにより、システムの全体的な処理量が改善される。さらに、例えばウエハー上の1以上の光学的文字を読み取ることで計測されるウエハーを特定すること、ウエハーの個性に従ってプロセス値の計測に必要な計測能力を決定すること、及び、必要な計測能力と使用可能な計測計器に関する計測システム能力情報に従い最適な計測計器を選択することを、さらにこの方法の中に含めても良い。

40

【0013】

前記の及び関連する部門の完遂のために、本発明は、以下に詳細説明する特徴を具備する。以下の説明と添付図は発明の様々な形態の実施例を詳細に図示しながら開示するものである。しかし、これらの実施例は、本発明の本質が用いられる様々な形態の一部しか示していない。本発明の他の形態や進歩的及び新規的特徴は、図面を考慮して以下の発明の詳

50

細な説明により明らかになるであろう。

【0014】

発明の詳細な説明

本発明の様々な実施形態について図面を参照して説明する。ここでは、同じ参照番号は一貫して同じ要素に用いる。本発明は、多数の計測計器やシステムを1以上用いる製造プロセスにおける半導体ウエハーの計測及び/又は検査のシステムと方法を提供する。計測システムクラスターは、1以上の選択基準に従って1以上の計測システムにウエハーを移送するシステムと、このような複数の計測システムとを有するものとして提供される。計測計器又はシステムは、使用可能性及び処理能力に基づいて選択され、全体としての処理量と効率が、ウエハーに関するプロセス値の計測に要求される精度内になるよう改善される。

10

【0015】

図1では、本発明の様々な形態を実施する典型的な計測システムクラスター2が描かれている。クラスター2は、半導体製造プロセスにおけるウエハー4に関連するプロセス値(例えば、オーバーレイレジストレーション、フォトレジスト層の欠陥、要素サイズ、要素間のスペース、微小な欠陥、化学的欠陥、その他)を計測するのに都合よく用いられる。計測システムクラスター2は、関連する計測計器(図示せず)を有する複数の計測システム10, 12, 及び14を具備する。例えば、システム10, 12, 及び14は、走査型電子顕微鏡(SEMs)、アトミックフォースマイクロメータ(AFM)、スキャタロメータ、分光エリプソメータ(SES)又は加工中の半導体ウエハー4に関連するプロセス値の計測に適合させた他の計測計器を具備する。

20

【0016】

クラスター2は、さらに、カセット24や他のウエハー移送装置からウエハー4をおろす荷おろしステーション22を経由して、加工プロセスで加工されたウエハー4を受け取るロボットや他の自動ウエハー移送装置のようなウエハー移送システム20により構成されている。ウエハー移送システム20は、次に、以下に詳細に説明する計測システム選択基準に従って、選択的に、ウエハー4を1以上の計測システム10, 12, 及び/又は14に提供する。次いで、ウエハーの適切な加工を確かめるため及び/又は加工工程における欠陥や間違いを検出するため、1以上のプロセス値(図示せず)が計測され及び/又は検査される。典型的なクラスターシステム2は、さらに、計測システム選択ロジック34及び校正情報36を備えるコンピュータシステム30を具備する。荷おろしステーション22、ウエハー移送システム20及びコンピュータシステム30のみならず、計測システム10, 12, 及び14もネットワーク40で繋がれており、計測情報、計測システム選択情報、校正情報36及び他の制御情報とデータが、計測システムクラスター2の様々な構成要素により共有される。

30

【0017】

いったん、ウエハー4に関するプロセス値が計測システム10, 12, 及び/又は14により計測されると、ウエハー移送システム20は、下流側のプロセスツール(図示せず)のような、加工工程における他のシステムに移送するために、ウエハー送出カセット24にウエハーを積み込む荷積みステーション42に、ウエハー4を渡す。各々異なった、ウエハーの積み下ろし戦略を持った多くの配置の代案がある。例えば、荷おろしステーション22と荷積みステーション42とを、両方の機能を備えた積みおろしステーションとすることが出来る。積みおろしステーションにより、ウエハーは計測の後、到着したときと同じカセットに戻される。加えて、クラスター2は、単一又は2以上の積みおろし装置を装備しても良いし、さらに/又は、2以上の荷積みステーション及び/又は荷おろしステーションを装備することとしても良い。さらに、クラスター2は、光学的文字認識システム(OCR)44を備え、ウエハー識別情報(図示せず)をネットワーク40を経由して計測システム選択ロジック要素34に伝達し、要素34は、ウエハー4の計測又は検査に用いるのに最適な計測システム10, 12, 及び/又は14を選択する。典型的なクラスター2はウエハー4をOCRシステム44を用いて識別するが、例えば、カセット24に

40

50

組み込んだものや公知の他の方法のような技術をウエハー4の識別のために用いても良い。しかしながら、コード情報、データコード、その他がウエハー4上に直接印字又は刻印され、OCRシステム44がウエハーの識別を間違える可能性をうまく減らすことは評価される。

**【0018】**

コンピュータシステム30の計測システム選択ロジック要素34により、1以上の選択基準（例えば、以下に図8とともに図示し詳述する）に従って計測システムが選択されウエハー移送システム20に伝えられる。そこで、ウエハー移送システム20は、ウエハー4を計測システムの選択結果に基づいて少なくとも1つの計測システム10、12、及び/又は14へ送る。例えば、計測システム選択基準は、計測システム10、12、及び14に関する能力情報、使用可能性情報及び処理量情報とともに、ウエハー4に関連する、能力要求情報を含めることができる。選択はさらに、システム10、12、及び/又は14の要求される計測順序に従ってすることとしても良い。

10

**【0019】**

能力情報は、OCRシステム44からのウエハー識別情報に従って獲得し、計測のために必要とする精度のみならず型式や寸法もシステム2により測定される。ロジック要素34による計測システムの選択は、さまざまな計測システム10、12、及び/又は14の計測能力も考慮に入れる。例えば計測システム10、12、及び/又は14のうちの1つ以上は必要な精度内で与えられた計測をすることができる一方、他はできないかもしれない。さらに、計測システム10、12、及び/又は14の各々は、違った処理能力を持ちうる。例えば、SEM計器は30ウエハー/時間(wph)の処理が可能であり、スクヤタロメータは150wphの処理まで可能であり、分光エリプソメータは75から80wphの処理が可能である。与えられた計測業務を遂行するための計測システムの選択においては、したがって、計測システム選択ロジック要素34は、計測のための必要な測定能力の範囲内で最高の処理量が確保できる計測システムをうまく選択することが可能となる。

20

**【0020】**

この点について、計測システム選択ロジック要素34は、ウエハー移送システム20を経由するウエハー4の移送計画において、どの計測システム10、12、及び/又は14が、現在有用なのかを考慮することができる。このように、計測システム選択ロジック要素34は、(OCRシステム44によるウエハーの識別から得られた又は導き出された)能力要求情報及び計測システム能力情報に基づくウエハー4に要求される能力を有するものとして選択された計測システム10、12、又は14を指し示すことで選択を行う。さらに、この選択は、計測システム有用情報と処理情報に従い、ウエハー4に必要な能力を持った最高の処理量を持つ計測システムに反映される。

30

**【0021】**

さまざまな計測システム10、12、及び14がクラスター2と相互接続されているので、また、ネットワーク40を介して情報を共有しているので、計測システム10、12、及び/又は14は、相互校正が可能である。この点について、コンピュータシステム30の校正情報36は、さまざまな計測システム10、12、及び14間で共有することが可能であり、これにより、計測システム10、12、又は14の内の1つの計測計器によりなされた計測値は他の計器でなされたものと同等となる。典型的なクラスターシステム2は、このように、加工工程における単独型計測ステーション間でウエハー4の過剰な受け渡しを軽減するだけでなく、相互校正をおこなう点で単独型計測ステーションよりはるかに優れたものである。

40

**【0022】**

情報は上流側（又は、例えば、下流側）のプロセスツール（例えば、フォトレジストトラック、ステップ、その他）に送られ、プロセスフィードバック（又は、フィードフォワード）として採用され、例えば、加工中のウエハー4の欠陥を軽減するために計測データに基づき、プロセスツールが製造加工ステップを実行する、オンラインでの閉ループプロセスコントロールを行うことが可能となる。代案あるいは組み合わせとして、計測値（例え

50

ば、及び/又は検出した欠陥)情報を高度なプロセスコントロール(APC)システム(図示せず)に伝送してもよく、これにより、今度は、フィードバック及び/又はフィードフォワードのやり方でプロセスツールにプロセス調整値を伝達することが可能となる。この点では、処理量及び/又は使用可能性情報の少なくとも1つを基準に最適な計測システムを選択することが、本発明に基づいて加工工程の停止をなくすかあるいは極めて少なくして、実時間で、あるいはほぼ実時間での計測及び/又は欠陥検出を可能とすることで、関連するプロセスツールの停止を軽減するために用いられるのと同様に、単独のシステム2の中に一群の計測システム10, 12, 及び14を集合させたことにより、移送時間を軽減させることは、評価される。さらに、典型的な計測クラスター2は、図6及び7に示すように、プロセスツールに組み込まれ、プロセスツールは、ウエハー4について1以上の製造加工ステップを実行するために運転され、加工されたウエハー4をウエハー移送システム20に移す。

10

#### 【0023】

図2に目を通すと、ウエハー製造プロセス50は、ウエハー54が順次最初のプロセスツール56から直列に並んだ計測計器システム58, 60, 及び62へと進んでゆく様子が分かる。システム58, 60, 及び62は、計測情報をAPCシステム64に伝送し、次いで、APCシステム64は、フィードバックインフォメーション66(例えば、プロセス調整情報やコントロール情報)をプロセスツール56に送る。その後、ウエハー54は、2番目の(例えば、下流)プロセスツール68に送られる。図2で分かるように、計測システム58, 60, 及び62からの計測値は同時に作られることはなく、さらにウエハー54は、システム58, 60, 及び62間を(例えば、一般的には人手により)移送しなければならないので、APCシステム64は、プロセスツール56にタイプライにフィードバックすることはできない。

20

#### 【0024】

さて図3によれば、本発明は、一群の計測計器又はシステム71, 72, 及び73を、ウエハー移送システム20に沿って計測システムクラスター70内に配備し、クラスター又はシステム70は、製造プロセス80中で、通常はカセット又はFOUP中で、上流のプロセスツール76からウエハー75を受け取る。システム70は、図1の典型的なクラスター2での動作と同様の動作が行われ、そこでは、1以上の計測システム選択基準に基づき、ウエハー移送システム74が選択的にウエハー75をプロセスツール76から1以上の計測計器又はシステム71, 72, 及び73に提供する。計測システム選択基準には、例えば、計測能力、計測要求能力、使用可能性、製造プロセス80スケジュールに基づき予想される要求事項及び/又は処理容量を含めても良い。一群の計測システム71-73や特定の検査のために最適な計測システムを選択するウエハー移送システム74の運転の結果達成された時間短縮により、タイプライに計測情報(例えば、オーバーレイレジストレーション、CD寸法、要素サイズ、要素間のスペース)をフィードバック78としてプロセスツール76にタイプライな方法で伝達できるようになり、このことにより、旧来のシステム(例えば図2)によるプロセス値の計測に関連する停止時間は、本発明により都合よく軽減される。計測されるとすぐに、ウエハー75は、計測システムクラスター70から2番目の(例えば、下流)プロセスツール79に送られる。図示されてはいないが、計測情報は、例えば下流のプロセスツール79へのフィードフォワードとして使っても良い。システム70は、フィードフォワード又はフィードバック情報として用いられたとき、一連の計測計器システム58, 60, 及び62に対して、図2に示されたものと同じ利益をもたらす。

30

40

#### 【0025】

もうひとつの半導体装置製造プロセス100が図4に描かれており、ここでは、本発明の他の利点が示されている。プロセス100は、プロセスツール102, 104, 及び106及び関連する計測システムクラスター112, 114, 及び116を具備し、各々、図1の一般的なシステム2と同様に、ウエハー110に関連する1以上のプロセス値を計測するように動作する。どんな計測システムクラスター112, 114, 及び116も、計

50

測システムの集合とすることができる。さらに、クラスターとツール、例えばツール 102 に対するクラスター 112、の関係をツールに組み込むことができ、クラスターはサポートとウエハーの移送及び/その他の設備を共有する。計測システムクラスター 112, 114, 及び 116 は、プロセスツール 102, 104, 及び 106 と同様に、ネットワークを介してお互いに交信し、相互に情報が伝達される。APC システム 130 も動作可能なようにネットワーク 120 に接続され、計測システム 112, 114, 及び 116 からプロセスフィードバック、又はフィードフォワード又はさまざまなプロセスツール 102, 104, 及び/又は 106 のために、及びその他のそのような計測情報の処理のために、計測情報(例えば、CDs、オーバーレイレジストレーション、その他)を受け取ることができる。例えば、APC システム 112 は、1 以上のさまざまなプロセスツール 102, 104, 及び/又は 106 に対する欠陥等級分けを行っても良く、それにより製造プロセス 100 におけるこのような欠陥の数を削減するために、調整を行うことが可能となる。

10

**【0026】**

計測システムクラスター 112, 114, 及び 116 には、APC システムを含めることができ、そうすれば、プロセスツール 102, 104, 及び 106 とそこで各々のプロセスステップのタイムリーな調整のために、フィードバック情報 122, 124, および 126 を各々プロセスツール 102, 104, 及び 106 に送ることができる。代案又は組み合わせたものとして、このようなフィードバック情報は、計測システムクラスター 112, 114, 及び/又は 116 から、ネットワーク 120 を経由して、1 以上のプロセスツール 102, 104, 及び/又は 106 に送られることとしても良い。さらに、本発明により、クラスター 112, 114, 及び/又は 116 間で校正情報が共有され、それによりクラスター 112, 114, 及び/又は 116 及び/又はそこにある要素計測計器システムは、全体の工程 100 で統一的な基準に従いそこでの計測がなされるような、相互校正がなされる。統一的な基準は、工程 100 そのものよりも大きな領域に適用することができる。例えば、全体の製造設備や製造設備を結合したものにさえも適用できる。

20

**【0027】**

工程 100 は、ネットワークを介して、クラスター 112, 114, 及び 116 内に単独型計測システムクラスター 150 を装備することができる。例えば、クラスター 112, 114, 及び 116 は、上述したような関連ツールに組み込んでよく、最初の計測ウエハー 110 は、この関連ツールにより処理され、クラスター 150 は簡単に多くの情報源からウエハーの計測を行うため設けられる。さらに、クラスター 150 は、処方作成装置 152、データベース生成装置 154、欠陥等級化システム 156 とともに、クラスター 112, 114, 及び 116 内にある計測計器(図示せず)も装備することができる。処方とは、ウエハーの計測において、物理的な計測に対する計測システムパラメータと基礎的な物理計測量を有用な情報に変換するための手順を含む計測計器のための指示事項一式である。例えば、リフレクトメータ計測計器について言えば、処方には、ダイの大きさと位置を含むウエハーのレイアウトについての情報、ウエハー上のどのダイを計測するのか、1 以上のダイを計測すべき現場(一般には、ダイの構成の照会)、ダイの構成の識別と位置づけのためのパターン認識パラメータ、反射強度ため組み込まれた時間の長さ、計測場所における薄膜層を含むモデルを基準にした手順、どのパラメータが既知なのかまたどちらを計測すべきなのかを記載した仕様書、その他が含まれる。処方には、この例で示したものより多くの情報を含ませても良い。一般的なリフレクトメータと異なった特性の計器は、その適切な処方には異なった情報を必要とする。

30

40

**【0028】**

一般的に、データベースには、計器により収集された基本的な物理情報をウエハーの処理状態に関する有用な情報に変換するための情報が含まれる。一例として、データベース生成装置 154 からリフレクトメータのデータベースは、計測された光学的な反射値の絶対値を CD 又は薄膜の厚みに変換する手助けをすることができる。手順はデータベースを利用する。例えば、スカタロメータの場合、1 つの手順に対する演算時間

50

が多すぎるとき、後で迅速に使用するために、手順の部分的な結果をデータベースに記憶しておくことは有効なことである。クラスター 150 は、加工プロセスにおかれた計測システムクラスター 112, 114, 及び 116 の計器に、ネットワーク 120 を介してアップロードすることができる、データベース及び/又は手順を生成するために用いられる。このようにして、クラスター 112, 114, 116 が加工中のウエハーを計測するのに用いられている間、単独型計測システムクラスター 150 は、加工プロセスにおかれたクラスター 112, 114, 及び/又は 116 に用いるための設定操作(処方及び/又はデータベース生成)を行うためにうまく用いられる。

#### 【0029】

ここで、図 5 を参照すると、もう 1 つの典型的な本発明の実施例が描かれており、ここでは、計測システムクラスター 202 は、プロセスツール 204 及び A P C システム 206 を含む製造プロセス 200 の一部となっている。プロセスツール 204 と同様にシステム 202 と 206 は、相互にネットワーク 208 を介して交信することが可能である。代案又は組み合わせたものとして、A P C システム 206 は、計測システムクラスター 202 と直接交信することが可能である。計測システムクラスター 202 は、図 1 の典型的なシステム 2 と同様の方法で、プロセスツール 204 から移送されるウエハー(図示せず)に関するプロセス値の計測のために製造プロセス 200 中に装備される。システム 202 は、ウエハーのプロセス値を計測でき、真空をつくりだすポンプとシール装置(図示せず)も装備可能な、スキャニングエレクトロンマイクロスコブ(C D - S E M )システム 210 を有している。システムクラスター 202 は、さらに、オプティカルスキャタロメータ 212 と分光エリプソメータ(S E s ) 214 を有しており、ロボットはそれらに、すでに図示し説明したように 1 以上の選択基準に基づき選択的にウエハーを供給する。先に注記したように、オプティカルスキャタロメータ 212 には分光エリプソメータ(S E s ) が含まれる。オプティカルスキャタロメータ 212 にはまた、リフレクトメータが含まれる。

10

20

#### 【0030】

ウエハーは、荷おろしステーション 220 を介してロボット 216 に送られ、例えば、ウエハーをカセット(図示せず)のようなウエハー保持装置から取り出し、集中的なシステム 202 で適切な計測が完了したらすぐ、ウエハーは、荷積みステーション 222 で、適切なカセットに荷おろしする。すでに図示し説明したような計測システムにより、システム 202 のロボット 216 は、計測システム 210, 212, 及び 214 に関する能力情報、使用可能性情報及び処理能力情報のみならず、加工中のウエハーに関する要求能力情報のように、1 以上の選択基準に基づき、1 以上の要素計測システム又は計器 210, 212, 及び/又は 214 から選択して、ウエハーを供給する。

30

#### 【0031】

多くの代案としての配置があり、図 1 と一緒に上述した通り、ウエハーの積み下ろしに関して各々異なった考え方に基づいている。

#### 【0032】

能力情報には、計測値の必要精度とともに、システム 202 で計測すべき要素の型式や寸法を示す情報が含まれる。選択は、システム 210, 212, 及び/又は 214 の計測能力を考慮に入れる。例えば、1 以上のシステム 210, 212, 及び/又は 214 は、要求精度内で与えられた計測が可能であるのに対し、他は可能ではないかもしれない。さらに、各システム 210, 212, 及び/又は 214 は各々異なった処理能力を持っている。例えば、S E M 210 は、30 ウエハー/時間(w p h )の処理が可能であり、スキャタロメータ 212 は 150 w p h の処理まで可能であり、分光エリプソメータは 75 から 80 w p h の処理が可能である。本発明の特徴によれば、ロボット 216 は、特定の計測責務のため必要とされる計測能力内で、最高の処理能力を発揮できる計測計器にウエハーを移送する。この点について、計測能力に対する要求値は、例えば、O C R システム(図示せず)又は他の識別装置又は技術から得られる特定のウエハーの識別情報から得られる。

40

50

## 【0033】

この点について、選択基準には、計測能力、又は、ロボット216を介してウエハーを移送するときの計画における計測システム又は計器210, 212, 及び/又は214の現在の使用可能性を考慮に入れてよい。このように、ロボット216は、要求能力情報(例えば、ウエハー識別情報から取得又は獲得したもの)や計測システム能力情報(例えば、特定の計器210, 212, 及び/又は214が特定の計測をする能力があるかどうか)に従い、ウエハーに対する要求される能力を具備するとして選択された計測システム210, 212, 又は214にウエハーを移送することができる。さらに、この選択は、計測システム有用情報と処理情報に従い、ウエハーに必要な能力を持った最高の処理量を持つ計測システム210, 212, 及び/又は214に反映される。このように、高い処理能力を持つスカタロメータ212が他のウエハーを計測するのに使われている場合は、ロボット216は、ウエハーを、処理能力が低くても、うまい具合にCD-SEM210に移送することが可能である。代わりに積み下ろしステーションを増やした配置とし、処理能力と効率を最適化するために柔軟性を追加することもできる。

10

## 【0034】

加えて、計測システム210, 212, 及び/又は214は、計測システム間で交換や切り替えが容易なように、相互校正しても良い。つまり、スカタロメータ212で生成され算出された計測値は、CD-SEM210により算出された計測値と似るよう関連付けることができる。この相互校正217の技術は、データの解釈を拡張して、スカタロメータ212で生成された製品サンプルの計測値を、CD-SEM210で生成されたものと互換性があるようにすることを容易にする。

20

## 【0035】

例えば、参照ウエハー(例えば、フォーカスエクスポージャーマトリックスウエハー(focus-exposure matrix wafer)又は、テストウエハー)は、組み込まれたオプティカルスカタロメータ212により計測され、スカタロメータによるライン幅の計測値が実時間で又はデータベースと比較することで又は数学的データベースと比較することで計算される。ウエハーもまたCD-SEMによるライン幅を生成するためにCD-SEM210により計測される。CD-SEMによるライン幅とスカタロメータによるライン幅の計測値との関係は、数学的に分析され、相関関数として参照するのに適した連続曲線を定義する多項式として表される。相関係数は、同じ加工プロセスにおいても、プロセスステップ(例えば接触するゲート)によって変化するので、プロセスステップごとに固有の相関係数を持つ。スカタロメータは、従って、新しい未知のウエハーのライン幅の計測に用いても良い。スカタロメータによるライン幅は上述の通り、理論的な計算値と比較して算出される。算出されたライン幅は、続いて、CD-SEM210を使ったとしたら得られると期待される値に近づくよう相関係数により修正される。

30

## 【0036】

さて、図6と7を参照すると、本発明は、計測システムクラスターにAPCシステム206とプロセスツール204のうちの一つ又は両方が一体化されたものが提供されている。例えば、図6では、統合された計測システムクラスター230は、計器210, 212, 及び214とロボット216と積みおろしステーション220及び222により構成されている。もうひとつの例が図7に描かれており、ここでは、統合されたシステム240は、計器210, 212, 及び214、ロボット216、積みおろしステーション220及び222、APCシステム206、及びプロセスツール204により構成されている。この例では、システム240は必ずしも縮尺をあわせていないこと、プロセスツール204は、物理的には、システム240内の他の構成要素よりかなり大きいかもしれず、この場合は、プロセスツール204に一群の計測要素が統合されることになる。このような要素の統合は、プロセスツール204からのウエハーが直接ロボット216に導かれることから、ウエハーがある要素から他の要素へと(例えば、時々人手により)過剰に物理的な移送がなされることを削減又は省略することができること、及び、荷積み及び荷おろしステーション222及び220は、各々、システム240に必要とされないことは、さらに評

40

50

価すべき点である。

【0037】

本発明は、このように、計測及び/又は検査情報とその他前もって保存していなかったフィードバック情報をタイムリーに提供するために、知的な計測計器の選択を提供する。このような知的な選択の一つの例を図8に示す。ここでは、典型的な計測システム選択ロジック要素250が描かれている。ロジック要素250は、上述のように、図1の計測システム選択ロジック要素34と同様に動作し、これにより、1以上の選択基準が、計測システムクラスター(例えば図1のクラスター2)において、2以上の計測計器又はシステムから選択を行うために用いられる。例えば、選択ロジック要素250は、コンピュータシステム(例えば、図1のコンピュータシステム30)のようなものに、ソフトウェア、ハードウェア、及び/又はその組み合わせ、として提供される。

10

【0038】

模範的なロジック要素250は、ウエハー移送システム254に計測システム選択252結果を提供するために用いられる種々の情報から構成される。例えば、能力要求情報256は、例えば、上述のOCRシステムを使って、ウエハー上に印字された1以上の文字を光学的にスキャンすることで得られるウエハー識別情報257から導き出される。能力情報256には精度その他の情報が含まれ、それによって、選択ロジック要素250は、特定の計測又は検査の責務を果たすために適切な1以上の計測計器を選択することができる。例えば選択ロジック要素250は、特定の責務に対する能力要求256と、計測システム能力情報261, 262, 263、及び計測システムクラスター(図1の例えば、システム10, 12, 及び14)内における計測計器(図示せず)に対応する関連事項とを比較し、どの計測システムが能力要求256に合致するかを決定する。

20

【0039】

加えて、計測システム選択252は、計測システム利用可能性あるいは使用可能性情報271, 272, 273、及びクラスター内における計測システムに対応する関連事項に基づくことができる。例えば、ある計測計器が、現在使用中なのか、まさに使われようとしているのか、使用不可能なのか、保守中等の予定が入っているのかを確かめるために、情報271, 272、及び/又は273その他は、意見を求められ或いは質問されるであろう。このようにして、ウエハー移送システム254は、最初の計測システムが現在使用中の場合、もう1つの計測システムにウエハーを移送することが可能となり、並行して或いは同時にクラスター内で2以上の計測システムが動作するので、クラスターの観点からは、さらに計測処理の加速化が可能となる。さらなる考慮として、選択ロジック要素250は、最高の処理能力を持ち、使用可能な計測システムをうまく選択するために、計測システムの処理量情報281, 282, 283、その他に意見を求める。さらに加えて、計測システム選択252は、例えば図3に示されたような製造プロセス80の製造スケジュール260に基づく必要性の予想にも基づいても良い。製造スケジュール260には、特定のプロセスツール例えば76及び79の性能の理にかなったサンプリングを可能とする情報が含まれている。

30

【0040】

本発明の他の特徴は、半導体製造プロセスにおけるプロセス値を計測するための方法を提供する。ここで、図9を参照すると、本発明に従う典型的な方法300が描かれている。ここに一連の種々の事象や動作のブロックとして典型的な方法300が描かれ記述されているが、本発明は、このようなブロックに描かれた手順に限定されるものではない。例えば、ある動作または事象は、本発明によれば、ここに描かれた手順とは別に、他の動作又は事象と共に、違う順序で及び/又は同時に発生するように出来る。さらに、図示されたブロック、事象、又は動作の全てを、本発明による方法の中で実行しなくても良い。加えて、本発明による典型的な方法300と本発明による他の方法は、ここに図示され記載されていない装置及びシステムと共同して実行されるだけでなく、ここに図示され記載された装置及びシステムと共同して実行されることは評価される。

40

【0041】

50

302 から始まり、ウエハーは304で製造プロセスから受け取られる。例えば、ウエハーは、計測システムクラスター10, 12, 及び14(例えば、図1のシステム2)において、プロセスツールから受け取られる。306では、ウエハーが(例えば、その上にある少なくとも1つの文字を読み取るOCRを用いるか又は他の手段で)識別され、それにより計測能力要求が決定される。その後、308において、要求される計測能力を有する使用可能な計測計器(例えば、計測システムクラスター内の要素計測装置)の決定がなされる。このような決定は、製造スケジュールに基づく必要性の予想を考慮に入れても良い。310では、要求される計測能力を有し、かつ、最大の処理能力を有する使用可能な計測計器が選択される。310で選択された計測システム又は計器を用いて、312でウエハーが計測され、この方法300は314で終了する。

10

#### 【0042】

本発明は、示された実施形態により図示し説明したが、当業者が本明細書及び図面を理解し、等価な変更や修正を行うことが起こることは理解できる。特に、上述の要素(組立て工程、装置、回路、システム、その他)により実行される種々の機能に関し、このような要素を記述するために使った項目(「方法」に関するものも含む)は、明記しない限り、構成的には開示した構成と異なっていたとしても、本発明の特徴を典型的に示すものとしてここに示された機能が実行できる限り、記述した要素の機能を果たすどんな要素にも対応するものである。この点で、本発明は、本発明のさまざまな方法において、コンピュータで実施可能な動作及び/又は事象を実施する指令を有するコンピュータで読み出し可能な媒体のみならず、1以上のコンピュータシステムも含むことがわかる。様々な形態の通信、例えばコンピュータシステムの要素間またはシステム間での通信は、実施形態により黙示的に含まれている。

20

#### 【0043】

加えて、本発明の特定の特徴については、いくつかの実施例のうちの1つについてのみ公開したが、このような特徴についても、どんな出願より望ましく有益な他の1以上の実施例と結合してもよい。さらに、用語「含む」「含んでいる」、「有する」、「有している」、及びこれらの変形は、詳細な説明及び特許請求の範囲で使われているが、これらの用語は、用語「具備する(comprising)」と同様で、すべてを含む意味で使われる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0044】

【図1】図1は、本発明の1つ以上の実施形態による計測システムクラスターの一例を描いた概略図である。

30

【図2】図2は、プロセスツールと単独型の計測システムを具備する製作工程を描いた概略図である。

【図3】図3は、本発明に係る典型的な計測システムクラスターを具備する製作工程を描いた概略図である。

【図4】図4は、本発明に係る高度なプロセスコントロールシステムのみならず関連するプロセスツールに対するフィードバックして、計測システムクラスターを採用した製作工程を描いた概略図である。

【図5】図5は、プロセスツールと高度なプロセスコントロールシステムの操作に関連する他の典型的な計測システムクラスターを描いた概略図である。

40

【図6】図6は、プロセスツールとの通信操作に関連する他の典型的な計測システムクラスターを描いた概略図である。

【図7】図7は、プロセスツールとA P Cシステムと共に製作工程に組み込まれた他の典型的な計測システムクラスターを描いた概略図である。

【図8】図8は、本発明に係る他の形態による典型的な計測システム選択ロジック要素を描いた概略図である。

【図9】図9は、本発明に係る典型的な手順を描いた概略図である。

【 図 1 】

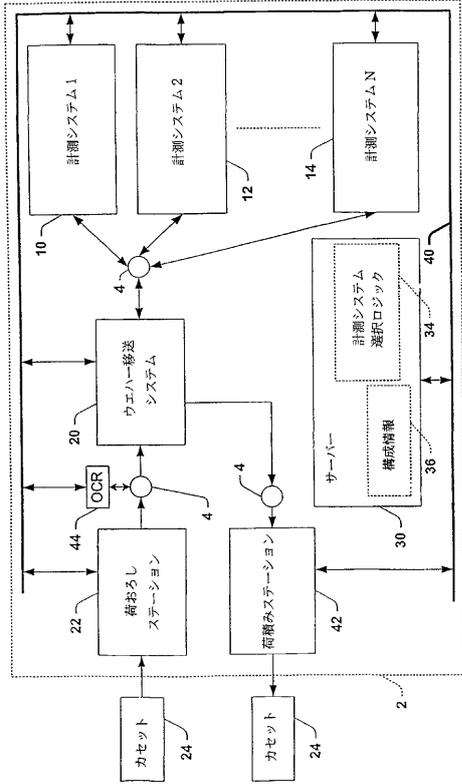


FIG. 1

【 図 2 】

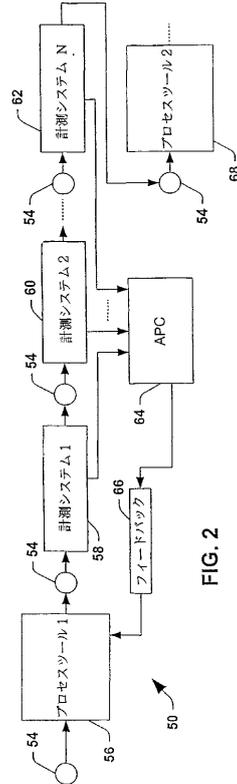


FIG. 2

【 図 3 】

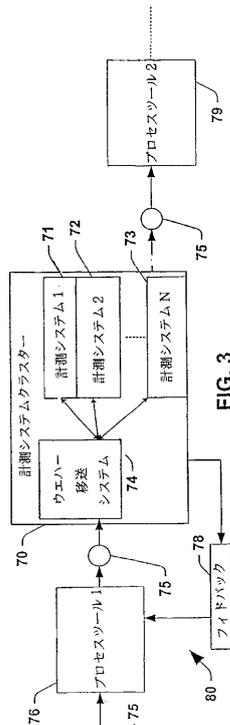


FIG. 3

【 図 4 】

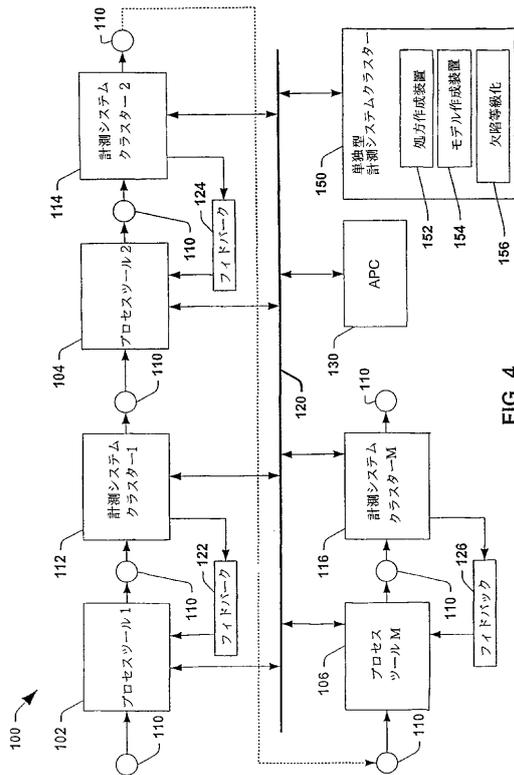


FIG. 4

【 図 5 】

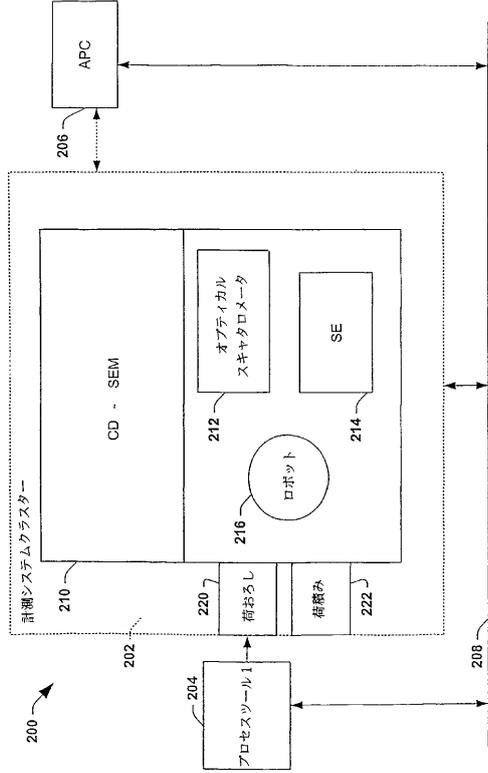


FIG. 5

【 図 6 】

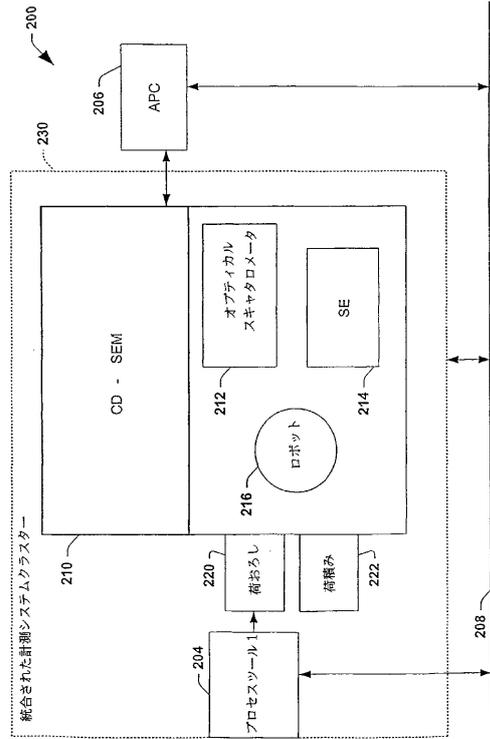


FIG. 6

【 図 7 】

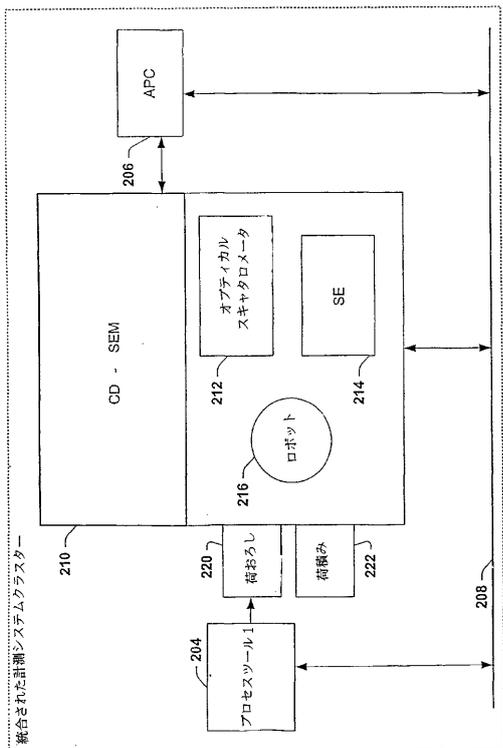


FIG. 7

【 図 8 】

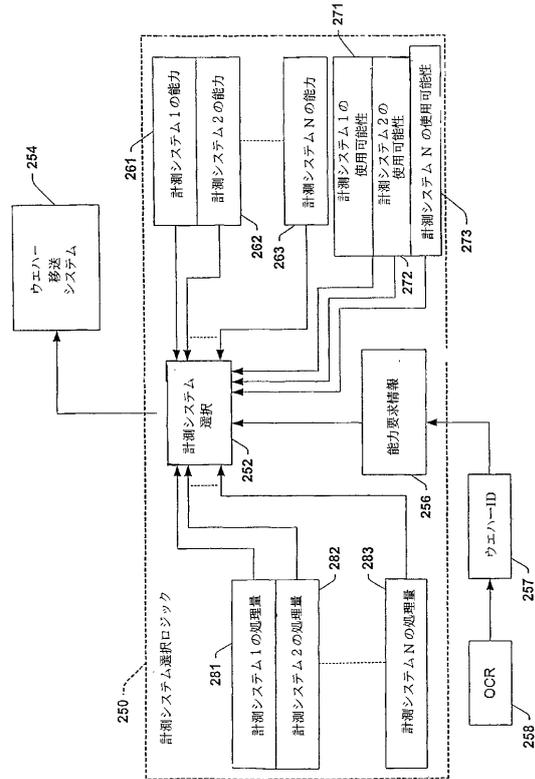


FIG. 8

【 図 9 】

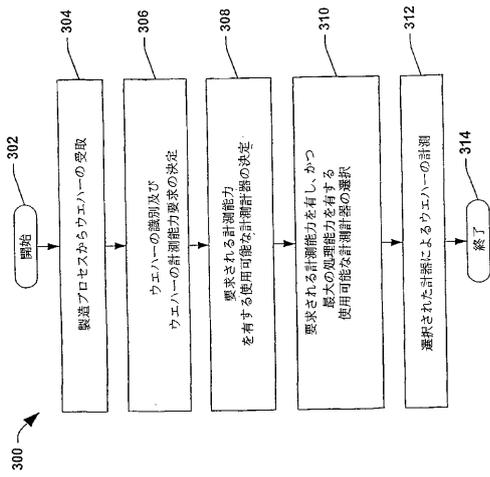


FIG. 9

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
7 November 2002 (07.11.2002)

PCT

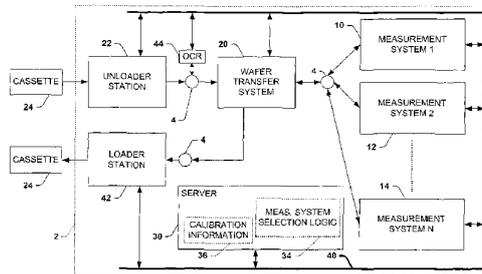
(10) International Publication Number  
WO 02/088677 A1

- (51) International Patent Classification: G01N 21/00
- (21) International Application Number: PCT/US02/13158
- (22) International Filing Date: 24 April 2002 (24.04.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 60/286,485 26 April 2001 (26.04.2001) US
- (71) Applicant: THERMA-WAVE, INC. [US/US]; 1250 Reliance Way, Fremont, CA 94539 (US).
- (72) Inventor: HASAN, Talat; 12182 Parker Ranch Road, Saratoga, CA 95070 (US).
- (74) Agents: AMIN, Himanshu, S. et al.; Amin & Turcay, LLP, 1900 E. 9th Street, 24th Floor, National City Center, Cleveland, OH 44114 (US).
- (81) Designated States (national): AU, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GR, GU, HD, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BI, CI, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:  
with international search report  
before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: MEASUREMENT SYSTEM CLUSTER



(57) Abstract: Systems and methods are disclosed for measuring semiconductor wafers (4, 54, 75, 110) in a fabrication process (80, 100, 200) using one or more of a plurality of measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73). A measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) is provided having a plurality of such measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), along with a system (20, 74, 254) for transferring wafers (4, 54, 75, 110) to one or more of the measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to one or more selection criteria. Measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) may be selected for use based on availability (271, 272, 273) and throughput capabilities (281, 282, 283), whereby overall system throughput and efficiency may be improved within the required accuracy capabilities required for measuring process parameters associated with the wafers (4, 54, 75, 110).

WO 02/088677 A1

WO 02/088677

PCT/US02/13158

**MEASUREMENT SYSTEM CLUSTER****Cross Reference To Related Application**

This application claims the benefit of U.S. Provisional Application Serial  
5 No. 60/286,485, entitled "Measurement System Cluster" and filed on April 26,  
2001.

**Technical Field**

The present invention relates to the art of semiconductor device  
10 manufacturing and fabrication, and more particularly to systems and methodologies  
for measuring process parameters associated with processed semiconductor wafers.

**Background of the Invention**

In the semiconductor industry there is a continuing trend toward higher  
15 device densities. To achieve these high densities there have been, and continue to  
be, efforts toward scaling down the device dimensions on semiconductor wafers. In  
order to accomplish such a high device packing density, smaller feature sizes are  
required. These may include the width and spacing of interconnecting lines and the  
surface geometry such as the corners and edges of various features.

20 The requirement of small features with close spacing between adjacent  
features requires high-resolution photo-lithographic processes as well as high  
resolution metrology and inspection instruments and systems. In general,  
lithography refers to processes for pattern transfer between various media. It is a  
technique used for integrated circuit fabrication in which, for example, a silicon  
25 wafer is coated uniformly with a radiation-sensitive film (*e.g.*, a photoresist), and an  
exposing source (such as ultraviolet light, x-rays, or an electron beam) illuminates  
selected areas of the film surface through an intervening master template (*e.g.*, a  
mask or reticle) to generate a particular pattern. The exposed pattern on the  
photoresist film is then developed with a solvent called a developer which dissolves  
30 either the exposed or unexposed depending on the type of photoresist (*i.e.*, positive  
or negative resist, thus leaving a photoresist pattern corresponding to the desired  
pattern on the silicon wafer for further processing.

In addition to lithographic processes, other process steps in the fabrication of  
semiconductor wafers require higher resolution processing and inspection equipment

WO 02/088677

PCT/US02/13158

in order to accommodate ever shrinking feature sizes and spacing. Measurement instruments and systems are used to inspect semiconductor devices in association with manufacturing production line quality control applications as well as with product research and development. The ability to measure and/or view particular features in a semiconductor workpiece allows for adjustment of manufacturing processes and design modifications in order to produce better products, reduce defects, etc. For instance, device measurements of critical dimensions (CDs) and overlay registration may be used to make adjustments in one or more such process steps in order to achieve the desired product quality. Accordingly, various metrology and inspection tools and instruments have been developed to map and record semiconductor device features, such as scanning electron microscopes (SEMs), atomic force microscopes (AFMs), scatterometers, spectroscopic ellipsometers (SEs), and the like. Scatterometers, as used in this context, are optical instruments that employ algorithms to invert the parameters of a grating from the measured optical characteristics. Typically, scatterometers are used to measure gratings with lateral dimensions that are finer than wavelengths employed by the instrument. The fundamental optical instrument for a scatterometer may be identical to optical instruments used, *e.g.*, for thin-film metrology. Thus an SE, which is routinely used to characterize thin (unpatterned) films, may be employed as a scatterometer if the appropriate algorithms are available. The same would be true of a reflectometer. In some cases, the optical instrument portion of a scatterometer may be specifically designed for scatterometry. In what follows, "SE" is used to designate a spectroscopic ellipsometer used for standard thin film measurements, *i.e.*, film thickness and/or optical properties.

Such measurement instruments are typically employed in stand-alone, off-line fashion, for example, wherein one or more wafers processed by a particular process tool are measured or inspected and a determination is made as to whether measured process parameters (*e.g.*, CDs, overlay registration, film thicknesses, material properties, particle count) are within acceptable limits, and/or whether process related defects are present in the wafers. A stand-alone measurement instrument is not integrated into a process tool, and thus can be used to service multiple process tools. The measurements or inspection may be performed using more than one such measurement instrument, where features are measured using different instruments. Because the measurement instruments are stand-alone

WO 02/088677

PCT/US02/13158

systems, the wafers must be transported between the process tool and the measurement instruments before a measurement can be obtained. The stand-alone nature of conventional measurement instrumentation and the resulting transport of wafers between such instruments results in significant down-time in a semiconductor fabrication facility, wherein expensive process tools are shut down pending a final determination as to the existence of problems in the process.

In addition, where wafers must be measured in two or more successive measurement systems in serial fashion, the measurement instrument having the lowest wafer throughput capacity becomes a bottleneck for the inspection process, thus further exacerbating process down-time. Moreover, existing measurement or inspection instruments for semiconductor wafer fabrication processes may provide different results for measurement of the same feature, wherein one instrument may identify a dimensional problem associated with a particular feature, while another such instrument may not. Thus, there is a need for improved measurement systems and methodologies which provide for timely, consistent feature measurement and inspection for wafers being processed in a fabrication facility, and which reduce or mitigate process down-time.

#### **Summary of the Invention**

The following presents a simplified summary of the invention in order to provide a basic understanding of some aspects of the invention. This summary is not an extensive overview of the invention. It is intended to neither identify key or critical elements of the invention nor delineate the scope of the invention. Rather, the sole purpose of this summary is to present some concepts of the invention in a simplified form as a prelude to the more detailed description that is presented hereinafter. The present invention provides systems and methods for measuring and inspecting semiconductor wafers in a fabrication process using one or more of a plurality of measurement instruments or metrology tools by which the aforementioned shortcomings associated with prior systems may be mitigated. Clustered measurement systems are provided having a plurality of measurement instruments, together with systems for transferring wafers to one or more of the measurement devices according to selection criteria. Measurement systems may accordingly be selected for use based on availability, throughput, capabilities and/or other considerations, whereby overall system throughput and efficiency may be

WO 02/088677

PCT/US02/13158

improved within the accuracy capabilities required for measuring process parameters (e.g., such as CDs, overlay registration, or the like) associated with the wafers.

In addition, the present invention facilitates correlation or cross-calibration between data responses of at least two measurement systems, such as for example a CD-SEM and a scatterometer. In particular, a wafer (e.g., one or more layers in layer stack) may be measured with a scatterometer to receive a data response associated with the scattering of an incident wavelength of light. The wafer may also be measured by a CD-SEM to receive another data response, which is characteristic of the CD-SEM device. The data responses from the scatterometer and the CD-SEM may be correlated. Based on the correlation, the scatterometer can be adjusted to the extent that future measurements taken by a scatterometer resemble data responses as if produced by a CD-SEM. This correlation facilitates alternating or varying between the measurement system employed depending on the processing time, costs, accuracy and efficiency needs and requirements.

According to one aspect of the present invention, a measurement system cluster is provided having two or more measurement instruments such as scanning electron microscopes (SEMs), atomic force microscopes (AFMs), scatterometers, spectroscopic ellipsometers (SEs), or the like, which can be selectively employed to measure process parameters associated with a wafer. The various instruments may be interconnected to share information, such as calibration information, and can be cross-calibrated. The metrology cluster further comprises a wafer transfer mechanism or system, such as a robot, operative to selectively provide a wafer to one or more of the measurement devices according to at least one measurement system selection criterion. The selection criteria, for example, may take into account the capabilities, availability, and throughput of the various measurement instruments, whereby a selected measurement device has appropriate measurement capabilities required for a given wafer (e.g., or set of wafers being processed), such that an available measurement instrument having the highest throughput capacity can be selected for use in performing the required measurements.

In addition, the present invention facilitates correlation or cross-calibration between measurements of at least two measurement systems, such as for example a CD-SEM and a scatterometer. In particular, multiple reference samples, e.g., a particular site in different dies on a reference wafer, may be measured with a scatterometer. The reference sites may also be measured by a CD-SEM. The

WO 02/088677

PCT/US02/13158

measurements from the scatterometer and the CD-SEM may be correlated. Based on the correlation, future scatterometer measurements, e.g., on production samples, can be adjusted to resemble measurements that would be produced by a CD-SEM. This correlation facilitates alternating or varying between the measurement system employed depending on the processing time, costs, accuracy and efficiency needs and requirements.

Another aspect of the invention provides a wafer measurement or inspection system having a measurement instrument operative to measure at least one process parameter associated with a wafer, as well as an optical character recognition (OCR) system providing a wafer identification according to at least one optically recognizable character on the wafer. A character in this context is taken as an indicator of information. For examples, characters may be alpha-numeric or a bar code. The OCR system may thus read stampings or markings, such as lot numbers, data codes, and other character-based indicia on the wafer being measured, and provide for selection of measurement instruments appropriate for the required measurement task. The measurement system, moreover, may be integral with one or more process tools forming a part of the fabrication process, whereby processed wafers are provided directly to the system without further machine or human intervention.

In accordance with yet another aspect of the invention, there is provided a methodology for measuring process parameters associated with a wafer in a semiconductor fabrication process. Wafers are received from the fabrication process and selectively provided to one or more measurement instruments according to a measurement system selection criteria. In this regard, the selection criteria can include using an available measurement instrument having the highest throughput capacity and the required accuracy or other performance capabilities required for the wafer measurements, whereby the overall throughput of a system can be improved. The method may further include identifying the wafer being measured, such as for example, through reading one or more optical characters on the wafer, determining measurement capabilities required to measure the process parameter according to the identity of the wafer, and selecting the appropriate measurement instrument according to the required measurement capabilities and measurement system capabilities information associated with the available measurement devices.

WO 02/088677

PCT/US02/13158

To the accomplishment of the foregoing and related ends, the invention, then, comprises the features hereinafter fully described. The following description and the annexed drawings set forth in detail certain illustrative implementations of various aspects of the invention. However, these implementations are indicative of  
5 but a few of the various ways in which the principles of the invention may be employed. Other aspects, advantages and novel features of the invention will become apparent from the following detailed description of the invention when considered in conjunction with the drawings.

10

**Brief Description of the Drawings**

Fig. 1 is a schematic diagram illustrating an exemplary measurement system cluster in accordance with one or more aspects of the present invention;

Fig. 2 is a schematic diagram illustrating a fabrication process having process tools and stand-alone measurement systems;

15 Fig. 3 is a schematic diagram illustrating a fabrication process having an exemplary measurement system cluster in accordance with the invention;

Fig. 4 is a schematic diagram illustrating a semiconductor wafer fabrication process employing measurement system clusters providing measurement information as feedback to associated process tools, as well as to an advanced  
20 process control system according to the invention;

Fig. 5 is a schematic diagram illustrating another exemplary measurement system cluster operatively associated with a process tool and an advanced process control system;

25 Fig. 6 is a schematic diagram illustrating another exemplary measurement system cluster in operative communication with a process tool;

Fig. 7 is a schematic diagram illustrating another exemplary measurement system cluster integrated into a fabrication process with a process tool and an APC system;

30 Fig. 8 is a schematic diagram illustrating an exemplary measurement system selection logic component according to another aspect of the invention; and

Fig. 9 is a flow diagram illustrating an exemplary methodology in accordance with the invention.

WO 02/088677

PCT/US02/13158

**Detailed Description of the Invention**

The various aspects of the present invention will now be described with reference to the drawings, wherein like reference numerals are used to refer to like elements throughout. The invention provides systems and methods for measuring and/or inspecting semiconductor wafers in a fabrication process using one or more of a plurality of measurement instruments or systems. A measurement system cluster is provided having a plurality of such measurement systems, together with a system for transferring wafers to one or more of the measurement systems according to one or more selection criteria. Measurement instruments or systems may be selected for use based on availability and throughput capabilities, whereby overall equipment throughput and efficiency can be improved within the accuracy capabilities required for measuring process parameters associated with the wafers.

In Fig. 1, an exemplary measurement system cluster 2 is illustrated in which various aspects of the present invention may be implemented. The cluster 2 may be advantageously employed for measuring process parameters (e.g., overlay registration, photoresist layer defects, feature sizes, spacing between features, particle defects, chemical defects, and the like) associated with wafer 4 in a semiconductor fabrication process. The measurement system cluster 2 comprises a plurality of measurement systems 10, 12, and 14 having measurement instruments (not shown) associated therewith. For example, the systems 10, 12, and 14 may include scanning electron microscopes (SEMs), atomic force microscopes (AFMs), scatterometers, spectroscopic ellipsometers (SEs), or other measurement instruments adapted to measure process parameters associated with processed semiconductor wafers 4.

The cluster 2 further comprises a wafer transfer system 20, such as a robot or other automated wafer translation device, which receives wafers 4 processed in the fabrication process via an unloader station 22 which unloads wafers 4 from a cassette 24 or other wafer carrying device. The wafer transfer system 20 then selectively provides the wafers 4 to one or more of the measurement systems 10, 12, and/or 14 according to a measurement system selection criteria as described in greater detail hereinafter. One or more process parameters (not shown) are then measured and/or inspected in order to verify proper processing of the wafers and/or to detect defects or errors in the fabrication process. The exemplary cluster system 2 further comprises a computer system 30 having a measurement system selection

WO 02/088677

PCT/US02/13158

logic 34, and calibration information 36 therein. The measurement systems 10, 12, and 14, as well as the unloader station 22, the wafer transfer system 20, and the computer system 30 are networked together via a network 40, whereby measurement information, measurement system selection information, calibration information 36, and other control information and data may be shared between the various components of the measurement system cluster 2.

Once the appropriate process parameters associated with the wafers 4 have been measured via the measurement systems 10, 12, and/or 14, the wafer transfer system 20 provides the wafers 4 to a loader station 42 which loads the wafers into outgoing wafer cassettes 24 for transfer to other systems in the fabrication process, such as a downstream process tool (not shown). There are many alternative arrangements, each having different strategies for loading and unloading wafers. For instance, the stations 22 and/or 42 can be loader/unloader stations, able to perform both functions. With a loader/unloader station, wafers may be returned after measurement to the same cassette in which they arrived. In addition, cluster 2 may have a single loader/unloader, or more than two; and/or cluster 2 may have more than one each of load and/or unload stations.

The cluster 2 further comprises an optical character recognition (OCR) system 44 providing a wafer identification (not shown) to the measurement system selection logic component 34 via the network 40, whereby the component 34 may make an appropriate selection of measurement system(s) 10, 12, and/or 14 to be used to measure or inspect the wafer 4. Although the exemplary cluster 2 identifies the wafers 4 using the OCR system 44, other techniques may be used to identify the wafers 4, such as for example, location within the cassette 24, or other methods as are known. It will be appreciated, however, that where lot code information, date codes, and the like are printed or stamped directly on the wafers 4, the OCR system 44 advantageously reduces the likelihood of incorrect wafer identification.

The measurement system selection logic component 34 in the computer system 30 provides a measurement system selection to the wafer transfer system 20 according to one or more selection criteria (*e.g.*, as illustrated and described in greater detail hereinafter with respect to Fig. 8), wherein the wafer transfer system 20 provides the wafers 4 to at least one of the measurement systems 10, 12, and/or 14 according to the measurement system selection. For example, the measurement system selection criteria can include capabilities requirements information

WO 02/088677

PCT/US02/13158

associated with the wafer 4, as well as capability information, availability information, and throughput information associated with the measurement systems 10, 12, and 14. The selection moreover, may be made according to a desired sequencing of measurements in the systems 10, 12, and/or 14.

5       The capabilities information may thus be derived according to the wafer identification from the OCR system 44, and may comprise information indicating the type of feature(s) or dimension(s) to be measured in the system 2, as well as the required accuracy for the measurement(s). The measurement system selection from the logic component 34 may further take into account the measurement capabilities  
10 of the various measurement systems 10, 12, and/or 14. For example, one or more of the systems 10, 12, and/or 14 may be capable of performing a given measurement within the required accuracy, while others may not. In addition, the respective systems 10, 12, and/or 14 can each have different throughput capabilities. For instance, a SEM instrument may be able to measure 30 wafers per hour (wph), a  
15 scatterometer may measure up to 150 wph, and a spectroscopic ellipsometer may measure 75 to 80 wph. In selecting a measurement system to perform a given measurement task, therefore, the measurement system selection logic component 34 may advantageously select the system which can provide the highest throughput, within the required measurement capabilities for the measurement.

20       In this regard, the selection logic component 34 may also consider which systems 10, 12, and/or 14 are currently available in scheduling the transfer of wafers 4 via the transfer system 20. Thus, the measurement system selection logic component 34 provides the selection indicating a selected measurement system 10, 12, or 14 having capabilities required for the wafer 4 according to the capabilities  
25 requirements information (e.g., obtained or derived from the wafer identification via the OCR system 44) and the measurement system capability information. Furthermore, the selection may reflect the measurement system having the highest throughput with the capabilities required for the wafer 4 according to the measurement system availability information and the throughput information.

30       As the various measurement systems 10, 12, and 14 are interconnected in the cluster 2, and may share information via the network 40, the systems 10, 12, and/or 14 may be cross-calibrated. In this regard, the calibration information 36 in the computer system 30 may be shared between the various systems 10, 12, and 14, whereby the measurements made by one measurement instrument in the systems 10,

WO 02/088677

PCT/US02/13158

12, or 14, are comparable to those made by another such instrument. The exemplary cluster system 2 thus provides significant advantages over conventional stand-alone measurement systems with respect to cross-calibration as well as in reducing excess transferring of the wafers 4 between such stand-alone measurement stations in a  
5 fabrication process.

Information may be provided to an upstream (e.g., or downstream) process tool (e.g., photo-resist track, stepper, or the like), which can employ such information as process feedback (or feed forward), whereby on-line closed-loop process control can be achieved, for example, wherein the process tool performs  
10 fabrication processing steps according to the measurement data in order to mitigate defects in processed wafers 4. Alternatively or in combination, the measurement (e.g., and/or defect detection) information may be provided to an advanced process control (APC) system (not shown), which in turn may provide process adjustments to such process tools in feedback and/or feed forward fashion. In this regard, it will  
15 be appreciated that the reduction in transfer time resulting from clustering of multiple measurement systems 10, 12, and 14 into a single system 2, as well as the selective employment of appropriate measurement systems based at least in part on throughput and/or availability information, may be used to mitigate down-time of related process tools, whereby real-time or near real-time measurement and/or defect  
20 detection may be achieved with little or no fabrication process down-time, in accordance with the present invention. Moreover, the exemplary measurement cluster 2 may also be integrated with a process tool, as illustrated further in Figs. 6 and 7, which operates to perform one or more fabrication processing steps on the wafers 4 and to provide the processed wafers 4 to the wafer transfer system 20.

Referring briefly to Fig. 2, a portion of a conventional wafer fabrication process 50 is illustrated in which wafers 54 proceed in serial fashion from a first process tool 56 to a series of measurement instrument systems 58, 60, and 62. The systems 58, 60, and 62 provide measurement information to an APC system 64,  
25 which in turn provides feedback information 66 (e.g., such as a process adjustment or control information) to the process tool 56. Thereafter, the wafers 54 are provided to a second (e.g., downstream) process tool 68. As can be seen in Fig. 2, the APC system 64 is unable to provide timely feedback to the process tool 56 because the measurements from the measurement systems 58, 60, and 62 are not  
30

WO 02/088677

PCT/US02/13158

made at the same time, and further because the wafers 54 must be transported (*e.g.*, typically manually) between the systems 58, 60, and 62.

Referring now to Fig. 3, the invention provides clustering of measurement instruments or systems 71, 72, and 73 into a measurement system cluster 70 along with a wafer transfer system 74, wherein the cluster or system 70 may receive wafers 75 from an upstream process tool 76 in a fabrication process 80, typically in a cassette or FOUF. The system 70 may operate in a manner similar to the operation of the exemplary cluster 2 of Fig. 1, whereby the wafer transfer system 74 selectively provides the wafers 75 from the process tool 76 to one or more of the measurement systems or instruments 71, 72, and/or 73 according to one or more measurement system selection criteria. The measurement system selection criteria may include, for example, measurement capabilities, measurement capability requirements, availability, anticipated need based on scheduling of fabrication process 80 and/or throughput capabilities. The time savings achieved by the clustering of the measurement systems 71-73 and the operation of the wafer transfer system 74 in selecting an appropriate measurement system for a particular inspection task allows timely provision of measurement information (*e.g.*, overlay registration, CD measurements, feature size and spacing) for feedback 78 to the process tool 76 in a timely fashion, whereby the down-time associated with process parameter measurement in conventional systems (*e.g.*, Fig. 2) can be advantageously mitigated in accordance with the present invention. Once measured, the wafers 75 can then be provided from the measurement system cluster 70 to a second (*e.g.*, downstream) process tool 79. Although not shown, the measurement information may be used for feed forward, *e.g.*, to downstream process tool 79. System 70 provides the same advantages over a series of measurement instrument systems 58, 60, and 62, as shown in Fig. 2, when used for feed forward or feedback information.

Another semiconductor device fabrication process 100 is illustrated in Fig. 4, in which other advantages of the present invention are shown. The process 100 comprises process tools 102, 104, and 106 and associated measurement system clusters 112, 114, and 116, respectively, which operate to measure one or more process parameters associated with wafers 110 in a manner similar to the exemplary system 2 of Fig. 1. Any of measurement system clusters 112, 114, and 116 may be a cluster of one measurement system. Further, the association of a cluster with a tool, *e.g.*, cluster 112 to tool 102, can be integrated into the tool, where the cluster shares

WO 02/088677

PCT/US02/13158

support, wafer transport and/or other facilities. The measurement system clusters 112, 114, and 116, as well as the process tools 102, 104, and 106 communicate with each other *via* a network 120, whereby information may be transferred therebetween. An APC system 130 is also operatively connected to the network 5 120, such that measurement information (*e.g.*, CDs, overlay registration, and the like) may be obtained from the measurement systems 112, 114, and 116 for providing process feedback or process feed forward or adjustments to the various process tools 102, 104 and/or 106 and for other processing of such measurement information. For example, the APC system 112, may provide defect classifications 10 to one or more of the process tools 102, 104, and/or 106, whereby adjustments may be made therein, in order to reduce the number of such defects in the fabrication process 100.

The measurement system clusters 112, 114, and 116 can also include APC systems therein, providing feedback information 122, 124, and 126, respectively to 15 the process tools 102, 104, and 106, for timely adjustment of the individual process tools 102, 104, and 106, and the respective process steps carried out therein. Alternatively or in combination, such feedback information may be provided from the measurement system clusters 112, 114, and/or 116 to one or more of the process tools 102, 104, and/or 106 *via* the network 120. In addition, the invention provides 20 for sharing of calibration information between the clusters 112, 114, and/or 116, whereby the clusters 112, 114, and/or 116 and/or the component measurement instrument systems therein, may be cross-calibrated, such that the measurements made thereby are performed according to a universal standard across the entire process 100. The universal standard may apply over a larger domain than just 25 process 100, *e.g.*, within a whole manufacturing facility, or even linking manufacturing facilities.

The process 100 can further include a standalone measurement system cluster 150 networked with the clusters 112, 114, and 116 *via* network 120. For example, clusters 112, 114, or 116 may be integrated within their associated tools, as 30 described above, and primarily measure wafers 110 processed by their associated tool, whereas cluster 150 is set up for measuring wafers from many sources with ease. Furthermore, cluster 150 may comprise measurement instruments (not shown) of types found in the clusters 112, 114, and 116 as well as a recipe generator 152, a database generator 154 and a defect classification system 156. Recipes are sets of

WO 02/088677

PCT/US02/13158

instructions for a measurement instrument comprising where to measure on the wafer, measurement system parameters for the physical measurement, and specification of an algorithm to convert the fundamental physical measurements into useful information. For example, for a reflectometer measurement instrument, the recipe may comprise information about the layout of the wafer including die size and location, which dies on the wafer to measure, one or more sites within the die at which to measure (typically referenced to structures in the die), pattern recognition parameters to identify and locate the structures in the die, the length of time to integrate over for measuring reflected intensities, the wavelengths of light at which to report measured intensities, an algorithm based on model that comprises a stack of thin films at the measurement location, specification of which parameters are known and which are to be measured, etc. The recipe may comprise much more information than cited in this example. Instruments of a different nature than the exemplary reflectometer may require rather different information in their appropriate recipes.

In general, databases contain information to aid in the conversion of the fundamental physical information collected by an instrument into useable information about the process state of the wafer. As an example, a database for a reflectometer from database generator 154 can aid in converting measured optical absolute reflectivities to CD or film thickness. Algorithms use databases, e.g., for scatterometry, when the computational time for an algorithm is excessive, and it is useful to store partial results of the algorithm in a database for later, accelerated use. The cluster 150 can be employed to generate databases and/or recipes for the measurement and/or inspection of wafers by the instruments of the in-process measurement system clusters 112, 114, and/or 116, which may be uploaded thereto through the networks 120. In this manner, the stand-alone cluster 150 may be advantageously employed to perform setup operations (e.g., recipe and/or database generator) for use in the in-process clusters 112, 114 and/or 116, while the clusters 112, 114, 116 are in use measuring processed wafers.

Referring now to Fig. 5, another exemplary implementation of the present invention is illustrated, wherein a measurement system cluster 202 is part of a fabrication process 200 having a process tool 204 and an APC system 206. The systems 202 and 206, as well as the process tool 204 may communicate with each other via a network 208. Alternatively or in combination, the APC system 206 can

WO 02/088677

PCT/US02/13158

communicate directly with the measurement system cluster 202. The measurement system cluster 202 is employed in the process 200 for measuring process parameters associated with wafers (not shown) transferred thereto from the process tool 204 in a manner similar to the exemplary system 2 of Fig. 1. The system 202 includes a scanning electron microscope (CD-SEM) system 210 operative to measure process parameters of the wafers, which may also comprise pumps and scaling devices (not shown) for creating a vacuum therein. The system cluster 202 further includes an optical scatterometer 212 and a spectroscopic ellipsometer (SE) 214, to which a robot 216 may selectively provide wafers according to one or more selection criteria, as illustrated and described hereinabove. As noted above, optical scatterometer 212 may comprise spectroscopic ellipsometer 214. Optical scatterometer 212 may also comprise a reflectometer.

Wafers are provided to the robot 216 by an unload station 220, for example, which unloads the wafers from a wafer holding device such as a cassette (not shown), and once appropriate measurements have been made in the integrated system 202, the wafers may be loaded into appropriate cassettes at a loading station 222. As with the measurement systems illustrated and described above, the robot 216 of the system 202 selectively provides wafers to one or more of the component measurement systems or instruments 210, 212, and/or 214 according to at least one selection criterion, such as capabilities requirements information associated with the processed wafers, as well as capability information, availability information, and throughput information associated with the measurement systems 210, 212, and 214.

There are many alternative arrangements, each having different strategies for loading and unloading wafers, as described above in conjunction with Figure 1.

The capabilities information can comprise information indicating the type of feature(s) or dimension(s) to be measured in the system 202, as well as the required accuracy for the measurement(s). The selection takes into account the measurement capabilities of the systems 210, 212, and/or 214. For example, one or more of the systems 210, 212, and/or 214 may be capable of performing a given measurement within the required accuracy, while others may not. In addition, the respective systems 210, 212, and/or 214 each have different throughput capabilities. For instance, the SEM 210 can measure about 30 wafers per hour (wph), the scatterometer 212 can measure up to 150 wph, and the spectroscopic ellipsometer 214 may measure 75 to 80 wph. In accordance with an aspect of the invention, the

WO 02/088677

PCT/US02/13158

robot 216 provides the wafers to the measurement instrument which can provide the highest throughput, within the required measurement capabilities for a particular measurement task. In this regard, the measurement capability requirements can be derived from the identity of a particular wafer, which can be obtained, for example, using an OCR system (not shown) or other identification device or technique.

In this regard, the selection may also take into account the availability or current utilization of the instruments 210, 212, and/or 214 in scheduling the transfer of wafers *via* the robot 216. Thus, the robot 216 can provide a wafer to a selected measurement system 210, 212, or 214 having capabilities required for the wafer according to the capabilities requirements information (*e.g.*, obtained or derived from the wafer identification) and the measurement system capability information (*e.g.*, whether a particular instrument 210, 212, and/or 214 is capable of performing a particular measurement). Furthermore, the selection may reflect the measurement system 210, 212, and/or 214 having the highest throughput with the capabilities required for the wafer according to measurement system availability information and throughput information. Thus, where the high throughput scatterometer 212 is currently being used to measure another wafer, the robot 216 may advantageously provide a wafer to the CD-SEM 210, even though this may have lower throughput capability. Alternative arrangements with more load/unload stations afford additional flexibility in this regard for throughput and performance optimization.

In addition, the measurement systems 210, 212, and/or 214 may be cross-calibrated 217 in order to facilitate alternating or switching between the measurement systems. That is, calculated measurements generated by the scatterometer 212 may be correlated to resemble the calculated measurements provided by the CD-SEM 210. This cross-calibration 217 technique facilitates data interpretation to the extent that the measurements generated by the scatterometer 212 for production samples can be used interchangeably with those given by CD-SEM 210.

For example, a reference wafer (*e.g.*, a focus-exposure matrix wafer or test wafer) is measured with an integrated optical scatterometer 212 and scatterometry linewidth measurements are calculated in real time or by using a database comparison approach or mathematical database comparison. The wafer is also measured by the CD-SEM 210 to produce CD-SEM linewidth measurements. The relationship between the CD-SEM and the scatterometry line width measurements is

WO 02/088677

PCT/US02/13158

mathematically analyzed and represented as a polynomial expression defining a continuous curve fit referred to as a correlation function. The correlation functions may vary from process step to process step (*e.g.*, gate to contact) in the same fabrication process, so each process step may have its own correlation function. The scatterometer may then be employed to measure linewidths on new and unknown wafers. The scatterometry linewidth is calculated as described above by comparing them to theoretical calculations. The calculated linewidth can then be adjusted with the correlation function in order to become a closer match with results expected if the CD-SEM 210 was used.

Referring now to Figs. 6 and 7, the invention also provides for integration of one or both of the APC system 206 and the process tool 204 with the measurement system cluster. For example, in Fig. 6, an integrated measurement system cluster 230 comprises the instruments 210, 212, and 214, the robot 216, and the unloading and loading stations 220 and 222. Another example is illustrated in Fig. 7, wherein an integrated system 240 comprises instruments 210, 212, and 214, the robot 216, unloading and loading stations 220 and 222, the APC system 206, and the process tool 204. In this example, it will be appreciated that the system 240 is not necessarily shown to scale, and that the process tool 204 may be physically much larger than the other components in the system 240, in which case the integration may take the form of attaching the clustered measurement components to the process tool 204. It will be further appreciated that the integration of such components may advantageously reduce or eliminate the excessive physical transfer (*e.g.*, sometimes manual) of wafers from one component to another, and that the loading and unloading stations 222 and 220, respectively, may not be needed in the system 240, as wafers from the process tool 204 can be introduced directly to the robot 216.

The present invention thus provides for intelligent selection of measurement instrumentation in order to provide timely measurement and/or inspection information and other feedback information not previously achievable. One example of such intelligent selection is illustrated in Fig. 8, wherein an exemplary measurement system selection logic component 250 is illustrated. The logic component 250 may operate in similar fashion to the measurement selection logic component 34 of Fig. 1, as described hereinabove, whereby one or more selection criteria may be used in making a selection from among two or more measurement

WO 02/088677

PCT/US02/13158

instruments or systems in a measurement system cluster (e.g., cluster 2 of Fig. 1). For example, the selection logic component 250 may be implemented in software, hardware, and/or combinations thereof, such as in a computer system (e.g., computer system 30 of Fig. 1).

5 The exemplary logic component 250 comprises various information used to provide a measurement system selection 252 to a wafer transfer system 254. For instance, capabilities requirements information 256 may be derived from a wafer identification 257, such as can be obtained from an optical scan of one or more characters or codes stamped on a wafer, for example, using an OCR system 258, as  
10 described above. The capabilities information 256 includes accuracies, and other parameters by which the selection logic component 250 may determine the suitability of one or more measurement instruments for a particular measurement or inspection task. For example, the logic component 250 may compare the capability requirements 256 for a particular task with measurement system capability  
15 information 261, 262, 263, and the like corresponding to measurement instruments (not shown) in a measurement system cluster (e.g., systems 10, 12, and 14 of Fig. 1), and determine which of the measurement systems meets the capability requirements 256.

In addition, the measurement system selection 252 may also be based on  
20 measurement system availability or utilization information 271, 272, 273, and the like corresponding with the measurement systems in the cluster. For example, the information 271, 272, and/or 273, and the like may be consulted or queried in order to ascertain whether an instrument is currently in use, about to be used, inoperable, scheduled for maintenance or the like. Thus, the wafer transfer system 254 may  
25 provide wafers to another measurement system where a first such system is currently in use, whereby parallel or simultaneous measurement operation of two or more measurement systems in a cluster may further speed up the measurement process from a cluster perspective. As a further consideration, the selection logic component 250 may consult measurement system throughput information 281, 282, 283, and the  
30 like in order to advantageously select an available measurement system having the highest throughput capability. In a further addition, the measurement system selection 252 may also be based on anticipated need based on fabrication schedule 260, e.g., for a fabrication process 80 as shown in Figure 3. Fabrication schedule

WO 02/088677

PCT/US02/13158

260 may include information to allow intelligent sampling of the performance of particular process tools, e.g., 76 and 79.

Another aspect of the invention provides methodologies for measuring process parameters in a semiconductor fabrication process. Referring now to Fig. 9, and exemplary method 300 is illustrated in accordance with the invention. Although the exemplary method 300 is illustrated and described herein as a series of blocks representative of various events and/or acts, the present invention is not limited by the illustrated ordering of such blocks. For instance, some acts or events can occur in different orders and/or concurrently with other acts or events, apart from the ordering illustrated herein, in accordance with the invention. Moreover, not all illustrated blocks, events, or acts, may be required to implement a methodology in accordance with the present invention. In addition, it will be appreciated that the exemplary method 300 and other methods according to the invention can be implemented in association with the apparatus and systems illustrated and described herein, as well as in association with other systems and apparatus not illustrated or described.

Beginning at 302, a wafer is received at 304 from a fabrication process. For example, a wafer may be received in a measurement system cluster (e.g., system 2 of Fig. 1) from a process tool. At 306, the wafer is identified (e.g., using an OCR system to read at least one character thereon or by some other technique), and the measurement capabilities requirements therefor are determined. Thereafter at 308, a determination is made as to available measurement instruments (e.g., component measurement devices in a measurement system cluster) having the required measurement capabilities. Such determination may take into consideration the anticipated need based on the fabrication schedule. At 310, an available measurement instrument is selected having the required measurement capabilities and having the highest throughput capacity. The wafer is then measured at 312 using the measurement system or instrument selected at 312, whereafter the method 300 ends at 314.

Although the invention has been shown and described with respect to certain illustrated implementations, it will be appreciated that equivalent alterations and modifications will occur to others skilled in the art upon the reading and understanding of this specification and the annexed drawings. In particular regard to the various functions performed by the above described components (assemblies,

WO 02/088677

PCT/US02/13158

devices, circuits, systems, etc.), the terms (including a reference to a "means") used to describe such components are intended to correspond, unless otherwise indicated, to any component which performs the specified function of the described component (e.g., that is functionally equivalent), even though not structurally equivalent to the disclosed structure, which performs the function in the herein illustrated exemplary aspects of the invention. In this regard, it will also be recognized that the invention may include one or more computer systems as well as computer-readable media having computer-executable instructions for performing the acts and/or events of the various methods of the invention. Various modes of communication, *e.g.*, between components of a computer system or between systems, are in some cases implicit.

In addition, while a particular feature of the invention may have been disclosed with respect to only one of several implementations, such feature may be combined with one or more other features of the other implementations as may be desired and advantageous for any given or particular application. Furthermore, to the extent that the terms "includes", "including", "with", "has", "having", and variants thereof are used in either the detailed description or the claims, these terms are intended to be inclusive in a manner similar to the term "comprising."

Claims

What is claimed is:

1. A measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) for measuring process parameters associated with wafers (4, 54, 75, 110) in a semiconductor fabrication process (80, 100, 200), comprising:
  - first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) having first and second measurement instruments, respectively, wherein the first and second measurement instruments (71, 72, 73, 210, 212, 214) are operative to measure at least one process parameter associated with a wafer (4, 54, 75, 110); and
  - a wafer transfer system (20, 74, 254) receiving a wafer (4, 54, 75, 110) processed in the fabrication process (80, 100, 200) and selectively providing the wafer (4, 54, 75, 110) to at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to a measurement system selection criteria for measurement therein of a process parameter.
  
2. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, comprising a measurement system selection logic component (34, 250) providing a measurement system selection (252) to the wafer transfer system (20, 74, 254) according to the measurement system selection criteria, wherein the wafer transfer system (20, 74, 254) provides the wafer (4, 54, 75, 110) to the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to the measurement system selection (252).
  
3. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 2, wherein the measurement system selection criteria comprises at least one of capabilities requirements information (256) associated with the wafer (4, 54, 75, 110), measurement system capability information (261, 262, 263) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), measurement system availability information (271, 272, 273) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), anticipated need for the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), and throughput information (281, 282, 283) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73).

WO 02/088677

PCT/US02/13158

4. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 3, comprising an optical character recognition system (44, 258) providing a wafer identification (257) to the measurement system selection logic component (34, 250), wherein the capabilities information (256) is derived according to the wafer identification (257).

5. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 3, wherein the measurement system selection logic component (34, 250) provides the measurement system selection (252) indicating a selected measurement system having capabilities required for the wafer (4, 54, 75, 110) according to the capabilities requirements information (256) and the measurement system capability information (261, 262, 263).

6. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 3, wherein the measurement system selection logic component (34, 250) provides the measurement system selection (252) indicating a selected available measurement system having the highest throughput with the capabilities required for the wafer (4, 54, 75, 110) according to the measurement system availability information (261, 262, 263) and the throughput information (281, 282, 283).

7. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, wherein the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) are cross-calibrated.

8. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, comprising an APC system (64, 130, 206) receiving a measured process parameter from the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) and providing process feedback (66, 68, 122, 126) according to the measured process parameter.

9. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 8, comprising a computer system (30) operatively associated with the

WO 02/088677

PCT/US02/13158

wafer transfer system (20, 74, 254) and the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), wherein the computer system (30) comprises the APC system (64, 130, 206).

10. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 9, wherein the computer system (30) comprises a measurement system selection logic component (34, 250) providing a measurement system selection (252) to the wafer transfer system (20, 74, 254) according to the measurement system selection criteria, wherein the wafer transfer system (20, 74, 254) provides the wafer (4, 54, 75, 110) to the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to the measurement system selection (252).

11. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 10, wherein the measurement system selection criteria comprises at least one of capabilities requirements information (256) associated with the wafer (4, 54, 75, 110), measurement system capability information (261, 262, 263) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), measurement system availability information (271, 272, 273) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), and throughput information (281, 282, 283) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73).

12. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 11, comprising an optical character recognition system (44, 258) providing a wafer identification (257) to the measurement system selection logic component (34, 250), wherein the capabilities information (256) is derived according to the wafer identification (257).

13. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 11, wherein the measurement system selection logic component (34, 250) provides the measurement system selection (252) indicating a selected measurement system having capabilities required for the wafer (4, 54, 75, 110)

WO 02/088677

PCT/US02/13158

according to the capabilities requirements information (256) and the measurement system capability information (261, 262, 263).

14. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 13, wherein the measurement system selection logic component (34, 250) provides the measurement system selection (252) indicating a selected available measurement system having the highest throughput with the capabilities required for the wafer (4, 54, 75, 110) according to the measurement system availability information (271, 272, 273) and the throughput information (281, 282, 283).

15. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 14, wherein the computer system (30) comprises calibration information (36) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), and wherein the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) are cross-calibrated.

16. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, comprising an unloader station (22, 220) receiving the wafer (4, 54, 75, 110) from the fabrication process (80, 100, 200) and operative to unload the wafer (4, 54, 75, 110) from a wafer holding device (24) and to provide the unloaded wafer (4, 54, 75, 110) to the wafer transfer system (20, 74, 254).

17. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, comprising a loader station (42, 222) receiving the wafer (4, 54, 75, 110) from the wafer transfer system (20, 74, 254) and loading the wafer (4, 54, 75, 110) into a wafer holding device (24).

18. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, wherein the wafer transfer system (20, 74, 254) comprises a robot (216).

19. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 1, comprising a process tool (56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204)

WO 02/088677

PCT/US02/13158

operative to perform at least one fabrication processing step to the wafer (4, 54, 75, 110) and to provide the processed wafer to the wafer transfer system (20, 74, 254).

20. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 19, comprising an APC system (64, 130, 206) receiving a measured process parameter from the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) and providing process feedback (66, 78, 122, 124, 126) according to the measured process parameter.

21. The measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) of claim 20, wherein the APC system (64, 130, 206) provides the process feedback (66, 78, 122, 124, 126) to the process tool (56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204), and wherein the process tool (56, 68, 76, 79, 102, 104, 106, 204) performs the at least one fabrication processing step according to the process feedback (66, 78, 122, 124, 126).

22. A wafer inspection system for inspecting a wafer (4, 54, 75, 110) in a semiconductor device fabrication process (80, 100, 200), comprising:

a measurement system (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) having a measurement instrument (210, 212, 214) operative to measure at least one process parameter associated with a wafer (4, 54, 75, 110); and

an optical character recognition system (44, 258) providing a wafer identification (257) according to at least one optically recognizable character on the wafer (4, 54, 75, 110).

23. The inspection system of claim 22, comprising first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) having first and second measurement instruments (210, 212, 214), respectively; and a wafer transfer system (20, 74, 254) receiving a wafer (4, 54, 75, 110) processed in the fabrication process (80, 100, 200) and selectively providing the wafer (4, 54, 75, 110) to at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to the wafer identification (257) and at least one measurement system selection criterion for measurement therein of a process parameter.

WO 02/088677

PCT/US02/13158

24. The inspection system of claim 23, comprising a measurement system selection logic component (34, 250) providing a measurement system selection (252) to the wafer transfer system (20, 74, 254) according to the wafer identification (257) and the at least one measurement system selection criterion, wherein the wafer transfer system (20, 74, 254) provides the wafer (4, 54, 75, 110) to the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to the measurement system selection (252).

25. The inspection system of claim 24, wherein the at least one measurement system selection criterion comprises at least one of capabilities requirements information (256) associated with the wafer (4, 54, 75, 110), measurement system capability information (261, 262, 263) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), measurement system availability information (271, 272, 273) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73), and throughput information (281, 282, 283) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73).

26. The inspection system of claim 25, wherein the measurement system selection logic component (34, 250) provides the measurement system selection (252) indicating a selected available measurement system having the highest throughput with the capabilities required for the wafer (4, 54, 75, 110).

27. A method of measuring a process parameter associated with a wafer (4, 54, 75, 110) in a semiconductor fabrication process (80, 100, 200), comprising:  
receiving the wafer (4, 54, 75, 110) from the fabrication process (80, 100, 200);

selectively providing the wafer (4, 54, 75, 110) to at least one of first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to a measurement system selection criterion; and

measuring the process parameter using the at least one of the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73).

WO 02/088677

PCT/US02/13158

28. The method of claim 27, wherein selectively providing the wafer (4, 54, 75, 110) to at least one of first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) comprises:

- identifying the wafer (4, 54, 75, 110);
- determining measurement capabilities required to measure the process parameter according to the identity of the wafer (4, 54, 75, 110);
- selecting the at least one of first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) according to the required measurement capabilities (256) and measurement system capabilities information (261, 262, 263) associated with the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73).

29. The method of claim 28, wherein selecting the at least one of first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) comprises selecting an available measurement system from the first and second measurement systems (10, 12, 14, 58, 60, 62, 71, 72, 73) having the highest throughput with the required measurement capabilities for the wafer according to measurement system availability information (271, 272, 273) and throughput information (281, 282, 283).

30. A system for creating setup information for use in measuring process parameters associated with semiconductor wafers (4, 54, 75, 110) in a semiconductor device manufacturing process (80, 100, 200), comprising:

- an off-line measurement instrument adapted to measure a wafer (4, 54, 75, 110); and
  - a setup information generator operatively associated with the off-line measurement instrument to create setup information according to a measurement therefrom and to provide the setup information to a process measurement system associated with the semiconductor device manufacturing process (80, 100, 200);
- wherein the setup information is usable by the process measurement system to measure process parameters associated with semiconductor wafers (4, 54, 75, 110) in the semiconductor device manufacturing process (80, 100, 200).

31. The system of claim 30, wherein the setup information comprises at least one of a recipe and a database.

WO 02/088677

PCT/US02/13158

32. A method of operating a scatterometer in conjunction with a scanning electron microscope (SEM) (210) to evaluate the geometry of features on a semiconductor sample comprising:
- measuring a set of reference samples with the scatterometer (212) and computationally determining numerical values for feature characteristics;
  - measuring the set of reference samples with the SEM (210) and physically determining numerical values for feature characteristics;
  - defining a correlation function relating the computational derived values with the physically derived values; and
  - measuring a test sample with the scatterometer (212) and computationally determining numerical values for the feature characteristics, said numerical values being adjusted in accordance with the correlation function.
33. A method of claim 32 wherein the correlation function is derived in accordance with a polynomial expression defining a curve fit between the computationally determined numerical values and the physically determined numerical values.
34. The method of claim 32 further comprising correlating any one instrument (71, 72, 73, 210, 212, 214) in a measurement system cluster (2, 70, 112, 114, 116, 150, 202, 230, 240) to any other instrument (71, 72, 73, 210, 212, 214).
35. The method of claim 34 wherein correlating any one measurement instrument (210, 212, 214) in the cluster to any other measurement instrument (210, 212, 214) comprises correlating the scatterometer (212) to the SEM (210) and the SEM (210) to the scatterometer (212) such that the correlation is bi-directional.
36. The method of claim 32 further comprising measuring the correlation with reference samples on first measurement instrument (210, 212, 214) and a second measurement instrument (210, 212, 214) and applying the correlation function to results from at least one other instrument.

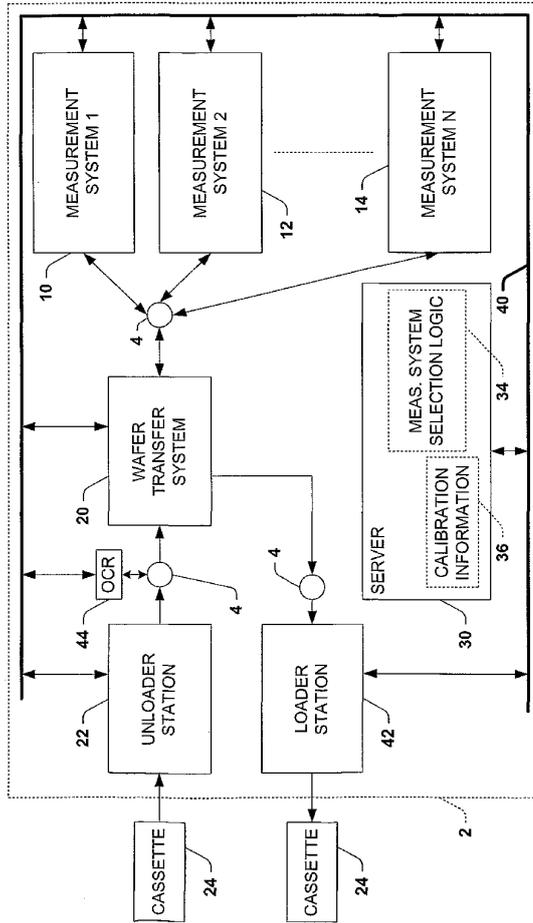
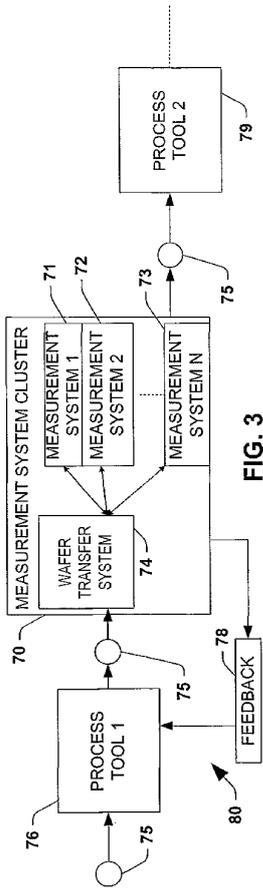
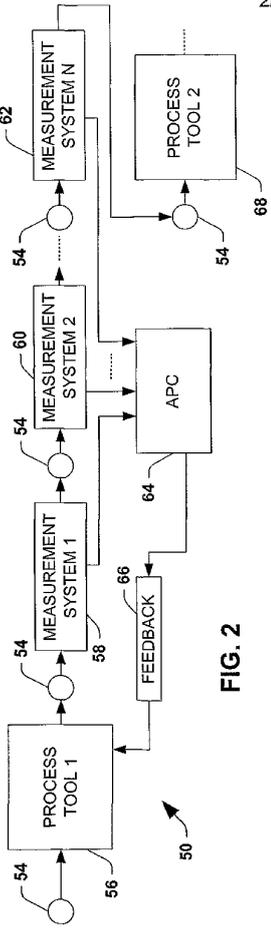


FIG. 1



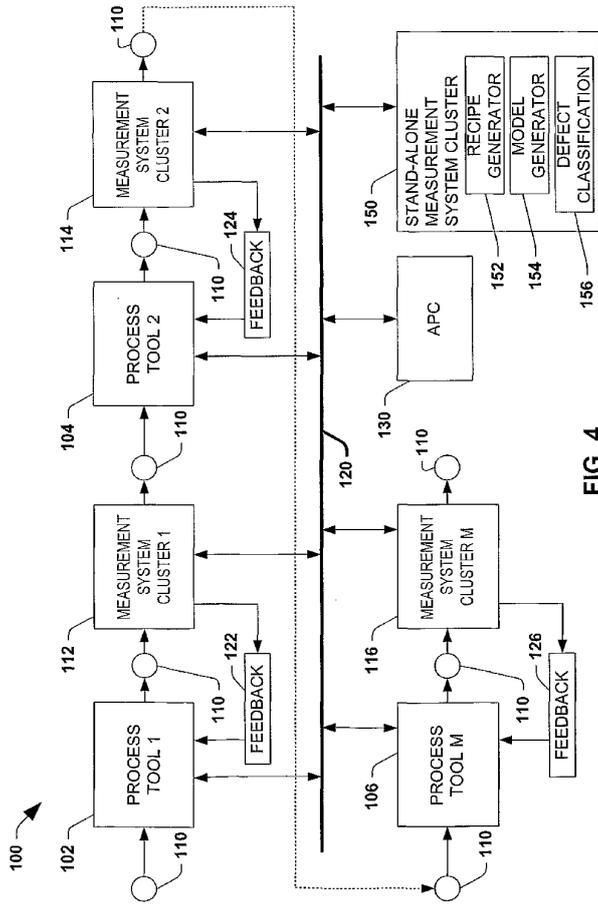


FIG. 4

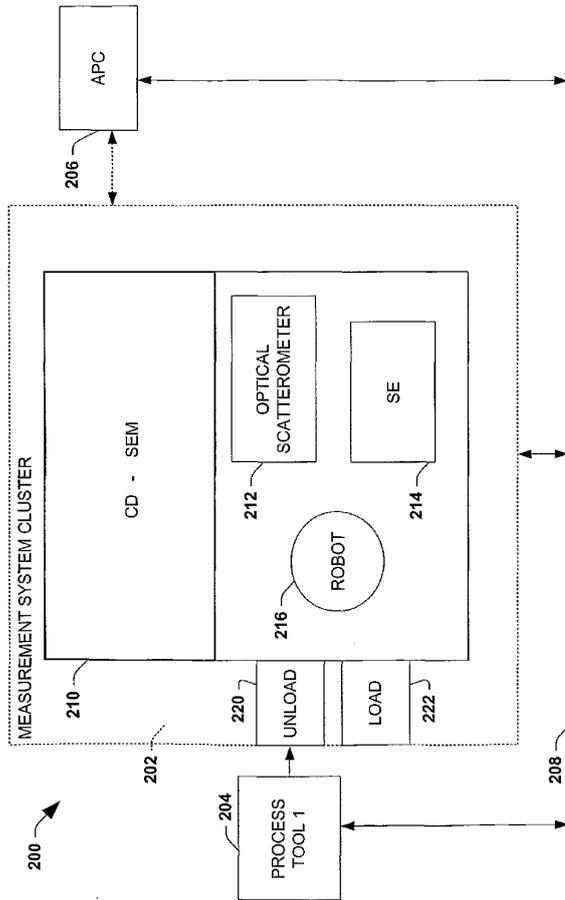


FIG. 5

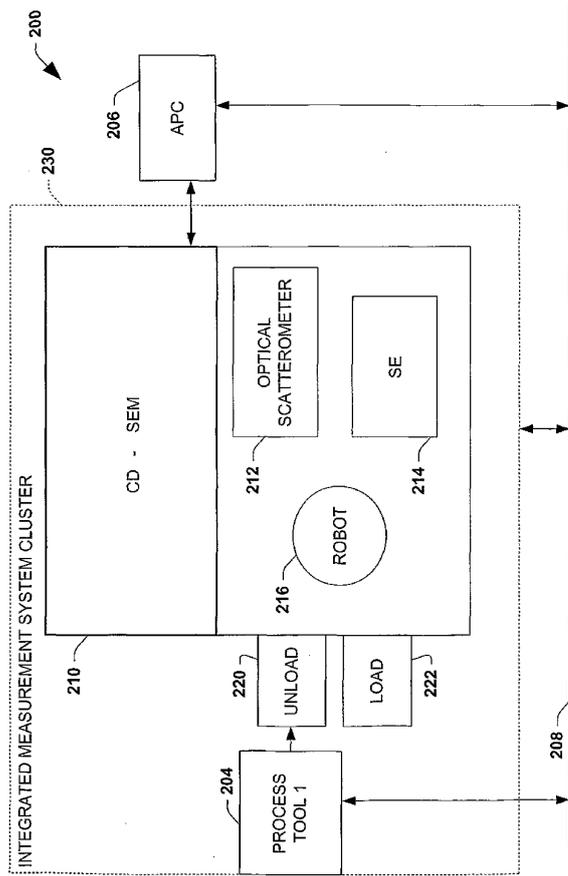


FIG. 6

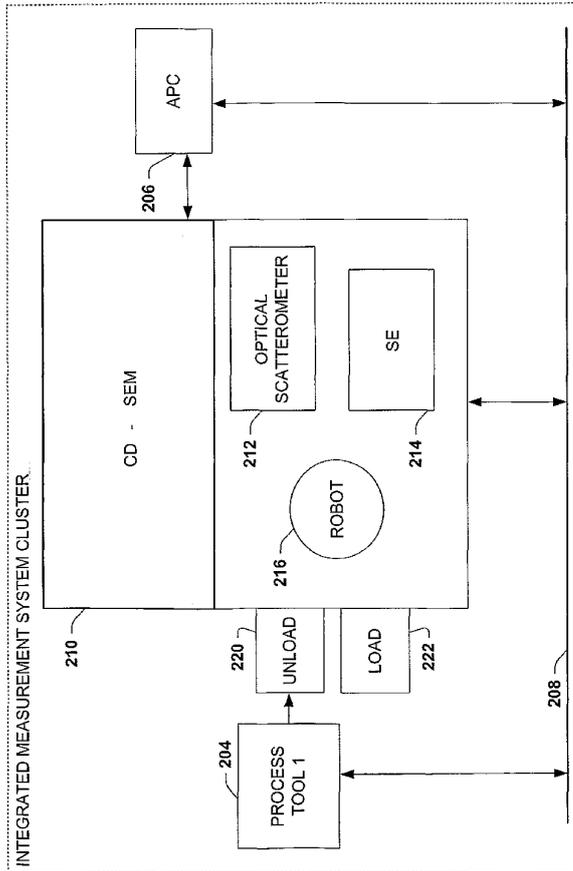


FIG. 7

7/8

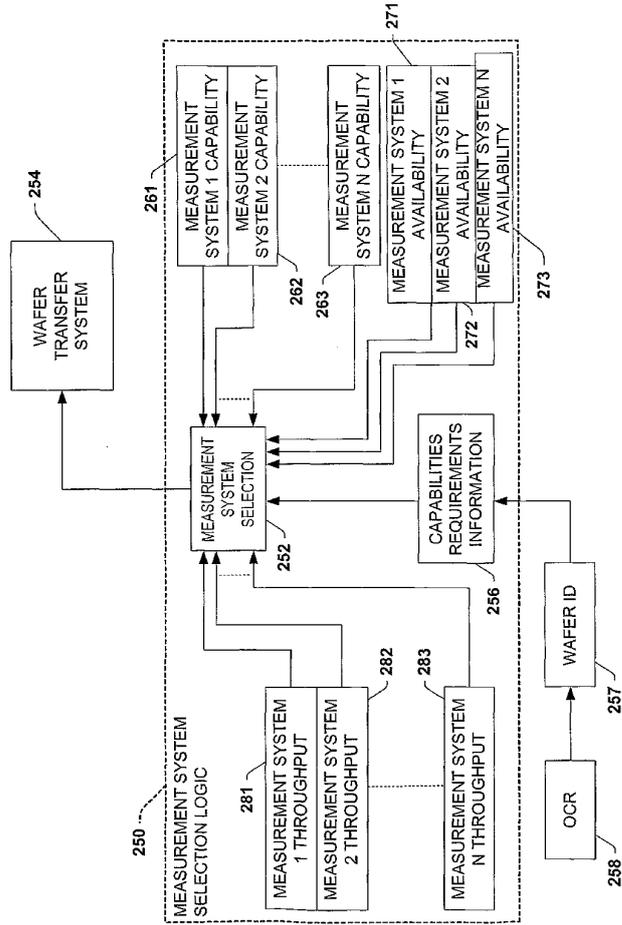


FIG. 8

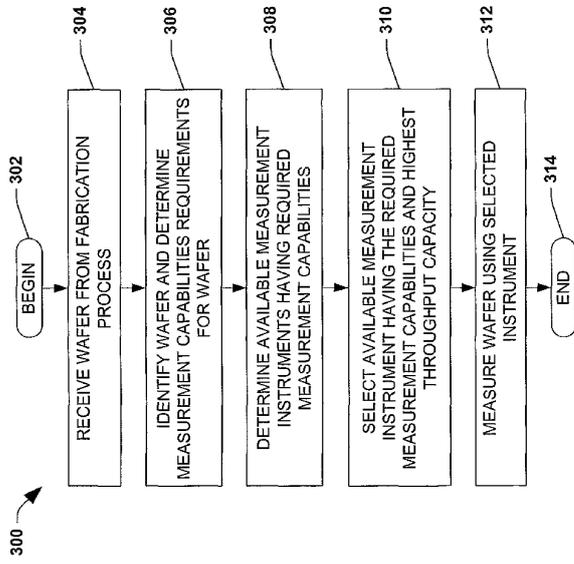


FIG. 9

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US02/13158
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC(7) : G01N 21/00 US CL : 356/237.5 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 356/237.5, 237.1, 237.2, 237.3, 237.4 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) USPTO APS EAST		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,028,664 A (CHENG et al) 22 February 2000 (22.02.2000), see entire document.	1-36
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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	
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"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	
"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)	"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	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"S" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 02 July 2002 (02.07.2002)	Date of mailing of the international search report 28 AUG 2002	
Name and mailing address of the ISA/US Commissioner of Patents and Trademarks Box PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230	Authorized officer Michael P. Staflra Telephone No. (703) 308-0956	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1998)

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100118647

弁理士 赤松 利昭

(72)発明者 ハサン、ターラート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95070、サラトガ、パーカー・ランチ・ロード 12182

Fターム(参考) 2G051 AA51 AA56 AB11 CB05 EA11 EA12 EA14 EA19  
2G059 AA05 BB15 EE02 FF01 MM09 MM10 MM14 PP01  
4M106 AA01 BA02 CA38 DB05 DJ27 DJ28 DJ38

## 【要約の続き】

選択される。