

Frontier Semiconductor: 会社概要

Frontier Semiconductor(フロンティアセミコンダクター)

通称FSMは、1988年に創立されました。

下記半導体製造アプリケーション用最先端測定装置製品を出荷しています、

膜応力 (ウェハの反り),

Thermal Desorption Spectroscopy (熱吸収マス分光),

定量分析式密着度測定 (4PB,MELT)

ウェハ及びチップ厚測定 (IR 干渉計),

ウェハ全体の表面ラフネス (光分散),

非接触電気特性マッピング (表面電圧):

シート抵抗と漏れ電流

金属汚染(メタルコンタミ) (製品ウェハでの)

マイクロ-プローブ C-V (製品ウェハでの絶縁膜)

ウェハレベルでのストレス及びGe 濃度 (Raman)

システムは、FSMのセールス及びサービスチームによって全世界でサポートされています。

Product Portfolio

FSM

FRONTIER SEMICONDUCTOR

Stress & Flatness
Background Wafer Thickness
Thermal Mechanical Test
Electrical Characterization

Wafer Inspection and Material Characterization



Film Stress and Wafer Bow Metrology





Material Characterization

Low K, Cu & novel films



Stress Hysteresis (up to 1100°C), TDS, Reflectivity, Shrinkage, Rs

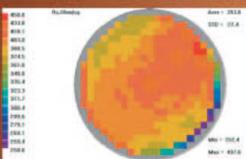
Adhesion Testing



Ultra Thin Wafer Metrology

Substrate Thickness, Warp, Surface Roughness, MEMs Trench Depth & Bonded Wafer Characterization





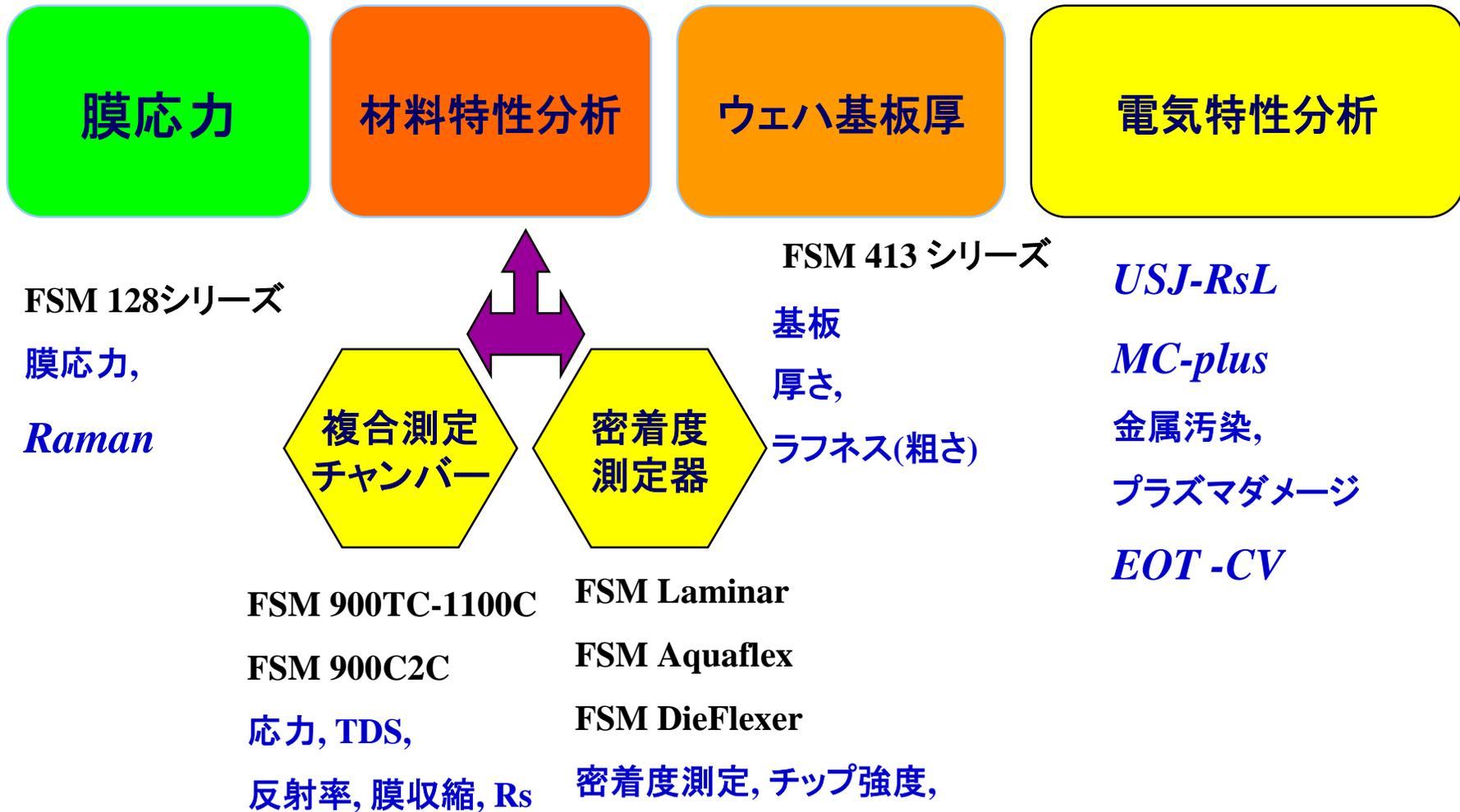
Non Contact Electrical Characterization

USJ and Implant/Anneal Metrology
Non Contact Rs, Leakage Current Mapping
Patterned Wafer Metal Contamination, Diffusion Length, Lifetime, Plasma Damage



Frontier Semiconductor
1631 N First Street, San Jose, CA 95112, USA
Phone : 1-408-452-8898 Fax: 1-408-452-8688
Email : FSM100@frontiersemi.com Web: www.frontiersemi.com

現在の製品ラインアップ





FSM 128 応力及びウェハ反り測定装置

Frontier Semiconductor

1631 N First Street, San Jose, CA 95112, USA

Phone: 1-408-452-8898 email: FSM100@frontiersemi.com

応力と平坦度測定 of 技術的背景

Film Stress, Flatness & Wafer Bow
300mm

- Fast & Non contact Laser scanning
- 3 D Mapping & Profiling
- Room & High Temperature
- Wafer Size: 50mm to 300mm available
- Robotic Handling available

Semiconductor, Optoelectronics & FPD Application

flat panel displays
Silicon or III-V's based

FSM
FRONTIER SEMICONDUCTOR

1631 N. First Street • San Jose CA 95112 • USA

- 応力と平坦度測定は、半導体チップ製造過程における薄膜成膜時の信頼性管理工程に組み入れられた測定です。
- 応力に関連した問題には、金属膜や絶縁膜の割れ、ヒロック形成、ボイドの発生、膜剥がれなどがあります。

幅広くマーケットで受け入れられている 応力及びウェハ反り測定



FSM は、半導体や光学素子、及びフラットパネル製造の現場で必要とされる常温及び高温での応力測定が可能な装置を製造・販売しているメーカーとしては、世界のリーディングカンパニーです。

マーケットシェア：> 70%以上

既存顧客：

世界中のほとんど全ての工場がお客さまです。

FSM 128LC2C (300mmウェハ) **300mm** 全自動化対応機種



FSM は、現在300mmウェハの薄膜応力測定装置のリーディングカンパニーです。

FSM 128LC2C は、全自動化工場対応の装置であり、世界中の、多くの300mmウェハ製造工場で認定され、設置されております。

大量の設置実績

世界中のほとんど全ての工場
向けに、400台以上の設置実
績を誇ります。

アプリケーション：半導体、電子光学素子、
及び研究開発(R&D)



膜応力測定原理

膜応力を発生させる原因は何か？

“ 薄い膜が平坦なウェハ上に成膜された場合
– 機械的ストレス(応力)が生まれる “

このストレスを緩和する為、基板(ウェハ)は曲がったり、“反り”を発生させる。

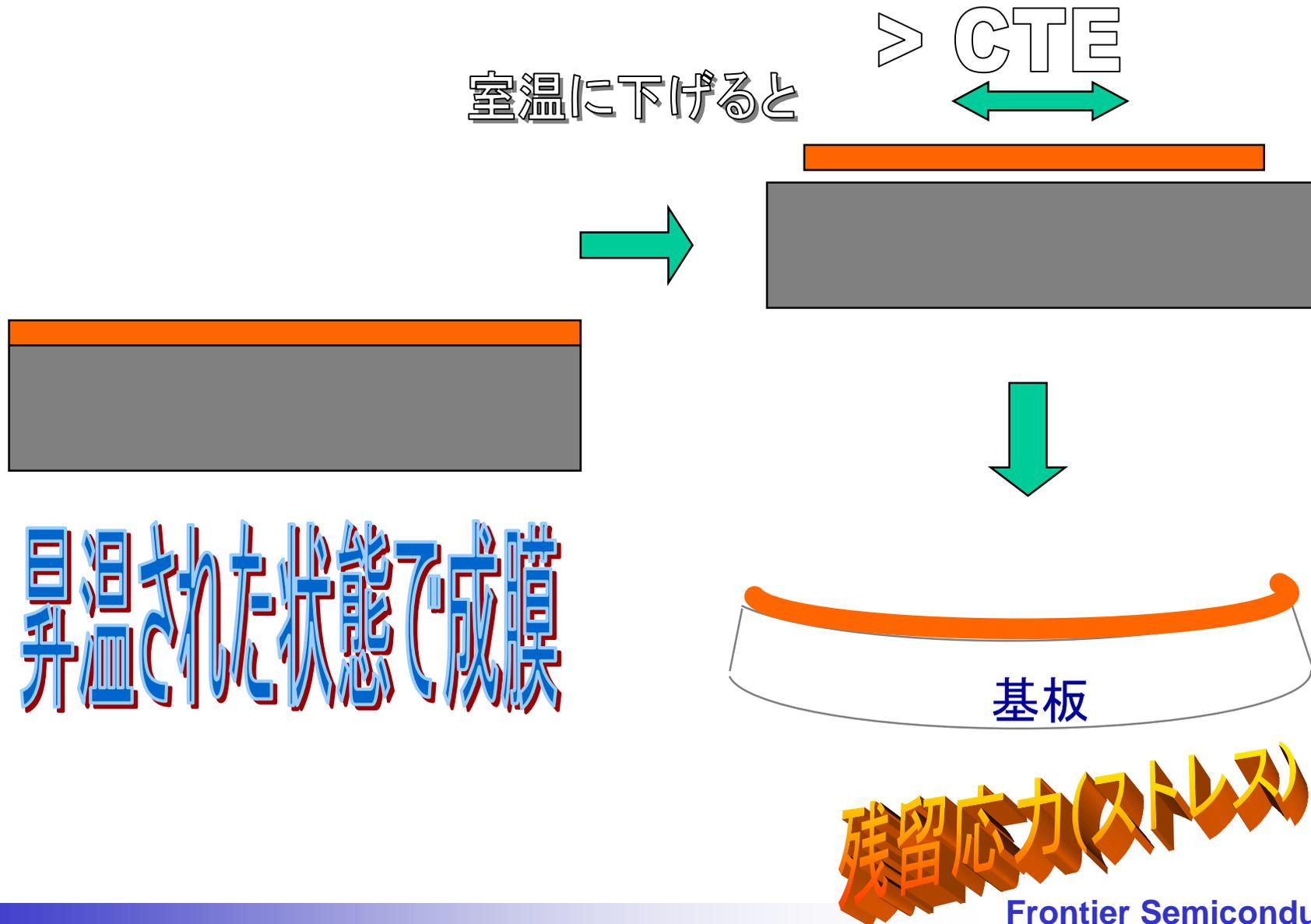
テンサイル(伸張)



コンプレッション(圧縮)



どのようにして残留応力は発生するのか



応力によって引起される問題

発生した応力が成膜した膜強度よりも大きくなった場合

- 成膜した膜のクラック(裂け)
- 膜の剥がれと歪み
- 硬化した突起
- ボイド

薄膜応力測定

- 成膜した膜とその下にある基板間での相互作用。
- 応力は3方向全てに働くが、注目すべきは、XとY方向の応力だけ。
- 発生した応力を測定する技術はいくつかある。ほとんど全ての技術は成膜前と後のウェハの反り変化量を基にしている。

応力測定単位

Dynes/cm²	MPa
1 x 10 E 6	0.1
1 x 10 E 7	1.0
1 x 10 E 8	10.0
1 x 10 E 9	100.0
1 x 10 E 10	1000.0

プラス=テンサイル(伸張) ; マイナス=コンプレッシブ(圧縮)

何故応力と平坦度を測定するのか？

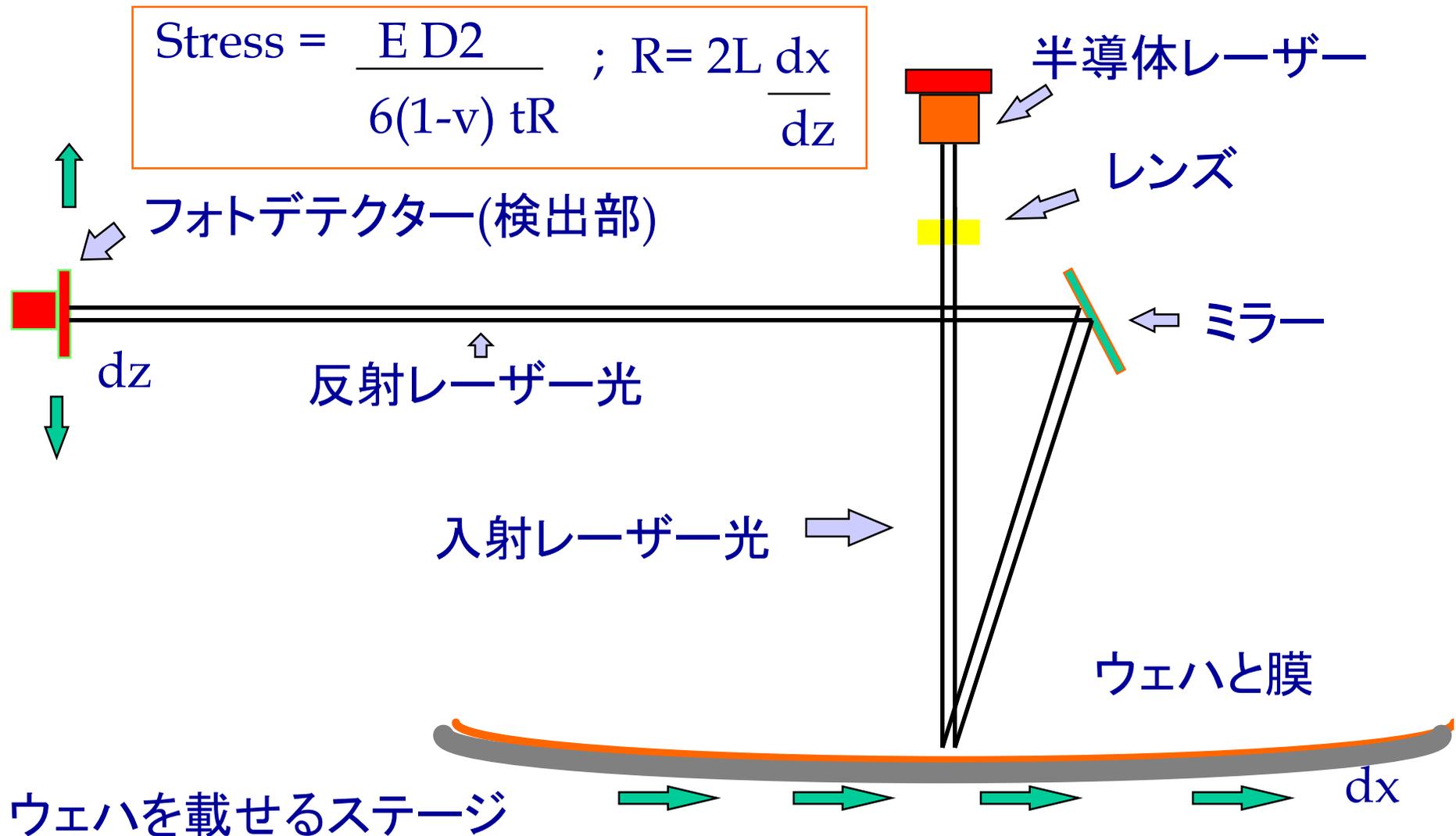
- 新プロセスや製造装置 例えば CVD, PVD等の性能確認
- プロセスの品質や傾向管理
- 診断とトラブルシューティング
- R & D

Optilever laser scanning

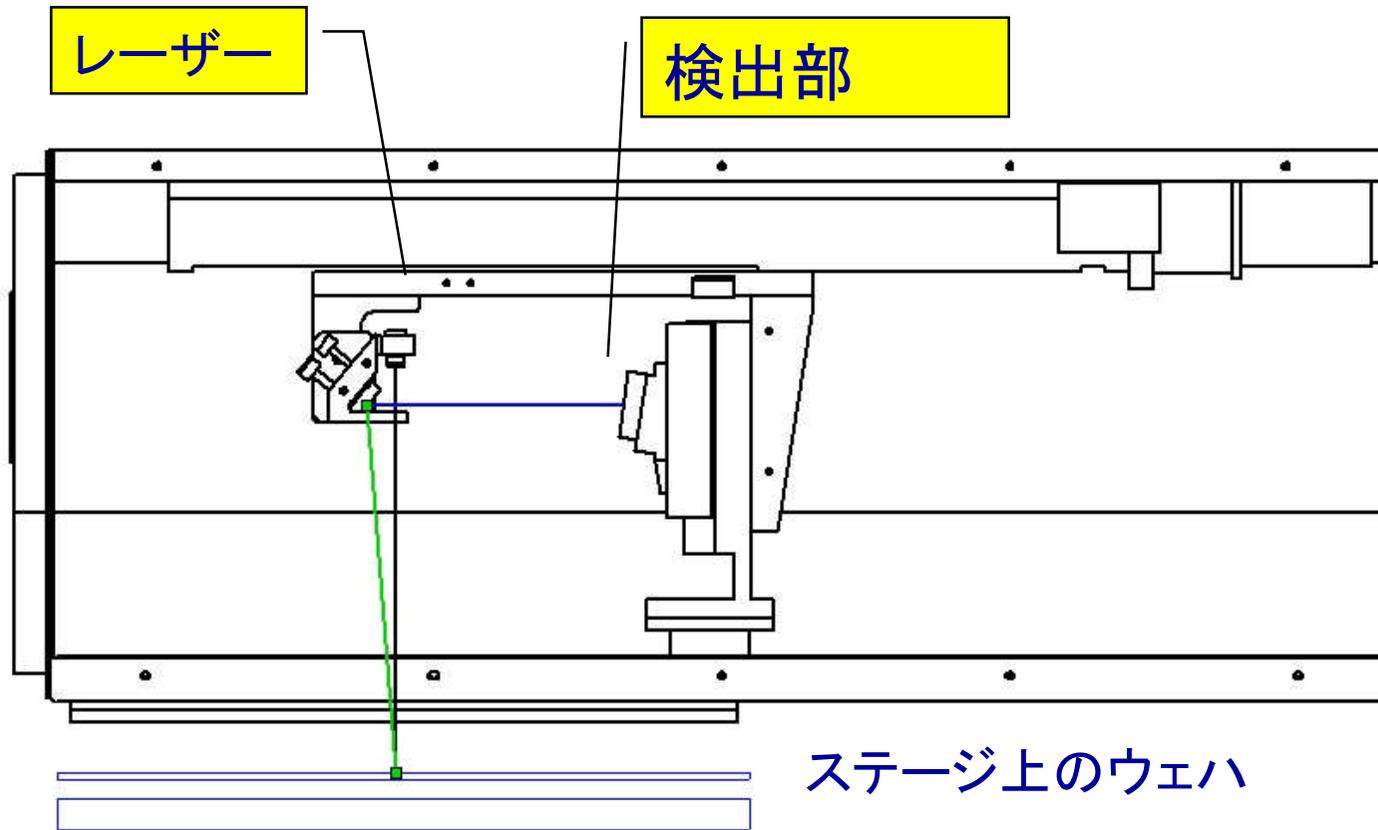
(オプティレバーレーザースキニング方式)

- 早い
- 正確
- 非破壊/非接触方式

FSMレーザースキャン方式の概要



FSMレーザースキャン方式の光学系



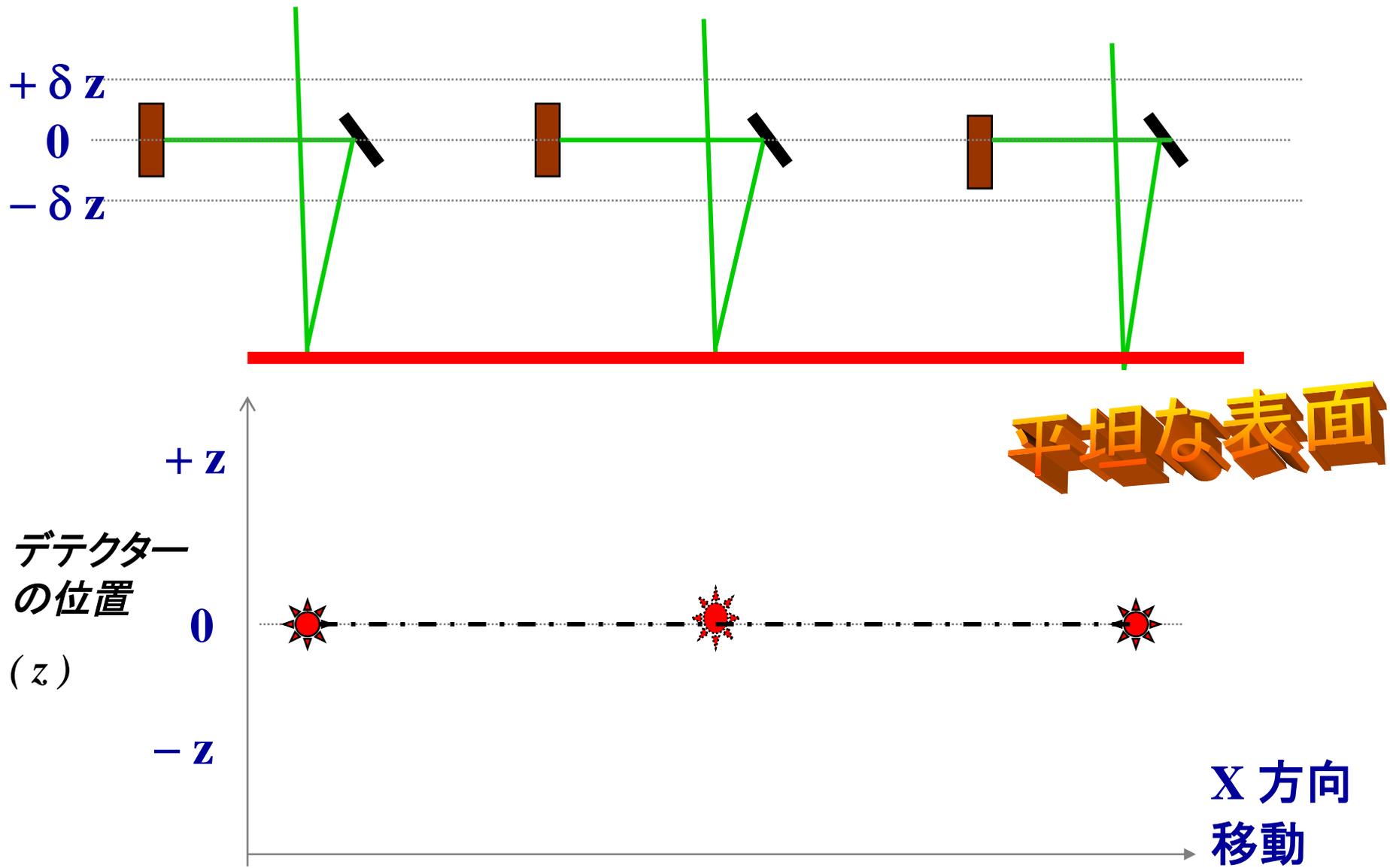
薄膜応力とマッピング測定手順

1. ベアウェハ表面のプロファイル測定
(ファーストスキャン又はマップ)

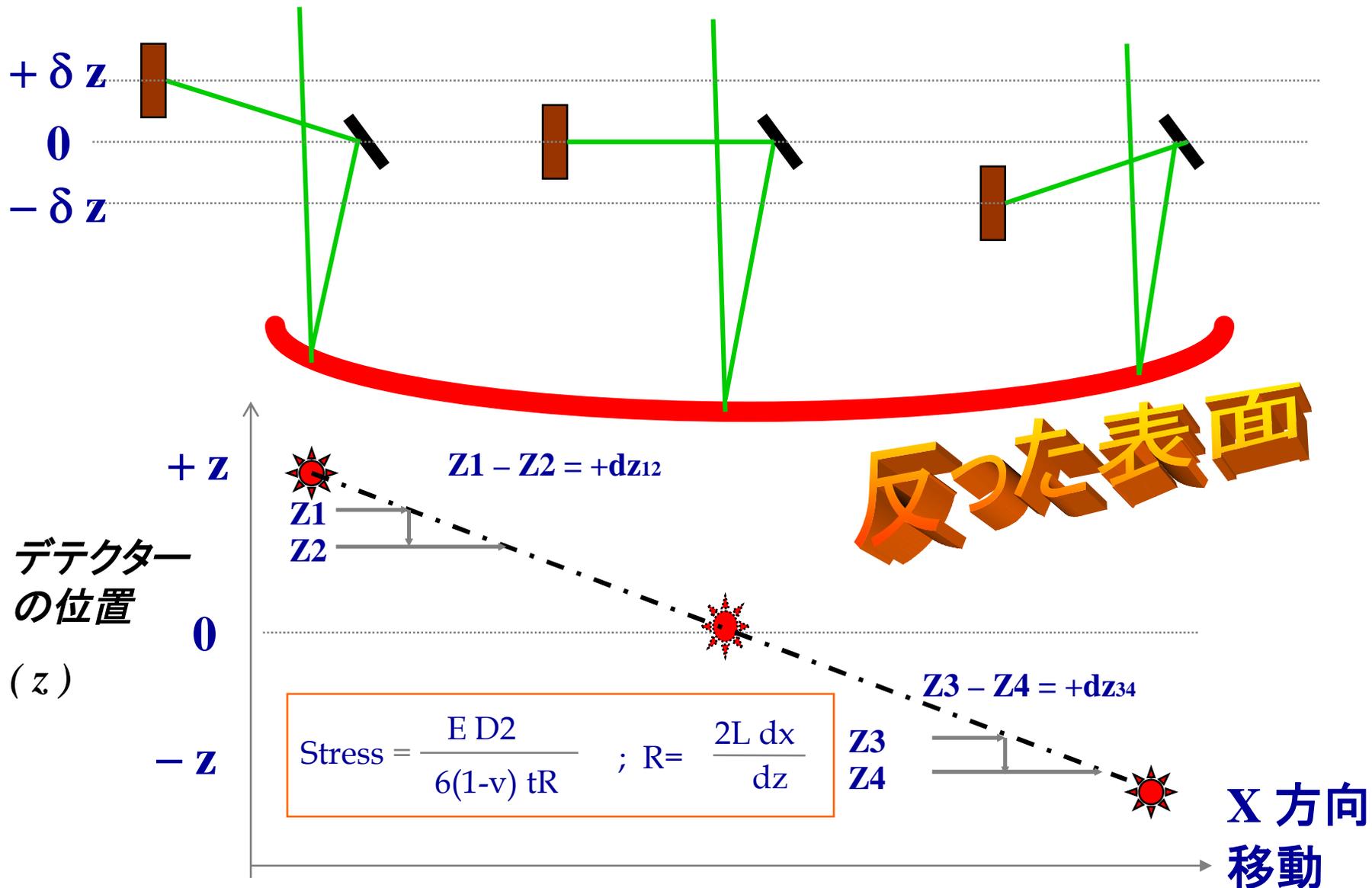
薄膜の成膜

2. 成膜後の表面プロファイル測定
(セカンドスキャン又はマップ)

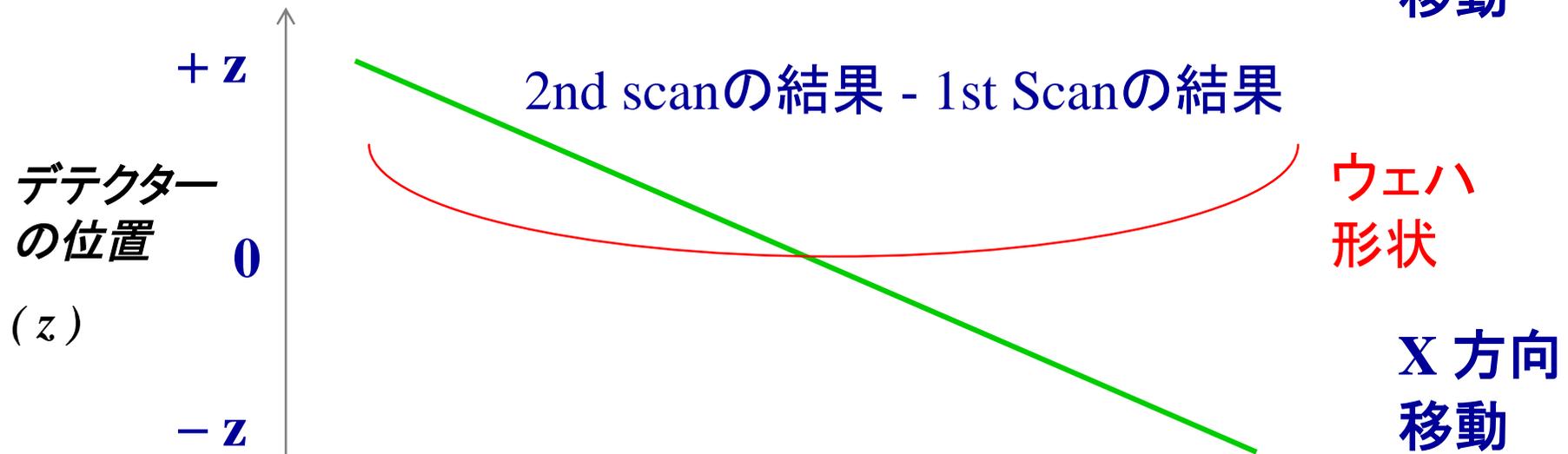
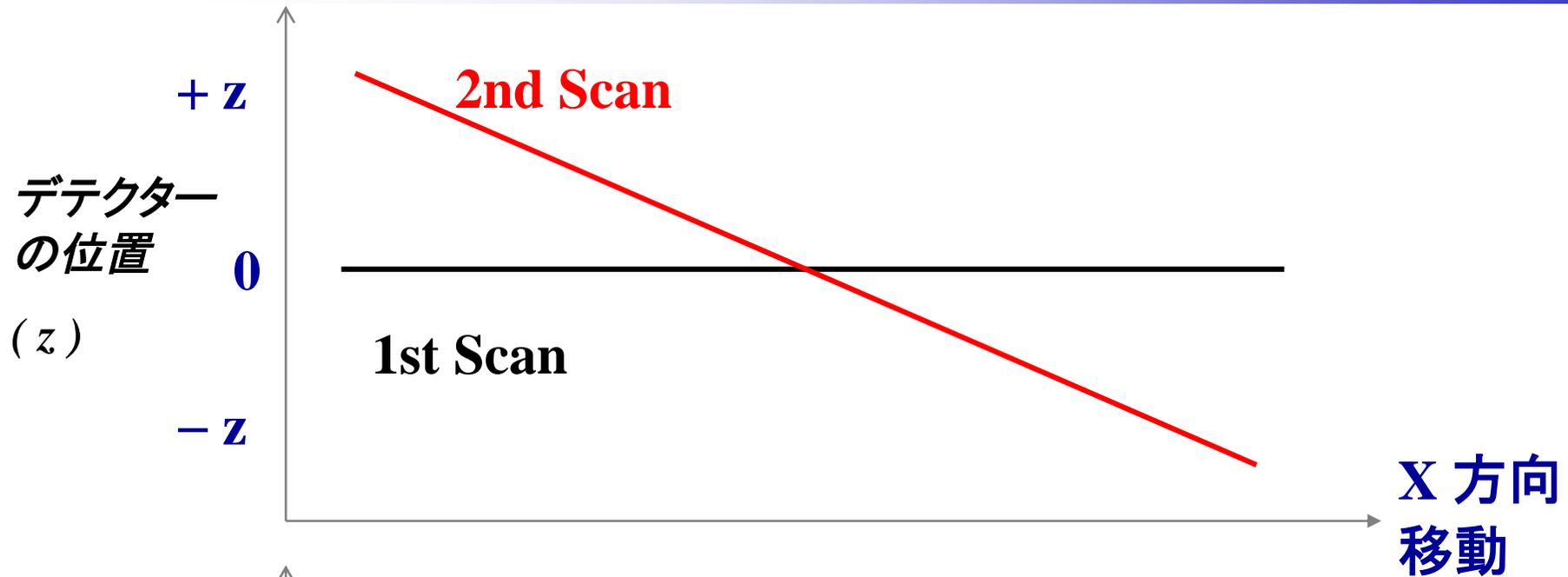
デテクターのビーム位置対スキャン距離(X)



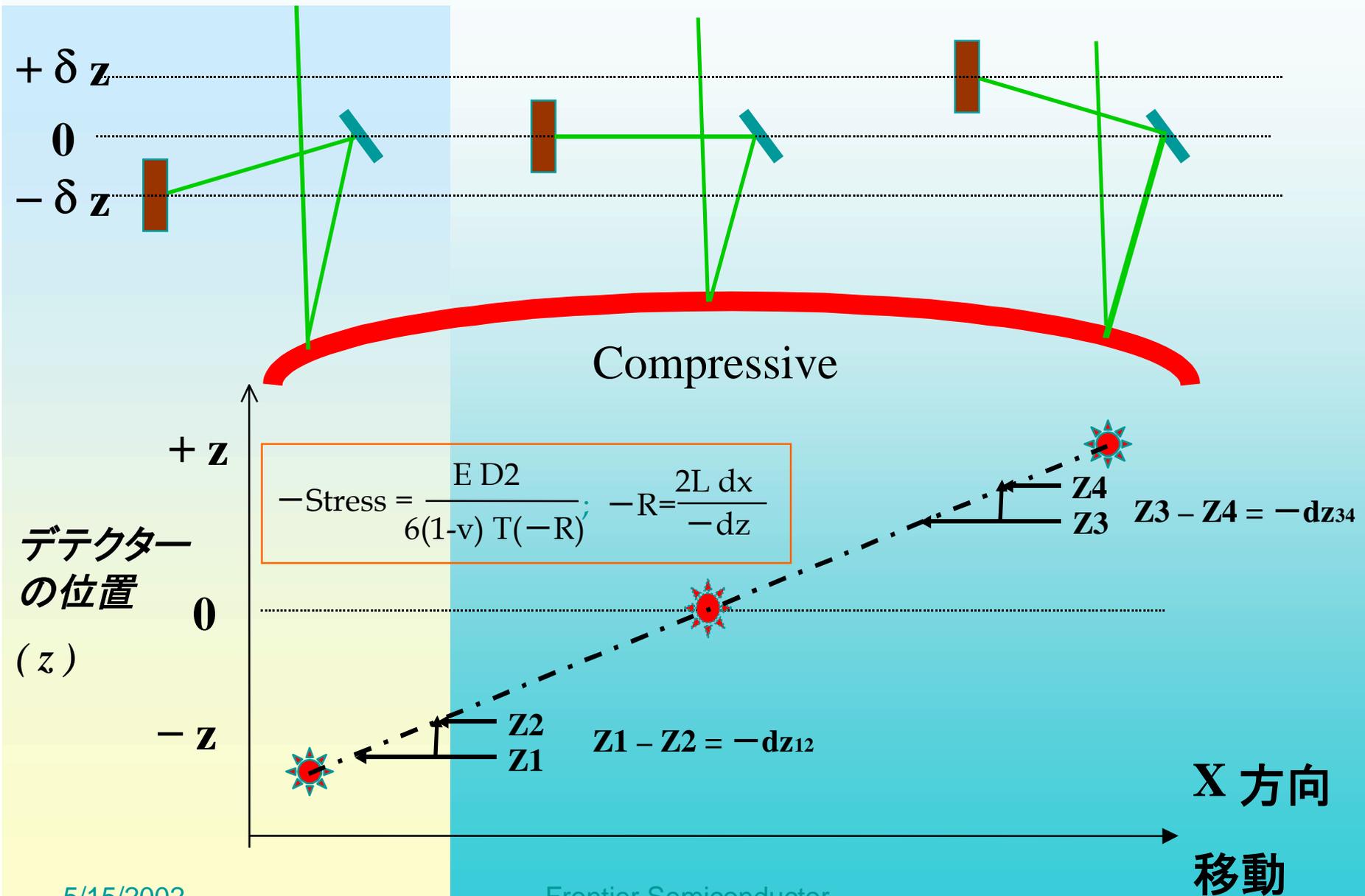
デテクターのビーム位置対スキャン距離(X)



デテクターのビーム位置対スキャン距離(X)



デテクターのビーム位置対スキャン距離(X)



応力の計算式

スティーニーの公式

$$\text{応力} = \frac{E D^2}{6(1-\nu)} \frac{1}{t R}$$

where(説明):

E = Young's Modulus(ヤング率)

ν = Poisson's Ratio(ポアソン比)

D = Substrate thickness(基板厚さ)

t = Film Thickness(膜の厚さ)

R = Radius curvature change

(曲率半径の変化)

(R はスキャンを行っている時に下記測定から導き出される :

$R = 2L D_x/D_z$), この時、L = Beam path(ビームパス)

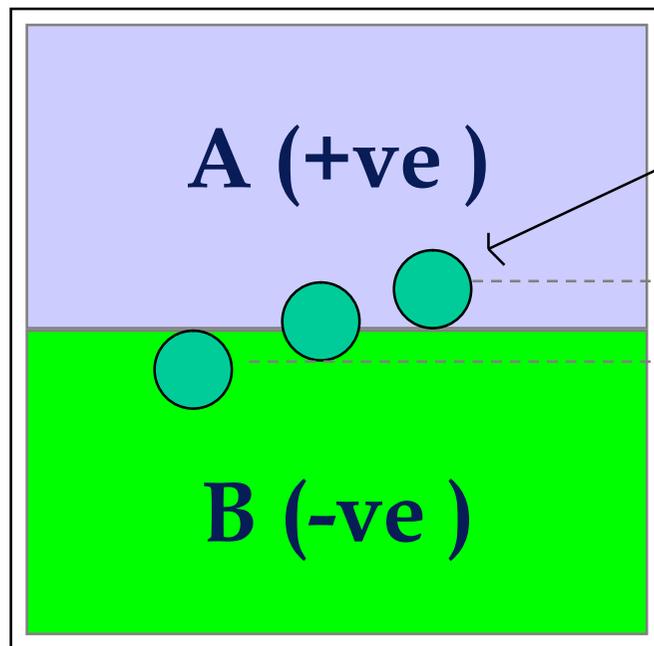
応力値の精度

- ストローニーの公式は、 $D \gg t$ の時に正確である。
- 応力値の精度は、下記によって大きく左右される：
 - 装置精度 (R即ち曲率面の変化の測定精度)
 - D と t の設定値の精度 (基板厚さと膜の厚さ)

FSM の精密位置検知フォトデテクター

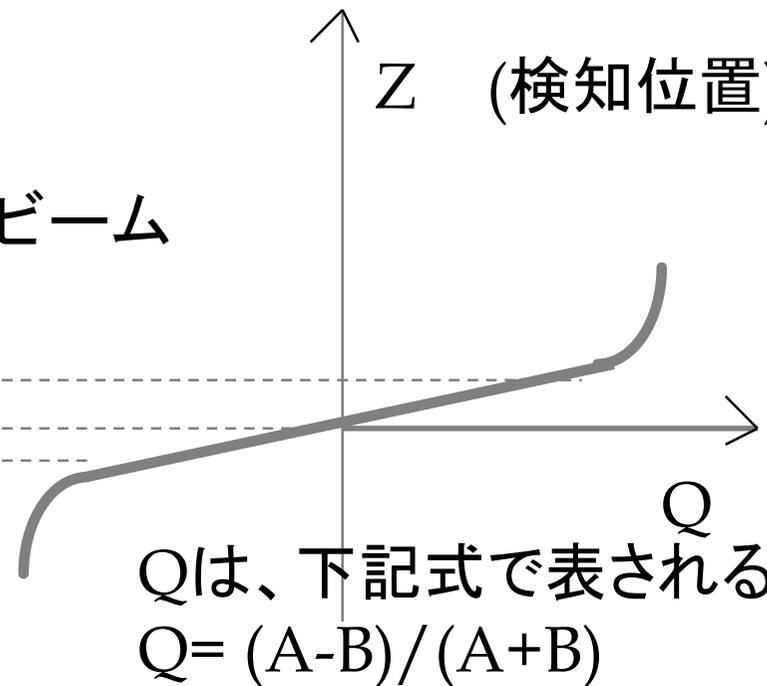
原理

フォトデテクター



レーザービーム
スポット

Z (検知位置)



フォトデテクターは、AとBの境に
レーザー光が来る様に移動する

Frontier Semiconductor

レーザーを2本使う利点

“ある特定の膜厚範囲で、測定が困難となるような干渉を起こす薄膜、例えば、窒化膜のような膜に対応する為”

何故3D、2D マッピングを必要とするのか？

“ ウェハサイズが大きくなるに従って、応力を監視する必要性が更に強まっている。

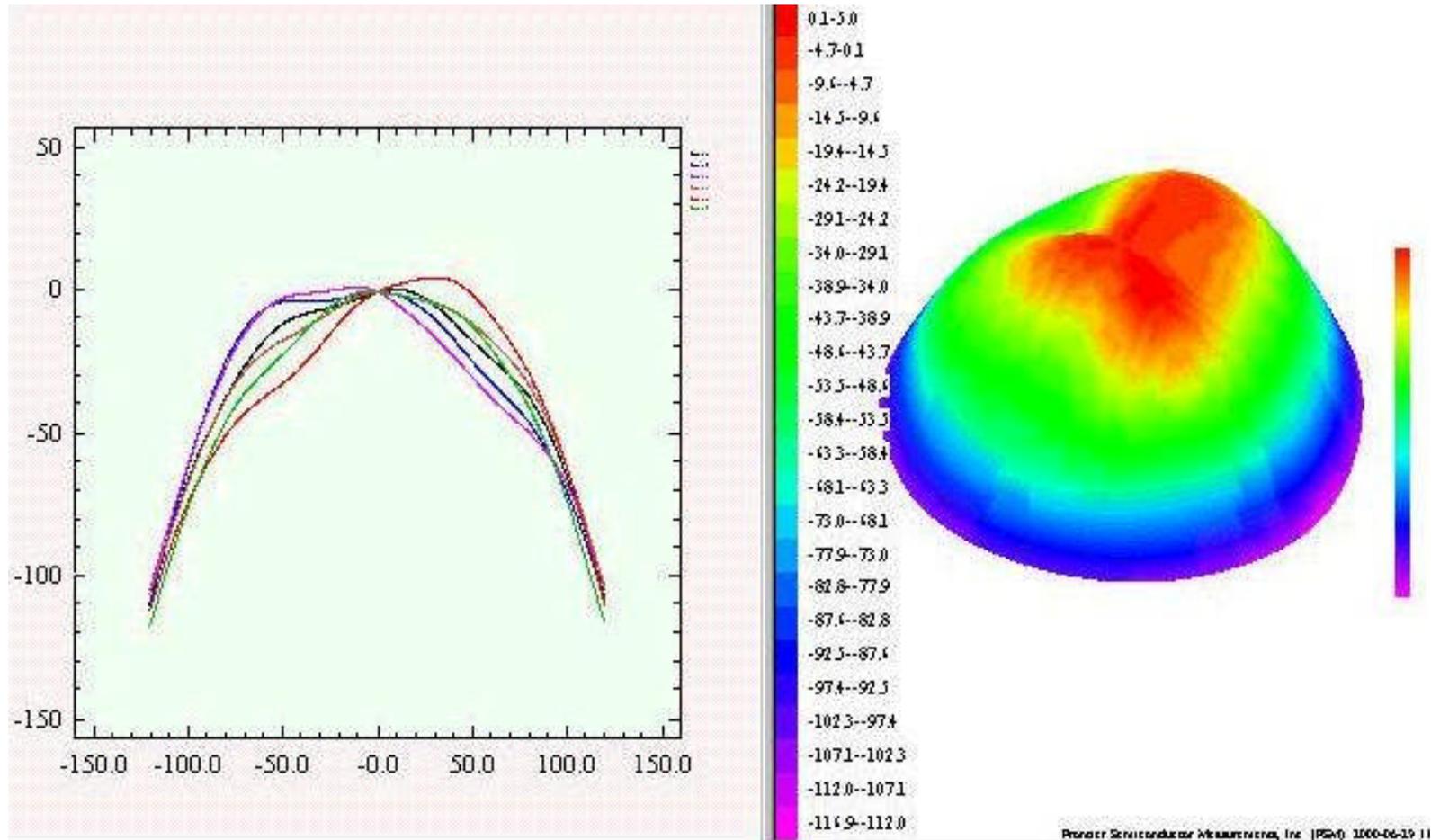
ウェハ上を走査するシングルスキャンラインだけでは、ウェハ全体の傾向を表すことは出来なくなっている。

何故なら、ウェハの反りと応力はより不均一になる傾向を持っている為。”

ウェハのマッピング

- ウェハのマッピングは、ウェハ中心を通る直径距離を走査する何本かの線によって形成されます。
- 通常は、モーターによって回転するステージ上にウェハを置くことで、マッピングを行います。
- 3D, 2D 又は等高線マッピングは成膜された膜又はウェハ反りの不均一な場所を表示します。

ウェハのマッピング



応力測定装置のモデル(常温タイプ)



FSM 128



FSM 128C2G



FSM 128G



複数のウェハサイズに対応するステージ

Multi-sample size wafer stage



セットアップ画面

Setup wafers : Recipe = No name

Thickesses			
Slot	Wafer	Film	
1	<input checked="" type="checkbox"/> 0.77	500	
2	<input type="checkbox"/> 3.1405	0	
3	<input type="checkbox"/> 3.1850	0	
4	<input type="checkbox"/> 3.1110	0	
5	<input type="checkbox"/> 0	0	
6	<input type="checkbox"/> 0	0	
7	<input type="checkbox"/> 0	0	
8	<input type="checkbox"/> 0	0	
9	<input type="checkbox"/> 0	0	
10	<input type="checkbox"/> 0	0	
11	<input type="checkbox"/> 0	0	
12	<input type="checkbox"/> 0	0	
13	<input type="checkbox"/> 0	0	

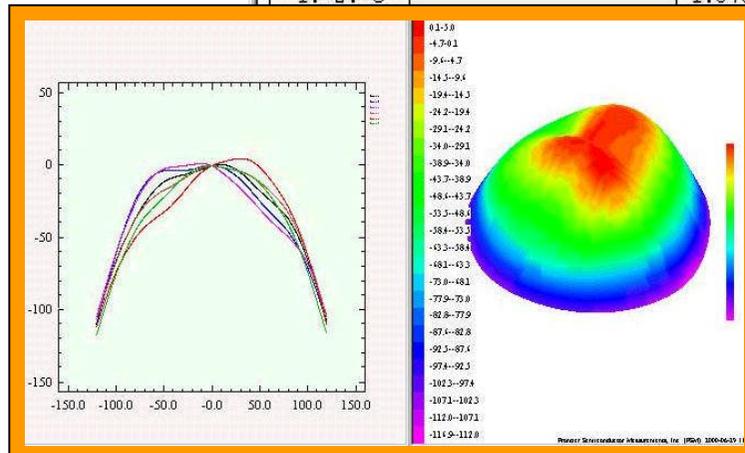
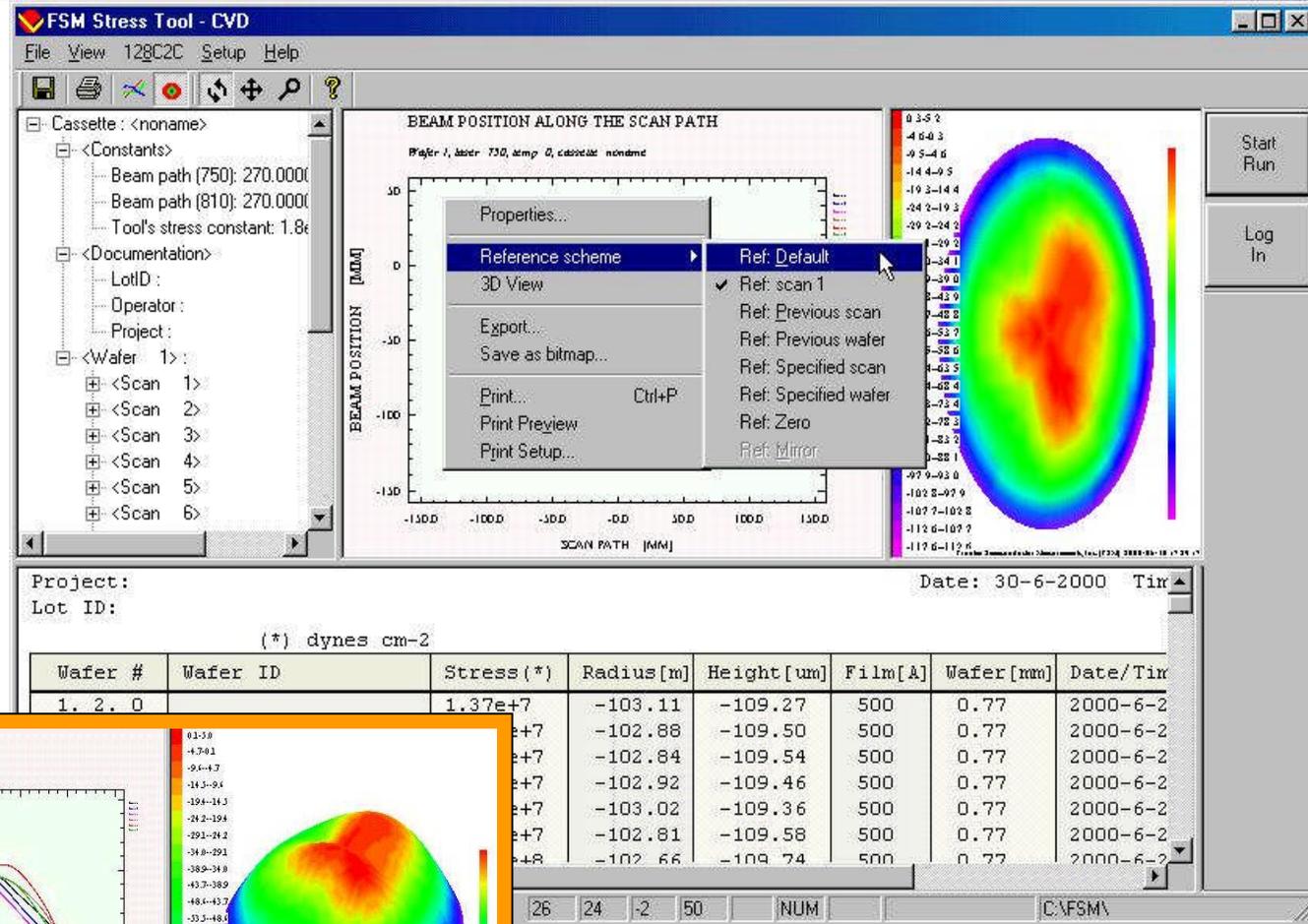
Thickesses			
Slot	Wafer	Film	
14	<input type="checkbox"/> 0	0	
15	<input type="checkbox"/> 0	0	
16	<input type="checkbox"/> 0	0	
17	<input type="checkbox"/> 0	0	
18	<input type="checkbox"/> 0	0	
19	<input type="checkbox"/> 0	0	
20	<input type="checkbox"/> 0	0	
21	<input type="checkbox"/> 0	0	
22	<input type="checkbox"/> 0	0	
23	<input type="checkbox"/> 0	0	
24	<input type="checkbox"/> 0	0	
25	<input type="checkbox"/> 0	0	

Note : Units -- Wafer : mm, Film : A

Select all Use this wafer thickness Use this film thickness
 Do not use scale mm. Ang.

Buttons: Cancel, First Map, Second Map, Recipe

FSM 128L シリーズの3Dマップ付き測定結果

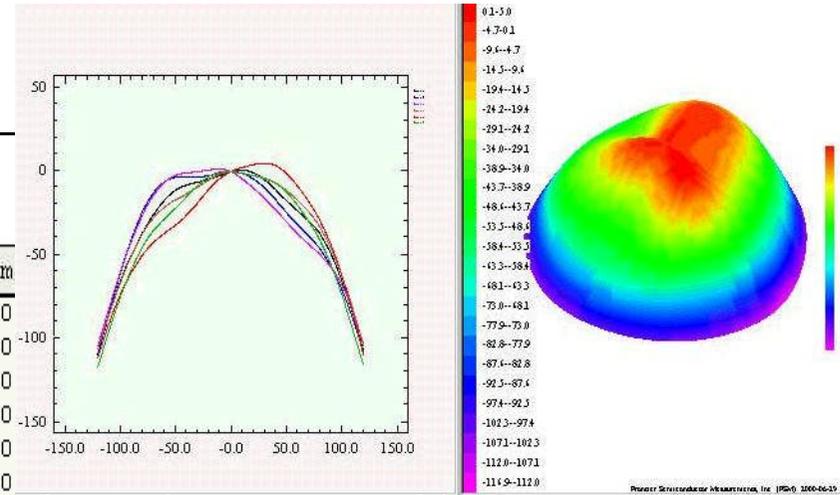


測定データのエキスポート、マップ及びグラフ

Project:
Lot ID:

(*) dynes cm-2

Wafer #	Wafer ID	Stress(*)	Radius[m]	Height[um]	Film
1. 2. 0		1.37e+7	-103.11	-109.27	500
1. 3. 0		-5.81e+7	-102.88	-109.50	500
1. 4. 0		-7.15e+7	-102.84	-109.54	500
1. 5. 0		-4.45e+7	-102.92	-109.46	500
1. 6. 0		-1.45e+7	-103.02	-109.36	500
1. 7. 0		-8.43e+7	-102.81	-109.58	500
1. 8. 0		-1.34e+8	-102.66	-109.74	500
1. 9. 0		-1.97e+8	-102.47	-109.94	500
1.10. 0		-1.67e+8	-102.55	-109.84	500
1.11. 0		-1.57e+8	-102.59	-109.81	500
1.12. 0		-2.28e+8	-102.38	-110.04	500
1.13. 0		-2.20e+8	-102.39	-110.01	500
1.14. 0		-2.53e+8	-102.30	-110.12	500
1.15. 0		-3.14e+8	-102.12	-110.31	500
1.16. 0		-2.74e+8	-102.24	-110.18	500
1.17. 0		-2.81e+8	-102.23	-110.20	500
1.18. 0		-3.51e+8	-102.02	-110.42	500
1.19. 0		-3.87e+8	-101.91	-110.54	500
1.20. 0		-3.74e+8	-101.95	-110.50	500

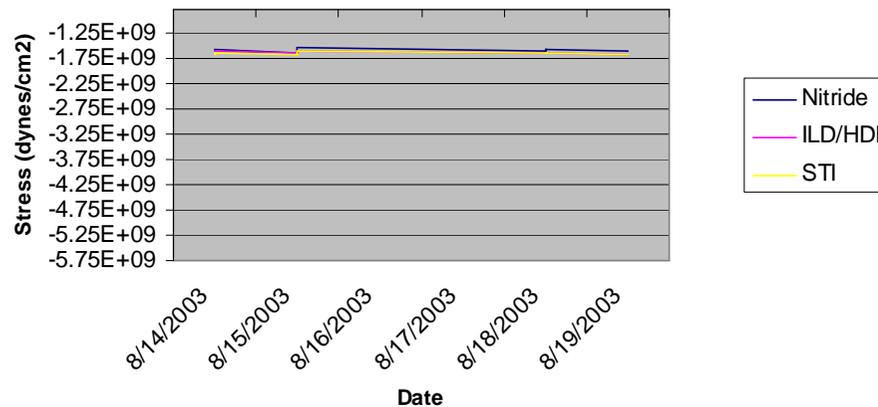


Exporting Data

FSM 128L シリーズでの長期安定性調査

Date-Time	Nitride	ILD/HDP	STI
8/14/2003 12:45	-1.63E+09	-1.67E+09	-1.71E+09
8/14/2003 14:50	-1.62E+09	-1.67E+09	-1.68E+09
8/14/2003 16:52	-1.61E+09	-1.66E+09	-1.66E+09
8/14/2003 18:57	-1.58E+09	-1.64E+09	-1.67E+09
8/15/2003 8:40	-1.65E+09	-1.67E+09	-1.71E+09
8/15/2003 10:44	-1.63E+09	-1.68E+09	-1.71E+09
8/15/2003 12:51	-1.62E+09	-1.67E+09	-1.70E+09
8/15/2003 15:04	-1.65E+09	-1.66E+09	-1.67E+09
8/15/2003 17:28	-1.56E+09	-1.64E+09	-1.63E+09
8/18/2003 8:43	-1.62E+09	-1.65E+09	-1.66E+09
8/18/2003 10:50	-1.60E+09	-1.65E+09	-1.66E+09
8/18/2003 12:54	-1.62E+09	-1.65E+09	-1.66E+09
8/18/2003 14:45	-1.57E+09	-1.64E+09	-1.64E+09
8/18/2003 16:54	-1.60E+09	-1.66E+09	-1.67E+09
8/19/2003 8:50	-1.63E+09	-1.68E+09	-1.69E+09
Average	-1.61E+09	-1.66E+09	-1.67E+09
Standard Dev.	2.52E+07	1.48E+07	2.44E+07

Gauge Study on FSM 128L Stress Tool



他のアプリケーション

パターンウェハ上での膜応力及び ウェハ反り測定

FSM 128 シリーズ



Phone : 408-452-8898

Email: fsm100@frontiersemi.com

fsm100@aol.com

パターンウェハ上での膜応力及びウェハ反り測定

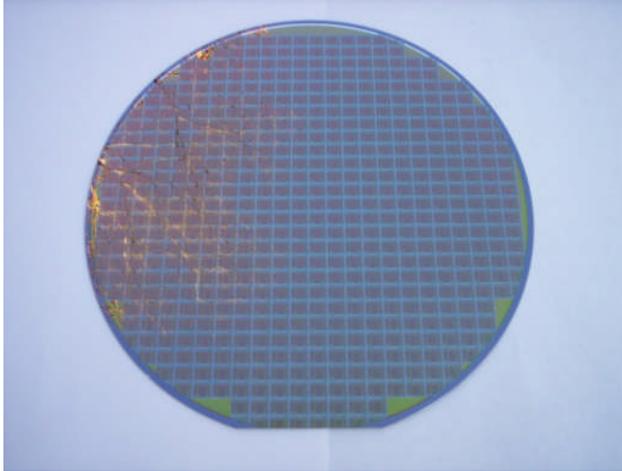
下記データは、3種類の違うチップサイズの“最悪ケースの”パターンウェハをFSM128シリーズで測定したデータです。

(これらのウェハは、製造工程を完全に経てきたウェハであり、金属膜やマッシュベーション膜の成膜工程を経ており複雑なパターンや表面形状をしているものです。)

ほとんどの場合、前工程のパターンウェハは、そのような複雑な構造や表面形状を持ってはいません。

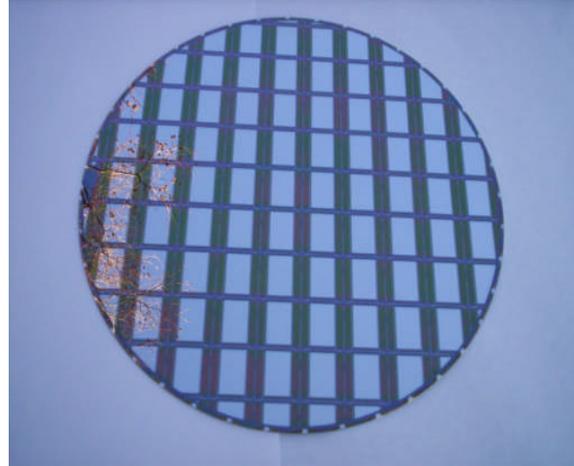
想定膜厚：1 ミクロン(micron)

パターンウェハ測定



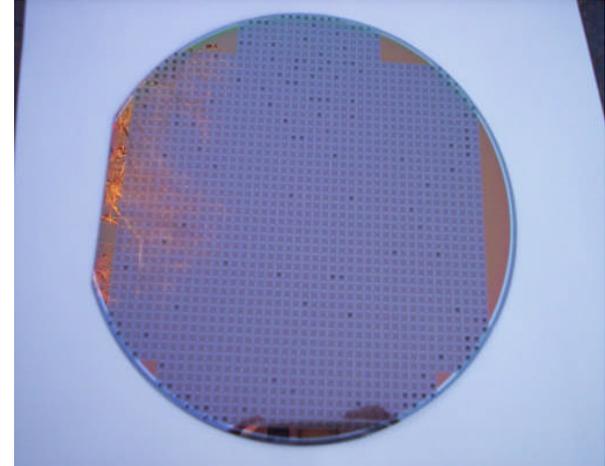
パターンウェハ 1

中密度のパターン



パターンウェハ 2

低密度のパターン



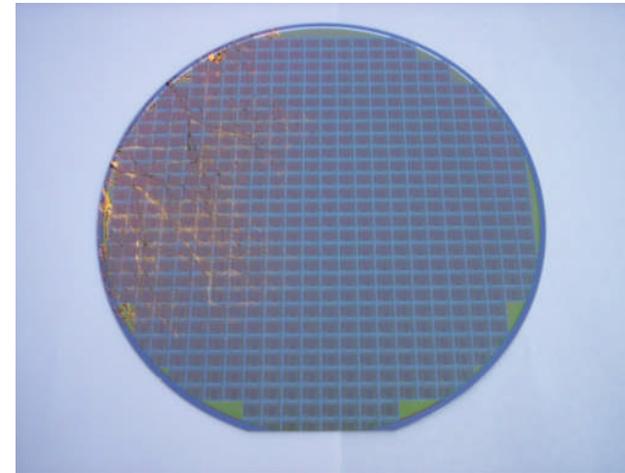
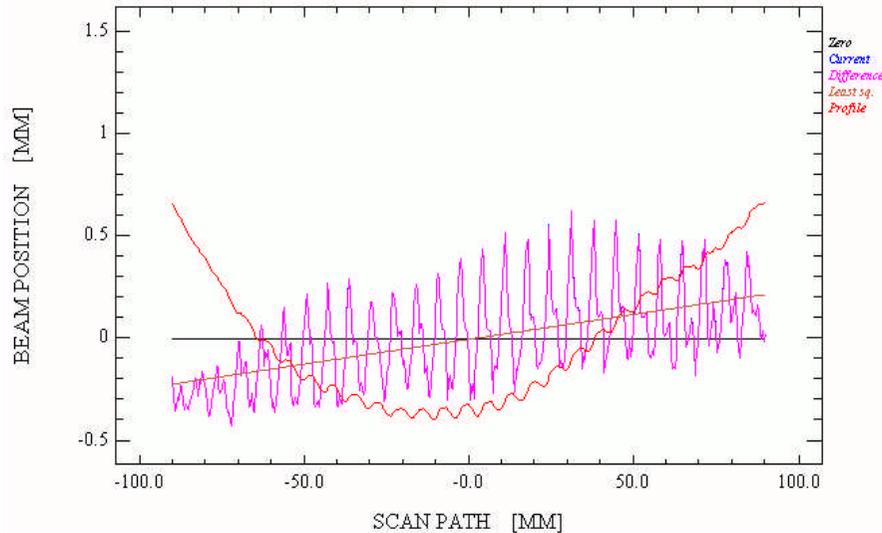
パターンウェハ 3

高密度のパターン

パターンウェハ 1(中密度) – 再現性 5 回測定

BEAM POSITION ALONG THE SCAN PATH_PATTERNEDED WAFER

Wafer 1, scan 5, line 1, laser: 650, temp: -1 cassette: noname



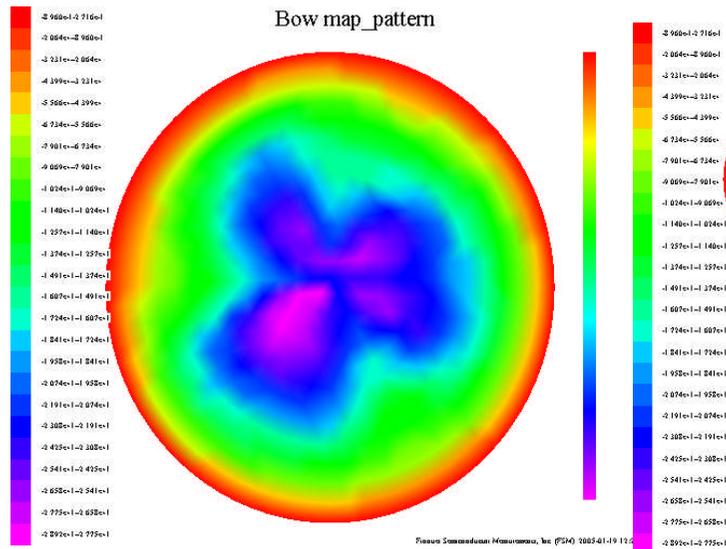
Project:
Lot ID: Patterned Wafer 1

Date: 19-1-2005 Time: 12:14:7

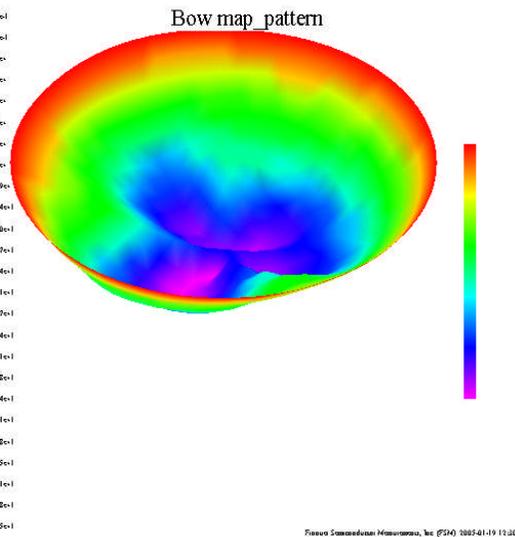
Wafer #	Wafer ID	Stress[*] MPa	Radius[m]	Height[um]	Film [A]	Wafer[mm]	Date/Time
1. 1. 1	Patterned Wafer	49.99	220.12	22.72	1e+4	0.725	2005-1-19 12:06:54
1. 2. 1	Patterned Wafer	49.56	222.01	22.52	1e+4	0.725	2005-1-19 12:07:53
1. 3. 1	Patterned Wafer	49.95	220.27	22.70	1e+4	0.725	2005-1-19 12:08:55
1. 4. 1	Patterned Wafer	49.63	221.69	22.55	1e+4	0.725	2005-1-19 12:09:57
1. 5. 1	Patterned Wafer	49.9	220.49	22.68	1e+4	0.725	2005-1-19 12:10:52

標準偏差 (応力) : 0.7% : (反り) : 0.4%

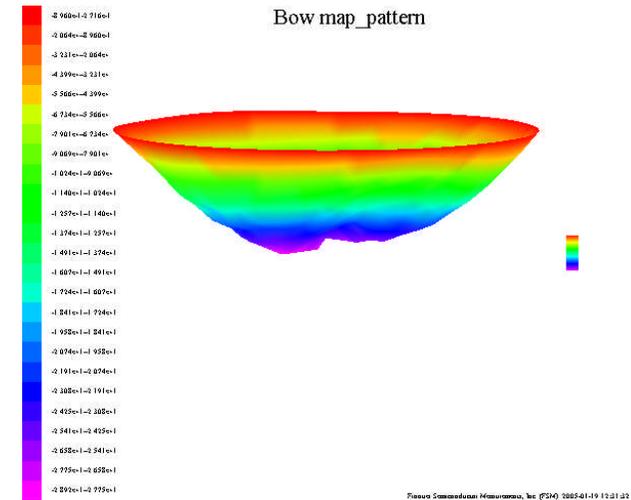
パターンウェハ 1(中密度) - 6 ラインマップ測定



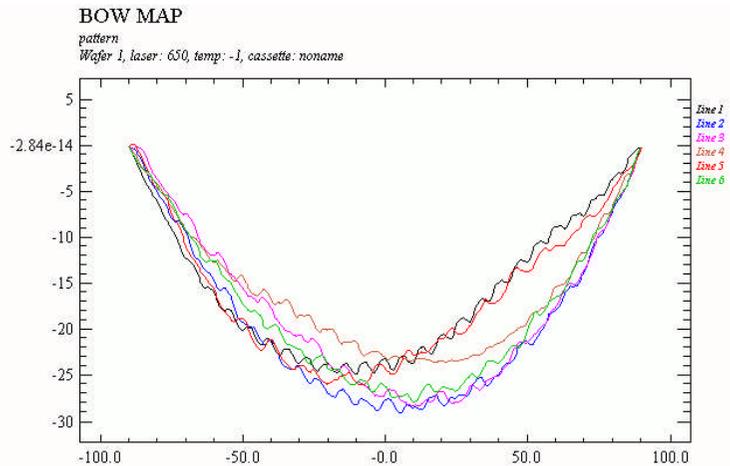
傾きゼロ



傾き45度



傾き90度



6 ラインオーバーレイマッププロフィール

Project:
Lot ID: Patterned map

Date: 19-1-2005 Time: 12:23:57

(*) MPa

Operator:

Wafer #	Wafer ID	Stress(*)	Radius[m]	Height[um]	Film [A]	Wafer[mm]	Date/Time
1. 1. 0	pattern	55.21	200.32	25.09	1e+4	0.725	2005-1-19 12:17:31
1. 1. 1	pattern	50.72	216.93	23.05	1e+4	0.725	2005-1-19 12:17:31
1. 1. 2	pattern	60.56	181.69	27.52	1e+4	0.725	2005-1-19 12:18:28
1. 1. 3	pattern	58.88	186.86	26.76	1e+4	0.725	2005-1-19 12:19:24
1. 1. 4	pattern	50.52	217.82	22.96	1e+4	0.725	2005-1-19 12:20:18
1. 1. 5	pattern	53.17	206.95	24.16	1e+4	0.725	2005-1-19 12:21:24
1. 1. 6	pattern	57.4	191.69	26.08	1e+4	0.725	2005-1-19 12:22:30

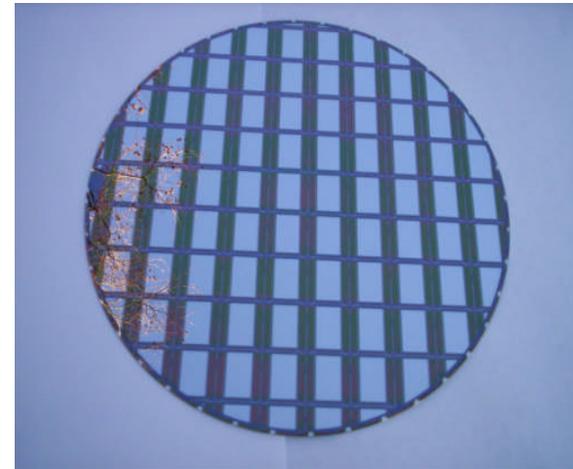
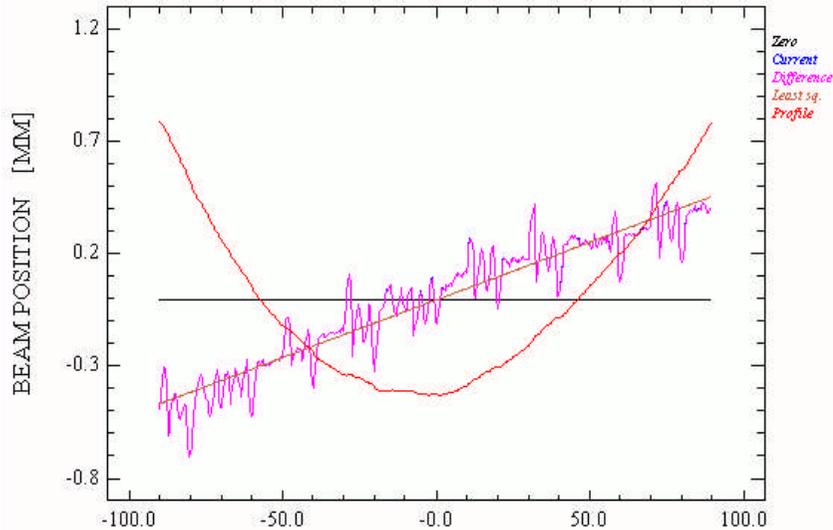
応力、曲率半径、ウェハ反りの6ラインマップデータ

パターンウェハ 2(低密度) – 再現性 10 回測定

BEAM POSITION ALONG THE SCAN PATH

pattern 2

Wafer 1, scan 1, line 1, laser: 650, temp: -1 cassette: noname



Project:

Lot ID: Patterned 2 _Repeat

Date: 19-1-2005 Time: 13:6:42

[*] MPa

Operator:

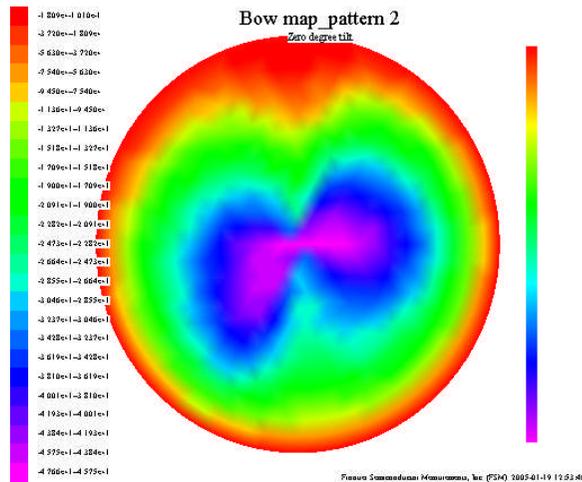
Wafer #	Wafer ID	Stress[*]	Radius[m]	Height[um]	Film [A]	Wafer[mm]	Date/Time
1. 1. 1	pattern 2	106.9	102.93	48.58	1e+4	0.725	2005-1-19 12:58:58
1. 2. 1	pattern 2	107	102.84	48.62	1e+4	0.725	2005-1-19 12:59:46
1. 3. 1	pattern 2	107.1	102.77	48.65	1e+4	0.725	2005-1-19 13:00:40
1. 4. 1	pattern 2	107.2	102.68	48.69	1e+4	0.725	2005-1-19 13:01:29
1. 5. 1	pattern 2	107.2	102.67	48.70	1e+4	0.725	2005-1-19 13:02:17
1. 6. 1	pattern 2	107.1	102.76	48.66	1e+4	0.725	2005-1-19 13:03:10
1. 7. 1	pattern 2	107.1	102.70	48.69	1e+4	0.725	2005-1-19 13:04:00
1. 8. 1	pattern 2	107.1	102.71	48.68	1e+4	0.725	2005-1-19 13:04:52
1. 9. 1	pattern 2	107	102.80	48.64	1e+4	0.725	2005-1-19 13:05:39
1.10. 1	pattern 2	107	102.81	48.63	1e+4	0.725	2005-1-19 13:06:31

標準偏差

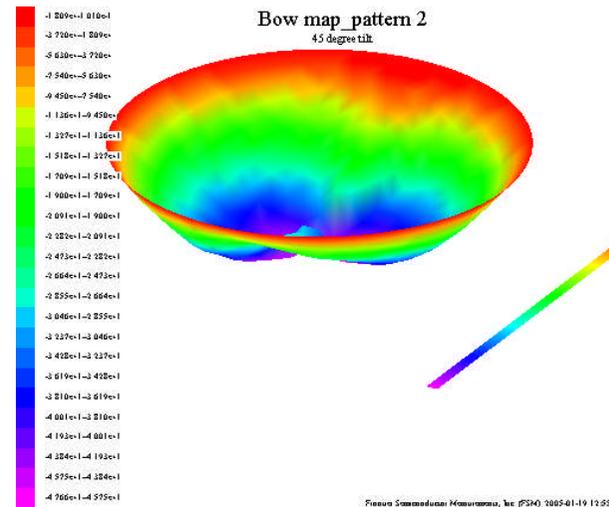
応力: 0.08%

反り: 0.08%

パターンウェハ 2(低密度) - 6 ラインマップ測定

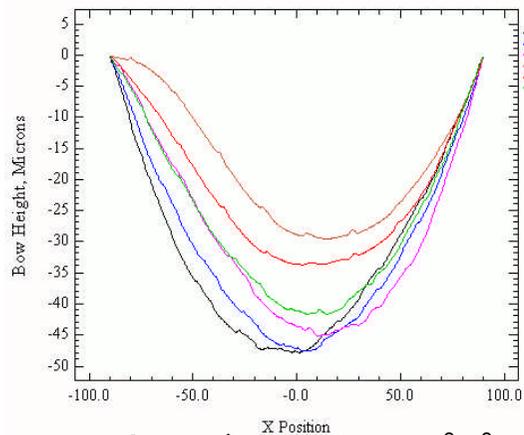


傾きゼロ



傾き45度

BOW MAP - 6 LINES
pattern 2 map
Wafer 2, laser: 650, temp: -1, cassette: noname



6 ラインオーバーレイマッププロフィール

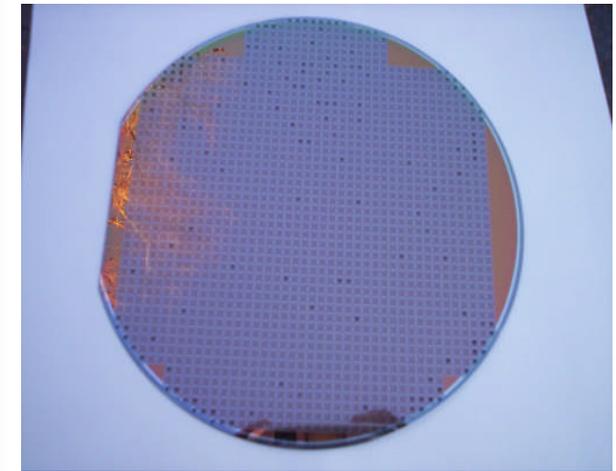
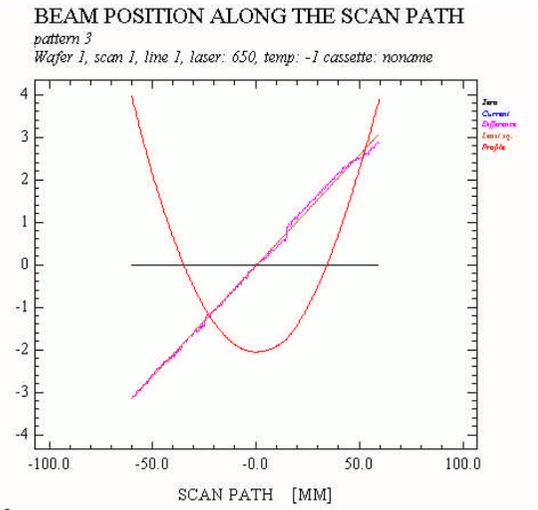
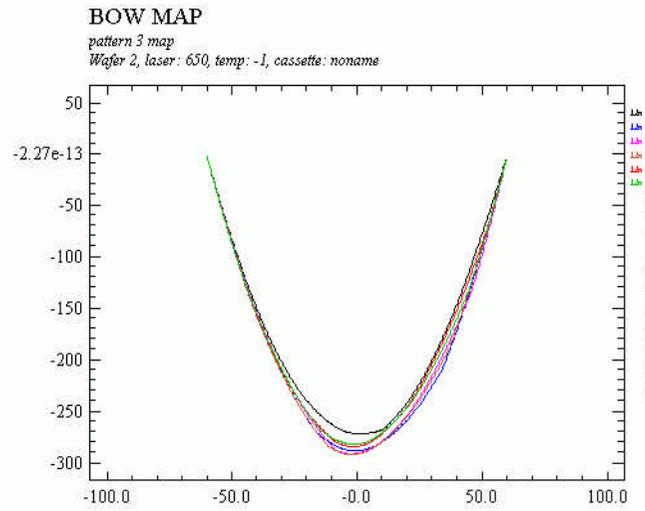
Project:
Lot ID:

Date: 19-1-2005 Time: 12:52:16

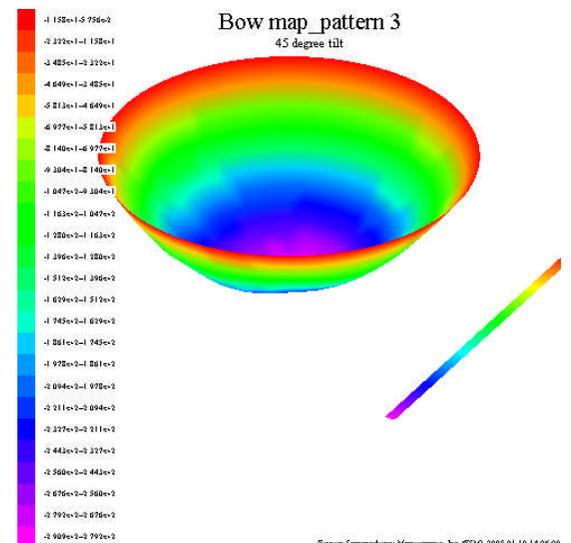
Wafer #	Wafer ID	Stress[MPa]	Radius[m]	Height[um]	Film [A]	Wafer[mm]	Operator:
1. 1. 1	pattern 2	104.9	104.85	47.69	1e+4	0.725	2005-1-19 12:37:44
2. 1. 0	pattern 2 map	88.34	128.84	40.14	1e+4	0.725	2005-1-19 12:40:33
2. 1. 1	pattern 2 map	104.4	105.35	47.46	1e+4	0.725	2005-1-19 12:40:33
2. 1. 2	pattern 2 map	103.2	106.65	46.88	1e+4	0.725	2005-1-19 12:41:29
2. 1. 3	pattern 2 map	95.57	115.13	43.43	1e+4	0.725	2005-1-19 12:42:18
2. 1. 4	pattern 2 map	63.13	174.29	28.69	1e+4	0.725	2005-1-19 12:43:04
2. 1. 5	pattern 2 map	73.59	149.52	33.44	1e+4	0.725	2005-1-19 12:43:53
2. 1. 6	pattern 2 map	90.1	122.12	40.94	1e+4	0.725	2005-1-19 12:44:39

応力、曲率半径、ウェハ反りの6ラインマップデータ

パターンウェハ 3(高密度) – スキャンとマップ測定



6ラインオーバーレイマッププロフィール



Project:
Lot ID:

Date: 19-1-2005 Time: 14:29:21

Wafer #	Wafer ID	Stress(*) MPa	Radius[m]	Height[um]	Film [A]	Wafer[mm]	Date/Time	Operator:
1. 1. 1	pattern 3	1048	10.35	271.74	1e+4	0.72	2005-1-19 14:12:30	
2. 1. 0	pattern 3 map	1095	9.92	283.67	1e+4	0.72	2005-1-19 14:18:11	
2. 1. 1	pattern 3 map	1044	10.39	270.58	1e+4	0.72	2005-1-19 14:18:11	
2. 1. 2	pattern 3 map	1109	9.79	287.35	1e+4	0.72	2005-1-19 14:19:11	
2. 1. 3	pattern 3 map	1118	9.71	289.67	1e+4	0.72	2005-1-19 14:20:17	
2. 1. 4	pattern 3 map	1121	9.68	290.49	1e+4	0.72	2005-1-19 14:21:20	
2. 1. 5	pattern 3 map	1092	9.94	283.01	1e+4	0.72	2005-1-19 14:22:27	
2. 1. 6	pattern 3 map	1084	10.01	280.91	1e+4	0.72	2005-1-19 14:23:30	

応力、曲率半径、ウェハ反りの6ラインマップデータ

まとめ

- FSM 128 シリーズは、チップ密度、表面形状及びウェハ反りが違う3種類のパターンウェハを全て簡単に測定することができた。
- 測定したデータは下記内容を含む：
膜応力, 曲率半径とウェハ反り
- 再現性データは、パターンウェハ上で 1 % 以下であった。

FSM 128 シリーズの利点

- 膜応力、ウェハ反りを非接触で測定。
- 低応力、高応力のどちらの膜でも精度良く測定。
- 40 データポイント/mm での走査。
- 絶縁膜であっても金属膜であっても再校正の必要なく使用可能。
- 湿度変化等の外部環境変化の影響を受けない。
- 工場現場において最も広く採用されている膜応力とウェハ反り測定技術である。
- ほとんどのパターンウェハで、膜応力とウェハ反り測定が可能。