

| T & M | Thin Film | ESD | Resistivity | Photoluminescence | Metrology |

Macro Inspection Tool for LED

Technology explained

- Several years ago US, Europe and Japan LED manufacturers were main player in the market. However Taiwan, Korea and China manufacturers entry the market. これまで、日本及び欧米のデバイスメーカー数社がメインプレーヤーであった高輝度LED市場に、韓国、中国などのメーカーが参入を開始した。
- The market will be growing but price of chip will be cheap hardly. The players have to reduce cost and improve the yield. 確実に市場は成長するが、競争の激化によりチップ単価の下落は激しく、メーカーは一層のコスト低減が必要と予想される。
- PSS(Patterned Sapphire Substrate) has some quality issues reason of the process, especially Photo Litho process. 現在、トレンドとなっているPSS(**Patterned Sapphire Substrate**) は、その製造工程(特にフォト・リソ工程)に問題を抱えている。
- Generally LED process doesn't have high lever inspection method & yield control method as same as Si device process. また、一般的にLED市場においては、Siデバイスのように完成度の高いインライン検査手法、歩留まり管理手法は確立していない。
- The player solve these issues will get higher margin and market share. 今後、これらの課題を早期に解決し、コスト低減、高い歩留まりでの大量生産を実現したメーカーが、高いシェアと収益性を得られると思われる。

■ **Each processes have typical defects relate to yield. The defects and reasons on Epitaxy are below.** LEDの歩留まりを左右する典型的な欠陥は、各プロセスごとに存在します。ここでは、エピタキ表面に発生する欠陥と、その主な発生原因を示します。

- Pit ピット
 - Pits & particles on Sapphire サファイア表面のピット及びパーティクル
- Bump バンブ
 - Pits & small particles on Sapphire サファイア表面のピット及び微小パーティクル
- Scratch スクラッチ
 - Scratch on Sapphire サファイア表面のスクラッチ
- Micro pit マイクロピット
 - Non-uniformly temperature & film stress in MO-CVD エピ成長中の温度分布や応力
- Rough surface on Epitaxy (Defocus) 大面積のエピのモホロジー異常(デフォーカス)
 - Bad focus in Stepper PSS形成露光時のフォーカスずれ
- Grid on Epitaxy 格子状のエピの異常成長(スティッチング異常)
 - Stetting fault in Stepper PSS形成露光(ステツバによる)時のアライメントずれ
- Repeatable defects on Epitaxy 等ピッチの発生するエピの異常成長
 - Contamination on photo mask マスクの汚れ

■ **Each processes have typical defects relate to yield. The defects and reasons on Epitaxy are below.** LEDの歩留まりを左右する典型的な欠陥は、各プロセスごとに存在します。ここでは、エピ表面に発生する欠陥と、その主な発生原因を示します。

- Pit ピット
 - Pits & particles on Sapphire サファイア表面のピット及びパーティクル
- Bump バンプ
 - Pits & small particles on Sapphire サファイア表面のピット及び微小パーティクル
- Scratch スクラッチ
 - Scratch on Sapphire サファイア表面のスクラッチ
- Micro pit マイクロピット
 - Non-uniformly temperature & film stress in MO-CVD エピ成長中の温度分布や応力
- Rough surface on Epitaxy (Defocus) 大面積のエピのモホロジー異常(デフォーカス)
 - Bad focus in Stepper PSS形成露光時のフォーカスずれ
- Grid on Epitaxy 格子状のエピの異常成長(スティッチング異常)
 - Stetting fault in Stepper PSS形成露光(ステツパによる)時のアライメントずれ
- Repeatable defects on Epitaxy 等ピッチの発生するエピの異常成長
 - Contamination on photo mask マスクの汚れ

■ **Bad effects to HB-LED** 各欠陥のデバイスへの影響

- Electrical short, low brightness, short life time, bad color, etc 動作不能、輝度低下、短寿命等、様々な悪影響があります

■ **Standard inspection method for improvement of Epi quality** エピ欠陥原因の主な検査手法(欠陥防止のための検査)

■ **Micro inspection**

- For pit, bump, scratch on Epitaxy ピット・ヒロック・スクラッチ・マイクロピット
 - Particle, pit, scratch, bump and PSS defect inspection on sapphire by Candela Candelaによるパーティクル、ピット、バンプ、スクラッチ、パーティクルの検査

■ **Macro inspection**

- Rough surface, grid defect, repeatable defect on Epitaxy エピモホロジー異常、格子状エピ異常成長、等ピッチのエピ異常成長
 - Defect inspection after photo-litho process is effective but HB-LED manufacturer don't have good method フォトリソ工程後の欠陥検査が有効だが、HB-LEDメーカーは有効な手法を持っていない
- Now HB-LED manufacturers don't have inspection method of PSS defects. These defects will have large area and will be big problem of yield. 現在、検査手法が確立していないこれらの欠陥(PSS形成異常)は、非常に大きな欠陥になる傾向が高く、デバイスの歩留まりへの影響は大きい。
- If they detect these defects before PSS etching process and re-work wafers, they can get big improvement of yield. しかし、PSS形成前にこれらの欠陥を検出し、ウェハを再処理することが出来れば、歩留まりの大幅な改善が期待できる。

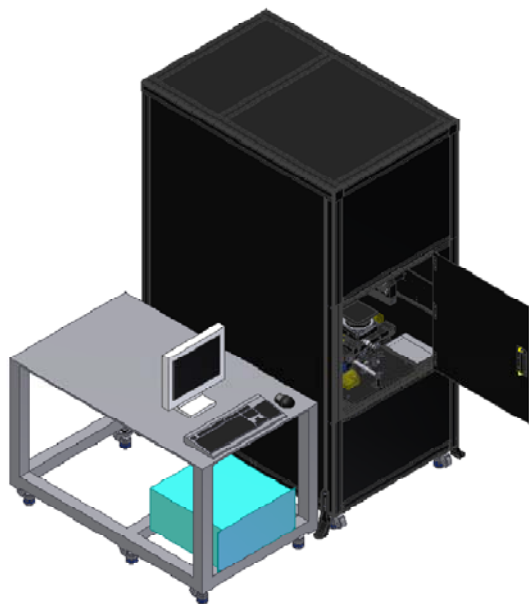
◆ **Bad effect to HB-LED** 各欠陥のデバイスへの影響

- **Electrical short, low brightness, short life time, bad color, etc** 動作不能、輝度低下、短寿命等、様々な悪影響があります

Defects before Epi エピ前検査対象	Defects after Epi 検査対象に起因するエピ欠陥	Tool 検査装置 Candela	Tool 検査装置 Macro inspection
Particle パーティクル	Pit & Bump ピット、バンブ	○	×
Pit & Bump ピット&バンブ	Pit & Bump ピット、バンブ	○	×
Scratch スクラッチ	Scratch スクラッチ	○	×
Defocus デフォーカス	Rough surface モホロジー異常	×	○
Stetting fault スティッチング異常	Grid defect 格子状の異常成長	×	○
Contamination on mask マスクの汚れ	Repeatable defect 等ピッチの異常成長	×	○

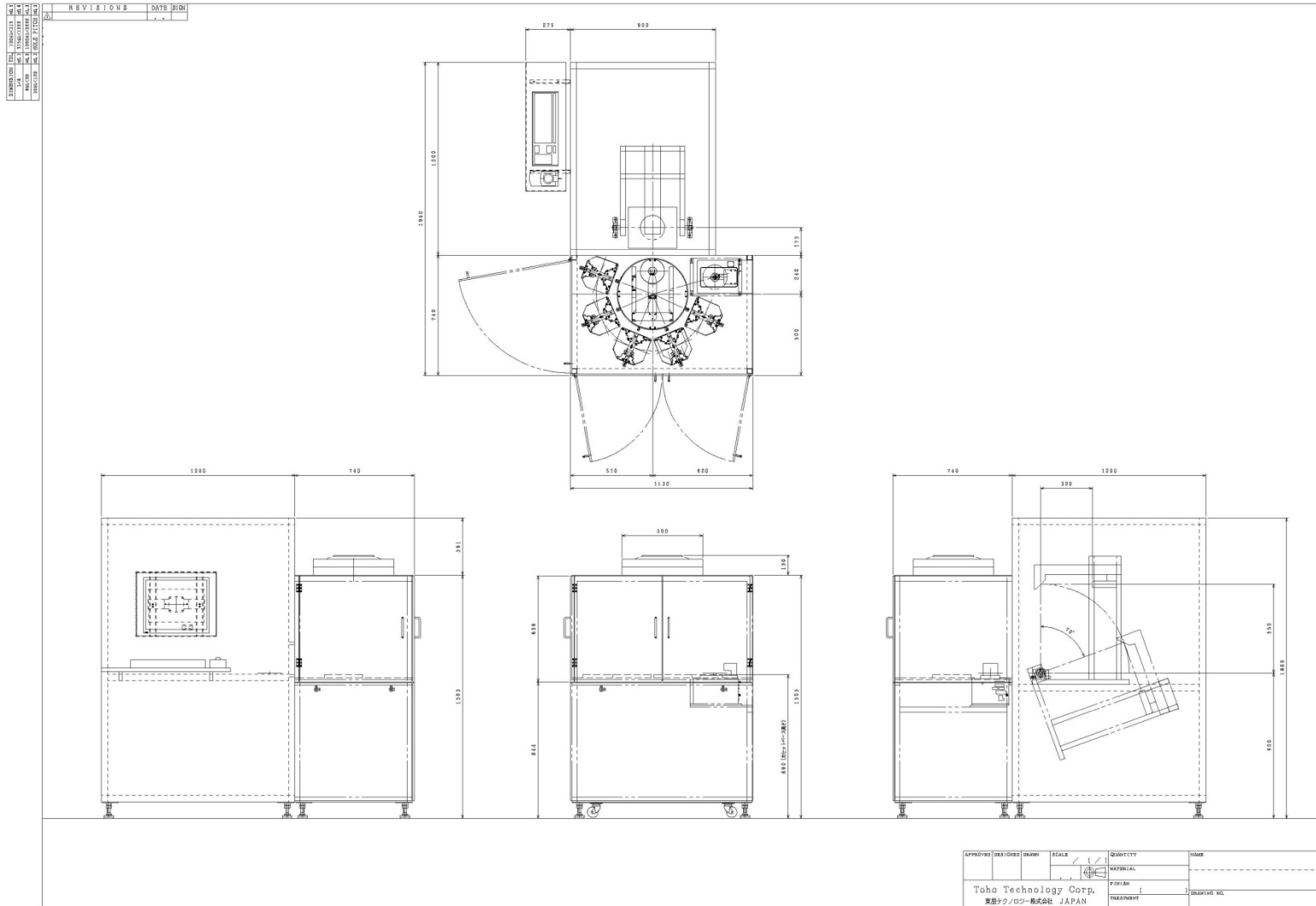
- **The purpose of new tool (SUTERUSU 150V) are macro inspection for PSS making process** ご紹介する装置は、サファイア上のPSS形成プロセスにおけるマクロ検査を目的としたものです。
- **SUTERUSU inspect defects before PSS etching. The purpose is re-work wafers and reduce critical defects after PSS etching.** ウェハの再処理が可能な段階での検査により、PSSエッチング後の致命的な不良の発生防止を目標としています。
- **Main process for macro inspection** 主な検査工程
 - After resist coating レジスト塗布後
 - After develop 現像後
 - After PSS etching PSS形成後
- **Especially inspection after coating and develop, SUTERAUSU detect ununiformed resist film, defect of patterned resist(defocus, stetting fault, etc). HB-LED manufacturers can rework wafers and save material cost.** 特に、レジスト塗布後及び現像後に検査を実施することで、レジスト膜の不均一、レジストパターンの不具合(局所的な異常、サイズの均一性など)を検出し、問題のあるウェハを再処理することで、材料のロスを防止できると考えています。

Over view of Manual tool 装置外観(手動機)



CONFIDENTIAL

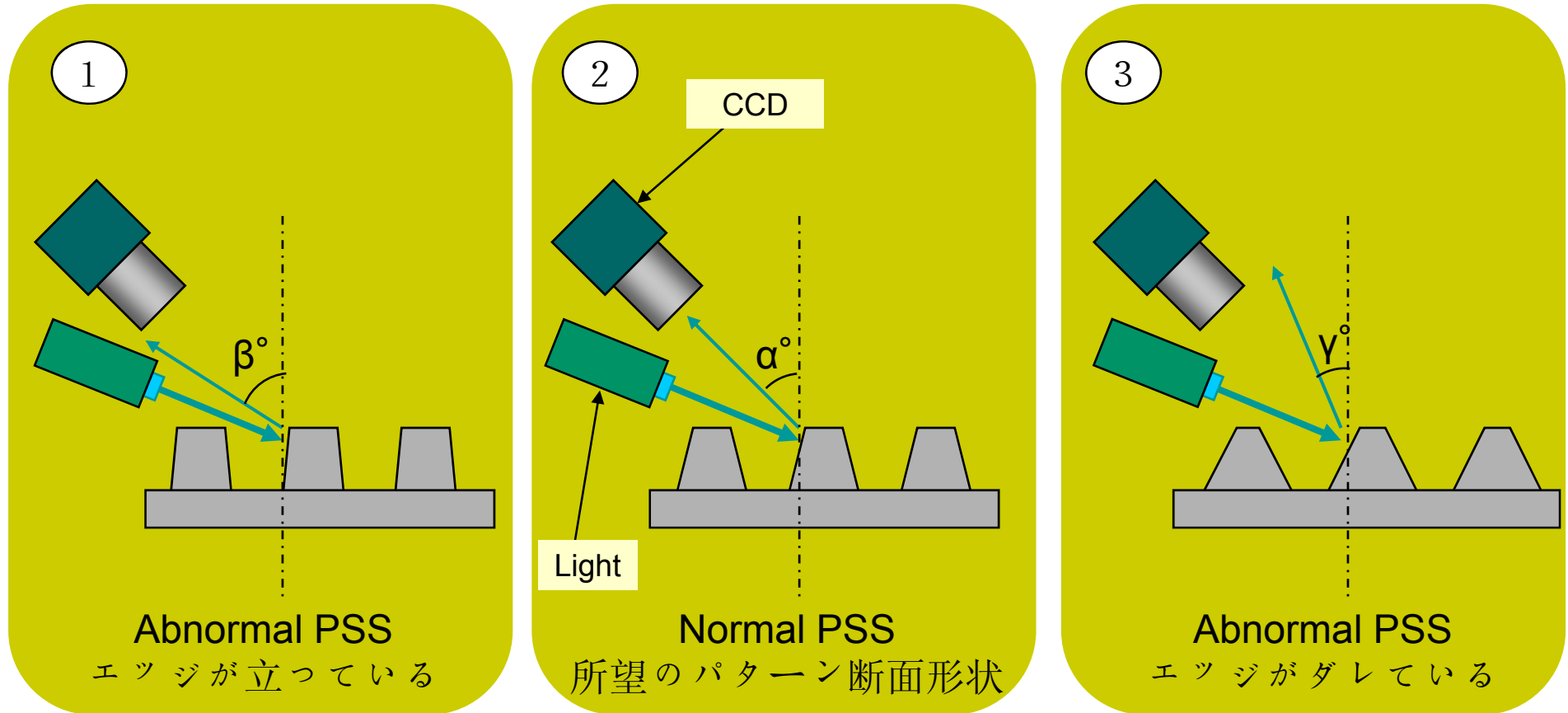
装置外観(自動機)



CONFIDENTIAL

Method of Macro inspections

マクロ検査技術の原理



Abnormal PSS (or patterned resist) and normal PSS have different reflect angle and different intensity of scattering light.

CCD camera measures them and catch defects.

上記のとおり、特定の方向から指向性の高い光をパターン面に照射すると、パターン形状により散乱する反射光の状態は異なる。特定の方向へ反射する光束を、特定の条件(カメラ角度等のパラメータの最適化)で撮像することにより、正常なパターン領域と異常なパターン形状領域の区別が可能となる。このようにして、不良パターン領域を検出することが可能となる。

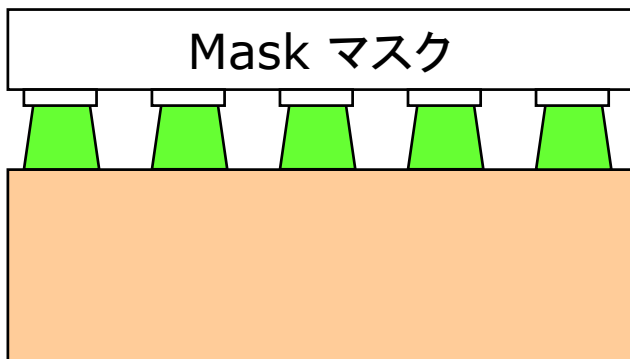
Case of defects

検出対象欠陥の事例

CONFIDENTIAL

Cause of PSS defects (1) PSSウェハのマクロ

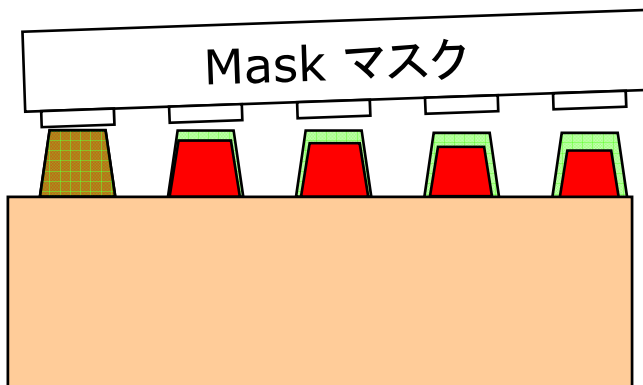
欠陥の原因(1)



■ Resist pattern by good focus 正しい

フォーカスで露光されたレジストパターン

- All pattern are same shape (diameter, hieght) 全てのパターンの形状が等しい



■ Resist pattern by bad focus have various shape

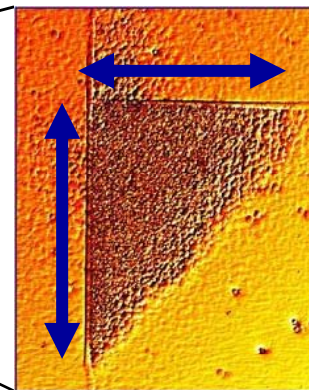
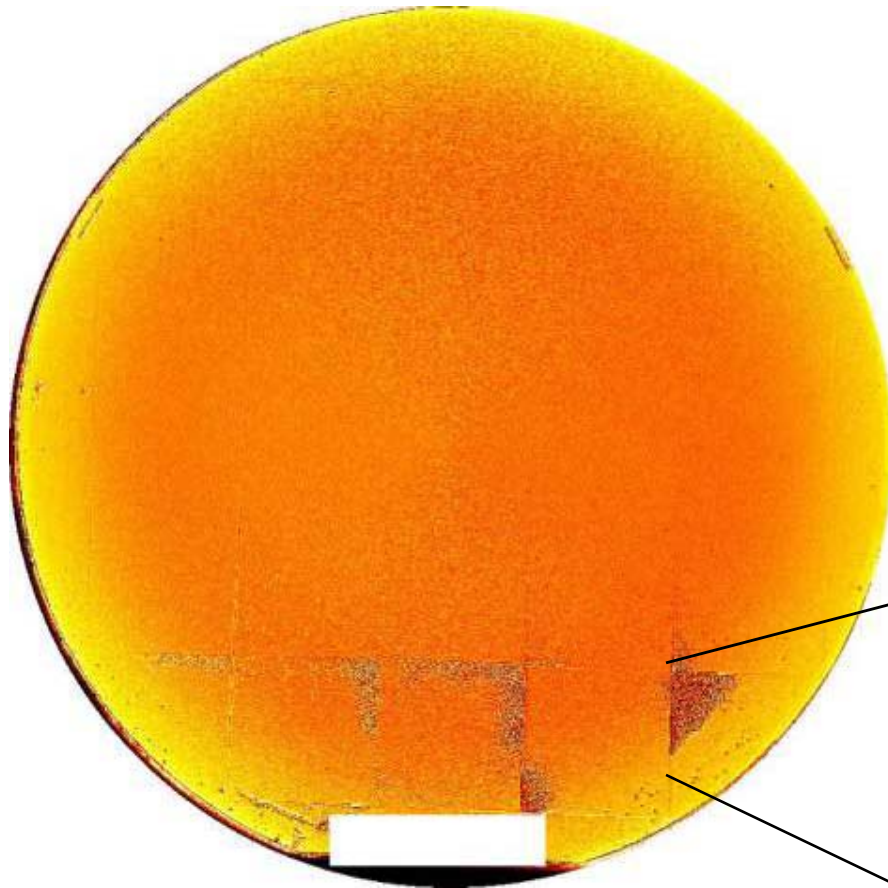
ステッパの1ショット内のフォーカス不均一
起因するレジストパターンのサイズムラ

- Large rough surface area in epitaxy エ
ピ膜に次ページのような大面積の不具合が発生

Epi defects by PSS defects(1)

■ Epi defect by defocus ステッパーのフォーカスの不具合に起因する、エピ表面の欠陥

- Large defects by bad resist pattern and bad PSS pattern. It difficult to detect before MO-CVD process. PSSを作成する前のレジストパターンの形成不良に起因するエピ表面の欠陥。面積が広く、従来の検査方法では、検出・定量化が難しい。
- **STERUSU can detect bad resist pattern after develop process of PSS. Bad wafers can be reworked.** 現像後にレジスト膜のマクロ検査を行うことで、不具合のあるウエハは、再処理を行うことが可能になり、コスト低減、歩留まり向上が期待できる。

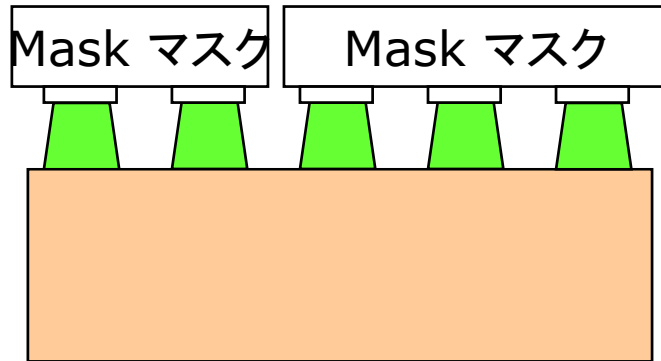


6mm

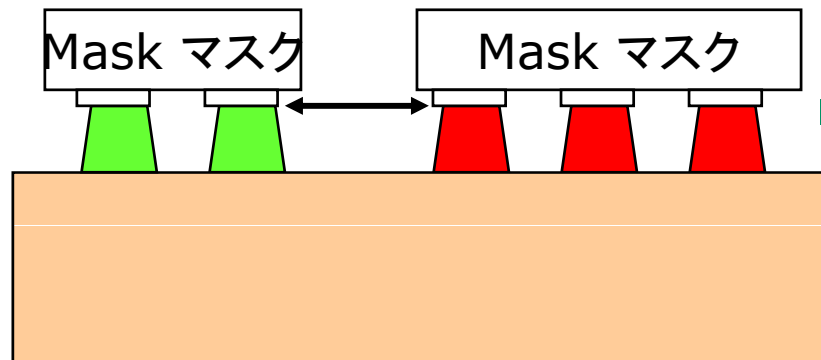
Area = 24mm²

8mm

Cause of PSS defects (2)

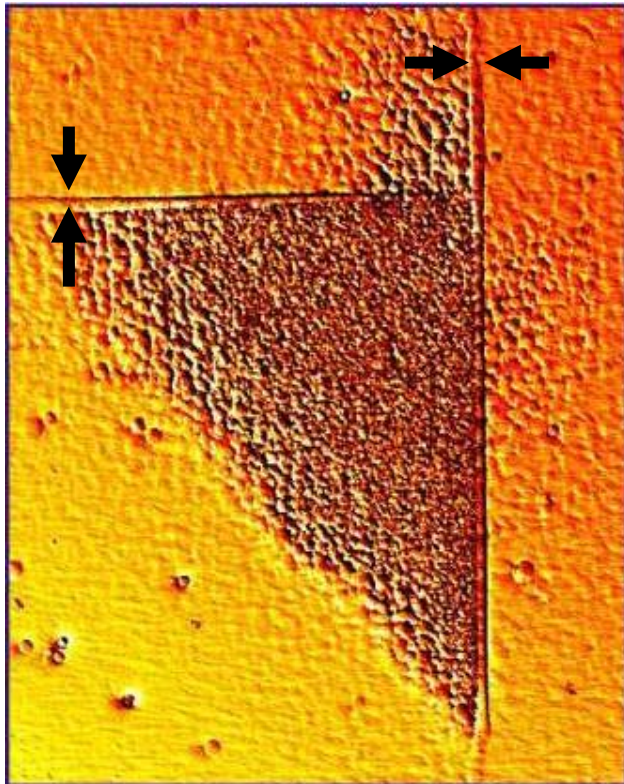


- Resist pattern by good alignment (stetting) of stepper 正しいアライメントで露光されたレジストパターン
 - All pitch of patterns are correct パターン間のピッチが等しい



- Resist pattern by bad alignment of stepper ステッパーのアライメントズレによるレジストパターンのピッチのズレ
 - Grid defects in epitaxy エピ膜に次ページのような格子状の不具合が発生

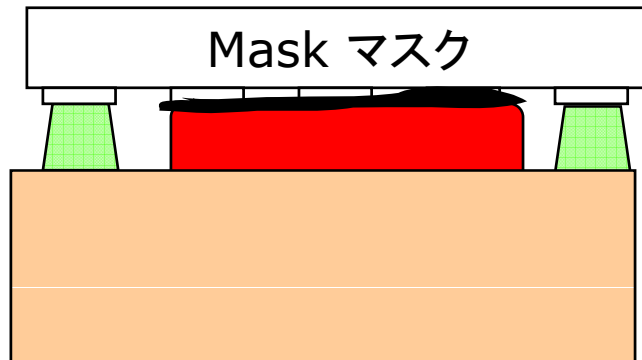
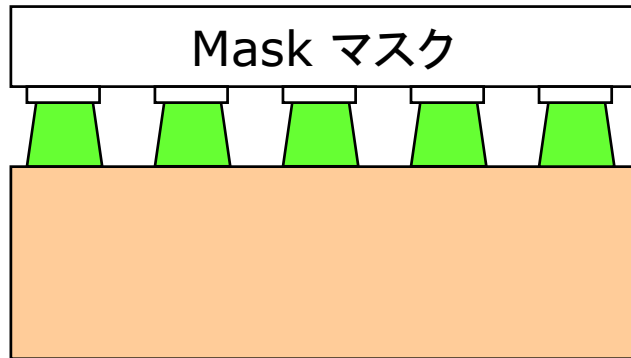
Epi defects by PSS defects (2)



■ Epi defects by bad stetting ステツパーのアライメント精度に起因する、エピ表面の欠陥

- Reason of alignment of stepper, wafer has large gap between each step. Current inspection tool doesn't detect it enough. Almost tool use spiral scan and the method is not match for the defect that has X-Y direction .アライメントの不良により、各ステップ間に隙間が出来る場合がある。現状では、安定した合否判定が困難である。(特にウェハを回転させる測定方法の場合)
- **STERUSU use line scan method. It can detect these defects and good reliability.** ウェハを回転させず、X-Y方向にスキャンすることで、ウェハ面内の全域で、均一な測定結果を得ることが可能。

Cause of PSS defects (3)



■ Resist pattern by clean mask きれいなマスクで露光されたレジストパターン

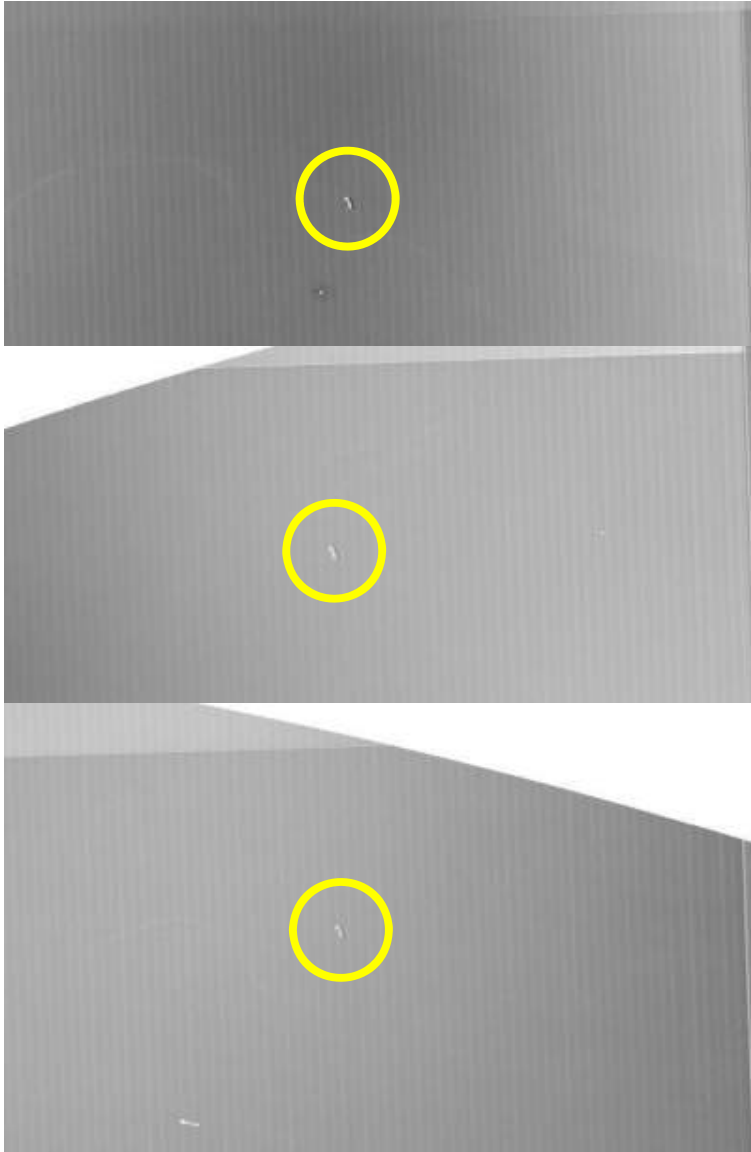
- All patterns are correct 全てのパターンの形状が等しい

■ Resist pattern by dirty mask マスクの汚れに起因するレジストパターンの異常

■ Repeatabl defect in all shot 全てのショットの同一場所にレジストパターンの異常が発生

- Repeatabl defect in epitaxy エピ膜に次ページのような繰り返し欠陥が発生

Epi defects by PSS defects (3)



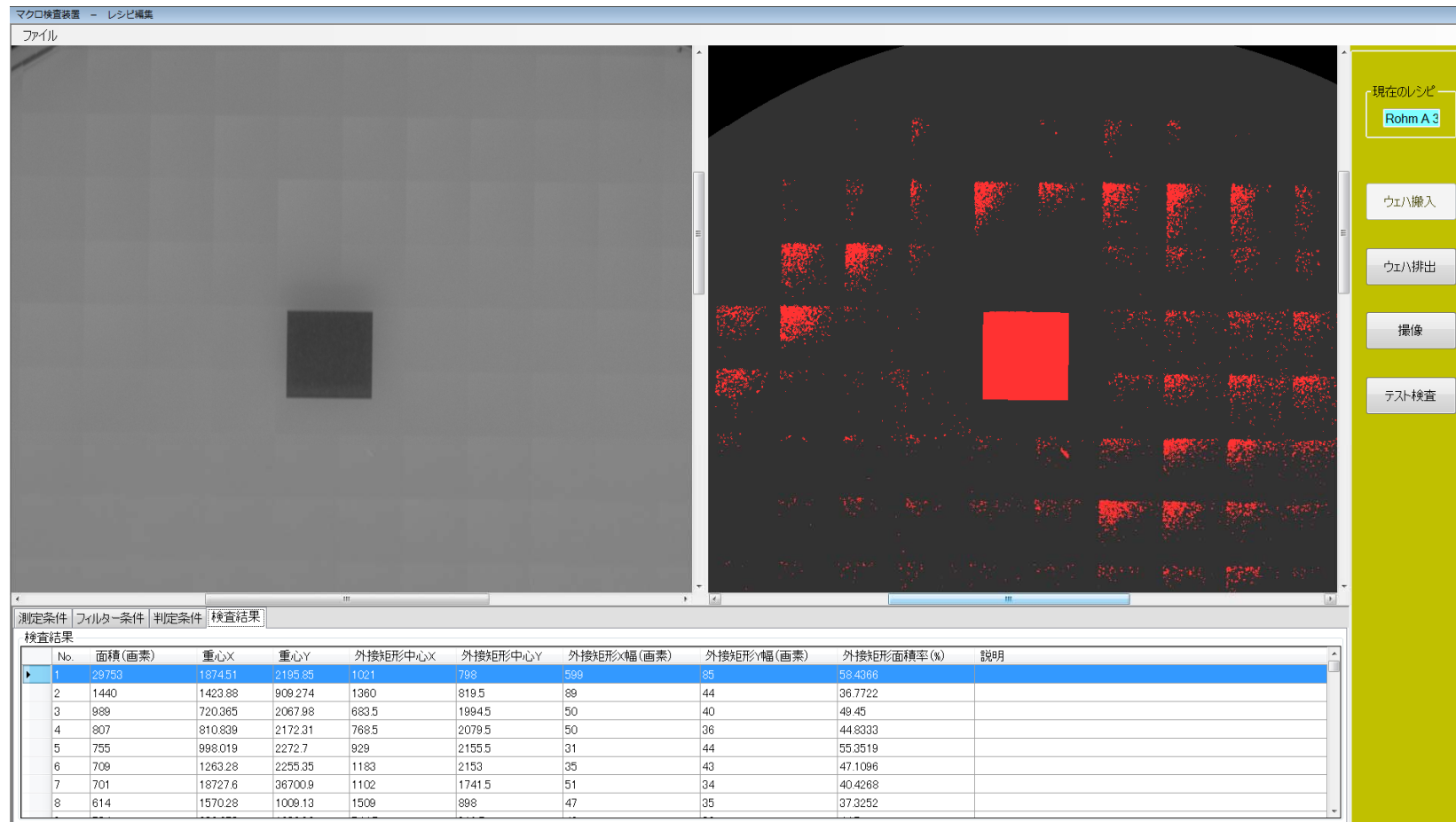
■ Repeatabile defect by dirty mask マスク

クの汚れに起因する繰り返し性のある欠陥

- Defects at same place in all shot. It is solved by mask repair. ステツパーの各ショット内の同一位置に発生する欠陥。マスクをクリーニングするまで繰り返し発生。
- By detection of repeatable defect, HB-LED manufacturers can find mask damage at an early time and repair it. Then they can keep good yield. 等間隔に発生する欠陥をマスクの汚れとしてピックアップすることで、早期対応が可能になり、歩留まり向上が期待できる。

Inspection result by SUTEARUSU

検査結果



Red colors are bad PSS size area. Center dark square is non etched sapphire surface.

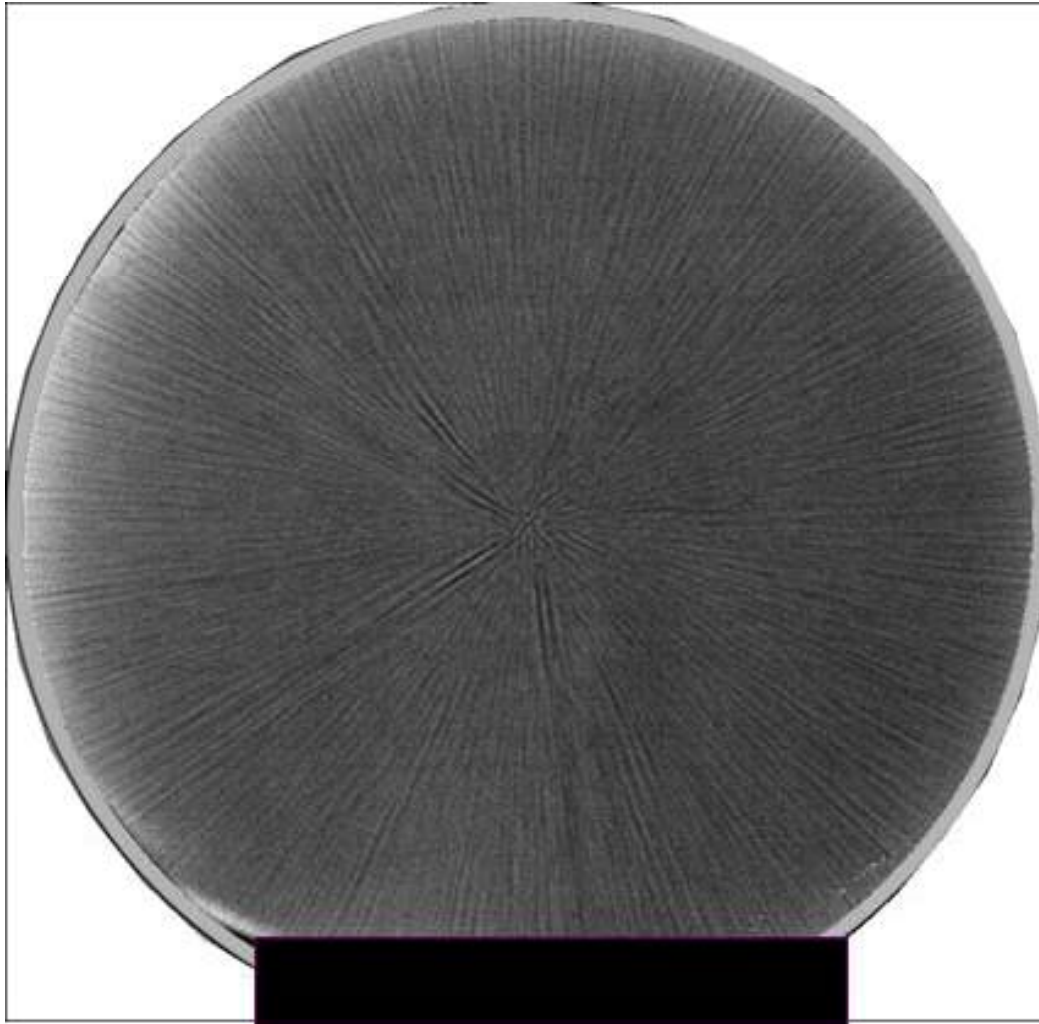
Visual inspection by human, microscope or other inspection tool can't find them perfectly. Also the result by them are not stable.

赤く表示されたエリアがPSSサイズに異常があるエリア。中央の暗い四角はサファイアがエッチングされていないエリア。目視検査、顕微鏡、その他の検査装置では、これらの欠陥を完璧に検査することは不可能。またこれらの検査方法では、安定した検査結果は期待できない。

CONFIDENTIAL

Other case

Ununiformed resist film レジスト塗布不良に起因するレジストパターンムラ



Bad film uniformity after resist coating. This sample has radiate film ununiformity.

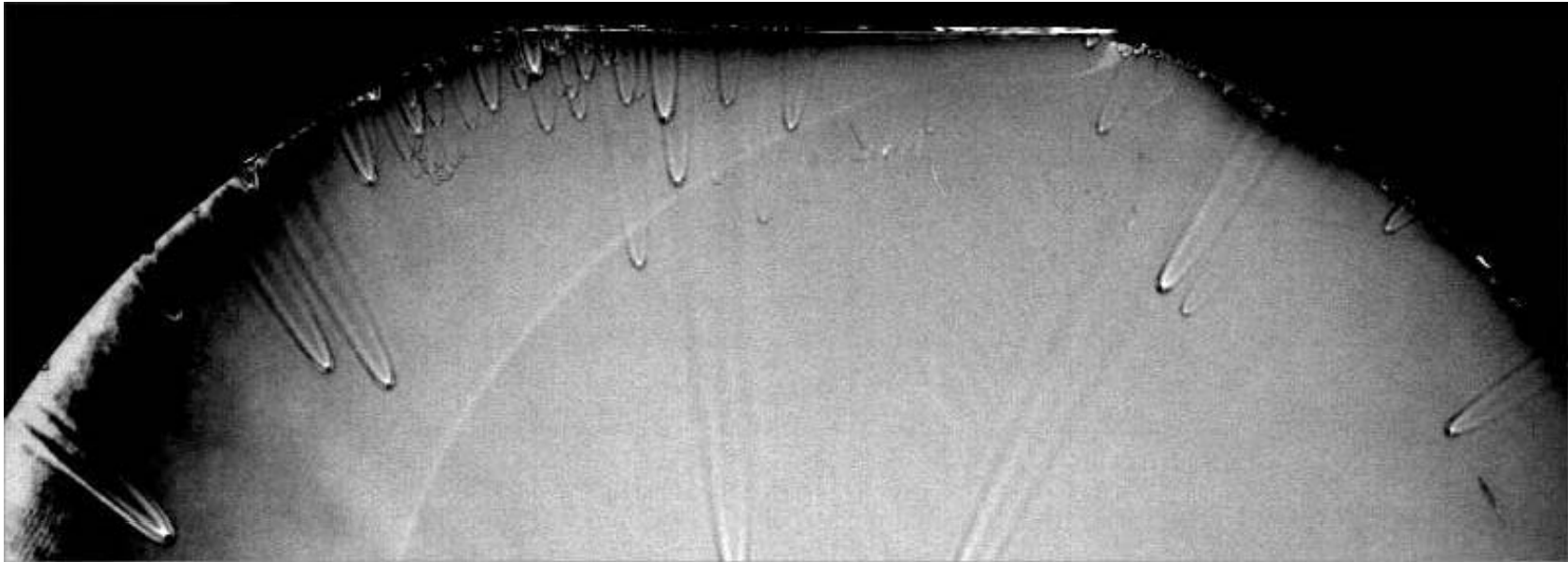
スピンドーターでレジスト塗布を行い、ベークしたウェーハの表面。ウェーハ中心から放射状にレジストの膜厚むらとなるスジが伸びていることが観察できる。

●Sample サンプル

Resist film on 8inch Si 8インチシリコンウェーハ上のレジスト塗布後

Other case

Comet defect by particle パーティクルに起因する流星上の膜厚異常
膜厚異常



Comet(bad film thickness) by Particle スピンコート時にレジスト塗布を行なうウェーハ表面に付着したパーティクルが核になり、そこから放射状にレジストが尾を引いた膜厚ムラを発生させた例。

●Sample サンプル

2inch glass wafer, 1um thickness resist film 2インチガラスウェーハ、1μm程度のL/Sパターン

CONFIDENTIAL

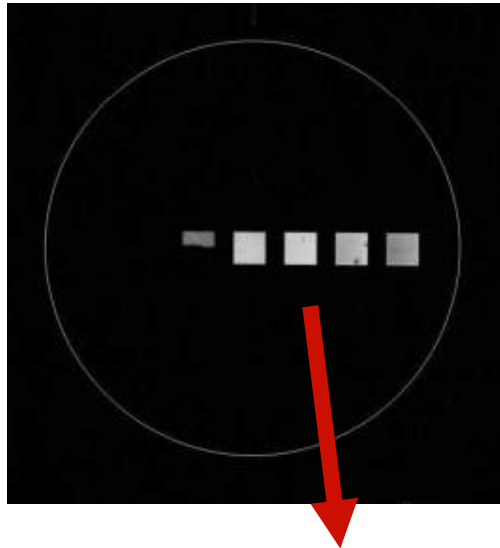
Other case

Various resist film defects 多様なレジストの欠陥

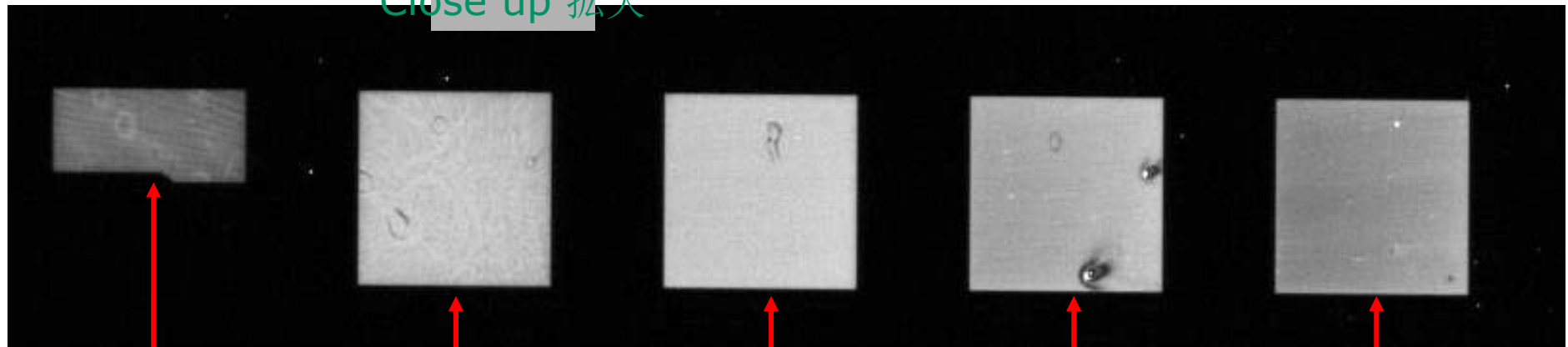
Bad film thickness, particle, litho trouble can be detected
レジスト塗布時のスピコートムラ、パーティクルの付着、レジスト現像残り等が確認できる。

●Sample サンプル

3inch Si, 300nm thickness patterned resist 3インチシリコン
ウエーハ上の高さ300nm、600nmピッチのピラーパターン、ショットのチップサイズは約5ミリ



Close up 拡大



Ununiformity of coating
レジストムラ

Ununiformity of develop
現像ムラ

Particle
異物

Particle
異物

Ununiformity of coating
レジストムラ

CONFIDENTIAL

Advantage of new tool

- **SUTERUSU focus on the inspection in PSS Photo-Litho process.** ステルスはPSSのフォト・リソ工程での検査を主目的としています。
- **If HB-LED manufacturers and/or PSS wafer suppliers find failure in this process, they can rework wafers.** HB-LEDメーカーやPSSウェハのサプライヤーがフォト・リソ工程で欠陥を検査できれば、彼らは問題のあるウェハを再処理することができます。
- **Then they can reduce large material cost and get large profit.** 彼らは、大幅な材料費の削減と収益の向上を得る事ができます。