

レーザ全方位入射による Si ウエハ加工表面欠陥検出

大阪大学大学院工学研究科 ○高橋 哲, 三好隆志, 高谷裕浩

要 旨

従来の欠陥検出法では、その検出感度が微小欠陥の方向性に依存してしまう、といったビーム斜方入射に起因する本質的な問題点があった。本研究では、高 NA 対物レンズに輪帯レーザービームを入射することで、360 度全方向からの斜方入射を実現する全方位入射光学系を構築し、提案手法の有効性について実験的に検討を行った。

1. はじめに

半導体集積回路の製造において、製造デバイスの信頼性を向上させるためには、歩留まり悪化の原因となるシリコンウエハ加工表面に存在する微小欠陥を検出・評価する技術の確立が不可欠である。これらの微小欠陥検出・評価技術としては、レーザ光を一方から Si ウエハ表面に斜方照射し、欠陥存在時に生じる微弱な散乱光を欠陥検出パラメータとする光学的手法に基づいたものが一般的である。しかし、スクラッチ欠陥のような方向性を有する微小欠陥の場合、レーザ光の入射方向によって検出感度が異なるため、欠陥方向がレーザ入射方向に対して、平行なものは検出感度が大きく悪化するという問題点があった。そこで、本研究では、レーザ全方位入射による新たな Si ウエハ表面欠陥検出法を提案し、スクラッチ状欠陥を対象とした基礎検出実験から、その有効性を確認したので報告する。

2. レーザ全方位入射による表面欠陥検出法

図 1 に提案手法の概念図を示す。輪帯状の強度分布を持ったレーザビームを高 NA 対物レンズの縁部に入射し、Si ウエハ表面に集光照射する。ウエハ表面上の照射エリアに欠陥が存在したときに生じる微弱な散乱光は対物レンズで検出される。本手法はこのときに得られた微小欠陥からの遠方散乱光分布(光散乱パターン)を欠陥検出パラメータとするものである。本検出法はひとつの高 NA 対物レンズをレーザビーム照射と暗視野散乱光検出の両者に利用することで、コンパクトな光学構成が実現できる

(a) と共に、輪帯状に 360 度全ての方向からレーザビームを斜方照射するため、適切な走査ピッチを選定することで、その方向性に依存せず欠陥を検出できる (b) という特徴を有する。

3. レーザ全方位入射・光散乱パターン検出光学系

図 2 に提案検出原理に基づいて構築したレーザ全方位入

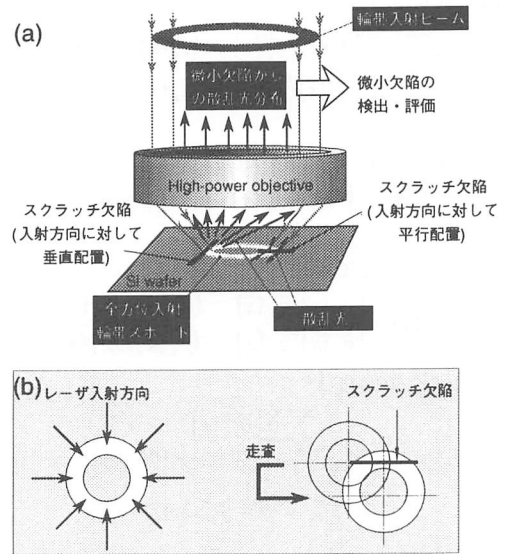


図 1. レーザ全方位入射による表面欠陥検出法概念図

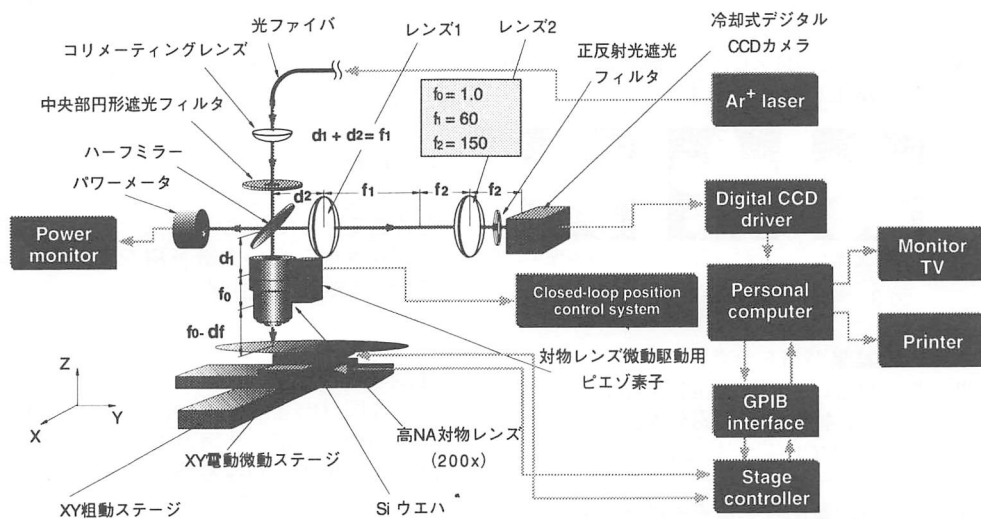


図 2. レーザ全方位入射・光散乱パターン検出光学系

射・光散乱パターン検出光学系を示す。Ar<sup>+</sup> レーザを光源とし、中央部円形遮光フィルタ ( $\phi 1200\mu\text{m}$ ) によりそのプロファイルを輪帯状強度分布に整形されたレーザビームを対物レンズ (NA0.95) に入射する。対物レンズで取得された散乱光はリレーレンズ、反射光遮光フィルタを介して、冷却式デジタル CCD カメラにより光散乱パターンとして検出されることになる。

### 3. スクラッチ欠陥検出実験

本手法の有効性を確認するために、FIB加工により擬似的に作成したスクラッチ状欠陥サンプル (図3) を対象とした光散乱パターン検出実験を行った。なお、以下の実験においては、全方位輪帯照明の入射角度として約68度、全方位入射輪帯スポットサイズとしては外径  $12\mu\text{m}$ 、内径  $8\mu\text{m}$  程度に設定した。

まず、全方位入射スポットに対し、相対的に欠陥を走査させ、その際に検出される光散乱パターンと光散乱パターン輝度和に注目した。図4、5に、欠陥方向がレーザ光入射方向に対して、それぞれ、平行、垂直と配置された時の検出結果を示す。全方位入射スポット内に欠陥が存在しないときは、光散乱パターンとして有効な光量は得られない (図4B、図5A) が、欠陥が存在すると、その散乱光により、特徴的な縞模様の光散乱パターンが形成される (図4A、図5BCD) ことが分かる。また、光散乱パターンの輝度和に注目すると、欠陥方向がレーザ光入射方向に対して平行に配置されたときと比較し、垂直に配置されたときは、大きな輝度和変化が得られており、より高感度での検出が可能であることが分かる。

次に、任意な欠陥方向で存在しているスクラッチ欠陥に対する検出特性を調べるため、欠陥サンプルを適当に回転させた (図6(a) SEM 写真) 後、全方位入射スポットの二次元走査を行い、その際に得られる光散乱パターンの輝度和分布 (図6(b)) を求めた。ここでは、 $2\mu\text{m}$  ピッチでの走査を行った。図6(b)から、SEMで観察されたスクラッチ状欠陥に対応する領域で光散乱パターン輝度和が大きく変化していることが分かる。これは、走査の際、欠陥方向に対してレーザ光入射方向が垂直になる配置が存在することを意味している。

### 4. おわりに

レーザ全方位入射に基づいた新たな Si ウエハ加工表面欠陥検出法を提案し、基礎実験光学系の構築を行った。スクラッチ状欠陥を対象とした基礎検出実験を行った結果、方向性を有するスクラッチ状欠陥に対しても、提案手法により、その方向性に依存することなく、高感度に、検出が可能であることが分かった。

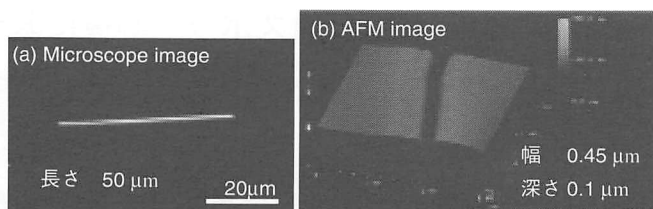


図3. 欠陥試料

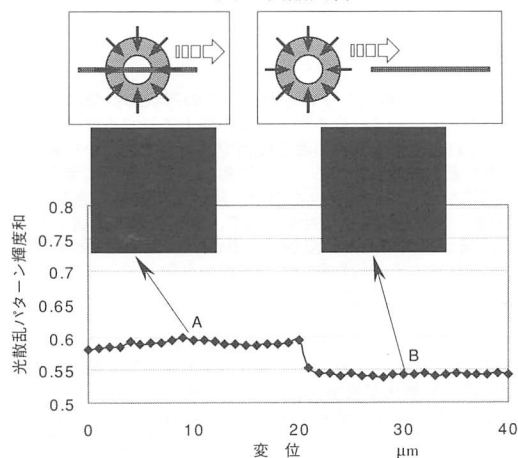


図4. 平行入射走査実験

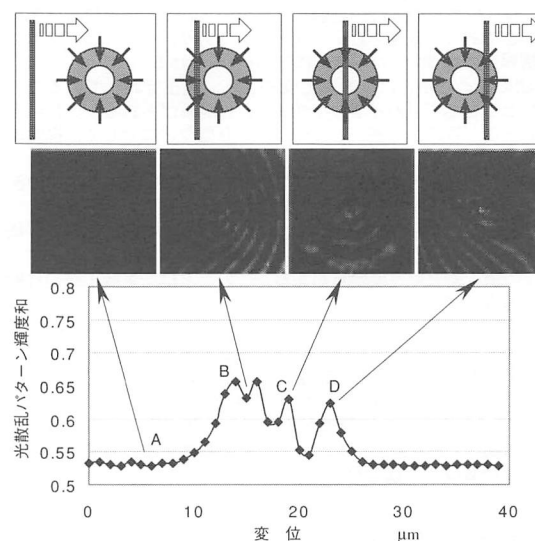


図5. 垂直入射走査実験

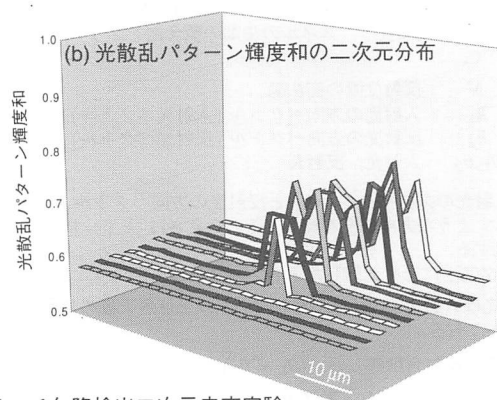
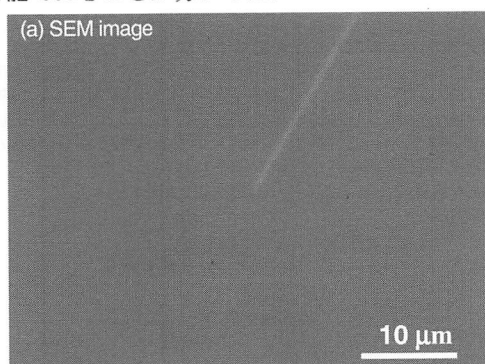


図6. 光散乱パターン輝度和に基づいたスクラッチ欠陥検出二次元走査実験