

# 電子素子基板の微小欠陥検出技術の研究 (第2報)

小松 利安・坂本 智明・八代浩二

## Study on Minute Defect Detection Technology of Electronic Device Substrate (2nd Report)

Toshiyasu KOMATSU, Chiaki SAKAMOTO and Koji YATSUSHIRO

### 要 約

近年、LED やパワー半導体等の基板材料として利用が増加しているサファイヤ、シリコンカーバイド等の基板材料を研磨加工すると、 $1\mu\text{m}$ 以下の傷や欠けなどの微小な欠陥が発生する比率が高い。しかし、 $1\mu\text{m}$ 以下の微小形状の場合、結晶欠陥のような凹形状か、付着異物のような凸形状かの判別は、既存の測定方法では難しい。

そこで本研究では、有効な光学的計測方法を検討し、どの程度の微小形状を判別可能か実験・評価を行った。その結果、微小形状の端部で発生する回折像を利用することで、画像上で微小な凹凸形状の判別が可能であることが分かった。

### 1. 緒 言

LED やパワー半導体等に使用される基板材料としては、従来のシリコンウエハだけではなく、サファイヤやシリコンカーバイド等が使用されている。しかし、これらは研磨加工等により、 $1\mu\text{m}$ 以下の傷や欠け等の微小欠陥や付着物が発生する場合があります、加工表面の品質を測定・評価する必要がある。

測定・評価においては、接触式では測定面に傷を付ける可能性があるため、非接触で測定できる方法が望まれている。しかし、 $1\mu\text{m}$ 以下の微小な形状を、光学顕微鏡で観察すると、図1に示すように、凹形状の結晶欠陥か、凸形状の表面に付着した異物か区別できない。また、電子顕微鏡を使用すれば観察は可能であるが、試料の前処理等が必要であり、生産現場での評価機器としては適していない。

前報では、非接触で微小な凹凸形状が測定可能な光学法と共焦点(コンフォーカル)光学系を用いた方法で、形

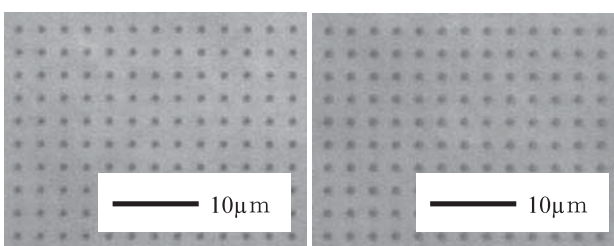
的計測法について調査・検討を行い、走査型白色光干渉判別は十分可能であることを確認した<sup>1)</sup>。ただし、本方法を用いた測定装置は高価で、設置環境を整える必要があるため、生産現場での使用には適しておらず、さらに簡易的な測定技術が求められている。

そこで、本研究では、一般的な卓上型の光学顕微鏡を用いて、微小形状の凹形状と凸形状が判別可能な方法について実験を行った。

### 2. 実験方法

#### 2-1 干渉縞を用いた測定方法

本測定方法は、測定面からの反射光を参照面からの光と重ね合わせて干渉縞を発生させ、その縞の変形状態から表面形状を測定する方法である<sup>2)</sup>。本研究では、図2に示した概略図のように、対物レンズ内部に参照面を有



(a) 凸形状 (b) 凹形状

図1 微小形状の光学顕微鏡での観察例

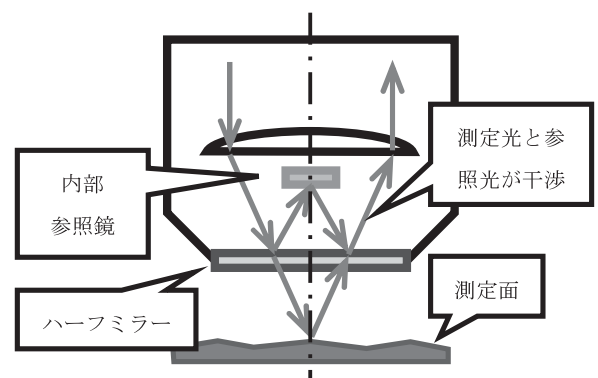


図2 対物レンズ内部の概略図

し、一般的な光学顕微鏡に取り付けるだけで干渉縞が発生する特殊な対物レンズを使用した。実験に使用した対物レンズの倍率は 100 倍である。通常、干渉縞を用いた測定方法は単色光を用いることが多いので干渉縞は白黒になるが、本研究では光源が白色光なので干渉縞はカラーで観察される。本研究では、その色の違いから凹凸形状を判別することが可能か検討を行った。

### 2-2 回折像を用いた測定方法

光は波動性を有するため、幾何形状的に影となる部分にも光が回り込む回折現象が生じる<sup>3)</sup>。特に、微小幅のスリットや微小形状に、レーザ光等干渉性の高い光（コヒーレント光）を照射すると、後方に設けたスクリーン上に、図 3 に示すような回折像が観察される。この回折像は、スリットや微小形状が小さいほど発生しやすく、図 4 に示す概略図のように、スリット幅や微小形状の直径  $d$  と、スクリーンまでの距離  $Z$  によって、縞の間隔が変化することが知られている。

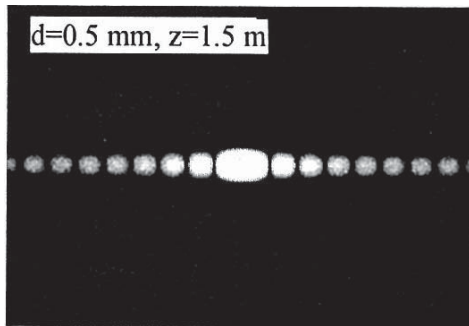


図 3 典型的な回折像例

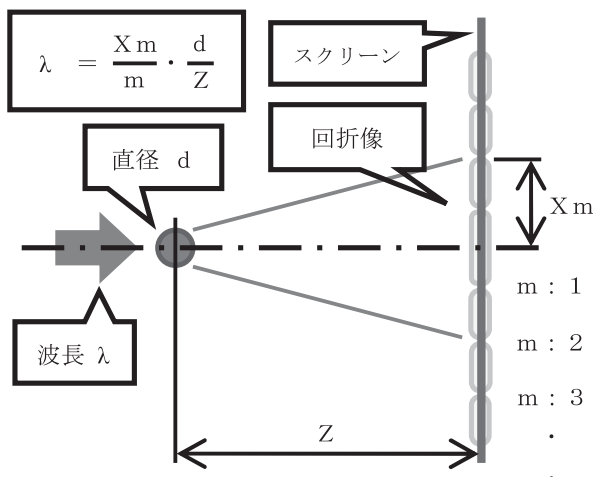


図 4 回折像の概略図

本研究において、この回折像を用いて凹凸形状を判別することが可能か検討を行った。電子基板に用いられるウエハは鏡面に加工されるので、図 4 のスクリーンの代わりに、 $d$  や  $Z$  に当たる数値は微小形状自体の寸法

が該当するため、微小形状にコヒーレント光を照射すると回折像が発生すると考えた。また、図 5 に示すように、回折像の発生場所によって、凹凸形状の判断が可能ではないかと推察した。すなわち、凸形状の場合は、図 5(a) に示すように、微小形状の周辺に回折像が発生し、凹形状の場合は、図 5(b) に示すように、微小形状の内部に回折像が発生すると考えた。推察どおりの現象が見られた場合、簡易的に凹凸形状の判別が可能となる。

本研究では、一般的な光学顕微鏡でコヒーレント光を照射するために、光学顕微鏡の光源にピンホールを挿入して、擬似的なコヒーレント光とした。ピンホール径は  $0.1\mu\text{m}$  程度である。使用した対物レンズの倍率は 50 倍である。

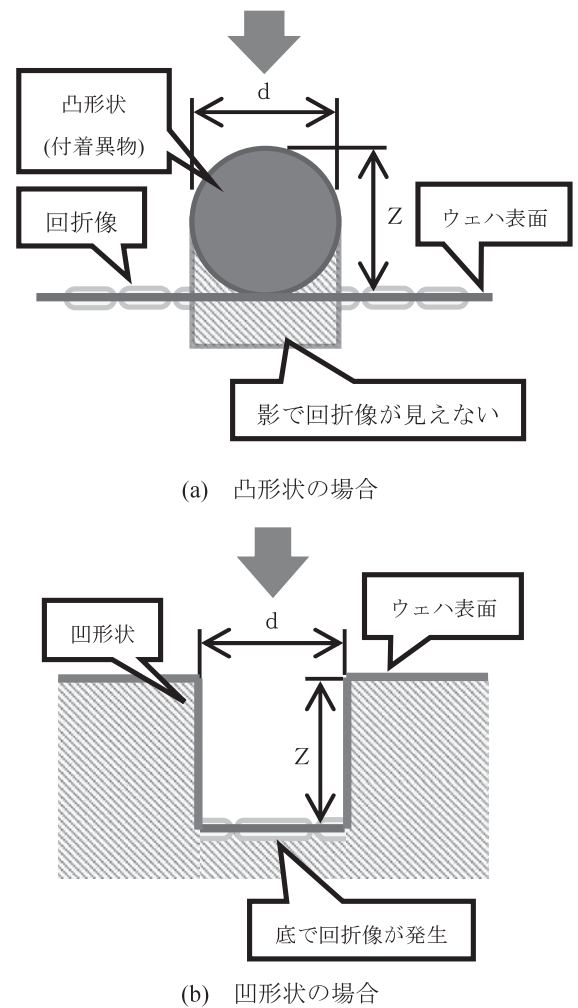


図 5 回折像による凹凸形状判別方法の概略図

## 3. 結果

### 3-1 干渉縞を用いた測定方法

干渉縞を用いた測定例を図 6 に示す。測定試料はガラス製の微小形状試験片で、一辺  $5\mu\text{m}$  程度の凹形状を観察した結果である。周辺のフラット部とは干渉縞の色が異なっているため、矩形部は周辺の平面より凹凸の形状になっていることは確認可能であった。しかし、凸形状

か凹形状かの判別に関しては、干渉縞の色の変化が両方とも同等だったため、本画像による判別は困難であった。

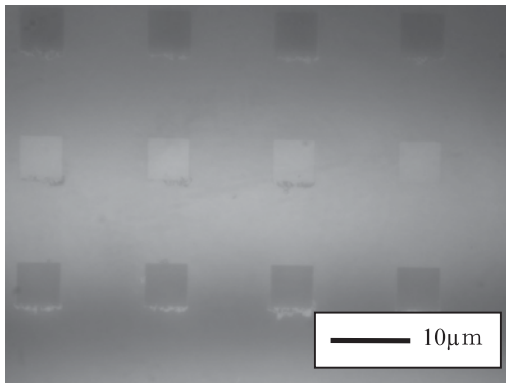


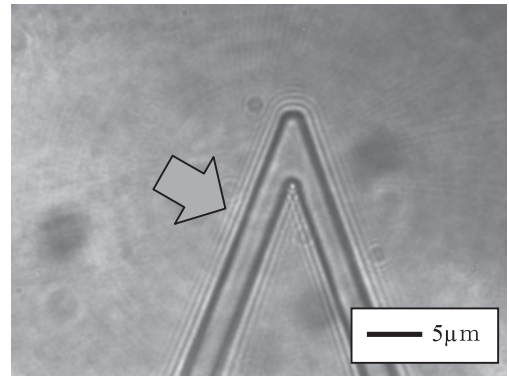
図6 干渉縞を用いた測定結果

### 3-2 回折像を用いた測定方法

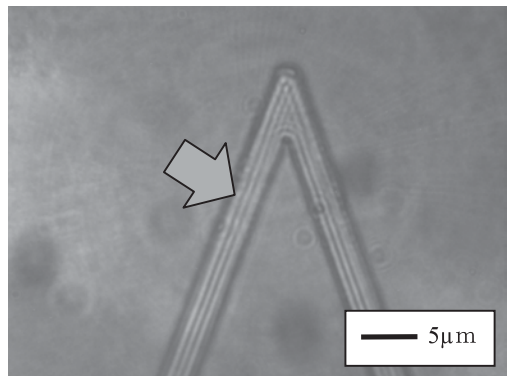
回折像を用いた測定方法で、推察したように回折像が発生するか実験を行った結果を図7に示す。測定試料はシリコンウエハ上に微小形状を形成した試験片で、約4μm幅の形状である。この結果、凸形状の場合は微小形状の周辺部に、凹形状の場合は微細形状の内部で回折像が観察された。よって、本方法を用いることで、微小形状の凹凸判別を、比較的簡便に行うことが可能であることが分かった。

他のサンプルで測定した結果を図8に示す。図8(a)はガラス製の微小形状試験片で、一辺2μm程度の凸形状を観察した結果である。図中、矢印に示すように、微小形状の周辺部に回折像が観察されたので、凸形状であることが分かる。図8(b)は、シリコンウエハへ故意に汚れを付着させた試料を作成し、測定した結果である。矢印で示した汚れは、およそ1μm程度の大きさである。やはり、微小形状の周辺部に同心円状の回折像を観察することができた。

以上の結果より、特に微小形状の凹凸判断を比較的簡便に行う場合、回折像を用いた測定方法は有用な測定手法であると考えられる。

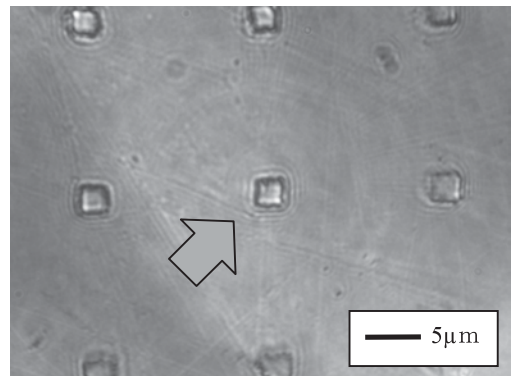


(a) 凸形状の場合

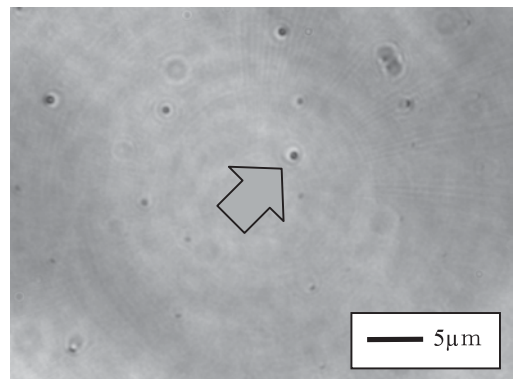


(b) 凹形状の場合

図7 回折像の発生場所を比較した実験結果



(a) ガラス製の微小形状試験片



(b) シリコンウエハ上の汚れ

図8 回折像を用いた測定結果

#### 4. 結 言

微小形状の測定に有効な光学的測定法について検討を行い、測定実験を行ったところ、次の結果が得られた。

- (1)干渉縞を用いた測定方法について実験したところ、微小形状の有無は確認可能であったが、画像での凸形状と凹形状の判別は困難であった。
- (2)回折像を用いた測定方法について実験したところ、凹凸形状により回折像が異なる位置で発生し、シリコンウエハ上の汚れを凸形状として判別することが可能であることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 小松利安, 坂本智明 : 山梨県工業技術センター研究報告, No28, P.98-101 (2014)
- 2) 吉澤 徹 編著 : 最新光三次元計測, 朝倉書店, P.66-69 (2006)
- 3) 左貝潤一 : 光学の基礎, コロナ社, P. 184-189 (2008)