

# D 面法線法によるウエハエッジ断面形状の測定技術

シリコンウエハの大口径化にともない、ウエハエッジ部の形状管理の重要性があらためて注目されている。

ウエハ製造工程やデバイス製造工程では、ウエハのエッジ部に接触して保持や搬送が行われる。このため、エッジ部の形状が設計値と大きく異なるウエハは、想定外の部分で保持部材と接触することとなり、割れ、欠け、キズなどが発生しやすくなる。

したがって、エッジ部の断面形状を正確に測定し、形状のばらつきが小さくなるように品質管理することが歩留まりの向上に寄与すると考えられる。

本稿では、ウエハエッジ断面形状の次世代の測定技術として、株式会社神戸製鋼所と共同開発した面法線法について紹介する。



LEO事業本部  
赤松 勝

## 参考文献

- \*1)  
SEMI :  
SEMI International  
Standards (2007),  
M1-0707.
- \*2)  
S.Sumie et al. :  
Electronic Parts and  
Materials, Vol.36 (1997),  
No.8, p.111.
- \*3)  
赤松勝：こべるにくす、  
Vol.15 (2006),No.29,  
p.13.

## D-1 エッジ形状測定技術の動向

シリコンウエハの円周付近の領域、いわゆるウエハエッジ部の形状管理は、国際規格などで厳密に定められているわけではない。SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International) 規格<sup>\*1)</sup>では、ウエハエッジ部の断面形状についてはテンプレートに適合するよう規定されているものの、最適な形状についてはデバイスメーカーとウエハメーカーの間で個別に取り決めがなされているのが現状である。

当社では、投影法によるウエハエッジ断面形状測定装置を商品化しており、これまで多くのウエハメーカーで品質管理や工程管理のための測定機として採用されてきた。<sup>\*2) \*3)</sup>

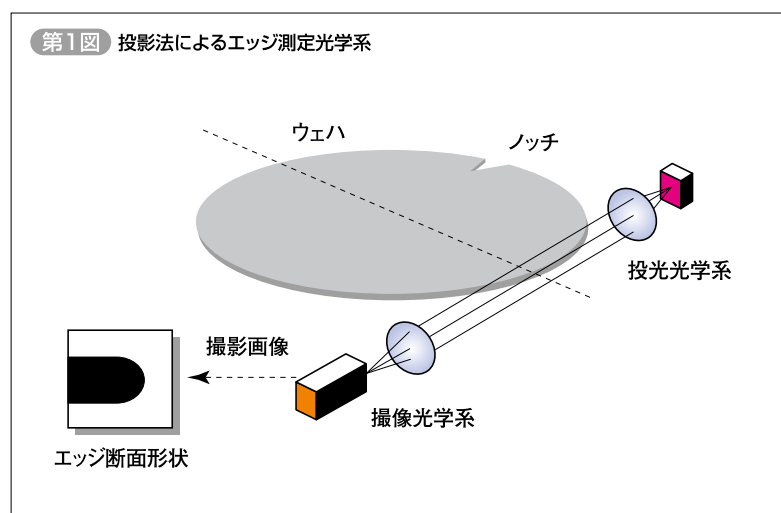
投影法とは、第1図に示すように、ウエハエッジ部に対し、ウエハ面と平行な光束を照射し、エッジ部の影をカメラで撮影する方式である。

投影法では、ある一定幅の投影する領域を平均

化する作用により安定した測定結果がえられるというメリットがある一方で、局所的な形状が測定できない、ウエハの結晶方位を示す切り欠きであるノッチ部の測定ができないなどのデメリットがある。

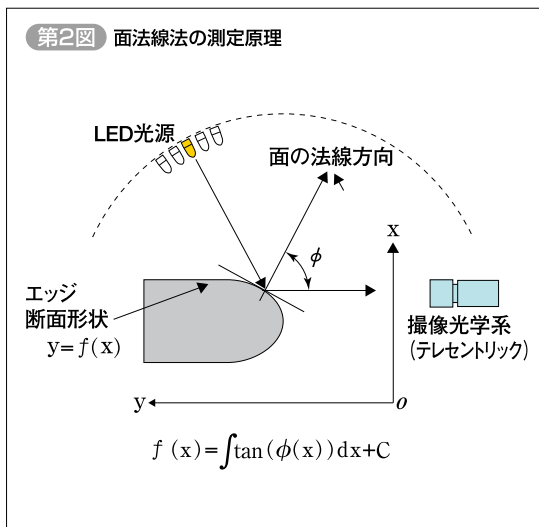
また、局所的な断面形状を測定する方法としては、従来から、いわゆる光切断法がよく知られているが、ウエハ表面は最終工程では鏡面に仕上げられているために、ウエハ表面を散乱光源として捉えることができず、最終製品への適用が困難であるという問題があった。

これらの課題を解決するのがこのたび開発した面法線法である。面法線法によれば、ノッチ部を含む全円周部の局所的な断面形状の測定が可能となる。また、光切断法とは異なり、鏡面である表面に対しても適用が可能なので、測定対象が大きく拡大した。



## D-2 面法線法の特長 \*4) \*5)

第2図は、面法線法の測定原理を概念的に示したものである。



面法線法による測定では、ウエハエッジ部に対し、様々な角度から光を照射できるように、LEDからなる点光源をリング状に配置した照射光学系を構成し、点光源を1個ずつ順番に点灯する。

撮像光学系には、テレセントリック光学系を用い、カメラの光軸方向、すなわち第2図においてはy軸の負方向に反射される光束のみを検出する。

ウエハエッジ部は一般には凸形状をなすため、任意の点光源からの入射に対して、カメラ光軸と平行な方向に反射されるのは、エッジ断面形状のある1点での反射光となる。

この反射光のx座標は、カメラで撮影する画像上の座標として計測することができる。その際にエッジ部に照射されている1個の点光源の入射角が設定より特定できるため、反射点の面法線がy軸となす角度が計算できる。したがって、x座標と、それに対応する $\phi(x)$ の値がえられる。

これは、すなわち、各x座標に対して、それに対応する断面形状の傾きがわかるということである。

ここで、エッジ部の断面形状をxの関数として、

$$y = f(x)$$

とすると、断面形状の傾きは、

$$\frac{df}{dx} = \tan(\phi(x))$$

と表される。

したがって、これを積分すると、

$$f(x) = \int \tan(\phi(x)) dx + C$$

となり、前述のように $\phi(x)$ は計測によりえられるので、断面形状が求まることとなる。なお、ここで、Cはオフセット成分であるから、断面形

状を特定するうえでは任意の値としてよい。

面法線法では、以上のような原理で断面形状を求めるため、これまでの投影法で測定できなかったウエハのノッチ部のような凹部を含め、ウエハ円周部すべての断面形状の測定が可能となった。

写真1は、面法線法を採用した測定光学系の応用例である。

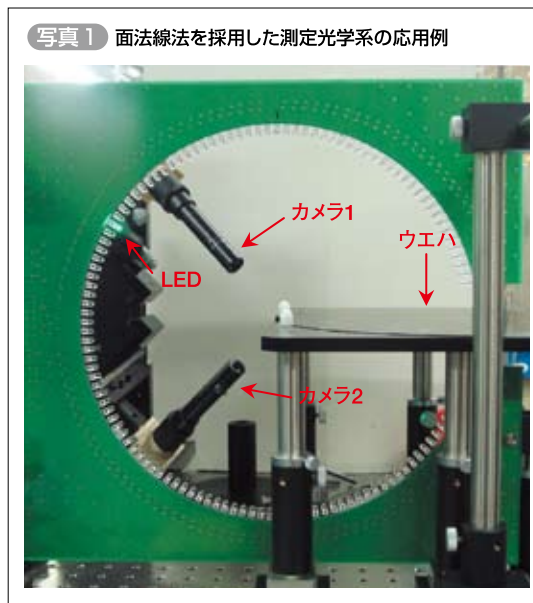
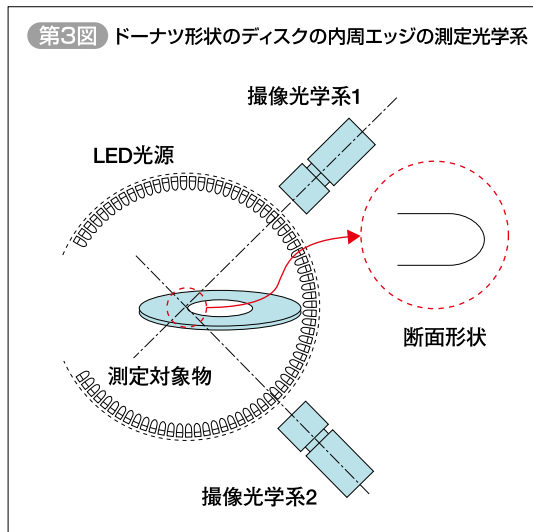


写真1では2台のカメラによる光学系の例を示した。2台のカメラを用いることで、全測定領域を2分割して測定することができ、1台のカメラで全領域を測定する場合にくらべて分解能を向上させることができる。また、さらなる分解能の向上を目的として、3台以上のカメラによる光学系を構築することも可能である。

第3図は、ドーナツ形状のディスクの内周エッジの測定光学系の構成例である。



このように、面法線法によれば、投影法では測定できなかった対象までも測定することが可能となった。

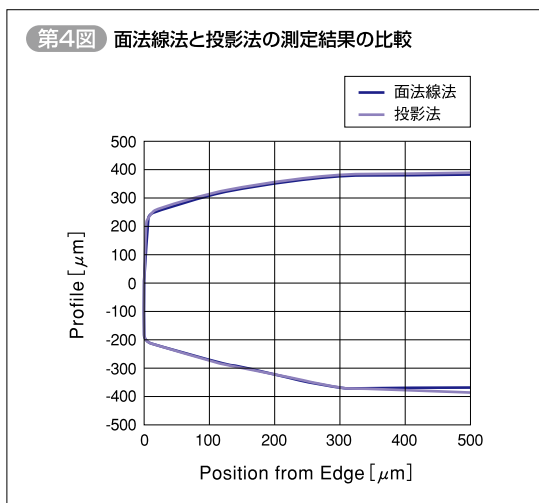
### 参考文献

\*4) 公開特許公報、2007-256257。

\*5) 森本勉ほか：神戸製鋼技報、Vol.57 (2007)、No.3, p.43。

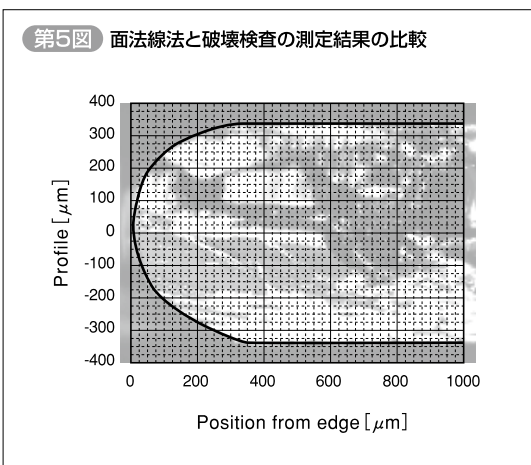
## D-3 測定結果例

面法線法による測定結果の妥当性を検証したのが第4図と第5図である。



第4図は、ウエハエッジ部の断面形状について、面法線法による測定結果と、投影法による測定結果を比較したものである。エッジ部先端に近い面取り部の断面形状において両者はよく一致していることがわかる。エッジ部先端から遠い、上面下面がほぼ平行な部分においては、両者に若干の差が見られるが、これは、投影法の画像のボケに起因するものである。なお、投影法では、厚さ測定

値にオフセットをかけて出力することで、画像のボケの影響を補正することができる。



第5図は、ウエハエッジ部の断面形状について、面法線法による測定結果と、破壊検査による測定結果を比較したものである。ここで、破壊検査とは、ウエハの測定部分を断面に沿って破壊して、断面形状を顕微鏡で撮影する方法である。

第5図の実線は面法線法により測定した断面形状であり、重ね合わせた写真は破壊検査による顕微鏡写真である。両者はよく一致していることが確認された。

## D-4 測定装置

写真2は、面法線法によるウエハエッジ断面形状の測定技術を搭載した装置の外観図である（商品名：LDN-2201M）。

本装置は、エッジ断面形状測定光学系に加えて、ノッチ形状測定光学系、精密直径測定光学系を搭載しており、ウエハの各種形状を高精度に測定できる多機能測定装置である。

写真2 LDN-2201M外観



ウエハのノッチ部のような凹部や、ドーナツ形状のディスクの内周など、これまでの投影法では測定できなかった部分の断面形状測定が面法線法

によって可能となった。今後、様々な測定対象への展開が期待される。