



Title	高精度3次元プロファイル計測装置の開発とその応用
Author(s)	小林, 潤也; 吉野, 勝美
Citation	電気材料技術雑誌. 2007, 16, p. 49-54
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/76843
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

高精度3次元プロファイル計測装置の開発とその応用

小林 潤也¹⁾, 吉野 勝美¹⁾²⁾³⁾

¹⁾ (株)大阪光科学技術研究所
〒559-0034 大阪市住之江区南港北2-1-10 ATCビル
ITM棟6FイメディオM-1-7

²⁾ 大阪大学先端科学イノベーションセンター
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1

³⁾ 島根県産業技術センター
〒690-0816 島根県松江市北陵町1

液晶を使った測長器と画像認識技術を組み合わせることにより、ナノスケールまで計測可能な高精度3次元プロファイル計測装置を開発した。またその構造と原理、測定例を述べる。

キーワード：プロファイル計測、計測装置、ナノテクノロジー、共焦点、顕微鏡

High resolution 3 dimensional profile microscope and applications

Junya KOBAYSHI¹⁾ and Katsumi YOSHINO¹⁾²⁾³⁾

¹⁾ Osaka Opto-Science and Technology Institute Co.,Ltd
Imedio M-1-7 ITM 6F ATC Bldg.
2-1-10 Nankoukita Suminoe-ku, Osaka 559-0034 Japan

²⁾ Innovation Center for Advanced Science, Osaka University
2-1 Yamada-oka Suita, Osaka 565-0871 Japan

³⁾ Shimane Institute for Industrial Technology
1 Hokuryo-cho, Matsue, Shimane 690-0816 Japan

The laser confocal measurement and liquid crystal device provides 3D data over the field of the microscope. It not only measures any type of object, noncontact 3D measurement enables high accuracy 3D analyses.

Key Words: Profile Measurement, Measurement Apparatus, Nano-technology, Con-focal, Microscope

1. まえがき

ナノテクノロジーが21世紀前半の科学技術を支える基盤技術の一つとしてあらゆる分野で重視され、研究開発が進められつつあるが、その研究開発推進のためにナノスケール微細構造の作成と計測装置が不可欠のものとなっている。

特にナノメートルから数百ナノメートル領域では電子顕微鏡が有効な装置として利用されることが多いが、数十ナノメートルから数百マイクロメートルの領域においては光学式顕微鏡も有効に活用することが可能である。そのような目的のため、具体的には共焦点レーザー顕微鏡、

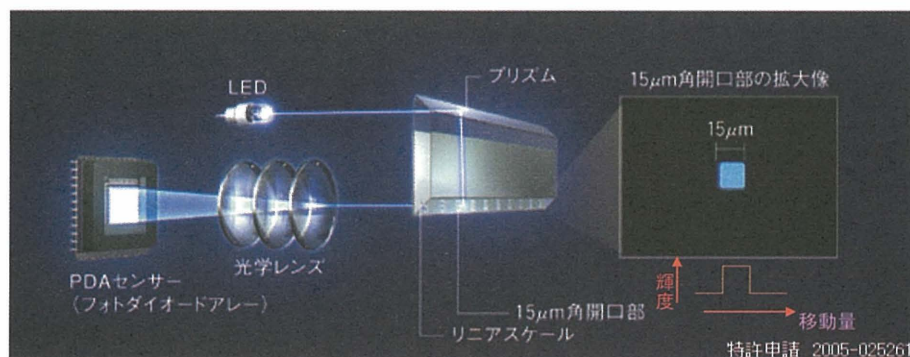


図1 測長原理

Fig1. Principle of linear scale measurement

エバネッセント波を利用する顕微鏡などが用いられている。しかし、これらは一般的に効果であり、しかも多様な機能を備えているとはいえない。

我々は液晶を使ったナノスケール測長器と画像認識技術を生かすことによってナノスケールまで計測可能な安価で高性能な光学式3次元プロファイル計測装置を開発した。これにより10ナノ繰り返し精度のバンプ高さ、ビア溝深さ、薄膜段差、エッジ曲率やエッジ半径、表面積、体積などの様々な応用計測並びに解析が可能であることを実証した。ここではその原理と構造、測定、計測例を紹介する。

2. 装置の原理と構造

測長原理について述べる。共焦点3次元計測方法による高さ方向の算出は、きわめて重要であり、構成品として、高NA対物レンズと弊社独自のナノ計測デバイスを用いることによって算出している。本デバイスは発光部位置をフォトダイオードアレー素子 (PDA センサ) によって認識し測距する方法を採用している。15μm 角の液晶開口部を通して発光する青色 LED 光を PDA センサでとらえ、その中心座標を割り出し、PDA センサのアレー数によって等分割する。青色 LED 光は、プリズムミラーを通して、プリズムとクロムエッチングマスクとの間に介在する液晶開口部を通過する。開口部は、約150 μm 間隔で作製されており、PDA センサによって、センサ内に結像した開口部の中心位置を割り出す。PDA センサの200μm 角視野内の範囲に

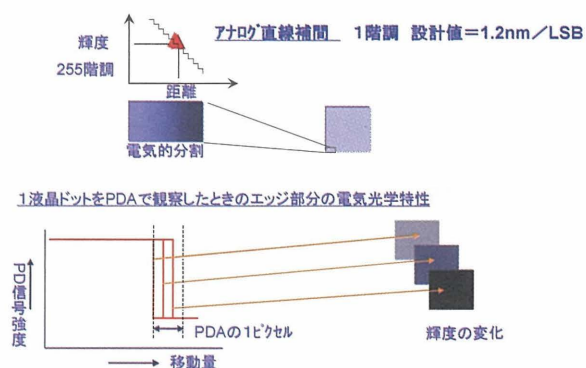


図2 測長原理

Fig2. Principle of linear scale measurement

において、振動や電気ノイズによるチャタリングが生じて、現在位置のカウントミスといった従来の測長器の問題が発生しない。200μm といえば、レーザプロファイル計測上、数少ない高アスペクトサンプルを除いて、大部分の試料の高さをカバーできることになる。従来のインクリメント測長方式とは格段に高精度となる。さらに開口部と隣の開口部との関連づけを行うことで、その精度維持をしながら測長範囲に制限なく設定が可能である。その方法は、PDA センサの画角内に開口部が2つ存在するように設定され画像認識技術によって、累積移動量を算出している。この方式は、開口部の加工精度やその開口部間のピッチ精度が、測距精度には影響しない特長があるため、累積誤差は生じない。

さらに、移動量の詳細を測距するため、開口部の中心座標とともに、発光部端の輝度の立ち上がり部分の階調度に着目して、フォトダイオード1画素より詳細な移動量を輝度変化によってアナログ的に A/D 値で分割し算出している。

その結果、最小認識距離を1画素に相当する距離を階調度で除算した値として精密に位置を検出することができる。なお、本測長原理の算出値は、アジレントのダイナミックキャリブレーション 5519B によって室温の補正をし校正している。本測距デバイスをアクチュエータのリニアスケールとして導入した3次元計測装置の構成を図3に示した。

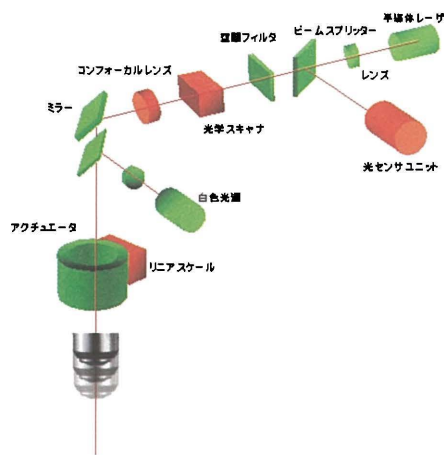


図3 本3次元計測装置の構成
Fig3. schematic of confocal 3D-imaging

本構成では、赤色半導体レーザーを用いて、ビームを XY 走査し、走査した光を結像レンズと対物レンズを通して、被写体に照射し、その反射光を同光路を通して戻った光を空間フィルタを通して光センサユニットで受光し、画像解析を行って3次元計測像とした。高さ方向は、アク

チュエータによって焦点位置を可変し、その移動量を本測距デバイスにより検出した。図4は、SUS 上に電解重合したポリピロールを計測した結果をしめす。本測距デバイスの読み取り値をパラメータとして XY 走査した輝度情報を示した。100倍のニコン製 EPI APO 対物レンズを使用し、その被写界深度である0.3 μm ピッチを本測距デバイスで、読み取り、輝度情報を取得した結果を示している、各輝度情報を比較するとわかるように、おのこの XY 走査像には有為差が生じていることがわかる。本プロファイル計測装置は、さらに被写界深度の1/2のピッチで計測するモード以外に、アクチュエータの最小送り精度レベル0.02 μm ピッチで計測するモードがあり、各々本測距デバイスの読み取り値を参照し、3次元計測データとしている。

3. 計測例

図5に、図4に示した XY 走査データをもとに3次元計測データとし、その計測結果をもとに3D表示を構成した図を示す。おのこの図5-A 高低鳥瞰像、図5-B カラー鳥瞰像、図5-C 輝度鳥瞰像を示す。本計測装置によって得た3D データは、あらかじめ高さ方向のピークを検出することによってデータを圧縮する。圧縮データを解析ソフトによって、ノート PC などユーザパソコンにて多角的に手軽に3次元解析が可能である。標

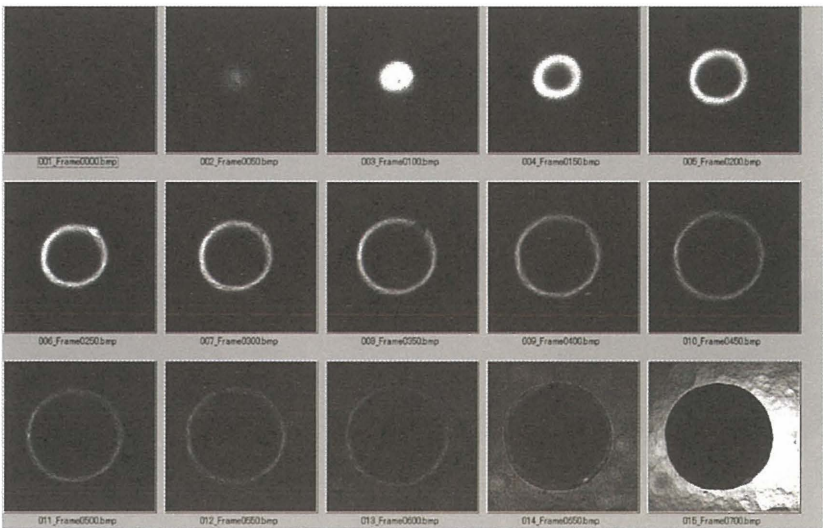


図4 電解重合膜の XY 走査像
Fig4. XY scan image of conducting polymer

準解析では、断面プロファイル、段差計測、3D 半径・角度計測、体積計測など、多様なデータ加工・解析に対応することが可能である。計測の表示方法には、2D 深度（全焦点）像、3D 鳥瞰表示が選択できる。各々について、輝度に基づいた表示、高さを表現した表示、カラー情報に基づいた表示等を選択することができることで、合計6種類の表示バリエーションが可能である。各々の組み合わせで、ワークの傷や異物などの認識などにも応用が広がる。

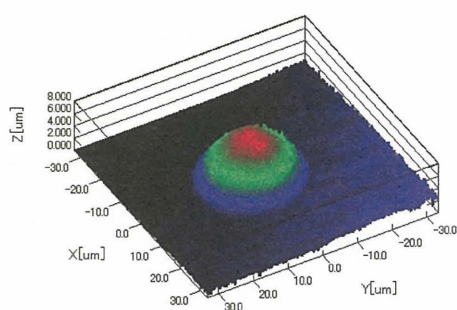


図5-A 高低鳥瞰像
Fig5-A. 3D-image of profile data

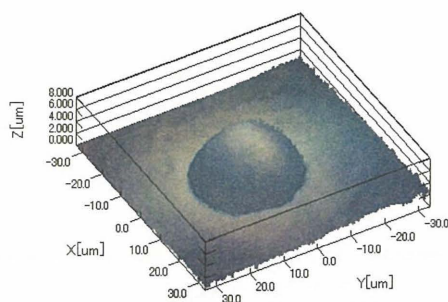


図5-B カラー鳥瞰像
Fig5-B. real color 3D-image

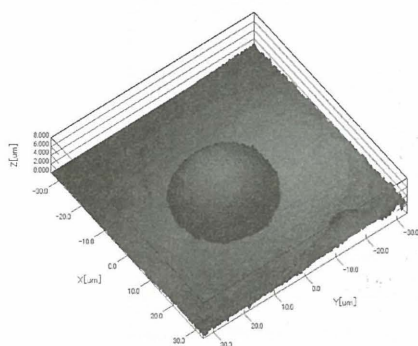


図5-C 輝度鳥瞰像
Fig5-C. laser intensity 3D-image

たとえば、光ファイバを例にあげると、切断面や凹凸の状態やファイバ側面から観察し内部の欠損部分を視覚的にとらえることも可能である。図6は光ファイバ断面を示した。図6が示すようにカラー像で見ると、異物やガラス材の欠損部かの判断をすることが可能である。また図7には光ファイバの側面をとらえたカラー・輝度像をおの示した。

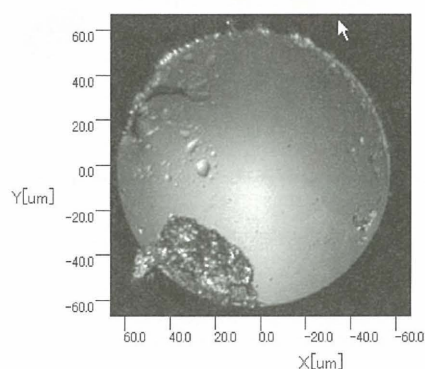


図6-A 光ファイバの切断面欠損部の輝度鳥瞰像
Fig6-A. Laser intensity 3D-image of defect of optical fiber

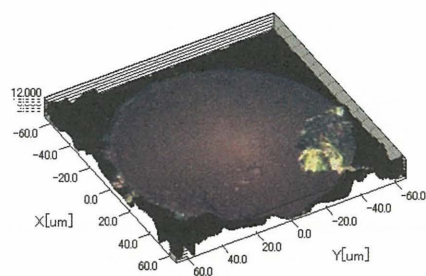


図6-B 光ファイバの切断面欠損部の輝度鳥瞰像
Fig6-B. Real color 3D-image of defect of optical fiber

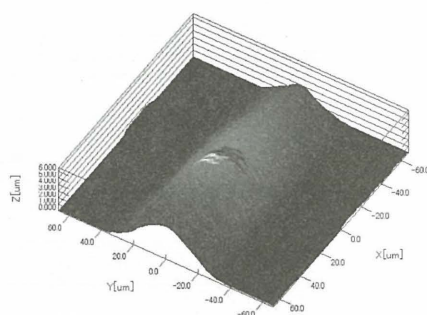


図7-A 光ファイバの切断面欠損部の輝度鳥瞰像
Fig7-A. Laser intensity 3D-image of defect of optical fiber

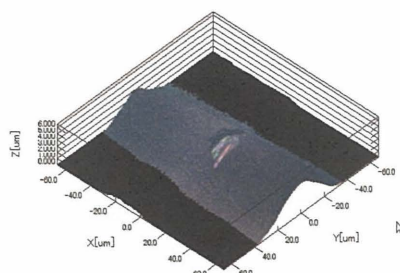


図7-B 光ファイバの切断面欠損部のカラー鳥瞰像
Fig7-B. Real color 3D-image of defect of optical fiber

また、サブミクロンの薄膜の膜厚の計測が可能です。たとえばナノインプリンティングなどの精密加工高分子薄膜など透明膜の段差を計測することが可能である。解析ソフトの傾き補正機能を使用し、精密な計測結果を表示することが可能である。高精細な厚みの面分布や輝度情報3Dイメージなど、自由に表現することが可能です。図8-A はナノインプリンティング薄膜の輝度鳥瞰表示をしめしている。図8-B は、高低超深度像で、高低さを擬似カラーで色分けしてその薄膜の面内厚み分布を示している。図8-C は、同サンプルの断面プロファイル計測した結果をしめしており、0.5ミクロンの薄膜の急峻な段差を、表示することが可能であることを示している。

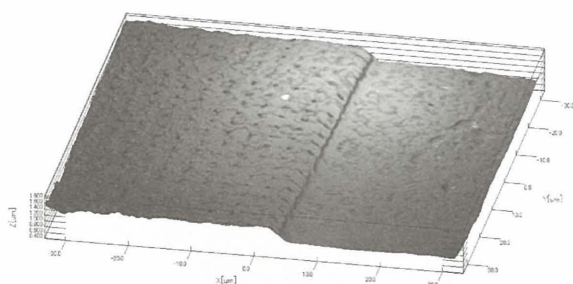


図8-A ナノインプリンティング薄膜の輝度鳥瞰像
Fig8-A. Laser intensity 3D-image of nano in print

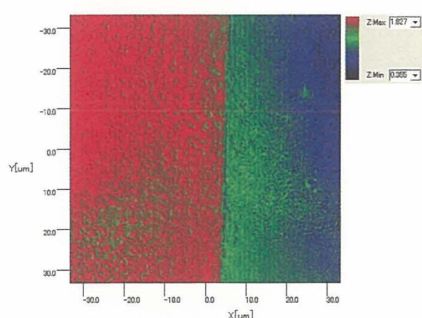


図8-B ナノインプリンティング薄膜の高低深度像表示
Fig8-B. Ultra-depth image of profile data of nano in print

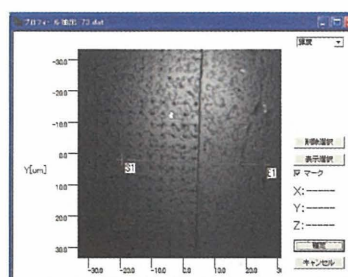


図8-C ナノインプリンティング薄膜の断面プロファイル表示
Fig8-C. Cross sectional profile of nano in print

その他、本装置では、傾き補正機能を用いて、平坦化し各段差のプロフィール抽出から段差の立ち上がり角度を算出することができる。このような機能はバンプ・ビアの立上り角度などを知る上でも重要な計測方法である。また精密加工品のエッジ部分の角度算出などにも最適である。また、プロフィール抽出機能や形状解析機能を用いて、曲率を持った表面の形状の半径の算出や性状を知ることができる。レンズや光ファイバ等の曲率解析や金属・樹脂加工の先端やエッジの曲率を知るために使用可能である。

図9、10は同様にナノインプリンティング法によって形成された、ドットパターンの輝度鳥瞰表示を示している。このように金属加工物のみならず透明薄膜や透明曲率物など従来では計測しづらいサンプルも独自の光学系とハードウェアのローノイズ化は、ノイズ除去の独自のアルゴリズムによって、なされた弊社のプロフィール計測による結果である。

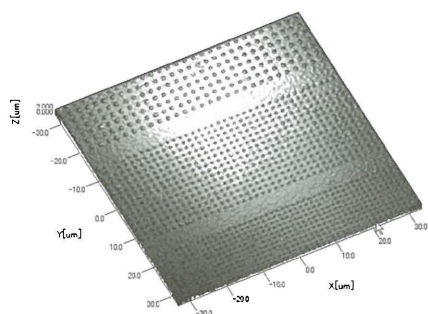


図9-A ナノインプリントの輝度鳥瞰像
Fig9-A. Laser intensity 3D-image of nano in print

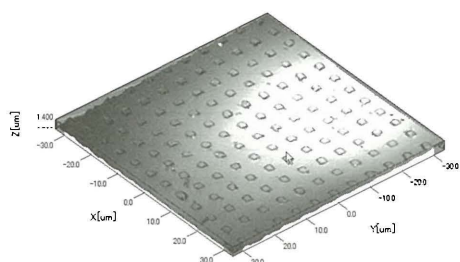


図9-B ナノインプリントの輝度鳥瞰像
Fig9-B. Laser intensity 3D-image of nano in print

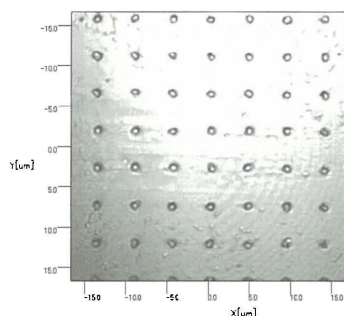


図10 ナノインプリントの輝度深度像
Fig10. Ultra-depth image of profile data of nano in print

4. おわりに

以上、新しく開発した光学式3次元計測顕微鏡の原理、構造と測定、計測例を述べたが、ナノテクノロジー、ナノ構造デバイスの分野で極めて有効であることを示した。本装置は種々の半導体デバイス、工学デバイスなど電子産業、情報産業、化学産業分野の他、バイオテクノロジー、医学、生物学など広い分野で利用可能であり、使いこなして習熟してくるとさらに予想外の適用も可能であることが視野に入っている。本研究は独立行政法人科学技術振興機構のプレベンチャー事業として支援を受け、行った研究開発を基盤に発展させたものであり同機構に謝意を表したい。

参考文献

- 1) 吉野勝美、小林潤也、大藁敏雄；電気材料技術雑誌9 (2000) 288

(2007年8月5日受理)