

## 楕円スポットによる光輪郭センサーの性能向上

東京都立工業高等専門学校 ○深津 拓也, 長岡技術科学大学 柳 和久

### Performance improvement of optical profiling sensor by elliptic spot irradiation

Tokyo metropolitan college of technology Hiroya FUKATSU, Nagaoka university of Technology Kazuhisa YANAGI

When conventional optical profiling instruments are utilized for measuring surface profiles of engineered surfaces, unreasonable signal peaks caused by speckle noise tend to occur depending on the target surface characteristics. In order to reduce such noise component, we have developed the new optical displacement sensor as an optical stylus. However, the sudden noise peaks are still generated even by that sensor in the case of remarkable speckle phenomena.

Considering that the displacement sensitivity of the sensor is easily reduced, we in this paper propose a novel optical system composed of the sensitivity-compensation unit and speckle noise removal unit and demonstrate its good performance.

#### 1. はじめに

従来の光輪郭センサーは、測定表面の微小凹凸により発生するスペckルノイズにより、測定値に突発的のピークや高周波成分等の異常値が重畳する。この値は測定面の加工方法によっては触針式測定機の数倍の値を示す場合もある。著者らはこれまで、これらの異常値を大幅に削減するための、スペckルノイズ除去機能を有する光輪郭センサーの研究を進めてきた<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup>。しかしながらこのセンサーにおいても、わずかであるがこれらの異常値が残存し、平面度測定等の広い領域を測定するときには問題が生じる。この原因は非常に大きなスペckルノイズが発生するときは、センサーの変位感度が極端に減少するためである。

本研究では、変位感度を維持するための楕円スポット照射光学系とスペckル除去光学系を組合わせて、突発的のピークや高周波成分などの異常値をこれまで以上に削減した。

#### 2. スペckルノイズ除去光輪郭センサーの問題点

図1は放電加工面を従来の光輪郭センサー、スペckルノイズ除去光輪郭センサー、触針式粗さ計で測定したときの結果である。図に示すようにスペckルノイズ除去光輪郭センサーの効果は非常に大きいことがわかるが、触針式測定機には現れない突発的のピークや高周波成分がまだ残っている。したがってサンプリング間隔が大きな平面度測定等にこのセンサーを使用する場合は、図の折れ線で示したように異なった形状を示す場合がある。図2は輪郭センサーの検出器である2PD（2分割フォトダイオード）上での反射光強度分布で、突発的のピークが発生する場所で測定したものである。スペckルノイズにより2PDの片側（この場合はAのみ）に大きく反射光が偏って

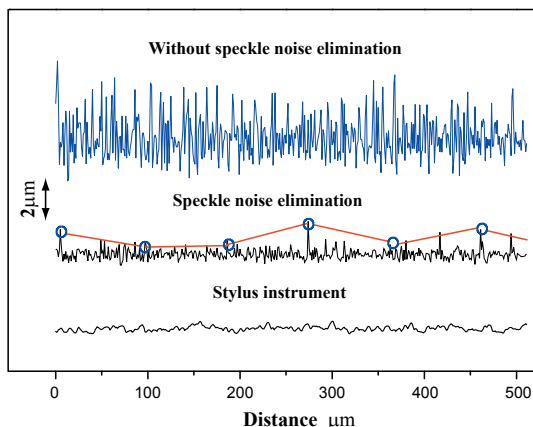


Fig. 1 Problem of developed optical stylus profiling sensor

いるのがわかる。スペckルノイズ除去機能を持つ光輪郭センサーは、反射光にスペckルノイズが含まれていても変位感度が維持されていれば、その影響を除去することができる。しかしながらこのような反射光強度分布では2PDのAとBの差によって得られる焦点誤差信号は、変位に対してほとんど感度を持たないので、スペckルノイズを除去しても突発的のピーク等の異常値を完全に除去することはできない。

#### 3. 楕円スポット照射

変位感度が減少する理由は、先に述べたようにスペckルサイズが大きく、2PD上で反射光が大きく偏るためである。この問題を解決するためには、スペckルサイズを小さくして、2PDの両方のフォトダイオードに均等に反射光が入射するようにすれば良い。スペckルサイズを小さくするためには照射スポットサイズを大きくする必要があるが、あまりスポットサイズが大きいと輪郭測定に不都合となる場合もある。そこで本研究では円筒レンズと対物レンズによる楕円スポット照射を試みた。つまり楕円の長軸方向で、スポットサイズ拡大によるスペckルサイズの縮小を行い、短軸方向は、円形スポットと同じ大きさであるので横分解能を維持する。図3に楕円スポット照射の光学系を示す。この光学系では、円筒レンズCL

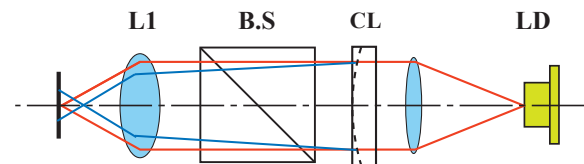


Fig. 3 Optical system for the elliptic spot irradiation

の湾曲のない面を通過する光は対物レンズによってそのまま測定面に集光するが、CLの湾曲のある面を通過する光は測定面の前で集光し、測定面ではデフォーカスとなる。したがって測定面では楕円形のスポットとなる。図4に楕円スポット照射のときの反射光強度分布を示す。測定面には放電加工

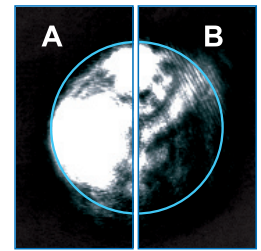


Fig. 2 Non-uniform light intensity distribution on the 2PD

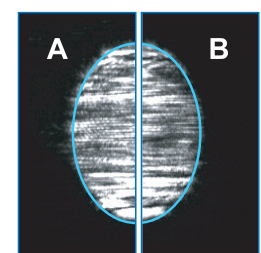


Fig. 4 Light intensity distribution by elliptic spot irradiation

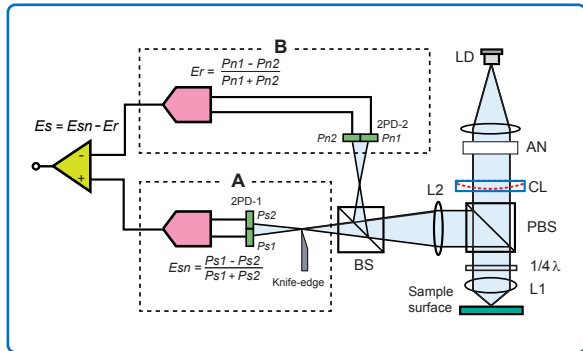


Fig. 5 New optical stylus profiling sensor which combines the elliptic spot irradiation system with speckle noise removal system

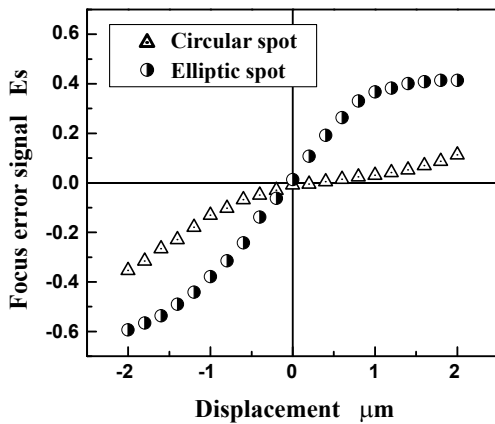
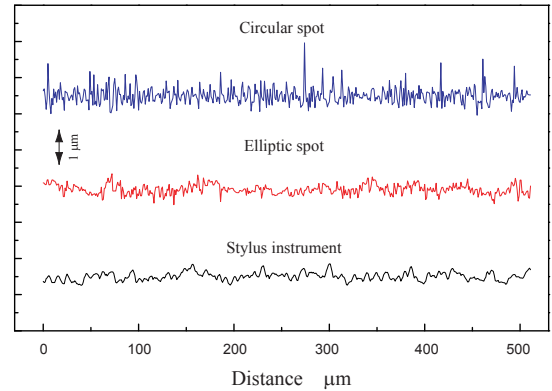


Fig. 6 Maintenance of the displacement sensitivity by the elliptic spot irradiation

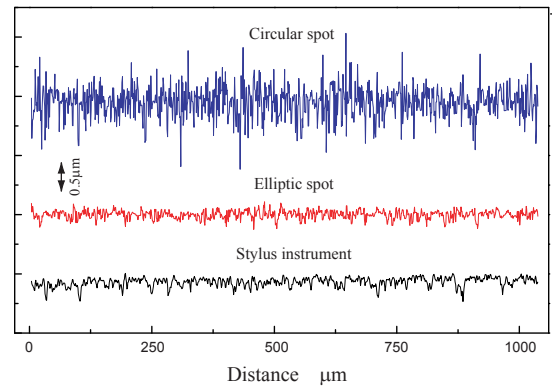
面を使用した。図1の対物レンズのみの円形照射スポットの反射光と比べると、楕円スポットにすることによりスペックルサイズが小さくなり、2PD上での偏りも減少していることがわかる。

4. 測定システム

楕円スポット照射は、変位感度の減少を抑えることはできるが、2PD上の反射光強度分布は完全に均一になるわけではないので、スペックルノイズは残存している。したがって楕円スポット照射は、スペックル除去機能との組み合わせにより、より効果を発揮する。図5にと楕円スポット照射光学系とスペックルノイズ除去機能光学系を組み合わせた測定システムを示す。波長670nmの半導体レーザーLDから射出された水平偏光ビームはコリメータレンズとアナモルフィック光学系で円形の平行光にされた後、円筒レンズCL、PBSおよび1/4波長板を通過し対物レンズL1により測定試料を楕円形で照射される。測定面からの反射光は、再び1/4波長板を通過し垂直偏光となり、PBSによって90度曲げられ、視野レンズL2で集光された後BSによって一方はAブロック方向に、もう一方はBブロック方向に分けられる。Aブロックでは、ナイフエッジと2PD-1によって、焦点誤差信号Esnが得られ、Bブロックでは測定面の変位によって変化しない参照信号Erが得られる。照射スポット内に微小凹凸が存在すればスペックルノイズが発生し、Esnはスペックルノイズを含むことになるが、楕円スポット照射により常に図4のような反射光強度分布となるので、十分な感度を持つ焦点誤差信号が得られる。Erはスペックルノイズのみの信号であるので、EsnとErの差Esが、スペックルノイズが除去された焦点誤差信号となる。本システムでは、得られた



(a) EDMed surface



(b) Blast machined surface

Fig. 7 Measurement results in using the elliptic spot irradiation

Esを常に0にするように対物レンズL1の位置のオートフォーカス制御を行い、対物レンズの移動量を別の変位センサーで読み取りそれを変位(輪郭)とする。

5. 測定結果

図6に円形スポットと楕円スポットの変位特性を示す。楕円スポットによる変位感度の改善がわかる。図7(a),(b)に放電加工面およびブラスト加工面の輪郭測定の結果を示す。図中上から円形スポットスペックル除去、楕円スポットスペックル除去、触針式測定機の結果である。ここで使用した対物レンズはNA0.73、楕円スポットでは焦点距離500mmの円筒レンズを用いた。円形スポットサイズは2μmであり、楕円スポットサイズは2μm×15μmとなる(どちらも計算値)。円形スポットでは、突発的ピークおよび高周波成分等の異常値がまだ残っており、特にブラスト加工面ではそれが顕著である。楕円スポットによる測定では、どちらの加工面でも残存していた異常値が除去され、輪郭形状は触針式測定機の結果とほぼ一致した。

6. 結言

- (1) 楕円スポットにすることにより、スペックルサイズが縮小され、変位感度を維持することができた。
- (2) 楕円スポット光学系とスペックルノイズ除去光学系を組み合わせることにより、残存する異常値をほぼ除去することができ、触針式測定機に近い輪郭形状が得られた。

参考文献

- 1) 深津拓也, 柳和久, 三須清孝: 被測定面で発生する反射光スペックルが光触針式輪郭測定機に及ぼす影響, 精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, (2002) 604.
- 2) 深津拓也, 柳和久, 嶋本篤: スペックルノイズ除去機能を有する光触針式輪郭測定法の研究, 精密工学会誌, 69, 7 (2003) 1008.