

レーザービーム高速走査法を用いた OPC ドラム基板のための インプロセス非接触形状特性検査装置

コアシステム 篠崎亮, 新潟大工 佐々木修己, 鈴木孝昌

Non-contact in-process inspection equipment of surface profile's properties for OPC drum substrates using a fast laser scanning method

Coresystem Ryo SHINOZAKI, Niigata Univ. Osami SASAKI, Takamasa SUZUKI

An inspection system for the surface profile's properties of an organic photo conductor (OPC) drum substrate is studied. Defective OPC drum substrates have approximately 1mm periodic wave in their surface profiles along the cylinder direction. The slope distribution of the surface profile is measured with an optical system of the inspection which detects the angular deflection of the laser beam scanned over the surface. To discriminate between good and defective OPC drum substrates, a threshold decision is made on components of the power spectrum of the slope distribution around 1mm spatial period with experiments. The inspection system provides the same results as the visual inspection. The setup does not require any vibration isolators because of a short inspection time of 2ms.

1. はじめに

精密に表面加工された部品の製造において、不良品の出荷抑制と不良原因の調査には、製造工程内での全数表面形状測定および検査が有効である。形状検査には、干渉計や触針式の形状測定装置を用いるのが一般的だが、これらの機器は除震台や特別な測定室が必要なので、加工部品の製造工程内における全数検査は難しかった。

我々は、高速走査したレーザービームの角度振れ検出から傾斜分布を得て、それを積分することで1次元形状を得る装置を報告した¹⁾。これを「レーザービーム高速走査法」と呼ぶ。傾斜分布の測定法はこれまで、Smolka²⁾やTakacs³⁾やWeingärtner⁴⁾などが知られているが、いずれの方法も被測定面もしくは光学系を機械的に移動させなければならず、測定中に受ける製造現場からの外乱を無視できるほど測定時間を短くすることはできない。一方、レーザービーム高速走査法は測定時間が1ms程度と高速なので、外乱の影響は小さい。従って、製造工程内の表面形状検査装置として応用可能である。

本報告で、コピー機などで使われる OPC (organic photo conductor) ドラムの基板形状検査にレーザービーム高速走査法を応用する。OPC ドラムの検査として、カメラにより表面の傷や色むらなどを捕らえる画像検査がすでに自動化されている。一方、大域的な形状検査は、目視や触針測定による検査に頼っていた。

2. 形状特性の検査方法

検査される OPC ドラム基板は旋盤加工されたアルミ製、径 25mm、長さ 250mm の円筒である。形状特性不良 OPC ドラム基板は、軸方向に約 1mm 周期のうねり形状を持つ。この OPC ドラム基板を用いて印刷すると、印字結果に斑が生じる。目視検査で不良となった OPC ドラム基板を Talysurf-S6 で測定した。その傾斜分布のパワースペクトルを Fig.1 に示す。Fig.1 から空間周期 $\lambda_s = 1\text{mm}$ 周辺にピークを持ち、不良 OPC ドラム基板が確かに 1mm 周期のうねりを持つことがわかる。従って、形状特性の良・不良を判定するには、パワースペクトルの空間周期、 $\lambda_s = 1\text{mm}$ 周辺に閾値を設定すればよい。

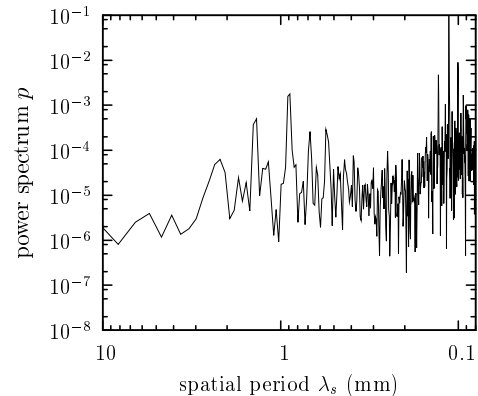


Fig. 1 NG OPC drum of the power spectrum of the surface's slope distribution measured with Talysurf-S6.

3. 測定装置

3.1 傾斜分布測定

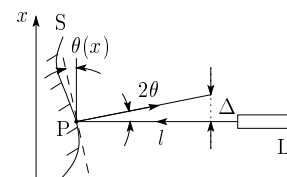


Fig. 2 Basic schematic of surface's slope measurement by detection of angular deflection of a laser beam.

レーザービームの角度振れ検出による傾斜分布測定の基本的な原理を Fig.2 に示す⁵⁾。光源 L から放射されたレーザービームは x 軸に垂直に入射し、面 S 上を x 軸方向に走査する。 x 軸に沿った傾斜分布を $\theta(x)$ である。Fig.2 で、ビームが点 P に入射したとすると、反射ビームは入射ビームと 2θ の角をなす。もし $\theta \ll 1$ ならば、点 P から距離 l だけ離れた x 軸に平行な面において、角度 2θ はビームのずれ $\Delta = 2\theta l$ によって測定できる。この測定を面 S 上の各点について行くと、傾斜分布に比例するビームのずれの分布 $\Delta(x)$ が得られる。ずれ

△の測定はPSD(position sensitive detector)を用いる。

3.2 走査光学系

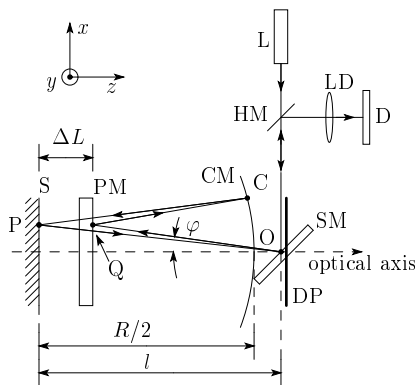


Fig. 3 Optical system for surface's slope distribution measurement.

ビームのずれの分布 $\Delta(x)$ を高速に測定する走査光学系を Fig.3 に示す．光源 L から放射されたビームは、回転するスキャナミラー SM 上の点 O に入射し、点 O で反射したビームは、 x - y 平面に平行な平面ミラー PM 上の点 Q に入射する．点 Q で反射したビームは、曲率半径 R の凹球面ミラー CM 上の点 C に入射し、点 C で反射したビームは、被測定面 S 上の点 P に入射する．面 S は x - y 平面に平行でミラー PM との距離は ΔL 、ミラー CM との距離は $R/2$ である．ミラー SM の回転軸 O を含み x - y 平面な測定面 DP とし、面 S と面 DP の距離を l とすると、

$$\frac{1}{l + R/2 - 2\Delta L} + \frac{1}{l + R/2} = \frac{2}{R}, \quad (1)$$

を満たすとき、面 S が平面ならば、面 S から反射したビームの測定面 DP 上で位置ずれはほとんど生じない．このとき、点 O と測定面 DP と z 軸の交点は、凹球面ミラー CM の共役点である．もし面 S が傾斜 θ を持っていたら、それによって生じるビームのずれ Δ は、測定面 DP 上で、

$$\Delta = -2l\theta - 2l\theta\varphi^2 - d^2\varphi^3, \quad (2)$$

である．ここで φ は z 軸とビーム経路 OQ のなす角で、 $d = \Delta L + 1/2 - \sqrt{\Delta L^2 + 1/4}$ 、そして $R = 1$ とした．測定面 DP 上のビームのずれ Δ は、レンズ LD で PSD であるディテクタ D に結像される．

4. 実験

4.1 装置

OPC ドラム基板の面 S 上の測定範囲は 30.3mm である．光源 L は He-Ne レーザで、面 S 上でのビーム系は $50\mu\text{m}$ ．凹球面ミラー CM は直径 80mm、曲率範囲は $R = 400\text{mm}$ ．距離 ΔL は 7mm、式 (1) より $l = 207\text{mm}$ である．ミラー SM の回転速度は 570rpm なので、面 S 上の 30mm を約 2ms で測定できる．従って本装置は約 500Hz 以下の機械的振動に不感なので、除震装置は用いなかった．面 S の傾斜分布に比例する PSD の出力 V_p は A/D ボードを通じてコンピュータに収集される．

4.2 パワースペクトル

不良 OPC ドラム基板を測定したときの PSD の出力 V_p のパワースペクトルを Fig.4 に示す．空間周期 $\lambda_s = 1\text{mm}$ 周辺

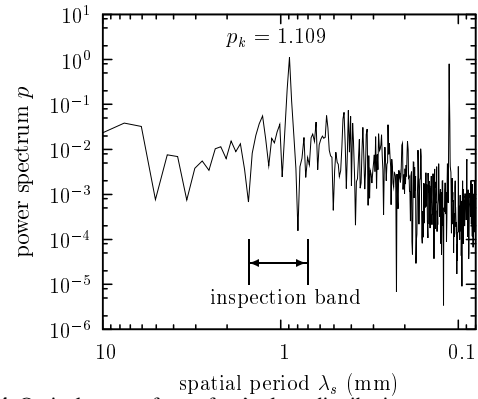


Fig. 4 Optical system for surface's slope distribution measurement.

にピークを持つことがわかる．従って、レーザビーム高速走査法を用いた検査は可能であるといえる．

4.3 検査

検査は、目視検査された 4 本の良品、6 本の不良 OPC ドラム基板で行った．各々の基板で、管の端の 2 箇所 (A, C とする)、中央の 1 箇所 (B とする) の 3 箇所を測定する．各々の測定から得たパワースペクトルにおいて、Fig.4 に示すように、空間周期 $\lambda_s = 0.7\text{mm}$ と 1.5mm の間のピーク値 p_k を求め、領域 A, B, C で得られたピーク値 p_k の中で最大の DV で、良・不良を判定する．測定の結果、Table.1 が示すように、良・不良の OPC ドラム基板を分別するには、OK4 の DV 値 0.039 と NG2 の 0.121 の間に閾値を設定すればよいことがわかった．

Table 1 Peak value p_k of the power spectrum p between spatial period λ_s of 0.7mm and 1.5mm.

Drum	A	B	C	DV
OK1	0.006	0.008	0.002	0.008
OK2	0.038	0.032	0.012	0.038
OK3	0.006	0.012	0.010	0.012
OK4	0.025	0.015	0.039	0.039
NG1	0.060	0.099	1.109	1.109
NG2	0.014	0.121	0.019	0.121
NG3	0.058	0.029	0.563	0.563
NG4	0.080	0.142	0.574	0.574
NG5	1.091	0.234	0.208	1.091
NG6	0.297	0.138	0.490	0.490

5. 結論

レーザビーム高速走査法を用いて OPC ドラム基板の形状特性検査を行った．測定時間は 2ms と短いので、除震台は不要であった．不良 OPC ドラム基板は空間周期で 1mm 程度のうねりを持つので、形状特性を検査するために基板表面の傾斜分布のパワースペクトラムの空間周期 1mm 周辺のピーク値を利用した．実験の結果、ピーク値に対して閾値を設定することによって良・不良 OPC ドラム基板を分別できた．

参考文献

- 1) R. Shinozaki, et al., *Appl. Opt.*, **43**, pp. 4157-4163, (2004).
- 2) F. M. Smolka, et al., *Appl. Opt.*, **17**, 3284-3289 (1978).
- 3) P. Z. Takacs, et al., *Proc. SPIE*, **966**, 354-364 (1988).
- 4) I. Weingärtner, et al., *Proc. SPIE*, **3782**, 306-317 (1999).
- 5) J. D. Evans, *Appl. Opt.*, **10**, pp. 995-996, (1971).