

ピコニュートン力の計測に向けた MEMS 用レーザー変位計の開発

Laser Displacement Sensor for MEMS to Measure Piconewton Forces

東大生研¹, JST さきがけ² ○(D)紫垣 政信¹, 田中 嘉人^{1,2}, 佐藤 隆昭¹, 志村 努¹

IIS, the Univ. of Tokyo.¹, JST PRESTO.², °Masanobu Shigaki¹, Yoshito Tanaka^{1,2}, Takaaki Sato¹,

Tsutomu Shimura¹

E-mail: shigaki@iis.u-tokyo.ac.jp

ピコニュートンオーダーの力計測は、分子間相互作用の研究やタンパク質、DNA の力学的な構造解析など、物理のみならず生体計測等にも広く必要とされている。MEMS の分野では、レーザードップラ振動計を用いた変位測定による微弱力計測が広く用いられてきたが、一般的にサブナノニュートンオーダー程度の力検出感度しか得られなかった。そこで我々は、サブピコニュートンオーダーの力によって生じる変位を計測するため、マイケルソン干渉計を応用したレーザー変位計の開発を進めている。

Fig.1 に、本研究で構築したレーザー変位計の光学系を示す。図中右下の二等辺三角形をなす光路がマイケルソン干渉計をなしており、ここでは動作確認のため、測定サンプルとしてピエゾステージに取り付けられたミラーを用いている。ピエゾステージ上のミラーが光源波長の 1/4 の距離だけ光軸方向に移動すると、PD1, PD2 で観測される光強度が干渉によって 1 周期分変化する^[1]。ここで、PD1, PD2 で観測される干渉信号の位相は互いに 90° ずれているため、以下の式(1)を用いてミラーの変位量を計算することが可能である。ここで x はミラーの変位量、 λ は光源波長、 I_{PD1} , I_{PD2} はそれぞれ PD1, PD2 で観測される光強度を示す。

$$x = \frac{\lambda}{8\pi} \tan^{-1} \left(\frac{I_{PD1}}{I_{PD2}} \right) \dots (1)$$

次に、Fig.2 にピエゾステージ上のミラーを光軸方向へ等速に移動させた際の PD1, PD2 の出力信号、およびミラー変位量の計算結果を示す。ミラーの等速な移動に応じて PD1, PD2 から位相差 90° の干渉信号が得られるとともに、ピエゾステージ上のミラーが 100[nm/sec] の速度で移動していることが確認できた。当日はこのレーザー変位計を用いて、MEMS における梁の変位量を測定した結果についても報告する予定である。

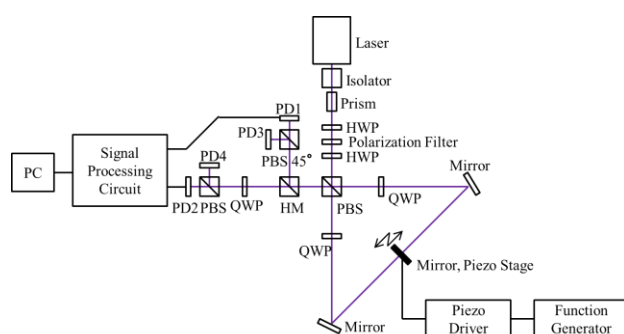


Fig. 1. Optical system of the laser displacement sensor.

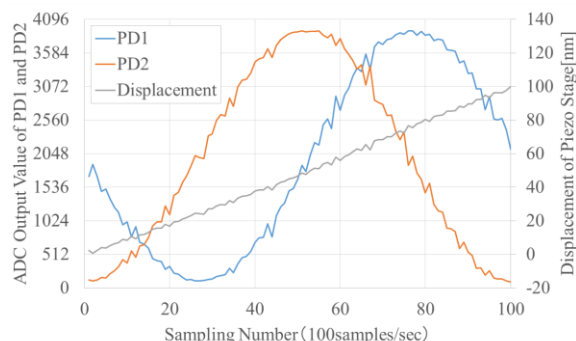


Fig. 2. Displacement measurement results with a piezo stage.

[1] 田宮英明, “pm 分解能非接触変位計”, 2012 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 1013-1014.