

Measurement of Actuator Characteristics by Laser Doppler Velocimeter.

樋口義則 高村康久 石谷晃 高橋俊介 後藤顕也

Y. Higuchi, Y. Takamura, A. Ishigai, S. Takahashi, K. Goto

(株) 東芝 要素部品事業部 固体デバイス第一技術部

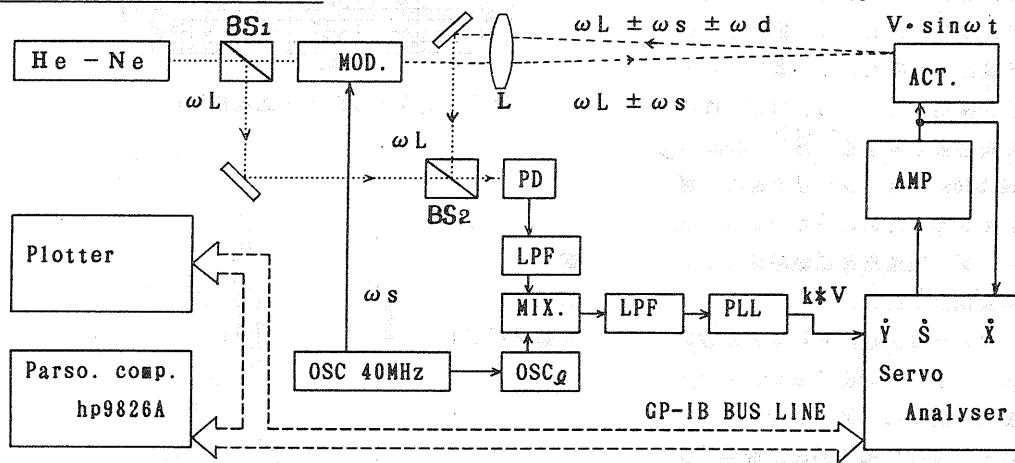
Solidstate Device Engineering First DEPT.

Electron Tube & Device Division TOSHIBA CORPORATION

1. はじめに CDやVD信号の再生に用いられるピックアップヘッドには、ディスクの回転に共なうディスク面の上下振動（フォーカス方向）と記録トラックの移動（トラッキング方向）に追従するためのアクチュエーターが必要である。その動きの最大振幅と追従周波数はディスクによって決まり、CDの場合にはおおよそフォーカス方向に $\pm 1\text{mm}$ と 1kHz 、トラッキング方向に $\pm 0.5\text{mm}$ と 2kHz である。このようなアクチュエーターの動き（振動）の周波数応答の測定には、その動きを検出するセンサーが必要である。一般的にはこの目的の為に光ファイバーの光の放射と入射の特性を利用した光ファイバーセンサーや、アクチュエーターの導体部分に流れる渦電流を利用した渦電流センサーが用いられる場合が多い。我々は、このアクチュエーター振動の周波数応答（振動特性）の測定にHe-Neレーザーを利用したドップラーセンサー（LDV）を使い、高い周波数領域までS/Nを落すことなく高精度の測定を行なったのでその結果について報告する。

2. 測定装置の構成と原理

第1図に測定装置の構成を示す。



第1図 測定装置の構成

光源として縦マルチモードのHe-Neレーザーを用いる。He-NeレーザービームはビームスプリッターBS1によって分割され、うち1つのビームは変調器MODによって 40MHz の周波数で変調され、レンズLによって被対象測定物に照射される。反射光（または散乱光）は再びLによって集光されビームスプリッターBS2で光源から直接入射する光と同軸となって、フォトダイオードPD上で干渉する。PDには干渉縞に対応した光電流が流れ、2乗検波が行なわれる。

アクチュエーターの振動によって発生するドップラー周波数 f_d は

$$f_d = \frac{2}{\lambda} \times \cos \theta \times |V| \quad (\text{Hz})$$

θ ; 入射ビームと測定対象物の運動方向のなす角度。

$\lambda = 632.8\text{nm}$, $\theta = 180\text{deg}$. とすると $f_d = 3.16\text{MHz/m/sec}$ である。

フォトダイオードによって検波される周波数は $\omega_s \pm \omega_d$ であるから、これをLPFを用いて $\omega_s + \omega_d$ を取り除き、 $\omega_s - \omega_d$ とする。また発信器OSC₀はOSCからの40MHzの基準信号を受けてこれと位相が同期した31~49MHzの信号を発生し、ミキサーMIX.によって $\omega_s - \omega_d$ との差信号 $\omega_s - \omega_d - \omega_0$ を検出する。次にこの信号を位相検波器PLL.を用いて被測定物の速度信号に変換する。

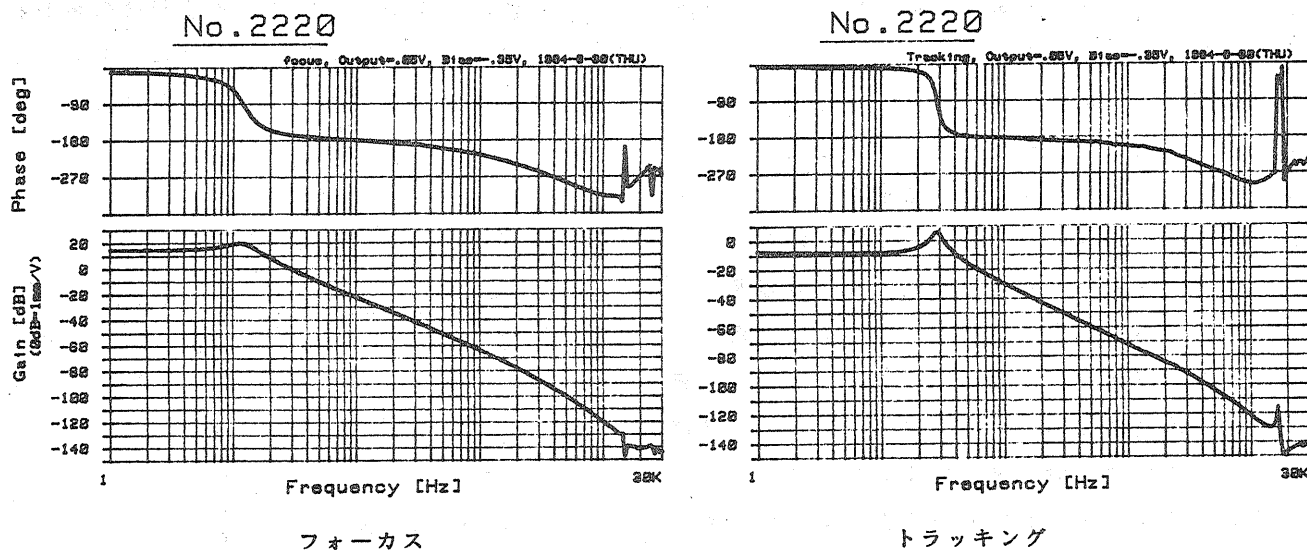
一方、被測定アクチュエータはサーボアナライザが発生する正弦波信号Sを増幅した信号によって振動している。サーボアナライザはアクチュエータに加わる電圧 \dot{X} とLDVによって検出される速度信号 \dot{Y} との商を求め、その振幅値と位相とをパソコンに入力する。

ボデー線図を描くのに必要な振動の振幅Aと位相Pの値は

$$A = 20 \times \log (\dot{Y} / \dot{X} / \omega) \quad (\text{dB})$$

$$P = \arg. (\dot{Y} / \dot{X}) + 90 \quad (\text{deg.}) \quad \text{により求められる。}$$

3. 測定結果 フォーカスアクチュエータとトラッキングアクチュエータの振動特性の測定結果を第2図に示す。



第2図 測定結果

共振周波数は、フォーカス方向で約10Hz、トラッキング方向で約30Hzである。共振周波数より高い周波数における振幅は-40dB/decで小さくなり、10kHzでの振幅はそれぞれ0.006μm、0.005μmと言う非常に小さい値となる。このような特性でのアクチュエータの最大速度は共振周波数において現れ、フォーカス方向では

$$V_{\max} = A_0 * \omega_0 \quad (\text{m / sec})$$

$$A_0 = 1 \text{E-}3 \quad \text{mm}, \quad \omega_0 = 2\pi * 1 \text{E}1 \quad \text{とすれば}$$

$$V_{\max} = 2\pi * 1 \text{E-}2 \quad (\text{m / sec})$$

この時のドップラーシフト周波数fdは

$$fd = 2\pi * 1 \text{E-}2 * 3.16 = 0.2 \quad (\text{MHz}) \quad \text{である。}$$

これまでの光ファイバーセンサーや渦電流センサーでは、このような微小変位量の測定は難しかったが、LDVを使う事によりS/N良く測定できる事が判った。このアクチュエータは、有限要素法を使った計算機シミュレーションによって18kHzに寄生振動のある事が判っている。第2図に示す特性には約15kHzに寄生振動が見られ、ほぼ計算値と一致する。