

## 微小構造間に働く極微弱力計測システムの開発

### Measurement System of Weak Interaction Force between Microstructures

東大生研<sup>1</sup>, JST さきがけ<sup>2</sup> ○(D)紫垣 政信<sup>1</sup>, 田中 嘉人<sup>1,2</sup>, 志村 努<sup>1</sup>

IIS, the Univ. of Tokyo.<sup>1</sup>, JST PRESTO.<sup>2</sup>, Masanobu Shigaki<sup>1</sup>, Yoshito Tanaka<sup>1,2</sup>, Tsutomu Shimura<sup>1</sup>

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

近年、様々な分野に応用されている MEMS は、シリコンや金属を向かい合わせた多数の微小構造をもつ。この MEMS を高精度に制御するには、静電気力やカシミール力といった微小構造間に働く様々な極微弱力の理解が必要不可欠である。そこで我々は、常温大気中で微小構造間に働く極微弱力のふるまいを明らかにするため、マイケルソン干渉計を応用した極微弱力計測システムの構築を進めている<sup>[1]</sup>。

Fig.1 に、現在の極微弱力計測システムのブロック図を示す。本システムでは、平板と微小球の間に働く微弱力を計測するため、マイケルソン干渉計を用いて微小球を結合したコロイダルカンチレバーの共振周波数を計測し、その共振周波数シフト量から微弱力の勾配を求める。ここで、平板および微小球に導電性がある場合、静電気力の大部分については両者のアースを取ることで除去できる。しかし、両者をアース接続してもわずかに電位差が残る場合があるが、この電位差は平板またはカンチレバーに対する直流電圧の印加によって補償できると考えられ、静電気力とその他の力を区別した状態を作り出すことが可能となる。 $V_i$ を印加する直流電圧、 $V_o$ を計測系の残留電位差、 $C$ を平板と微小球の間の静電容量、 $f_o$ を力が作用していない状態のカンチレバーの共振周波数、 $k$ をカンチレバーのばね定数、 $d$ を平板と微小球の間の距離とすると、印加した直流電圧  $V_i$  と、静電気力に起因する共振周波数シフト量  $\Delta f$  の関係は(1)式で表される<sup>[2]</sup>。

$$\Delta f = -\frac{f_o}{k} \frac{C}{d^2} (V_i - V_o)^2 = -\beta (V_i - V_o)^2 \quad (1)$$

次にこの微弱力計測システムにおいて、(1)式をもとに残留電位差  $V_o$  を計測した結果を Fig.2 に示す。本実験では金コートミラーと金コートコロイダルカンチレバーを用いて、ミラーへの印加電圧  $V_i$  とカンチレバーの共振周波数シフト量  $\Delta f$  の関係を測定した。(1)式のように、ミラーとカンチレバーの距離  $d$  が小さくなると放物線の頂点が鋭くなるが、放物線の頂点をとる残留電位差  $V_o$  の値は距離依存性をもたない結果となった。当日はこの手法を用い、静電気力を打ち消すことで現れるカシミール力などの極微弱力の計測結果について報告する。

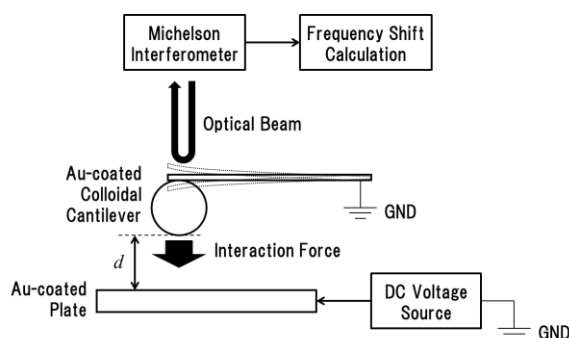


Fig. 1 Block diagram of the interaction force measurement system.

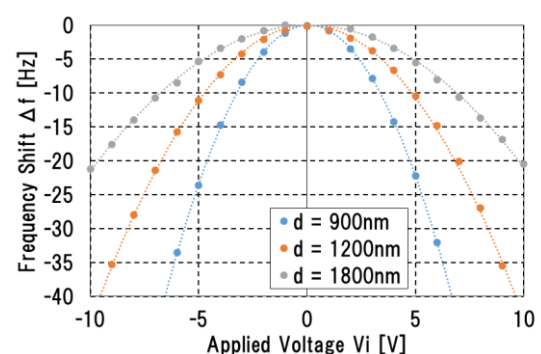


Fig. 2 Measured residual electrostatic potential between Au-coated mirror and Au-coated colloidal probe as a function of applied voltage.

[1] 紫垣 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 19p-438-17.

[2] C.-C. Chang, et al., "Gradient of the Casimir force between Au surfaces of a sphere and a plate measured using an atomic force microscope in a frequency-shift technique", PHYSICAL REVIEW B **85**, 165443 (2012).