

Abstract

We describe here a membrane deformable mirror. The mirror is made of nitrocellulose membrane with 2 μm thick, 50.8 mm diam, and effective area is 25 mm diam.. The surface is aluminum evaporated which acts as both reflection and electrode. The deformation of mirror surface is made by electro-static force between the membrane and adjacent multi-elements electrodes. The mirror quality is 0.03λ rms at $0.63 \mu\text{m}$ in wavefront with/without applying voltages. The tension is 314N/m, and the proper frequency at vacuum expected from the tension is 4 kHz.

アダプティブ光学システムのなかで、歪んだ光波面を補正するコンポーネントが可変形鏡である。通信総研では、薄膜型可変形鏡を開発中であり、今回はその原理、構造、性能について述べる。

薄膜型可変形鏡の断面と仕様をFig. 1、Table 1に示す。鏡面は非常に薄いニトロセルロースの膜（ $2\mu\text{m}$ 厚）を金属リングに貼り付けたもので、反射面にするため表面にアルミ蒸着をしてある。この蒸着面はバイアス電圧をかける電極面としての役割もある。膜に近接した（ $100\sim 500\mu\text{m}$ ）多素子電極に電圧をかけると、膜との間で静電力が働き膜面（鏡面）を変形させることができる。厳密には、次式のように電圧に比例した曲率を鏡面に与えることになる。

$$\rho = \nabla^2 z = \epsilon_0 \frac{V^2}{d^2} \frac{1}{T}$$

ここで ρ は鏡の曲率半径の逆数（ $1/\text{m}$ ）、 V は電極と膜間の電圧（ V ）、 d は電極と膜間の距離（ m ）、 T は膜の張力（ N/m ）である。この変形特性は圧電素子を用いた、バイモルフ型の可変形鏡と同じで、波面曲率センサーを用いたアダプティブ光学システムとのマッチングが良い。膜と電極全体は、制御の周波数特性改善と音響ノイズ対策のために窓付きの真空容器納められている。ストロークは距離 d に大きく依存するが、最初のテストでは $V=500\text{V}$ 、 $d=530\mu\text{m}$ のときに、 $\rho=0.028/\text{m}$ であった。有効面 25mm 径全体での変位に直すと $2.2\mu\text{m}$ （波面で $4.4\mu\text{m}$ ）である。制御の安定性にたいする重要なパラメータである固有振動数 ν_0 を、上式から求めた張力 $T=314\text{N}/\text{m}$ から計算すると、真空中で $\nu_0=4\text{kHz}$ となる。実際には制御のダンピングが適当になるように、圧力を数Torrにするので、周波数はより高くなる。この値はアダプティブ光学システムの制御の帯域 $\sim 100\text{Hz}$ と比べると充分高い。

鏡面としての精度は、有効面 25mm 径内では電圧をかけていない状態で平面からのずれは、波面で 0.03λ rms @ $0.63\mu\text{m}$ である。電圧を 300V かけて変形させた状態でも、焦点ずれの成分を除いた誤差は同じく 0.03λ rmsであり、充分高い。

電極は厚み 3mm のBK7の基板にパターンを蒸着したものである。その配置は 4mm 間隔のグリッド状で 7×7 の49素子ある。本来は望遠鏡の円形開口に合わせたリング状の電極配置のほうが良いが、現有の波面測定用の検出器の配置に合わせるため、当面の実験用にはグリッド状の配置にした。この電極の1つに電圧を加えたときの面の変形をFig. 2に示す。

Table 1. Specifications of membrane deformable mirror

Membrane Material:	Nitrocellulose, 2 μm thick
Membrane Diameter:	50.8mm
Effective Diameter:	25mm
Surface Quality:	0.03λ rms @ $0.63\mu\text{m}$
Proper Frequency:	4kHz(expected from measured tension)
Electrodes:	7x7 elements, actually 5x5 use
Controll Voltage:	500V bias, $\pm 200\text{V}$ controll

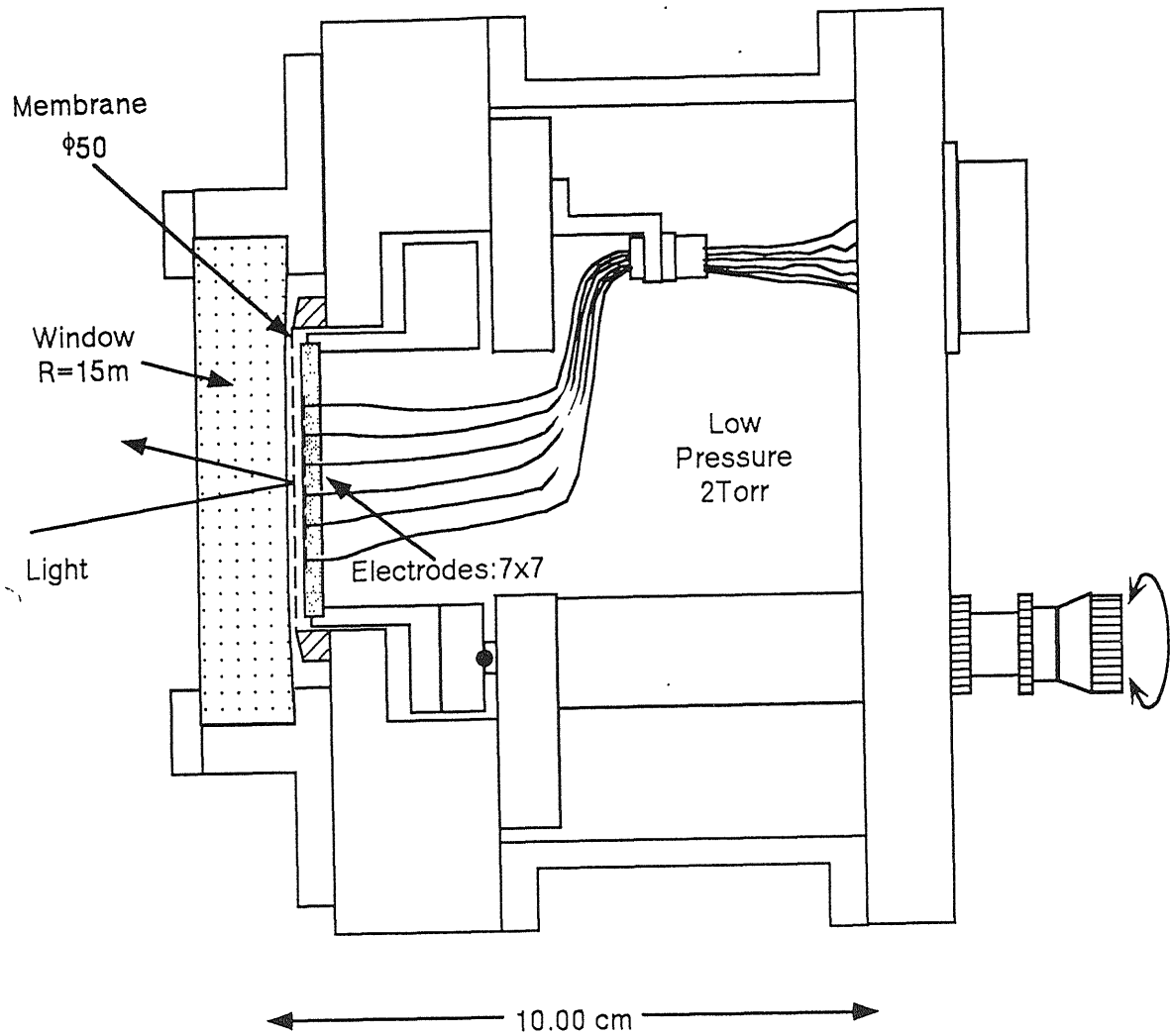


Fig. 1. Membrane deformable mirror

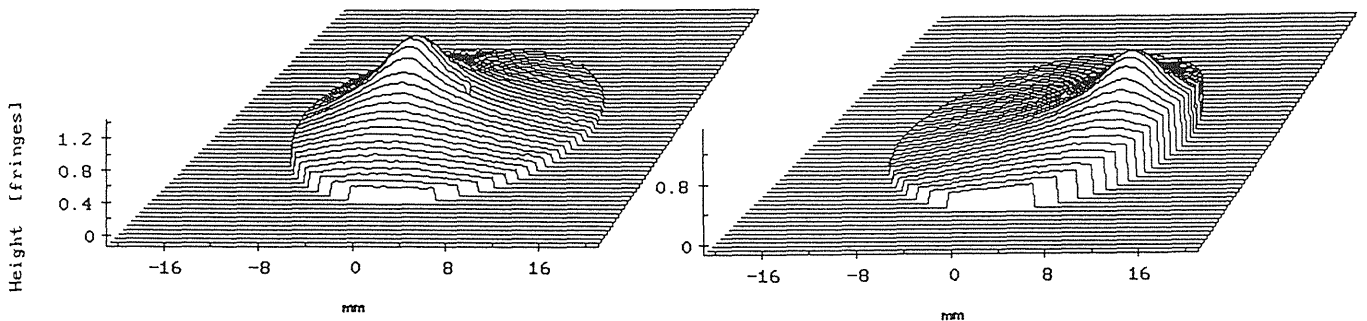


Fig. 2. Deformation of mirror surface when applied voltage at an electrode.