

Fabry-Perot-Interferometer für die Positionsbestimmung von Mikro-Spiegeln

E. Langenbach*, H.-J. Heimbeck*, B. W. Hoogenboom**, P. L. T. M. Frederix**, H. J. Hug** ***, A. Engel**

*Fisba Optik AG, St.Gallen

**Institut für Physik, Universität Basel

***EMPA Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, Dübendorf

<mailto:eckhard.langenbach@fisba.ch>

Rastersondenmikroskope tasten mit federnd gelagerten Spitzen Oberflächen ab, um deren geometrische, mechanische und chemische Struktur zu erfassen. Geringe Federkräfte und hohe Resonanzfrequenzen lassen sich nur dann gleichzeitig erzielen, wenn man die bewegte Masse möglichst klein hält. Die Sondenposition kann interferometrisch bestimmt werden. Der optische und mechanische Aufbau eines Miniatur-Interferometers wird vorgestellt.

1 Einführung

An der Universität Basel ist ein neuartiges Rastersondenmikroskop AFM (*Abb. 1*) entwickelt worden, mit dem sich nicht nur Festkörperoberflächen untersuchen lassen. Wegen der extrem niedrigen Federkonstante des Tastarms können z. B. auch Makromoleküle in Flüssigkeiten unter beinahe natürlichen Umgebungsbedingungen beobachtet werden (*Abb. 2*).



Abb. 1 Ansicht des Rasterkraftmikroskops

Um eine hohe Messgeschwindigkeit zu erzielen, muss der Tastarm eine hohe Resonanzfrequenz aufweisen. Bei einer weichen Feder lässt sich dies nur durch eine extreme Verkleinerung der beweglichen Teile und der damit verbundenen Massereduktion erreichen. Weitere Einzelheiten zum Gesamtsystem des Rasterkraftmikroskops und seiner Anwendung sind bereits veröffentlicht [1], [2]. An dieser Stelle wird der optische Sensor genauer vorgestellt, der bei FISBA OPTIK entwickelt und

gefertigt worden ist und mit dem die Verbiegung des Federbalkens gemessen wird.

(a) Mica

(b) Bacteriorhodopsin

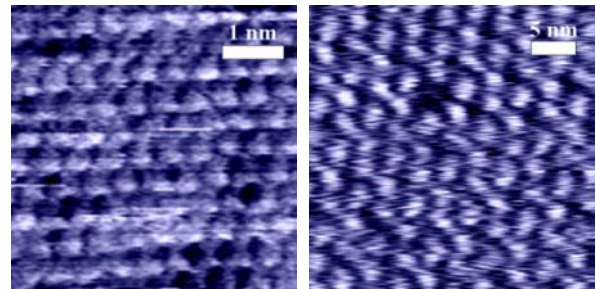


Abb. 2 (a) Atomare Auflösung auf der Oberfläche eines Glimmerplättchens (b) Einzelne Proteine Bacteriorhodopsin in einem zweidimensionalen Gitter. Beide Abbildungen sind in einer Pufferlösung aufgenommen worden.

2 Messprinzip

Der Biegezustand des Federbalkens wird optisch erfasst, indem man das mit einer Faser zugeführte Licht einer Laserdiode auf einen $4 \times 4 \mu\text{m}^2$ großen Spiegel auf der Rückseite des Federbalkens fokussiert (*Abb. 3*).

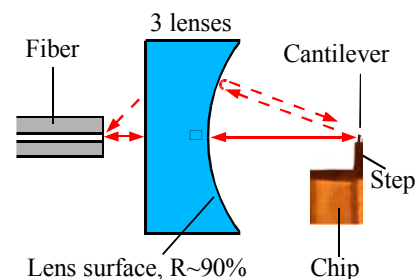


Abb. 3 Prinzipskizze des Sensors

Der Krümmungsmittelpunkt der letzten Linsenfläche befindet sich in der Bildebene der Optik. Ihre Oberfläche ist mit einem 90%-Strahlteiler be-

schichtet und sie bildet zusammen mit dem Planspiegel auf der Rückseite des Federbalkens ein Fabry-Perot-Interferometer.

Der halb-konzentrische Aufbau des Resonators macht das System unempfindlich für Verkippungen des Planspiegels. Bei Längenänderungen ergibt sich in der Nähe von Resonanzstellen eine starke Abhängigkeit des vom Interferometer in die Faser zurückreflektierten Lichts (Abb. 4), das von einem Sensor am anderen Ende der Faser detektiert wird. Der Sensor wird in der Nähe einer solchen Resonanzstelle betrieben und erreicht dadurch eine hohe Positionsmessgenauigkeit.

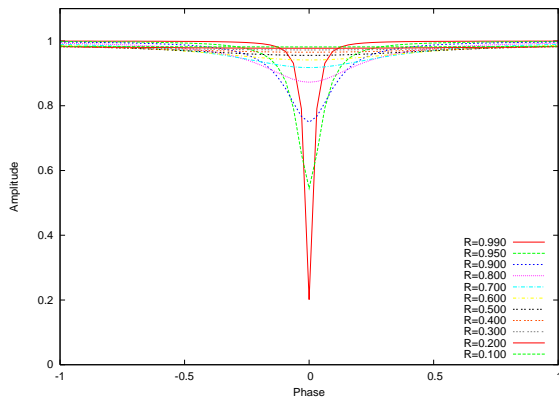


Abb. 4 Abhängigkeit der Amplitude des Rückreflexes von der Reflektivität des Strahlteilers und der Länge des Resonators

3 Aufbau des Biegesensors

Einen Schnitt durch die 3-linsige Abbildungsoptik zeigt Abbildung 5. In der Objektebene am linken Bildrand befindet sich das Faserende, das von der Optik um 40% verkleinert auf die verspiegelte Rückseite des Federbalkens abgebildet wird. Durch die Verwendung hochbrechender Gläser als Linsenmaterialien wird eine beugungsbegrenzte Bildgüte erreicht.

Eine besondere Herausforderung ist die Herstellung und die Montage der winzigen optischen Komponenten mit ca. 1.5mm Durchmesser und Krümmungsradien unter 1mm.

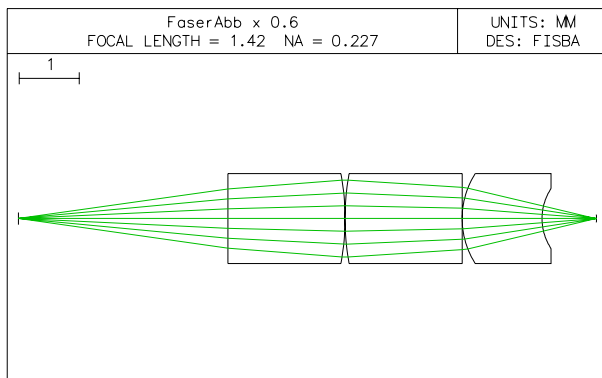


Abb. 5 Aufbau des optischem Systems

Gefasst wird die Optik in einer Titanfassung (Abb. 6), die den Einsatz der Optik in einem sehr großen Temperaturbereich erlaubt. Die Proben können sich dabei im Vakuum, in Gasen oder auch in Flüssigkeiten befinden.



Abb. 6 Ansicht des optischen Sensors und seiner Bestandteile

Literatur

- [1] B. W. Hoogenboom et al., "A Fabry-Perot interferometer for micrometer-sized cantilevers", Appl. Phys. Lett. 86, 074101 (2005)
- [2] B. W. Hoogenboom et al., "Quantitative dynamic-mode scanning force microscopy in liquid", Appl. Phys. Lett. 88, 193109 (2006)