

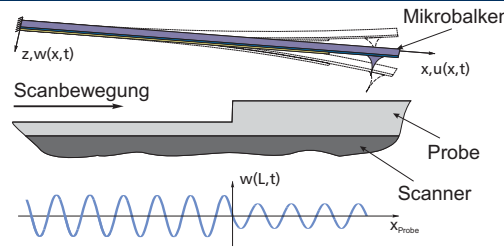
Mikromechanischer RKM-Sensor

Modellbildung und Analyse eines elektro-thermische aktuierten Mikrobalkens

Funktionsprinzip

Rasterkraftmikroskopie (RKM):

- Scannendes Verfahren
- Erfassen von 3D Oberflächen
- Sub-Nanometer Auflösung
- Keine Probenvorbereitung
- In vivo Messung



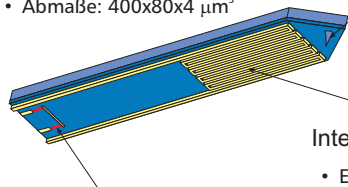
Messprinzip RKM

- Anregung des Mikrobalkens nahe der Resonanzfrequenz
- Abstandsabhängige Amplitudenänderung aufgrund von Wechselwirkungen zwischen Spitze und Probe
- Regeln des Abstands über z-Aktuierung des Scanners
- Stellweg des Scanners als Topologiesignal

Mikrobalken, Anwendungsgebiete und Herausforderungen

Mikrobalken

- Kompositstruktur
- 3 Schichten: Silizium, Siliziumdioxid, Aluminium
- Abmaße: 400x80x4 μm³



- 20 nm Radius
- Silizium
- Interaktion mit Kraftpotential

Integrierter Sensor

- Piezoresistiv
- Wheatstone Brücke
- Auflösung: 0.075 Ω/nm

- Elektrothermische Anregung
- Bi-Metall Effekt
- Statische Auslenkung ~ 4 μm
- Dynamische Amplitude < 20 nm

Datenspeicherung

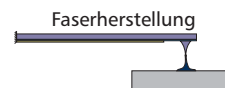


Nano-Manipulation



Anwendungsgebiete

Mikrobalken



Herausforderungen

- Steigerung der Prozessgeschwindigkeit
- Verbesserung von Reproduzierbarkeit und Positioniergenauigkeit
- Anwendungsabhängige Steuerung der auf die Probe übertragenen Kraft
- Bestimmung der Bewegung der Mikrobalken-Spitze anhand der Sensordaten

Ziele und Vorgehen

Ziele und Lösungsansätze

- Verständnis der nichtlinearen Systemdynamik
- Gesamtheitliche Betrachtung von Mikrobalken und Scanner
- Kontinuumsbasierte Modellierung
- Erweiterung des Modells parallele System

Modellbildung

- Kontinuumsbasierter Ansatz Einzel-Mikrobalken:
 - Mechanisches und thermisches System

$$\ddot{w}(x,t) + \chi_1 \dot{w}(x,t) + \chi_2 w''(x,t) = \chi_3 \theta''(x,t) + \chi_7 F_{TS}(w, z_{ps})$$

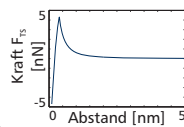
$$\dot{\theta}(x,t) - \chi_4 \theta'(x,t) = \chi_5 \dot{w}''(x,t) + \chi_6 (i_{dc} + i_{ac} \sin(\Omega t))^2$$

- Spitze-Probe Wechselwirkungen

$$F_{TS} = (F_{LJ} \Gamma_1(\xi, \xi_0) + F_{DMT} \Gamma_2(\xi, \xi_0)) \delta(x - l_t)$$

$$F_{DMT} = -\chi_9 (\xi_0 - (1 - w_j \gamma^{-1}))^3 + \chi_{10}$$

$$F_{TS} = -\chi_8 (1 - w_j(l, t) \gamma^{-1})^8 + \chi_9 (1 - w_j(l, t) \gamma^{-1})^2$$

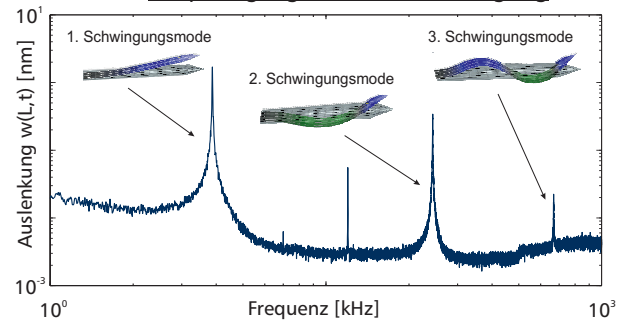


Analyse des Systemverhaltens

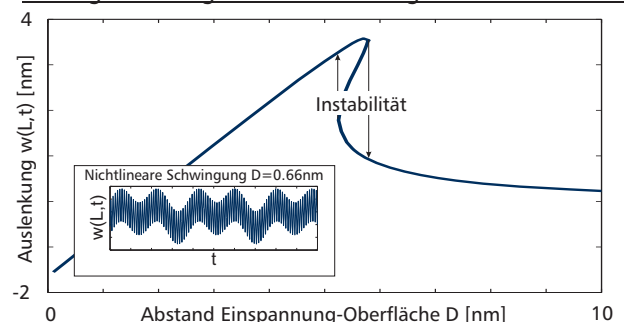
- Gleichgewichtslagen/Bifurkationsdiagramme
- Parameterdomänen/Interne Resonanzen
- Gekoppelte Schwingungsmodi
- Validierung von Eigenformen; Dynamik nahe einer Oberfläche

Analyseergebnisse

Frequenzgang der freien Schwingung



Gleichgewichtslagen bei Annäherung an eine Oberfläche



Kooperationspartner: Prof. Dr.-Ing. habil Ivo Rangelow, Fachgebiet Mikro- und nanoelektronische Systeme, TU Ilmenau
Dr. Stefanie Gutschmidt, Faculty of Mechanical Engineering, University of Canterbury, Neuseeland