

## Inhaltverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Dreidimensionaler taktiler Sensor .....</b>	<b>5</b>
2.1	Taktiler Messkopf .....	6
2.1.1	Antastelement .....	6
2.1.2	Federkörper .....	7
2.1.3	Wandlerelemente .....	9
2.2	Piezoresistiver dreidimensionaler taktiler Siliziumsensor .....	14
2.2.1	Aufbau und Funktionsprinzip des taktilen Sensors .....	14
2.2.2	Piezoresistiver Effekt von Siliziumwiderständen .....	18
2.3	Mechanische Eigenschaften des Mikrotasters .....	23
2.3.1	Biegesteifigkeit bei vertikaler Antastung .....	24
2.3.2	Biegesteifigkeit bei horizontaler Antastung .....	25
2.3.3	Biegesteifigkeit des Taststifts .....	26
2.3.4	Verformung der Antastkugel und des Messobjekts .....	29
2.4	FEM zur Berechnung von Membraneigenschaften .....	31
2.5	Ergebnisse der analytischen und FEM- Berechnungen .....	36

## Inhaltverzeichnis

<b>3</b>	<b>Schaltungsentwurf für den Mikrotaster.....</b>	<b>39</b>
3.1	Dreibrückenschaltung .....	39
3.1.1	Schaltungen mit 24 Piezowiderständen .....	39
3.1.2	Schaltungen mit 12 Piezowiderständen .....	42
3.2	Vierrückenschaltung .....	44
3.2.1	Longitudinale Anordnung .....	46
3.2.2	Transversale Anordnung .....	47
3.2.3	T-förmige Anordnung .....	48
3.2.4	Quadratische Anordnung .....	49
3.3	Theoretische Empfindlichkeiten des Tasters .....	50
3.4	Angleichung der Steifigkeiten des Mikrotasters .....	52
<b>4</b>	<b>Technologien zur Herstellung des Mikrotasters.....</b>	<b>57</b>
4.1	Diffusionsprozess .....	57
4.2	Eigenschaften diffundierter Widerstände.....	61
4.2.1	Oberflächenkonzentrationen .....	62
4.2.2	Dotierprofile .....	63
4.2.3	Die laterale Diffusion.....	65
4.2.4	Schichtwiderstand .....	66
4.2.5	Einfluss der Öffnungsform des Kontaktübergangs zwischen Piezowiderstand und Metallzuleitung .....	72
4.3	Prozessfolgen zur Herstellung des Tasters .....	73

<b>5</b>	<b>Charakterisierungen der Mikrotasterprototypen.....</b>	<b>79</b>
5.1	Kraftmesseinrichtung .....	79
5.2	Biegesteifigkeiten der Membranstrukturen.....	81
5.3	Bruchgrenze der Membranstrukturen.....	83
5.4	Eigenfrequenzen.....	85
5.5	Empfindlichkeiten .....	87
5.5.1	Empfindlichkeiten der Dreibrückendesigntaster.....	88
5.5.2	Empfindlichkeiten der Vierbrückendesigntaster.....	91
5.5.3	Empfindlichkeiten der Kreuzmembrantaster mit Fünf-Boss-Struktur....	95
5.6	Auflösungsgrenze des Tasters.....	96
5.7	Temperaturabhängigkeit der Brückenspannungen.....	99
5.8	Zusammenfassung.....	100
<b>6</b>	<b>Anwendungen der Kraftsensoren .....</b>	<b>103</b>
6.1	Reibkraftsensor.....	103
6.1.1	Konzeption .....	103
6.1.2	Reibuntersuchungen.....	105
6.2	Taktile Sensor für geometrische Messungen .....	108
6.2.1	Tastkopf.....	108
6.2.2	Einsatz in der Nanomessmaschine .....	109
6.3	Drucksensor.....	111
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>113</b>

Inhaltverzeichnis

**8**            **Literaturverzeichnis ..... 119**

**Anhang**

**A**            **Fertigungsabläufe ..... 125**