

Dipl.-Phys. Dirk Scholz, Gomaringen

Mikromechanische Vibrationssensoren mit Faserauskopplung

Reihe **8**: Meß-, Steuerungs-
und Regelungstechnik

Nr. **622**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Grundlagen	5
2.1 Prinzipien der Maschinendiagnostik	5
2.2 Beispiele für industrielle Körperschallspektren	7
2.3 Bewegungsverhältnisse eines Schrägkugellagers	9
3 Sensorkonzepte	14
3.1 Sensor mit Faserauskopplung nach elektrischer Vorverarbeitung	14
3.1.1 Konzept des Sensors	16
3.1.2 Mechanisch-elektrische Meßsignalwandlung	18
3.1.3 Meßsignalvorverarbeitung	28
3.1.4 Optoelektronische Sendestufe	32
3.1.5 Temperatursensoren	33
3.1.6 Funktionskontrolle	35
3.2 Sensor mit direkter, faseroptischer Signalauskopplung	35
3.2.1 Konzept des Sensors	35
3.2.2 Mechanisch-optische Meßsignalwandlung	37
4 Resonatorstrukturen	40
4.1 Entwurf von Resonatorstrukturen	40
4.1.1 Analytische Bestimmung von Resonatorstrukturen	41
4.1.2 Temperaturabhängigkeit der Resonatoreigenfrequenzen	43
4.1.3 Optimierung von Resonatorstrukturen mit FEM-Rechnungen	45
4.2 Bestimmung mechanischer Resonatoreigenschaften	48
5 Realisierung	57
5.1 Technologiekonzept	57
5.1.1 Vorstrukturierung	59
5.1.2 MOS-Technologie	60
5.1.3 Endstrukturierung	61
5.1.4 Elektrische Kontaktierung	61
5.1.5 Optische Schnittstelle	61
5.1.6 Lithographiemasken	62

5.2 Dreidimensionale Strukturierung des Siliziums mit KOH	63
5.2.1 Aufbau zum anisotropen Ätzen von Silizium mit KOH	67
5.2.2 Realisierte dreidimensionale Strukturen	71
5.2.3 Optimierung der KOH-Technologie	73
5.3 Kompatibilität der KOH- und MOS-Technologie	74
5.3.1 Kompatibilität zum anisotropen Ätzen mit KOH	75
5.3.2 Reproduzierbarkeit und Homogenität	78
5.3.3 Realisierte Bauelemente	79
5.4 Optische Schnittstelle	81
5.4.1 Sender-Chip-Faser-Kopplung	82
5.4.2 Optische Sendestufe	87
6 Charakterisierung der Sensoren	89
6.1 Sensor mit Faserauskopplung nach elektrischer Signalvorverarbeitung	89
6.1.1 Statischer Test der Sensoren	91
6.1.2 Dynamischer Test der Sensoren	95
6.1.3 Zuverlässigkeit der Sensoren	97
6.1.4 Feldversuche	99
6.1.5 Meßsystem	103
6.1.6 Fertigungskosten des Sensors	109
6.1.7 Kommerziell realisierte Ausführung des Vibrationssensors	110
6.2 Sensor mit direkter, faseroptischer Signalauskopplung	110
6.2.1 Übertragene Lichtleistung zwischen zwei Fasern	113
6.2.2 Statischer Test der Sensoren	114
6.2.3 Dynamischer Test der Sensoren	115
6.2.4 Meßsystem	119
6.2.5 Fertigungskosten des Sensors	120
7 Zusammenfassung	121