Franz Kubat (Autor)

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zur Leistungsfestigkeit von Oberflächenwellen-Filtern

https://cuvillier.de/de/shop/publications/2740

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Inhaltsverzeichnis

1 ZUSAMMENFASSUNG 1

2 SUMMARY 4

3 EINLEITUNG 7

3.1 Problemstellung 7

3.2 Ziele der Arbeit 8

3.3 Vorgehensweise und struktureller Aufbau der Arbeit 8

4 GRUNDBEGRIFFE DER OFW-TECHNIK 11

4.1 Oberflächenwellen (OFW) 11

4.2 Oberflächenwellen-Filter 13
4.2.1 Interdigitalwandler (IDT) 13
4.2.2 Filterfunktion 15

4.3 Resonante Oberflächenwellen-Bauteile 17
4.3.1 Reflektor 17
4.3.2 Eintor-Resonator 18
4.3.3 Zweitor-Resonator 20
4.3.4 Reaktanzfilter 22

4.4 Berechnungsmethoden 24
4.4.1 Partialwellenmethode (PWM) 24
4.4.2 Finite Elemente Methode (FEM) 27
4.4.3 Das P-Matrix-Modell (PMM) 27

4.5 Anwendung der Oberflächenwellen-Bauteile 30

4.6 Leistungsfestigkeit von Oberflächenwellen-Filtern 30

5 LEISTUNGSFESTIGKEIT – STAND DER TECHNIK 33

5.1 Schädigungsmechanismus 33

5.2 Ausfallkriterium 34

5.3 Einflußfaktoren im Lebensdauermodell 35
5.3.1 Abhängigkeit der Lebensdauer von der eingespeisten Leistung 36
5.3.2 Abhängigkeit der Lebensdauer von der Temperatur 36
5.3.3 Abhängigkeit der Bauteiltemperatur von der eingespeisten Leistung 37
5.3.4 Erweitertes Eyring-Modell 37

5.4 Meßverfahren zur Bestimmung der Leistungsfestigkeit 39

5.5 Verfahren zur Steigerung der Leistungsfestigkeit von Metallisierungen 41
5.5.1 Struktur und Materialeigenschaften von Metallisierungen 41
5.5.2 Einschichtsysteme 41

5.5.3 Legierungsschichtsysteme 42
5.5.4 Multischichtsysteme 44
5.5.5 Hochtexturierte Schichten 45
5.5.6 Passivierungsschichten 46
5.5.7 Diskussion der Metallisierungen 47

5.6 Methoden zur Berechnung der dynamisch-mechanischen Spannung 47

6 TESTSTRUKTUREN UND STANDARDMEßVERFAHREN 50

6.1 Standardteststrukturen 50
6.1.1 Zweitor-Resonator als Standardteststruktur 50
6.1.1.1 Quantifizierung der Schädigung 53
6.1.1.2 Wahl des Belastungspunktes 54
6.1.1.3 Modellierung des Zweitor-Resonators 55
6.1.2 Reaktanzfilter als Standardteststruktur 60
6.1.2.1 Frequenzabhängige Schädigung 62
6.1.2.2 Quantifizierung der Schädigung 63
6.1.2.3 Wahl des Belastungspunkts 65
6.1.2.4 Modellierung eines Reaktanzfilters 66

6.2 Standardmeßverfahren 68
6.2.1 Beschleunigte Leistungstests 68
6.2.1.1 Meßaufbau 68
6.2.1.2 Bestimmung der eingespeisten Leistung 71
6.2.1.3 Ablauf einer Standardmessung zur Leistungsfestigkeit 74
6.2.2 Leistungstests zur Untersuchung der Langzeitstabilität 74
6.2.3 Meßaufbau für in-situ Messungen 76
6.2.4 Messung der Selbsterwärmung von OFW-Bauteilen 78
6.2.4.1 Messung der Selbsterwärmung eines Zweitor-Resonators 80
6.2.4.2 Messung der Selbsterwärmung eines Reaktanzfilters 81

7 BERECHNUNG DER AKUSTISCHEN LEISTUNG 83

7.1 Bestimmung der Ausgangsgrößen für die Leistungsberechnung 83

7.2 Akustische Leistungswellen innerhalb eines OFW-Bauteils 85

7.3 Bestimmung der gesamten akustischen Leistung 86

7.4 Bestimmung der potentiellen und kinetischen Leistung 89

7.5 Qualitative Ergebnisse zur Berechnung der akustischen Leistung 94
7.5.1 Vergleich von Wellenamplitude und Akustomigration 94
7.5.2 Berechnung der Schädigungsverteilung 97

7.6 Experimentelle Verifikation der Leistungsberechnung 100

7.7 Vergleich der akustischen Leistung einer Steh- und Laufwelle 102

7.8 Zeitabhängige Verteilung der akustischen Leistung 103
7.8.1 Zeitabhängige Verteilung der akustischen Leistung in einem IDT 104
7.8.1.1 Zeitabhängige Verteilung der akustischen Leistung einer Stehwelle 104
7.8.1.2 Zeitabhängige Verteilung der akustischen Leistung einer Laufwelle 106
7.8.2 Zeitabhängige Verteilung der akustischen Leistung in einem Zweitor-Resonator 109

7.9 Akustische Leistung als Funktion der Signalleistung 111

7.10 Akustische Leistungsverteilung in einem Reaktanzfilter 112
7.10.1 Verteilung der gesamten akustische Leistung in einem Reaktanzfilter 112
7.10.2 Verteilung der potentiellen und kinetischen Leistung in einem Reaktanzfilter 113

8 BERECHNUNG DER DYNAMISCH-MECHANISCHEN SPANNUNGEN 115

8.1 Bestimmung der Relativwerte der dynamisch-mechanischen Spannungen 115
8.1.1 Dynamisch-mechanische Spannungen in einer Einschichtmetallisierung 116
8.1.2 Dynamisch-mechanische Spannungen in einer Zweischichtmetallisierung 119
8.1.3 Diskussion der Spannungsverteilungen in Ein- und Zweischichtsystemen 122

8.2 Einfluß der Elastizität der Metallschicht auf die OFW-Geschwindigkeit 125

8.3 Signalbezogene Spannungsverteilungen in einem Metallfilm 127
8.3.1 Berechnung der signalbezogenen Spannungswerte 128
8.3.2 Diskussion der maximalen Energiedichte 131
8.3.3 Experimentelle Verifikation der signalbezogenen Spannungswerte 132
8.3.3.1 Berechnung der signalbezogenen Auslenkung 132
8.3.3.2 Experimentelle Bestimmung der Auslenkung 134
8.3.4 Berechnung der signalbezogenen Spannungsverteilungen in einem Metallfilm 135

8.4 Erweiterung der Berechnungsmöglichkeiten mittels FEM 139
8.4.1 Vergleich der FEM mit der PWM 141
8.4.2 Diskussion der Spannungsberechnung 142

8.5 Signalbezogene Spannungsverteilungen in Metallelektroden 142
8.5.1 Bestimmung der relativen Spannungsverteilungen in Metallelektroden 143
8.5.2 Berechnung der signalbezogenen Spannungsverteilungen in Metallelektroden 149

8.6 Einfluß der Elastizität der Metallelektrode auf die OFW-Geschwindigkeit 156

9 UNTERSUCHUNG DES SCHÄDIGUNGSMECHANISMUS 159

9.1 Experimentelle Untersuchung von Zweitor-Resonatoren 159
9.1.1 Schädigungsbild der metallisierten Laufstrecke 159
9.1.2 Quantifizierung der Schädigung über die Frequenzverschiebung 160
9.1.3 Kategorisierung des Schädigungsbildes 163
9.1.4 Quantitative Analyse des Schädigungsbildes 166

9.2 Experimentelle Untersuchung von Reaktanzfiltern 169
9.2.1 Schädigungsbild des Reaktanzfilters 170
9.2.2 Quantifizierung der Schädigung über die Frequenzverschiebung 172
9.2.3 Kategorisierung des Schädigungsbildes 175
9.2.4 Analyse der Poren- und Extrusionsbildung 178
9.2.5 Quantitative Analyse der Schädigung 180
9.2.6 Dynamik des Schädigungsmechanismus 185
9.2.7 Zusammenhang zwischen Porosität und Frequenzverschiebung 187

9.3 Ergebnisse aus der Untersuchung des Schädigungsmechanismus 189
9.3.1 Lebensdauermodell und Leistungstest 189
9.3.2 Erweiterung des Lebensdauermodells 190

9.4 Mechanismus der Akustomigration 191

10 UNTERSUCHUNG DER SELBSTERWÄRMUNG 193

10.1 Selbsterwärmung bei Zweitor-Resonatoren 193

10.2 Selbsterwärmung bei Reaktanzfiltern 195

10.3 Verlustmechanismus 201

11 AUSBLICK 207

11.1 Teststrukturen und Leistungstests 207

11.2 Entwicklung von leistungsfesten OFW-Bauteilen 208

11.3 Schädigung und Bauteilverhalten 208

11.4 Mechanismus der Akustomigration 208

11.5 Untersuchung der Selbsterwärmung 209

11.6 Berechnung der dynamisch-mechanischen Spannungen 209

11.7 Lebensdauermodell 209

12 ANHANG 210

12.1 Angabe der Auslenkungen 210

12.2 Verkürzte Schreibweise der mechanischen Spannung 210

12.3 Materialdaten der Metallisierungen 212

13 LISTE WICHTIGER SYMBOLE 213

14 LITERATURVERZEICHNIS 216