

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Grundlagen Speckle-Messtechnik | 5 |
| 2.1 | Speckle-Effekt | 5 |
| 2.2 | Speckle-Interferometrie | 7 |
| 2.3 | Empfindlichkeitsvektor | 8 |
| 2.4 | Interferometerarten | 10 |
| 2.4.1 | Out-of-plane-Interferometer | 10 |
| 2.4.2 | Shearing-Interferometer | 11 |
| 2.4.3 | In-plane-Interferometer | 12 |
| 2.5 | Deformationsmessung | 14 |
| 2.6 | Formvermessung | 15 |
| 2.6.1 | Zwei-Wellenlängen-Verfahren | 16 |
| 2.6.2 | Zwei-Winkel-Verfahren | 18 |
| 2.7 | Phasenschieben | 18 |
| 2.7.1 | Algorithmen | 19 |
| 2.7.2 | Zeitliches Phasenschieben | 23 |
| 2.7.3 | Räumliches Phasenschieben | 24 |
| 2.7.4 | Phasenberechnung im Frequenzbereich | 26 |
| 2.8 | Entfaltung | 27 |
| 3 | Formvermessung mit räumlicher Phasenmodulation | 31 |
| 3.1 | Grenzen der Auflösbarkeit | 31 |
| 3.2 | Desensibilisierte Formvermessung | 33 |
| 3.2.1 | Punktuelle Auswertung | 36 |
| 3.2.2 | Flächige Auswertung | 37 |
| 3.2.3 | Neue Interpretation der Messresultate | 39 |
| 3.3 | Einbindung der räumlichen Phasenmodulation in den Messablauf | 42 |
| 3.3.1 | Alternativer Messablauf | 44 |
| 3.3.2 | Vorteil der desensibilisierten Formvermessung | 45 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.4 | Räumliche Phasenmodulatoren | 46 |
| 4 | Experimentelle Anordnung | 49 |
| 4.1 | Integriertes Mikrospiegelarray (MSA) | 49 |
| 4.1.1 | Aufbau MSA | 49 |
| 4.1.2 | Funktion MSA | 52 |
| 4.1.3 | Kommunikation zwischen MSA und Rechner | 55 |
| 4.2 | Integration des MSA in ESPI-Messsystem zur Formvermessung | 58 |
| 4.2.1 | Positionierung im Messobjektpfad | 59 |
| 4.2.2 | Positionierung im Referenzpfad | 61 |
| 4.2.3 | Vergleich beider Messsysteme | 64 |
| 5 | Messungen und Resultate | 67 |
| 5.1 | Automatisierte Detektion von Oberflächenbereichen mit großen Höhengradienten | 67 |
| 5.1.1 | Vorverarbeitung | 68 |
| 5.1.2 | Erkennung von Phasenübergängen | 72 |
| 5.1.3 | Lokalisierung von Oberflächenbereichen mit großen Höhengradienten | 75 |
| 5.2 | Messergebnisse desensibilisierter Formvermessungen | 79 |
| 5.3 | Einsatz von Bildbearbeitung vs. MSA zur Auflösungserhöhung | 82 |
| 5.4 | Kompensation von Abbildungsfehlern im Messsystem | 82 |
| 5.4.1 | Linse-Aberrationen | 83 |
| 5.4.2 | Interferenzen durch MSA-Schutzglas | 94 |
| 5.4.3 | Beugung am MSA | 100 |
| 6 | Simulation der Beugungserscheinungen am Mikrospiegelarray | 103 |
| 6.1 | Fresnelbeugung und Fraunhoferbeugung | 103 |
| 6.2 | Vergleich von Simulationen für Nahfeld- und Fernfeldkalkulationen | 106 |
| 6.3 | Qualität des Simulationsmodells | 109 |
| 6.4 | Einfluss einer detailgetreuen Modellierung | 111 |
| 7 | Zusammenfassung und Ausblick | 115 |
| | Literatur | 119 |