

---

<b>1</b>	<b>Einleitung und Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Das LIGA-Verfahren</b> .....	<b>3</b>
2.1	Die Prozeßschritte des LIGA-Verfahrens.....	3
2.2	Röntgentiefenlithographie .....	4
2.2.1	Synchrotronstrahlung .....	4
2.2.2	Belichtung.....	6
2.2.3	Resist, Substrat und Entwicklung .....	7
2.2.4	Maske.....	10
<b>3</b>	<b>Präzision der Strukturübertragung in der Röntgentiefenlithographie</b> .....	<b>12</b>
3.1	Physikalische Grenzen der Abbildungsgenauigkeit.....	13
3.1.1	Beugung .....	14
3.1.2	Divergenz .....	18
3.1.3	Sekundäre Elektronen .....	21
3.1.4	Fluoreszenzstrahlung .....	25
3.1.5	Compton- und Thomsonstreuung.....	30
3.2	Einfluß der thermischen Verzüge auf die Abbildungsgenauigkeit.....	35
3.2.1	Modellierung des Belichtungsprozesses .....	36
3.2.2	Berechnungsmethode .....	40
3.2.3	Temperatur und Verformung bei fester Strahlposition.....	41
3.2.4	Temperatur und Verformung bei bewegter Maske .....	45
3.2.5	Messung der Maskentemperatur und Vergleich mit den Rechnungen .....	50
3.3	Entwicklungsverhalten von tiefenlithographisch hergestellten Resiststrukturen .....	52
3.3.1	Lösungslimitierte Entwicklung .....	52
3.3.2	Diffusionslimitierte Entwicklung .....	54
3.3.3	Messung des Abtragsverhaltens .....	55
3.3.4	Simulation der Entwicklung .....	57
3.4	Experimentelle Bestimmung der Abbildungsgenauigkeit.....	59
3.4.1	Beschreibung des Meßverfahrens.....	59
3.4.2	Ergebnisse der Messungen und Vergleich mit berechneten Dosisverteilungen.....	61
3.5	Abhängigkeit der Abbildungsgenauigkeit vom Strahlungsspektrum .....	66
3.6	Technologische Empfehlungen.....	69
<b>4</b>	<b>Röntgentiefenlithographische Erzeugung dreidimensionaler Strukturen</b> .....	<b>72</b>
4.1	Einfache Schrägbelichtung .....	72
4.2	Mehrfache Schrägbelichtung .....	75
4.3	Anwendungen von Schrägbelichtungen .....	81

---

---

4.4	Grauwertbelichtungen.....	82
4.5	Zusammenfassung .....	84
<b>5</b>	<b>Photonische Kristalle.....</b>	<b>85</b>
5.1	Einführung .....	85
5.1.1	Eindimensional periodische Strukturen .....	86
5.1.2	Zwei- und dreidimensional periodische Strukturen.....	87
5.2	Mögliche Anwendungen photonischer Kristalle .....	90
5.3	Mikrostrukturierung photonischer Kristalle.....	92
5.3.1	Strukturierung photonischer Kristalle mit Röntgentiefenlitho- graphie .....	93
5.3.2	Keramische Abformung .....	97
5.3.3	Messung der Transmission .....	98
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>99</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>102</b>