

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Stand der Technik</b>	<b>5</b>
2.1	Miniaturisierte Spektrometer . . . . .	5
2.1.1	Gitterbasierte Mikrospektrometer . . . . .	6
2.1.2	Fabry-Pérot basierte Mikrospektrometer . . . . .	10
2.2	Nanoimprint-Technologie . . . . .	16
2.2.1	Zeitliche Entwicklung der Nanoimprint-Technologie . . . . .	16
2.2.2	Prinzip der Nanoimprint-Technologie . . . . .	19
2.2.3	Nanoimprint-Varianten . . . . .	21
2.2.3.1	Thermisches Nanoimprint . . . . .	21
2.2.3.2	UV-Nanoimprint-Technologie . . . . .	22
2.2.3.3	(Infrared) Laser-Assisted Nanoimprint-Technologie . . . . .	24
2.2.3.4	Ultraschallunterstützte Nanoimprint-Technologie . . . . .	25
2.2.3.5	Electrostatic Force Assisted Nanoimprint (EFAN) . . . . .	25
2.2.3.6	Elektrochemisches Nanoimprint . . . . .	26
2.2.3.7	Micro Contact Printing (μCP) . . . . .	29
2.2.3.8	Substratkonforme Prägelithographie (SCIL) . . . . .	30
2.2.3.9	Combined Nanoimprint und Photolithographie (CNP) . . . . .	32
2.2.3.10	Reverse Nanoimprint-Technologie . . . . .	34
2.2.3.11	Rollen-Nanoimprint-Technologie . . . . .	36
2.2.4	Prägematerialien für die Nanoimprint-Technologie . . . . .	37
2.2.4.1	Prägematerialien für thermisches Nanoimprint . . . . .	38
2.2.4.2	Prägematerialien für UV-Nanoimprint . . . . .	40
2.2.4.3	Sol-Gel Materialien für die Nanoimprint-Technologie . . . . .	41
2.2.5	Materialien für die Nanoimprint-Stempel . . . . .	42
2.2.6	Auswahl des geeigneten Nanoimprint-Verfahrens . . . . .	44
2.3	Herstellung von Fabry-Pérot-Filtern mittels Nanoimprint-Technologie . . . . .	44
2.3.1	Herstellungsprozesse . . . . .	44
2.3.2	Anforderungen für die Prägungen der Fabry-Pérot-Filter des Nanospektrometer . . . . .	46
<b>3</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>49</b>
3.1	Optik . . . . .	49
3.1.1	Licht als elektromagnetische Welle – Die Maxwellschen Gleichungen . . . . .	49

3.1.2	Dämpfung . . . . .	55
3.1.3	Wellen an einer idealen Grenzfläche . . . . .	56
3.1.4	Interferenz von Wellen in einem Fabry-Pérot-Etalon . . . . .	64
3.1.5	DBR-Spiegel . . . . .	69
3.1.6	Transfer-Matrix-Methode . . . . .	71
3.2	Spezifikationsgrößen von optischen Filtern . . . . .	74
3.3	Nanoimprint-Technologie . . . . .	78
3.3.1	Oberflächenrauheit . . . . .	78
3.3.2	Viskosität . . . . .	79
3.3.3	Adhäsion und Kohäsion . . . . .	80
3.4	Verwendete Technologien . . . . .	82
3.4.1	Plasma-unterstützte chemische Gasphasenabscheidung . . . . .	82
3.4.2	Ionenstrahlsputterdeposition . . . . .	83
3.4.3	Reaktives Ionenätzen . . . . .	85
3.4.4	Weißlichtinterferometrie . . . . .	86
3.4.5	Mikroskopspektrometer zur optischen Charakterisierung . . . . .	88
<b>4</b>	<b>3D-Nanoimprint-Stempel</b>	<b>91</b>
4.1	Dreidimensionale Strukturierung mittels Graustufenelektronenstrahl- thographie . . . . .	91
4.2	Design des INA 3D-Nanoimprint-Stempels . . . . .	94
4.3	Technologische Herstellung der 3D-Nanoimprint-Stempel . . . . .	97
4.3.1	Bestimmung der Prozessparameter . . . . .	99
4.3.2	Herstellung und Charakterisierung der ersten 3D-Nanoimprint- Stempel . . . . .	102
4.3.3	Weiterentwicklung des nichttransparenten 3D-Nanoimprint-Stem- pels . . . . .	103
4.3.4	Prägungen mit nichttransparenten 3D-Nanoimprint-Stempeln . . . . .	105
4.4	Transparente 3D-Nanoimprint-Stempel . . . . .	106
4.4.1	Herstellungsprozess für transparente 3D-Nanoimprint-Stempel . . . . .	106
4.4.2	Charakterisierung der transparenten 3D-Nanoimprint-Stempel . . . . .	107
4.5	3D-Nanoimprint-Stempel für die SCIL-Technologie . . . . .	109
4.6	Zusammenfassung und Ausblick 3D-Nanoimprint-Stempel . . . . .	111
<b>5</b>	<b>Statisches Fabry-Pérot-Filterfeld</b>	<b>115</b>
5.1	Herstellungsprozess des statischen Fabry-Pérot-Filterfeldes . . . . .	115
5.1.1	Deposition des unteren DBR-Spiegels . . . . .	116
5.1.2	Aufschleudern des Kavitätsmaterials . . . . .	119
5.1.3	Prägung der Kavitäten mittels 3D-Nanoimprint-Technologie . . . . .	120
5.1.4	Deposition des oberen DBR-Spiegels . . . . .	121
5.2	Charakterisierung der geprägten Kavitäten . . . . .	122
5.3	Fabry-Pérot Filterfelder, hergestellt mittels SCIL . . . . .	126
5.4	Zusammenfassung und Ausblick statische Fabry-Pérot-Filterfelder . . . . .	128

<b>6</b>	<b>Dynamisches Fabry-Pérot-Filterfeld</b>	<b>129</b>
6.1	Vorteile dynamischer Fabry-Pérot-Filter . . . . .	129
6.2	Herstellung der dynamischen Fabry-Pérot-Filter . . . . .	130
6.3	Prinzip der Durchstimmung . . . . .	133
6.4	Charakterisierung der dynamischen Fabry-Pérot-Filter . . . . .	135
6.4.1	Mechanische Durchstimmung . . . . .	136
6.4.2	Optische Charakterisierung . . . . .	137
6.5	Zusammenfassung und Ausblick dynamische Fabry-Pérot-Filter . . . . .	138
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>141</b>
<b>8</b>	<b>Ausblick 3D-Nanoimprint-Technologie</b>	<b>145</b>
8.1	Einbindung der 3D-Nanoimprint-Technologie in vorhandene Projekte .	145
8.2	Weitere Anwendungsfelder für die 3D-Nanoimprint-Technologie . . . .	146
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>149</b>
	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>153</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>161</b>