

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Motivation	1
2 Stand der Technik	5
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 (μ CP)	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-Filters mittels Nanoimprint-Technologie	44
2.3.1 Herstellungsprozesse	44
2.3.2 Anforderungen für die Prägungen der Fabry-Pérot-Filter des Nanospektrometer	46
3 Grundlagen	49
3.1 Optik	49
3.1.1 Licht als elektromagnetische Welle – Die Maxwellschen Gleichungen	49

Inhaltsverzeichnis

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 Ionenätzten	85
3.4.4	Weißlichtinterferometrie	86
3.4.5	Mikroskopspktrometer zur optischen Charakterisierung	88
4	3D-Nanoimprint-Stempel	91
4.1	Dreidimensionale Strukturierung mittels Graustufenelektronenstrahlolithographie	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-Stempels	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
5	Statisches Fabry-Pérot-Filterfeld	115
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

6 Dynamisches Fabry-Pérot-Filterfeld	129
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
7 Zusammenfassung	141
8 Ausblick 3D-Nanoimprint-Technologie	145
8.1 Einbindung der 3D-Nanoimprint-Technologie in vorhandene Projekte	145
8.2 Weitere Anwendungsfelder für die 3D-Nanoimprint-Technologie	146
Abbildungsverzeichnis	149
Tabellenverzeichnis	153
Literaturverzeichnis	161