

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	1
1.2	Ziele und Gliederung der Arbeit	2
2	Grundlagen der Massenspektrometrie	5
2.1	Massenspektrometer	5
2.1.1	Anwendungen eines Massenspektrometers	10
2.1.2	Funktionsweise der Komponenten eines Massenspektrometers	13
2.1.3	Ionenseparationsvarianten	23
2.2	Mikromassenspektrometer	30
2.2.1	Stand der Technik	30
3	Mikroelektromechanische Realisierung eines Massenspektro-	
	meters	31
3.1	Übersicht	31
3.2	Metallstrukturen	32
3.3	Reaktives Ionentiefenätzen (DRIE)	43
3.3.1	Technologiebeschreibung	43
3.3.2	Stand der Technik	44
3.3.3	Anwendung bei MEMS-Chips	46
3.4	Lithografie und Galvanoformung (LiGa)	48
3.4.1	Technologiebeschreibung	49
3.4.2	Stand der Technik	50
3.4.3	Anwendung bei MEMS-Chips	50
3.5	Vergleich DRIE mit LiGa	52
3.6	Trägermaterial und Glasdeckel	54
3.6.1	Glasbearbeitung	56
3.7	Übersicht der hergestellten MEMS-Chips	63

3.8	Zusammenfassung	65
4	Ionenseparationsarten im Mikromassenspektrometer	67
4.1	Quadrupol	67
4.1.1	Funktionsweise	68
4.1.2	Stand der Technik	70
4.2	Wanderfeld	74
4.2.1	Funktionsweise	74
4.2.2	Stand der Technik	76
4.3	Time-of-Flight	93
4.3.1	Funktionsweise	94
4.3.2	Stand der Technik	96
4.3.3	Skalierbarkeit und Umsetzung in planare Bauweise	97
4.3.4	Simulationen	100
4.3.5	Ionenflugkanallänge	107
4.3.6	Peakform und Auswertung	108
4.3.7	Toransteuerung	111
4.4	Zusammenfassung	115
5	Konzepte zur Steigerung der Messempfindlichkeit	117
5.1	Fokussierung in Z-Richtung	117
5.1.1	Simulationen	118
5.1.2	Messungen	121
5.2	MEMS-Modul	122
5.2.1	Chipaustauschbarkeit	123
5.2.2	Low Temperature Co-firing Ceramic	124
5.2.3	Elektrische Verbindungen	125
5.2.4	Fluidische Verbindungen	127
5.2.5	Mechanische Befestigung auf Trägerplatine	128
5.2.6	Chipbefestigung und Fokussierung in Z-Richtung	130
5.3	Ionenspiegel	133
5.3.1	Technologieübersicht	133
5.3.2	Skalierbarkeit und Umsetzung in planare Bauweise	136
5.3.3	Simulationen	138
5.3.4	Realisierung	140

5.3.5	Messungen	142
5.4	Algorithmus zur effektiven Ionenstromsteigerung	143
5.4.1	Simulationen	147
5.4.2	Messungen	155
6	Steigerung der Haltbarkeit von MEMS-Chips	157
6.1	Chipmaterial	158
6.2	Klebstoff	161
6.2.1	Ausgasen	161
6.2.2	Plasmaätzen	162
6.2.3	Lösungsmittel	163
6.3	Sputtereffekt	163
6.4	Beschichtung	165
7	Zusammenfassung und Ausblick	169
A	Eigene Publikationen	175
A.1	Begutachtete Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Journals (peer-reviewed papers)	175
A.2	Begutachtete Konferenzbeiträge (peer-reviewed conference proceedings)	176
A.3	Sonstige Veröffentlichungen	176
	Literaturverzeichnis	179
	Symbole und Abkürzungen	191
	Abbildungsverzeichnis	193
	Tabellenverzeichnis	195
	Danksagung	197