

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Wissenschaft	2
2.1	Induktive Bauelemente	2
2.1.1	Induktivitäten	3
2.1.2	Transformatoren	5
2.2	Der Ferromagnetismus	7
2.3	Mikrotechnologisch gefertigte Mikro-Induktivitäten	13
2.4	Weichmagnetische Legierungen als Ringkern	18
2.4.1	Nickel-Eisen-Legierungen	19
2.4.2	Kobalt-Eisen-Legierungen	29
3	Aufgabenstellung	32
4	Fertigungsverfahren der Mikrotechnologie	34
4.1	Photolithographie	34
4.2	Schleuderbelackung	38
4.3	Kathodenzerstäubung	39
4.4	Galvanotechnik	40
4.5	Ionenstrahlätzen	43
4.5.1	Ionenstrahlinduzierte Karbonisierung von Polyimiden	45
4.6	Anodische Auflösung von Aluminium	48
5	Konzeptionierung von substratlosen, passiven Bauelementen	51
5.1	Vorstellung des gewählten Systemdesigns	51
5.2	Herausforderung und Optimierungspotential von miniaturisierten Mikro- Transformatoren	55
5.3	Legierungssystem $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{55}$	56
5.3.1	Stand der Technik: $\text{Ni}_{45}\text{Fe}_{45}$	58
5.3.2	Stand der Technik: Elektrolytisch abgeschiedene Kobalt-Eisen-Legierung	63
6	Elektrolytentwicklung zur Abscheidung von weichmagnetischen Legierungen	67
6.1	Elektrolytentwicklung	67
6.1.1	Salze der ferromagnetischen Elemente	67
6.1.2	Borsäure	68
6.1.3	Saccharin	68
6.2	Prozessparameter der Legierungsabscheidung	69
6.2.1	Abscheidemethoden	70
6.2.2	Stromdichte	70
6.2.3	pH-Wert	71
6.3	Untersuchungen zur elektrolytischen Abscheidung	71
6.3.1	Versuchsaufbau	71
6.3.2	Probenvorbereitung	72
6.3.3	Nickel-Eisen-Elektrolyt	72
6.3.4	Kobalt-Eisen-Elektrolyt	89
7	Prozessentwicklung: Substratlose Mikro-Transformatoren	94
7.1	Herstellung der Prototypen	94

7.2 Herstellung substratloser Mikrosysteme 110

7.3 Aufbau der Charakterisierungsprototypen 112

8 Charakterisierung der Prototypen 114

8.1 Elektrische Durchschlagsfestigkeit 114

8.2 Hochfrequenzverhalten der Prototypen 115

8.2.1 Prototypen im QFN-Gehäuse 115

8.2.2 Eingebettete Prototypen 116

9 Zusammenfassung 119

9.1 Elektrolytentwicklung von weichmagnetischen Legierungen..... 119

9.2 Fertigung von substratlosen Mikrosystemen..... 120

9.3 Technologiedemonstrator..... 121

10 Ausblick..... 123

Abbildungsverzeichnis..... 125

Tabellenverzeichnis..... 133

Quellenverzeichnis 134

Lebenslauf..... 139