

Inhaltsverzeichnis

Summary	III
Inhaltsverzeichnis	IX
Einleitung	1
1 Physikalische Grundlagen.....	4
1.1 Ferromagnetismus	4
1.1.1 <i>Klassifikation magnetischer Materialien</i>	<i>4</i>
1.1.2 <i>Austauschkopplung</i>	<i>5</i>
1.1.3 <i>Ferromagnetische Hysteresekurve</i>	<i>6</i>
1.1.4 <i>Magnetisierungskurve eines Paramagneten.....</i>	<i>8</i>
1.2 Theoretische Beschreibung magnetischer Strukturen	9
1.2.1 <i>Mikromagnetismus</i>	<i>9</i>
1.2.2 <i>Magnetische freie Enthalpie.....</i>	<i>10</i>
1.2.3 <i>Magnetisierungsprozesse in Eindomänenteilchen</i>	<i>13</i>
1.2.4 <i>Magnetisierungsprozesse in Mehrdomänenteilchen</i>	<i>15</i>
1.2.5 <i>Magnetisierungsprozesse in realen Proben.....</i>	<i>18</i>
1.3 Magnetisierungsdynamik.....	20
1.4 Beschreibung der verwendeten Materialsysteme	22
1.4.1 <i>Struktur und Eigenschaften von Nd₂Fe₁₄B</i>	<i>22</i>
1.4.2 <i>Überblick über bisherige Untersuchungen an dünnen NdFeB Schichten</i>	<i>26</i>
1.4.3 <i>Struktur und Eigenschaften von Kobalt</i>	<i>27</i>
1.4.4 <i>Substrate</i>	<i>29</i>

2	Experimentelle Grundlagen	31
2.1	Probenpräparation	31
2.1.1	<i>Sputterdeposition.....</i>	<i>31</i>
2.1.2	<i>Verfahren zur Herstellung hartmagnetischer Nd₂Fe₁₄B-Schichten.....</i>	<i>35</i>
2.1.3	<i>Elektronenstrahlithographie (ESL)</i>	<i>36</i>
2.1.4	<i>Ionenstrahlithographie</i>	<i>37</i>
2.1.5	<i>Photolithographie</i>	<i>37</i>
2.1.6	<i>Elektronenstrahlverdampfung</i>	<i>38</i>
2.1.7	<i>Prozessweg zur Herstellung einachsiger Nanostrukturen oberhalb und unterhalb eines Cu-Mikrostreifenleiters.....</i>	<i>38</i>
2.1.8	<i>Probenpräparation für Untersuchungen im Transmissionselektronenmikroskop (TEM)</i>	<i>40</i>
2.2	Probencharakterisierung	40
2.2.1	<i>SQUID Magnetometrie.....</i>	<i>40</i>
2.2.2	<i>AFM/MFM.....</i>	<i>47</i>
2.2.3	<i>Rasterelektronenmikroskopie (REM)</i>	<i>53</i>
2.2.4	<i>Transmissionselektronenmikroskopie (TEM)</i>	<i>53</i>
2.2.5	<i>Analytische Elektronenmikroskopie</i>	<i>56</i>
2.2.6	<i>Chemische Analyse.....</i>	<i>56</i>
2.3	Grundlagen der Röntgenmikroskopie	56
2.3.1	<i>Eigenschaften von Röntgenstrahlung</i>	<i>57</i>
2.3.2	<i>Erzeugung polarisierter Röntgenstrahlung.....</i>	<i>57</i>
2.3.3	<i>Zeitstruktur des Elektronenspeicherrings BESSY II</i>	<i>61</i>
2.3.4	<i>Zirkularer Röntgendichroismus (XMCD).....</i>	<i>62</i>

2.3.5	<i>Rasternde Röntgenstransmissionsmikroskopie (STXM)</i>	67
2.3.6	<i>Experimente zur Magnetisierungsdynamik am STXM</i>	70
2.3.7	<i>Auswertung der statischen und dynamischen Messdaten</i>	73
3	Ergebnisse: NdFeB Schichten	77
3.1	Nachträglich angelassene NdFeB Schichten	77
3.1.1	<i>Magnetische Eigenschaften</i>	77
3.1.2	<i>Kornwachstum und Mikrostruktur</i>	82
3.2	Sputtergeheizte NdFeB Schichten	85
3.2.1	<i>Magnetische Eigenschaften</i>	86
3.2.2	<i>Kornwachstum und Mikrostruktur</i>	92
3.3	Koerzitivfeldstärkemechanismus	95
4	Ergebnisse: NdFeB/Fe Schichten	98
4.1	Magnetische Eigenschaften	99
4.2	Kornwachstum und Mikrostruktur	102
4.3	Koerzitivfeldstärkemechanismus	104
5	Ergebnisse: NdFeB Nanostrukturen	106
5.1	Nanostrukturen mittels Elektronenstrahlolithographie (ESL)	106
5.2	Nanostrukturen mittels Ionenätzen	108
6	Ergebnisdiskussion NdFeB	114
6.1	Diskussion NdFeB-Einzelschichten	114
6.1.1	<i>Einfluss des Herstellungsprozessweges</i>	115
6.1.2	<i>Einfluss der Temperatur</i>	116
6.1.3	<i>Einfluss der Schichtdicke und des Substrates</i>	117

6.2	Diskussion NdFeB/Fe-Doppelschichten	119
6.2.1	<i>Einfluss der Fe Schichtdicke</i>	119
6.2.2	<i>Analyse der magnetischen Kopplung</i>	121
6.3	Diskussion NdFeB-Nanostrukturen.....	124
6.3.1	<i>Einfluss der Herstellungsmethode</i>	124
6.3.2	<i>Einfluss der Strukturgröße</i>	126
6.4	Analyse der Mikrostrukturparameter	127
6.4.1	<i>NdFeB Schichten</i>	127
6.4.2	<i>NdFeB/Fe-Doppelschichten</i>	129
7	Magnetisierungsdynamik in Co Nanostrukturen	130
7.1	Sinusförmige Anregung	130
7.1.1	<i>Dynamische Anregung</i>	131
7.1.2	<i>Abhängigkeit von der Anregungsamplitude</i>	132
7.1.3	<i>Abhängigkeit von der Anregungsfrequenz</i>	133
7.2	Gepulste Anregung	134
7.2.1	<i>Anregung des Eindomänenzustandes</i>	139
7.2.2	<i>Anregung eines verzerrten Landau-Zustands</i>	142
7.2.3	<i>Anlassbehandlung der Proben</i>	145
7.2.4	<i>Magnetisierungsdynamik angelassener Proben</i>	148
8	Diskussion Magnetisierungsdynamik	150
8.1	Einfluss von Probengeometrie und -aufbau	150
8.2	Einfluss der Anregungsart auf die Magnetisierungsdynamik	151
8.3	Einfluss der Anregungsparameter auf die Magnetisierungsdynamik....	152
8.3.1	<i>Sinusförmige Anregung</i>	152

8.3.2	<i>Gepulste Anregung</i>	154
8.4	Einfluss der Wärmebehandlung.....	157
9	Zusammenfassung	159
	Literaturverzeichnis	165
	Danksagung	175