

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b>	<b>III</b>
<b>1. Einleitung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2. Strahlungsquellen für die EUV Lithografie</b>	<b>5</b>
2.1. EUV Lithografie . . . . .	5
2.1.1. Notwendiger Strahlungsfluss einer EUV Quelle . . . . .	6
2.2. EUV Emission heißer dichter Plasmen . . . . .	8
2.2.1. Zinn als Emitter im EUV . . . . .	10
2.3. EUV Strahlungsquellen . . . . .	11
2.3.1. Laserproduzierte Plasmen . . . . .	12
2.3.2. Entladungsplasmen . . . . .	13
2.4. Strahlungsfluss . . . . .	15
2.4.1. Étendue und Kollektionseffizienz . . . . .	15
2.5. Stand der Technik . . . . .	17
2.5.1. Ausgangspunkt der Arbeit . . . . .	17
2.5.2. Einordnung der Arbeit in das technologische und wissenschaftliche Umfeld . . . . .	19
<b>3. Laserinduzierte Hochstromentladung als EUV Strahlungsquelle</b>	<b>23</b>
3.1. Phasenmodell . . . . .	25
3.1.1. Laserinduzierte Verdampfung . . . . .	26
3.1.2. Durchbruch . . . . .	28
3.1.3. Hochstromphase . . . . .	29
3.1.4. Abklingphase . . . . .	31

---

3.2. Elektrischer Schwingkreis . . . . .	32
3.3. Experimentelle Aufbauten . . . . .	34
3.3.1. Diagnostik und winkelabhängige Emissionscharakteristik . . . . .	36
3.3.2. Komponenten und Anlagensteuerung . . . . .	39
3.4. Reproduzierbarkeit von Experimenten . . . . .	41
3.5. Demonstration von Repetitionsraten bis 40 kHz . . . . .	43
3.6. Zusammenfassung . . . . .	44
<b>4. Charakterisierung der Entladungsphasen</b>	<b>45</b>
4.1. Der zeitliche Entladungsverlauf und seine Phasen . . . . .	46
4.1.1. Schwingkreis und EUV Emission . . . . .	46
4.1.2. Zeitaufgelöste Bilder im Sichtbaren . . . . .	49
4.2. Verdampfung und Durchbruch . . . . .	50
4.3. EUV Emission . . . . .	53
4.3.1. Räumliche Charakterisierung des Emissionsgebietes . . . . .	54
4.3.2. EUV Spektren . . . . .	58
4.3.3. Leistungs- und Energiebilanzen . . . . .	61
4.3.4. Ionisation und Dynamik während der Hochstromphase . . . . .	63
4.4. Abklingphase und Emission schneller Ionen . . . . .	67
4.5. Zusammenfassung . . . . .	71
<b>5. Einfluss der Laserverdampfung auf EUV Emission und Entladungsdynamik</b>	<b>73</b>
5.1. Laserfokusposition und Fokussierung . . . . .	73
5.1.1. Laserposition . . . . .	73
5.1.2. Fokussierung . . . . .	75
5.2. Variation der Laserpulsparameter . . . . .	77
5.2.1. Modulation des Plasmawiderstands . . . . .	79
5.3. Lasedoppelpulse . . . . .	81
5.3.1. Variation des Interpulsabstands . . . . .	81
5.3.2. Zeitlicher Verlauf . . . . .	85
5.4. Zusammenfassung . . . . .	87

<b>6. Wirkungsgrad bei Skalierung der Eingangsenergien</b>	<b>89</b>
6.1. Entladung mit hohen Eingangsenergien . . . . .	89
6.1.1. Anpassung des elektrischen Leistungseintrags an die transiente Plasmadynamik . . . . .	92
6.2. Optimierte Anlagenparameter . . . . .	93
6.2.1. Verdampfung mit maßgeschneiderten Dreifachpulsen . . . . .	94
6.3. Ergebnisse . . . . .	98
6.3.1. Prozessfenster für 250 W Strahlungsfluss im Zwischenfokus . . . . .	100
6.4. Zusammenfassung . . . . .	101
<b>7. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>103</b>
<b>A. Anhang</b>	<b>105</b>
A.1. Diagnostik . . . . .	105
A.1.1. Hochspannungstastkopf und $dI/dt$ -Sonde . . . . .	105
A.1.2. Multilayerspiegel und Filter für den EUV Spektralbereich . . . . .	107
A.1.3. EUV Kamerasystem . . . . .	108
A.1.4. EUV Energiemonitor . . . . .	110
A.1.5. Schnelle EUV Diode . . . . .	111
A.1.6. Flatfield EUV Spektrograph . . . . .	112
A.1.7. Flatfield EUV Spektrometer mit MCP Sensor . . . . .	114
A.1.8. UV-VIS Spektrometer . . . . .	116
A.1.9. VIS iCCD Kamera . . . . .	116
A.1.10. Faraday Cup . . . . .	117
A.2. Laseroptiken und Diagnostik . . . . .	119
A.3. Kollektionseffizienzen unterschiedlicher EUV Geometrien . . . . .	121
A.3.1. Fehlerbetrachtung . . . . .	123
A.4. Eigenschaften von Sn . . . . .	124
A.5. Formelzeichen . . . . .	125
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>131</b>

---

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>137</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>139</b>