

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	III
1. Einleitung und Motivation	1
2. Strahlungsquellen für die EUV Lithografie	5
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 Emmitter 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
3. Laserinduzierte Hochstromentladung als EUV Strahlungsquelle	23
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
4. Charakterisierung der Entladungsphasen	45
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
5. Einfluss der Laserverdampfung auf EUV Emission und Entladungsdynamik	73
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. Laserdoppelpulse	81
5.3.1. Variation des Interpulsabstands	81
5.3.2. Zeitlicher Verlauf	85
5.4. Zusammenfassung	87

6. Wirkungsgrad bei Skalierung der Eingangsenergien	89
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
7. Zusammenfassung und Ausblick	103
A. Anhang	105
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

Tabellenverzeichnis	137
Literaturverzeichnis	139