Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung I

Abstract II

Extended Abstract III

Abkürzungsverzeichnis XIX

1 Einleitung 1

2 Silizium in der Photovoltaikindustrie 3
2.1 Industrielle Siliziumproduktion 5
2.1.1 Produktion von metallurgischem Silizium 6
2.1.2 Produktion von Solarsilizium 14
2.1.3 Kristallisationsverfahren für Solarsilizium 18
2.2 Alternative Herstellungsverfahren für Solarsilizium 29
2.2.1 Gasphasenprozesse 29
2.2.2 Elektroofenprozesse 33
2.2.3 Elektrochemische und hydrometallurgische Prozesse 36
2.2.4 Pyrometallurgische Prozesse ausgehend von MG-Si 38
2.2.5 Resümee - pyrometallurgische Raffinationsverfahren 47
2.3 Waferfertigung und Stoffströme 47
2.4 Rückgewinnung von Siliziumabrieb aus Schneidsuspensionen 52
2.4.1 Wirtschaftliches Potential 52
2.4.2 Charakterisierung des Koppelproduktes 53
2.4.3 Mechanische Aufbereitung des Koppelproduktes 54
2.4.4 Metallurgische Aufbereitung des Siliziumkonzentrates - Verfahrenskonzept der vorliegenden Arbeit 55

3 Theoretische Vorarbeiten 57
3.1 Das System Silizium - Kohlenstoff 57
3.2 Thermochemische Simulation 59
3.2.1 Destillation 59
3.2.2 Spülgasbehandlung 62

4 Prozessphase I: vom Siliziumkonzentrat zum Rohsilizium 68
4.1 Materialiencharakterisierung 68
4.1.1 Siliziumkonzentrat 68
4.1.2 Zuschlagsstoffe 69
4.2 Entfernung von Siliziumkarbid mittels Schmelzfiltration 70
4.2.1 Versuchsaufbau 70
4.2.2 Versuchsdurchführung und -ergebnisse 72
4.2.3 Diskussion der Versuchsergebnisse 74

Bibliografische Informationen
http://d-nb.info/1009397257

digitalisiert durch DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK

4.3 Entfernung von Siliziumkarbid mittels chemischer Reduktion 76
4.3.1 Versuchsaufbau 76
4.3.2 Versuchsdurchführung und -ergebnisse 77
4.3.3 Diskussion der Versuchsergebnisse 86
4.4 Entfernung von Siliziumkarbid mittels Salzschmelzbad 87
4.4.1 Metallurgisches Konzept 87
4.4.2 Versuchsaufbau 89
4.4.3 Versuchsdurchführung und -ergebnisse 90
4.4.4 Diskussion der Versuchsergebnisse 92

5 Prozessphase II: vom Rohsilizium zum Reinsilizium 93
5.1 Materialiencharakterisierung 93
5.2 Raffination mittels Spülgasbehandlung 93
5.2.1 Auslegung und Konstruktion der Spülgaslanzen 94
5.2.2 Prozesssimulation im Wassermodell 94
5.2.3 Versuchsaufbau 97
5.2.4 Versuchsdurchführung und -ergebnisse 98
5.2.5 Diskussion der Versuchsergebnisse 103
5.3 Raffination mittels Vakuumdestillation im Elektronenstrahlofen 106
5.3.1 Versuchsaufbau 106
5.3.2 Versuchsdurchführung und -ergebnisse 106
5.3.3 Diskussion der Versuchsergebnisse 110

6 Entwicklung einer alternativen Kristallisationstechnik 113
6.1 Auslegung der Ofenanlage 114
6.2 Auslegung der Kristallisationseinheit 116

7 Gesamtbewertung und Ableitung eines Verfahrenskonzeptes 121

8 Zusammenfassung und Ausblick 123

9 Literaturverzeichnis 125

10 Anhang 137