

Das Wasserstoff-Modell der Bor-Sauerstoff-Regeneration

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Naturwissenschaften
(Dr. rer. nat.)

vorgelegt von

Svenja Wilking

an der

Universität
Konstanz



Mathematisch-Naturwissenschaftliche Sektion
Fachbereich Physik

Tag der mündlichen Prüfung: 17.02.2017

1. Referent: Prof. Dr. Giso Hahn

2. Referent: Prof. Dr. Johannes Boneberg

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS	I
1 MOTIVATION	5
2 BOR-SAUERSTOFF-DEFEKTE IN SILIZIUM	9
2.1 Rekombinationsaktive Defekte in Silizium	9
2.2 Oberflächenpassivierung	11
2.3 Probenherstellung	12
2.4 Degradation durch Bor-Sauerstoff Defekte	13
2.5 Modelle zur BO-Degradation	14
3 DAS 3-ZUSTANDS-MODELL DER BO-DEFEKTE	16
3.1 Beobachtung des Regenerationseffekts	16
3.2 Definition der Defektzustände	17
3.3 Definition der Übergangsraten	18
3.4 Mathematische Beschreibung der Defektkinetik	19
3.5 Temperaturabhängigkeit der Übergangsraten	20
3.6 Separation der Defektumwandlungskanäle	22
3.7 Experimentelle Durchführung von Regenerationsmessungen	29
3.8 Stabilität und Reaktionsgleichgewicht	31
4 LADUNGSTRÄGERINJEKTION UND DIE VERGLEICHBARKEIT VON REGENERATIONSUNTERSUCHUNGEN	36
4.1 Korrektur von Unterschieden in der Beleuchtungsintensität	36
4.2 Verallgemeinerung der Injektionskorrektur	40
4.3 Korrektur der Hintergrund-Lebensdauer	42

5	EINFLUSS DER OBERFLÄCHENBESCHICHTUNG AUF DIE BO-REGENERATION	45
5.1	Untersuchungen zur Regenerationskinetik: Stand der Technik	45
5.2	Hydrogenierung von Silizium	46
5.3	Einfluss der H-Quellschicht auf die BO-Regeneration	49
5.4	Zusammenfassung	55
6	HYDROGENIERUNG IM WASSERSTOFFPLASMA	56
6.1	Probenpräparation	56
6.2	Regenerationsmessungen	59
6.3	Zusammenfassung	60
7	EINFLUSS VON FEUERSCHRITTEN AUF DIE BO-REGENERATION	62
7.1	Charakterisierung der Hochtemperatur-Feuerschritte	62
7.2	Auswirkungen von Spitztemperatur und Peakbreite auf die Regeneration	64
7.3	Einfluss der Abkühlrate auf die Regeneration	68
7.4	Einfluss der Feuerparameter auf die Lebensdauer im annealten Zustand	72
7.5	Zusammenfassung	74
8	BEREITSTELLUNG VON WASSERSTOFF FÜR DIE BO-REGENERATION	75
8.1	Wasserstoff-Bindungskonfigurationen in Silizium	75
8.2	Temperschnitte bei mittleren Temperaturen	78
8.3	Die Rolle von gebundenem Wasserstoff für die Regeneration	80
8.4	Zusammenfassung	83
9	EINFLUSS VON VERUNREINIGUNGEN	85
9.1	Phosphor-Diffusion	85
9.2	Interstitieller Sauerstoff	87
9.3	Dotanden	89
9.4	Zusammenfassung	96

10 DAS H-MODELL DER BO-REGENERATION	97
10.1 Hydrogenierung des Si-Substrats	97
10.2 Bereitstellung von H während der Regeneration	98
10.3 Wasserstoffpassivierung von BO-Defekten	100
10.4 Die Destabilisierung im wasserstoffbasierten Regenerationsmodell	102
10.5 Zusammenfassung	103
11 HIGH-SPEED-REGENERATION	104
11.1 Maximale Regenerationstemperatur	104
11.2 Experimentelle Realisierung	107
11.3 Limitierungen für Regenerationsprozesse	110
11.4 Laser-Regeneration	114
11.5 Zusammenfassung	116
12 FAZIT	117
13 AUSBLICK	120
LITERATURVERZEICHNIS	122
PUBLIKATIONEN	136
DANKSAGUNG	138