Untersuchungen der inneren Grenzflächen des Si/SiC-Systems

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät

der Universität Augsburg

vorgelegt von

Wilfried Attenberger

Augsburg
Mai 2002

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7

2 Siliziumkarbid 9
- 2.1 Physikalische Eigenschaften . . . 9
  - 2.1.1 Gitterstruktur . . . 9
  - 2.1.2 Elektrische Eigenschaften . . . 11
  - 2.1.3 Mechanische Eigenschaften . . . 12
- 2.2 Einkristallzucht . . . 12
- 2.3 Heteroepitaxie . . . 14
  - 2.3.1 Theorie des Wachstums . . . 15
  - 2.3.2 Molekularstrahlepitaxie . . . 18
  - 2.3.3 CVD-Verfahren . . . 19
- 2.4 Ionenstrahlsynthese . . . 22
  - 2.4.1 Experimentelle Grundlagen . . . 22
  - 2.4.2 Mechanismen der Ionenstrahlsynthese von SiC . . . 24
  - 2.4.3 Temperschritt . . . 26
- 2.5 Zielsetzung . . . 26

3 Wasserstoff und Helium in Silizium 29
- 3.1 Physikalische Vorgänge . . . 29
  - 3.1.1 Entstehung von Gitterfehlern . . . 29
  - 3.1.2 Leerstellen, Leerstellencluster und Hohlräume . . . 30
- 3.2 Wechselwirkung mit implantierten Atomen . . . 32
  - 3.2.1 Heliumimplantation . . . 32
  - 3.2.2 Wasserstoffimplantation . . . 34
- 3.3 Anwendungen . . . 37

4 TEM 39
- 4.1 Grundlagen . . . 39
  - 4.1.1 Aufbau . . . 39
  - 4.1.2 Bilderzeugung . . . 42
- 4.2 EFTEM . . . 43

4.2.1 Grundlagen 43
4.2.2 Filter 46
4.2.3 Quantitatives EFTEM 46
4.3 Hochauflösung 52
4.3.1 Kontrastentstehung 52
4.3.2 DALI 55
4.4 Abbildung von Hohlräumen 56

5 Heteroepitaxie **59**
5.1 Orientierung der Karbonisierungsschicht 59
5.2 Frühes Stadium der Karbonisierung 61
5.3 Inselwachstum 64
5.3.1 MBE 64
5.3.2 CVD 66
5.4 Geschlossene Karbonisierungsschicht 66
5.4.1 Große Hohlräume 67
5.5 Säulenwachstum 69
5.6 Bildung unterschiedlicher Polytypen 70
5.7 Gestörtes Wachstum 73
5.8 Bildung einer geschlossenen Schicht 74
5.9 Verspannung der Schicht 77
5.9.1 Globale Verspannung 77
5.9.2 Lokale Verspannung 77
5.10 Zusammenfassung 79

6 Ionenstrahlsynthese **81**
6.1 Ausgangsschicht 81
6.1.1 Beugung 83
6.1.2 Grenzflächen 83
6.1.3 Gitterverzerrung 85
6.2 Wasserstoffimplantation 86
6.2.1 Struktur nach der Implantation 87
6.2.2 Temperprozeß 96
6.2.3 Vergleich mit der Implantation in Einkristalle 101
6.3 Heliumimplantation 103
6.3.1 Schichtstruktur 104
6.3.2 Ausdiffusion 111
6.3.3 Einfluß der Dosis 112
6.3.4 Bildung großflächiger Hohlräume 113
6.3.5 Teilweise Freilegung 115
6.3.6 Zusammenfassung und Diskussion 117
6.4 Sauerstoff-Implantation 119

6.4.1 Güte der oberen Grenzfläche 121
6.5 Amorphisieren und Ätzen 122
6.5.1 Verfahren 123
6.5.2 Ergebnis des Prozesses 123
6.5.3 Rasterelektronenmikroskopie 125
6.5.4 Röntgenbeugung 126
6.5.5 Vorteile des Verfahrens 126

7 Zusammenfassung **131**
7.1 Ausblick 133