



Inhalt

Zusammenfassung	10
1 Einleitung	12
2 Der konventionelle MOSFET	15
2.1 Transistorkonzept und physikalische Grundlagen	15
2.2 Klassische Skalierung	20
2.3 Begrenzende Effekte der klassischen Skalierung	24
2.3.1 Stoßionisation	24
2.3.2 Randfeldeffekte	26
2.3.3 Tunneln	30
2.4 Technologische Maßnahmen zur Erfüllung der Roadmap	34
3 Entwicklung von Transistorkonzepten basierend auf begrenzenden Effekten	36
3.1 Konzeptioneller Überblick	36
3.2 Simulation mit Taurus Medici	37
3.3 Vertikales Transistorkonzept	41
4 Der Tunneltransistor (TFET)	44
4.1 Grundlagen des Transistorkonzepts	44
4.2 Diskussion spezifischer Optimierungskonzepte	52
4.2.1 Konzeptionelle Grundüberlegungen	52
4.2.2 Bandgap-Engineering mit SiGe	54
4.2.3 Dimensionierung	55
4.2.4 High-k-Dielektrika	58
4.3 Entwicklung eines Medici-Simulationsmodells	59
4.4 Band-Gap-Engineering mit SiGe-Heterostrukturen	62
4.4.1 Physikalische Grundlagen und Einfluss der Dotierung	62
4.4.2 Einfluss des Dotierprofils	68



4.4.3 Experimentelle Ergebnisse	70
4.5 Electric-Field-Engineering mit hochkapazitiven Dielektrika.....	75
4.5.1 Grundlagen hochkapazitiver Dielektrika (high-k-Materialien) für MOSFETs	75
4.5.2 Verbesserung des Tunneltransistors durch high-k-Materialien	77
4.5.3 Quantifizierung des Effekts	83
4.5.4 Skalierungsverhalten von Tunneltransistoren mit high-k-Materialien	86
4.5.5 Einfluss des Dotierprofils	89
4.5.6 Skalierung der Inverterverzögerung	90
4.5.7 Kombination mit dem SiGe-Konzept	93
4.6 Einfluss geometrischer Begrenzung auf den Tunneltransistor.....	94
4.7 Ausblick für den Tunneltransistor	96
5 Der Stoßionisationstransistor (IMOS)	98
5.1 Ansätze des lateralen IMOS	98
5.2 Grundüberlegungen zum vertikalen IMOS	102
5.3 Ergebnisse mit dem Kurzkanal-IMOS	106
5.3.1 Aufbau	106
5.3.2 Grundlegendes Verhalten	108
5.3.3 Zuverlässigkeit.....	114
5.3.4 Verhalten bei Hochtemperatur.....	116
5.4 Ergebnisse mit dem Langkanal-IMOS	121
5.4.1 Aufbau	121
5.4.2 Elektrische Eigenschaften.....	122
5.5 Verhalten bei Tieftemperatur	123
5.5.1 Tieftemperaturverhalten des PDBFETs.....	123
5.5.2 Elektrisches Verhalten des IMOS bei Temperaturen ≥ 50 K	126
5.5.3 Elektrisches Verhalten des IMOS bei 4,2 K.....	128



5.6 Der IMOS als optischer Detektor	139
5.6.1 Konventionelle optische Detektoren	139
5.6.2 Überlegungen zur Verwendung des IMOS als optischer Detektor	145
5.6.3 Experimentelle Realisierung	148
5.6.4 Ergebnisse	151
5.7 Ausblick für den Stoßionisationstransistor (IMOS)	162
6 Fazit und Ausblick.....	163
7 Anhang	166
7.1 Literaturverzeichnis	166
7.2 Grundlegende optische Charakterisierung des IMOS.....	189
7.3 Verwendete Formelzeichen und Konstanten	197
7.4 Abbildungsverzeichnis.....	202
7.5 Abkürzungsverzeichnis.....	206
7.6 Eigene Publikationen	207
7.7 Danksagung	211