



## 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 $\geq 50$ 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