

Inhalt

1	Einführung	1
1.1	Modellierungsstrategien	3
1.2	Übersicht über die Ziele der Arbeit	4
2	Mehrdimensionale Modellierung von Lateraltransistoren	6
2.1	Dreidimensionale Modellierung des Bipolartransistors	6
2.2	Laterale Bipolartransistoren	7
2.2.1	LBT-Modelle	7
2.2.2	CLBT-Modelle	11
3	Mathematisch-physikalische Grundlagen	15
3.1	Potentialdarstellung der Minoritätenverteilung	15
3.2	Konforme Abbildungstechnik	18
3.2.1	Komplexe Potentialfunktionen	18
3.2.2	Konforme Abbildungen	20
3.2.3	Potentiallösungen in der oberen Halbebene	25
4	Zerlegungstechniken und Grundstrukturen	26
4.1	Grundstrukturen zur Kollektorstromberechnung	27
4.1.1	Zerlegung des CLBTs	27
4.1.2	LBT-Zerlegung	33

4.1.3	Zusammenfassung	34
4.2	Grundelemente zur Basisstromberechnung	37
5	Konforme Abbildung lateraler Grundstrukturen	40
5.1	Grundelement zur Kollektorstromberechnung	40
5.1.1	Exakte Abbildung	41
5.1.2	Approximierte Abbildung	43
5.1.3	Fluinvariante Parametrisierung der approximierten Abbildung	47
5.1.4	Abbildung von Integrationsgrenzen	49
5.1.5	Gültigkeitsbereich zur Anwendung der approximierten Abbildung	50
5.2	Grundelement zur Basisstromberechnung	51
6	Modell des NPN-CLBTs	53
6.1	Theorie der Kollektorströme im Flachbandzustand	55
6.1.1	Modell für flache Wannenn	55
6.1.2	Modell für große Wannentiefen	59
6.1.3	Inhomogene Wannennprofile	63
6.1.4	Vergleich der analytischen Modellierung mit 2D-Simulationen	65
6.1.5	Quasi-3D Formulierung der Stromgleichungen	73
6.2	Gate-Effekt	78
6.2.1	Mathematische Beschreibung des Gate-Effekts	79
6.2.2	Korrektur des Flachbandmodells des lateralen Kollektorstroms	85
6.3	Basisströme und Stromverstärkung	88
6.3.1	Berechnung der Injektionsstromkomponente I'_{BE}	88
6.3.2	Modellierung des Basisrekombinationsstroms I'_{BB}	92
6.3.3	2D-Modellierung der maximalen Stromverstärkung	94
6.3.4	Quasi-3D-Formulierung der Modellgleichungen	98
6.4	Basisbahnwiderstand	100

7	Hybrid-Mode-Betrieb	104
7.1	Potentialverlauf in der Verarmungszone	107
7.2	Modellgleichung für die Hybrid-Mode-Stromkomponente	109
7.3	Vollständiges Modell des Kollektorstroms	111
8	Modellierung von pnp-CLBTs	113
8.1	Näherungsannahmen	116
8.2	Potentialminimums in der kompensierten PMOS-Struktur	118
8.2.1	Potentialverlauf im pnp-CLBT ohne Oberflächeninversion	119
8.2.2	Berechnung des Potentialminimums in einem pnp-CLBT mit Oberflächeninversion	120
8.3	Stromgleichung des pnp-CLBTs	124
8.4	Parameterextraktion	126
8.5	Endgültige Ausformulierung der V_{BE} -Abhängigkeit des Modells	130
9	LBT-Modellierung	132
9.1	Modellierung der Kollektorströme im LBT	133
9.1.1	Lateralstrommodellierung	133
9.1.2	Vergleich der analytischen Modellierung mit 2D-Simulationen	137
9.2	Berechnung des Basisinjektionsstroms	140
9.3	Basisrekombinationsstrom	140
9.4	Modellierung der maximalen Stromverstärkung	142
9.5	Basisbahnwiderstand des LBTs	146
9.5.1	Äußerer Basisbahnwiderstand	146
9.5.2	Innerer Basisbahnwiderstand	148

10 Modellimplementierung	154
10.1 Vollständige Ausformulierung der CLBT-Modelle	155
10.2 Simulation des npn-CLBTs	160
10.2.1 Gummel-Plots und Stromverstärkung	161
10.2.2 Stromaufteilung und Ausgangskennlinien	164
10.2.3 Gate-Effekt	166
10.3 Simulation des pnp-CLBTs	167
10.3.1 Parameterextraktion	167
10.4 Simulation des Hybrid-Mode-Betriebs	172
10.5 Simulation des LBTs	176
10.5.1 Parameterextraktion	177
10.6 Erweiterung der Modelle für Kleinsignalanalysen	182
11 Zusammenfassung und Ausblick	185
A Raumladungszonen	187
A.1 PN-Übergang zwischen Wanne und Substrat eines CLBTs	188
A.2 PN-Übergang zwischen Substrat und Buried-Layer im LBT	189
A.3 PN-Übergang an Emitter und Kollektor in LBT und CLBT	189
A.3.1 Einfluß der Gate-Spannung	190
B Ausbreitungswiderstand	192
Literaturverzeichnis	194