

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Aufbautechnik eines vollintegrierten, SMD-lötbaren Millimeterwellenmoduls	7
2.1. Grundlagen der Aufbautechnik	7
2.2. Aufbautechnik im Millimeterwellenbereich	11
2.3. Chip-Gehäuse mit integrierter Antenne	13
2.3.1. Monolithische Integration	14
2.3.2. Gehäuse aus Mehrlagenleiterplatten	17
2.3.3. Embedded Wafer Level Packaging	19
2.3.4. Standardgehäuse mit Antennen in Dünnschichttechnik	20
2.4. Varianten mit Standardgehäusen und Dünnschichtantennen	21
3. Verbindungstechnik im Millimeterwellenbereich	29
3.1. Verbindungstechnik in der Mikroelektronik	29
3.1.1. Bonddrahttechnologie	30
3.1.2. Flip-Chip-Technologie	33
3.2. Millimeterwellenverbindungen mittels Bonddrahttechnologie .	36
3.2.1. Stand der Technik	36
3.2.2. Modellierung und Kompensation der koplanaren Bonddrahtverbindung	42
3.2.3. Messtechnische Verifikation der koplanaren Bonddrahtverbindung bei 122 GHz	51
3.3. Millimeterwellenverbindungen mittels Flip-Chip-Technologie	63
3.3.1. Stand der Technik	63
3.3.2. Modellierung und Kompensation der Flip-Chip-Verbindung	64
3.3.3. Messtechnische Verifikation der unkompensierten und kompensierten Flip-Chip-Verbindung bei 122 GHz	68
4. Messsystem für hochintegrierte Millimeterwellenantennen	73
4.1. Stand der Technik	74
4.2. Entwickelter Messaufbau	76
4.2.1. Mechanische Beschreibung	77
4.2.2. Messtechnische Beschreibung	79
4.3. Kalibration	82

4.4. Dynamikbereich des Messsystems	87
4.4.1. Pegelplan des Transmissionspfades	87
4.4.2. Abstrahlung der Messspitzen	88
4.5. Verifikationsmessung: Richtcharakteristik des Referenzhorns	89
4.6. Mögliche Fehlerquellen	91
4.7. Fazit	93
5. Hochintegrierte Streifenleitungsantennen im Millimeterwellenbereich	95
5.1. Einfluss der Substratdicke und des Substratmaterials	97
5.1.1. Oberflächenwellen auf einem dielektrischen Substrat	99
5.1.2. Unterdrückung von Oberflächenwellen	109
5.2. Einfluss des Gehäuses und des Gehäusedeckels	118
6. Antennendesigns für miniaturisierte Radarsensorik	123
6.1. Antennen für Aufbautechnikvarianten mit Bonddrahttechnik .	124
6.1.1. Koplanar gespeiste Antennengruppe mit Bonddrahtkompensationsschaltung	125
6.1.2. Kapazitiv belasteter Doppeldipol oberhalb eines Reflektors mit Luftkavität	137
6.2. Antennen für Aufbautechnikvarianten mit Flip-Chip-Technik .	142
6.2.1. Fertigungsprozess des neuartigen Aufbautechnikkonzepts	143
6.2.2. Doppeldipolantenne auf flexilem Trägersubstrat mit Flip-Chip-Kompensationsschaltung	145
6.2.3. Doppeldipolantenne mit parasitär gespeisten Elementen, integriert in den Gehäusedeckel	152
6.3. Vergleich und Bewertung	159
7. Realisierungsbeispiele vollintegrierter, SMD-lötbarer Radarsensoren	163
7.1. Bistatischer 122 GHz Sensor in Bonddrahttechnik	164
7.2. Bistatischer 122 GHz Sensor in Flip-Chip-Technik	167
8. Schlussfolgerungen	173
A. Maxwell-Gleichungen und Helmholtz-Gleichung	179
B. Ausbreitungskonstanten von Oberflächenwellen	183
B.1. Ungerade TM-Moden	184
B.2. TE-Moden	186

B.2.1. Ungerade Moden	187
B.2.2. Gerade Moden	189
C. Bestimmung der Dielektrizitätskonstante von Rogers Ultralam 3850	193
Eigene Veröffentlichungen	197
Literaturverzeichnis	203