

# VERGLEICH VERSCHIEDENER TYPEN VON DIODEN- LEISTUNGSDETEKTOREN FÜR RADIOASTRONOMISCHE EMPFANGSSYSTEME

Diplomarbeit

Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik

Institut für Nachrichtentechnik

David Kramer

Matr.-Nr.: 11029158

Köln, September 2006

Betreuer: Frank Schäfer  
Referent: Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schneider  
Korreferent: Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schwedes

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>Erklärung</b> .....	<b>1</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1 Aufgabenstellung</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2 Motivation</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Grundlagen</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1 Streuparameter</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2 Smith-Diagramm</b> .....	<b>12</b>
<b>2.3 Rauschen</b> .....	<b>15</b>
2.3.1 Thermisches Rauschen.....	16
2.3.2 1/f-Rauschen.....	17
<b>2.4 Rauschzahl und Rauschtemperatur</b> .....	<b>18</b>
<b>2.5 Total-Power-Empfänger</b> .....	<b>20</b>
<b>2.6 Systemtemperatur und Grenzemfindlichkeit eines Empfangssystems</b> .....	<b>21</b>
<b>3 Prinzipien und Anwendungen von Dioden als Leistungsdetektoren</b> .....	<b>23</b>
<b>3.1 Prinzip der Leistungsmessung mit Dioden</b> .....	<b>23</b>
<b>3.2 Kleinsignal-Ersatzschaltbild einer Diode</b> .....	<b>28</b>
3.2.1 Intrinsische Elemente.....	28
3.2.2 Extrinsische Elemente.....	30
<b>3.3 Anwendung von Dioden als Leistungsdetektoren</b> .....	<b>30</b>
3.3.1 Detektorschaltung mit Diode in Serienschaltung.....	30
3.3.2 Detektorschaltung mit Diode in Parallelschaltung.....	31
3.3.3 Videoverstärker.....	32

<b>3.4</b>	<b>Beschreibung der unterschiedlichen Dioden-Typen .....</b>	<b>32</b>
3.4.1	Schottky-Dioden .....	33
3.4.2	Tunnel- und <i>Backward</i> -Dioden.....	35
3.4.2.1	Exkurs: Negativ differentieller Widerstand (negative Steilheit) .....	37
3.4.3	<i>Sb-Heterostructure-Interband-Backward</i> -Dioden .....	38
<b>3.5</b>	<b>Exkurs: Praktische Umsetzung von Schaltungen in hochfrequenztechnischen Anwendungen .....</b>	<b>40</b>
3.5.1	Mikrostreifenleitung.....	40
3.5.2	Bond-Technik .....	41
3.5.3	Elektrisch leitfähige Klebstoffe .....	43
<b>4</b>	<b>Messungen .....</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Vektorielle Messung der Streuparameter S11 .....</b>	<b>44</b>
4.1.1	Messaufbau .....	46
4.1.2	Kalibrationsmessung .....	48
4.1.3	Darstellung der Streuparameter Messungen.....	49
<b>4.2</b>	<b>DC-Messung zur Aufnahme der Diodenkennlinien .....</b>	<b>50</b>
<b>4.3</b>	<b>Ergebnis der Messungen .....</b>	<b>51</b>
<b>5</b>	<b>Entwicklung von Anpassungsnetzwerken und Aufbau von Detektoren .....</b>	<b>53</b>
<b>5.1</b>	<b>Entwicklung eines Zwangsanpassungsnetzwerkes und Aufbau eines Detektors mit der Schottky-Diode HSCH-9161 .....</b>	<b>54</b>
5.1.1	Zwangsanpassung mit Widerständen .....	54
5.1.2	Simulationen mit <i>Ansoft Designer</i> .....	59
5.1.3	Simulation der Anbindung an das Zwangsanpassungsnetzwerk.....	60
5.1.4	Umsetzung der Simulationsergebnisse im Aufbau des Detektors .....	62
5.1.5	Messung der Streuparameter S11 des Detektors .....	62
<b>5.2</b>	<b>Entwicklung eines Anpassungsnetzwerkes und Aufbau eines Detektors mit der Sb-HIB-Diode 5.....</b>	<b>63</b>
5.2.1	Simulation zur Bestimmung der Kleinsignal-Ersatzschaltbild-Parameter.....	64
5.2.2	Simulation zur Entwicklung eines Anpassungsnetzwerkes .....	66
5.2.3	Umsetzung der Simulationsergebnisse im Aufbau des Detektors .....	70
5.2.4	Messung der Streuparameter S11 .....	71
<b>6</b>	<b>Vorstellung der kommerziellen Dioden-Detektoren.....</b>	<b>73</b>
<b>6.1</b>	<b>Schottky-Dioden-Detektor 70KC50 von „Anritsu“ .....</b>	<b>73</b>

<b>6.2</b>	<b>Backward-Dioden-Detektor 1798NC7 von „ACC“</b> .....	<b>73</b>
<b>6.3</b>	<b>Darstellung der Diodenkennlinien der Detektoren</b> .....	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>Empfindlichkeitsmessung</b> .....	<b>76</b>
<b>7.1</b>	<b>Messaufbau und Durchführung der Messung</b> .....	<b>76</b>
7.1.1	Beschreibung des Messaufbaus .....	76
7.1.2	Anforderungen an den Messaufbau .....	77
7.1.3	Durchführung der Messung .....	80
<b>7.2</b>	<b>Messergebnisse der Empfindlichkeitsmessung</b> .....	<b>81</b>
7.2.1	Abschätzungen von Messfehlern .....	83
<b>8</b>	<b>Rauschmessungen</b> .....	<b>84</b>
<b>8.1</b>	<b>Messaufbau und Durchführung der Messung</b> .....	<b>84</b>
8.1.1	Beschreibung des Messaufbaus .....	84
8.1.2	Durchführung der Messung .....	84
<b>8.2</b>	<b>Messergebnisse der Rauschmessung</b> .....	<b>85</b>
8.2.1	Exkurs: Tangentielle Empfindlichkeit .....	87
8.2.2	Berechnung der tangentiellen Empfindlichkeiten der Detektoren .....	89
<b>9</b>	<b>Schlussbetrachtung</b> .....	<b>90</b>
	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>91</b>
	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b> .....	<b>94</b>
<b>Anhang A</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>99</b>
<b>Anhang B</b>	<b>DC Messungen</b> .....	<b>100</b>
<b>Anhang C</b>	<b>Details zu Detektoraufbauten</b> .....	<b>107</b>
<b>Anhang D</b>	<b>Daten zu den Detektoren</b> .....	<b>117</b>
<b>Anhang E</b>	<b>Auswertung</b> .....	<b>124</b>