

Dipl.-Phys. Manfred Paeschke, Basdorf

**Dünnsfilm  
Metallelektroden  
als elektrochemische  
Verstärker und  
dielektrische Transducer**

Reihe **9**: Elektronik

Nr. **274**

## Inhaltsverzeichnis

	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>Elektrochemische Transducer</b>	<b>4</b>
1.1.1	Elektrochemische Doppelschicht	4
1.1.2	Elektrochemische Meßmethoden	6
1.1.2.1	Amperometrie	6
1.1.2.2	Zyklische Voltametrie	8
1.1.3	Ultramikroelektroden	12
1.1.4	Arrays von Mikroelektroden	13
1.1.5	IDA-Elektroden	15
1.1.5.1	Analytische Meßverfahren mit IDA-Elektroden	16
1.1.5.2	Redoxzyklisieren	17
1.1.5.3	Stationäre Ströme an IDA-Elektroden	18
1.1.5.4	Zyklische Voltametrie an IDA-Elektroden	20
<b>1.2</b>	<b>Funktionalisierung von Elektroden</b>	<b>21</b>
1.2.1	Selbstorganisierte Thiolschichten an Elektrodenoberflächen	22
1.2.2	Mechanismus der Selbstanordnung	22
1.2.3	Struktur der Monoschichten	23
1.2.4	Stabilität der Monoschichten	25
1.2.5	Elektrochemische Anwendungen	26
1.2.6	Direkte Messung einer Molekülbindung	27
<b>1.3</b>	<b>Elektrochemische Instrumentierung</b>	<b>29</b>
<b>2</b>	<b>Ausführung</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Elektrodenherstellung</b>	<b>31</b>
2.1.1	Planare IDA-Elektroden mit Mikrometerdimensionen	32
2.1.1.1	IDA-Elektrodenherstellung mit Photolithographie	32
2.1.1.2	IDA-Elektrodenherstellung mit Photostepperlithographie	34
2.1.2	IDA-Elektroden mit Submikrometerdimensionen	35
2.1.2.1	IDA-Elektrodenherstellung mit Elektronenstrahlolithographie	35
2.1.2.2	Vertikal strukturierte IDA-Elektroden	37
2.1.3.	IDA-Elektroden mit Nanometerdimensionen	39

<b>2.2</b>	<b>Multikanalpotentiostat</b>	<b>41</b>
2.2.1	Konzept des Multikanalpotentiostaten	41
2.2.2	Praktischer Aufbau der Gesamtanordnung	42
2.2.2.1	Analoge Sensorelektronik	42
2.2.2.2	Rechentechnisches Konzept	45
2.2.3	Voltametrische Meßmethoden	47
2.2.3.1	Zyklische Voltametrie	47
2.2.3.2	Pulsmessungen	48
2.2.3.3	Amperometrische Messung	48
2.2.4	Testung und Eichung des Multikanalpotentiostaten	49
2.2.4.1	Elektrische Testung	49
2.2.4.2	Elektrochemische Eichung	51
<b>2.3.</b>	<b>Durchflußsystem</b>	<b>53</b>
2.3.1	Meßzelle	53
2.3.2	Dosiersystem	54
<b>3.</b>	<b>Ergebnisse / Anwendungen</b>	<b>55</b>
<b>3.1</b>	<b>Voltametrische Messungen an IDA Elektroden</b>	<b>55</b>
3.1.1	Elektrochemische Charakterisierung von Redoxmediatoren	55
3.1.2	Kalium-Hexacyanoferrat (II)/(III)	56
3.1.2.1	Zyklische Voltametrie	56
3.1.2.2	Optimierung der Redoxmessungen, Variation der mittleren Diffusionslänge	58
3.1.2.3	Konzentrationsabhängigkeit der stationären Ströme	59
3.1.2.4	Konzentrationsabhängigkeit bei Durchflußmessungen	61
3.1.2.5	Variation der Ionenstärke des Elektrolyten	63
3.1.3.	p-chinoide Verbindungen	64
3.1.3.1	p-Benzochinon/Hydrochinon	64
3.1.3.2	Gentesylaldehyd	66
3.1.3.3	Variation von Hydrochinon-Derivaten, Ein- und Mehrfachmarkierungen	70
3.1.3.4	Doppelt Chinonmarkierte TNP-Reportermoleküle	73
3.1.3.5	p-Aminophenol	75
3.1.4	o-chinoide Verbindungen - Chatecholamine	80
3.1.4.1	Dopamin	81

3.1.4.2	Adrenalin	83
3.1.5	Ferrocenderivate	83
3.1.5.1	Ferrocenlysin	83
3.1.5.2	TNP-Ferrocenlysin-Peptide	85
3.1.6	Metallkomplexverbindungen, Osmiumbipyridylderivate	87
3.1.7	Redoxprotein, Cytochrom c	90
3.1.8	Zusammenfassende Ergebnisse der untersuchten Redoxmediatoren	93
<b>3.2</b>	<b>Elektrochemische Multikanalmessung</b>	<b>95</b>
3.2.1	Charakterisierung von Array-Elektroden	95
3.2.2	Multikanalmessung für die Steigerung der Empfindlichkeit von Sensoren	99
<b>3.3</b>	<b>Beispiel für einen Hapten-Immunsensor basierend auf Multikanal-Redoxzyklisation</b>	<b>103</b>
<b>3.4</b>	<b>IDA-Elektroden als dielektrische Transducer</b>	<b>107</b>
3.4.1	Impedanzspektroskopie	108
3.4.2	Elektrodenmodifizierung	109
3.4.3	Charakterisierung von Ferritin modifizierten IDA-Elektroden	110
3.4.4	Messen der Bindung einer Enzymssubstanz an IDA-Elektroden	115
3.4.5	Ausblick	117
<b>4.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>119</b>
<b>5.</b>	<b>Anhang</b>	<b>121</b>
<b>6.</b>	<b>Literatur</b>	<b>124</b>