

Herstellung von
Wolframoxid-Nanoröhren
durch Beschichtung
poröser Aluminiumoxid-Membrane

Diplomarbeit im Fach Physik

von
Stefan Bartels

Institut für Materialphysik
Westfälische Wilhelmsuniversität Münster

Juli 2012

Korrektor: Prof. Dr. Gerhard Wilde
Co-Korrektor: Prof. Dr. Yong Lei

Inhaltsverzeichnis

1 – Einleitung.....	3
1.1 Ziel dieser Arbeit.....	4
2 – Metalloxid-Halbleiter-Gassensoren.....	5
2.1 Funktionsprinzip.....	5
2.1.1 Detektion reduzierender Gase.....	6
2.1.2 Detektion oxidierender Gase.....	6
2.2 Regeneration.....	6
2.3 Einflüsse auf die Sensitivität.....	7
2.4 Selektivität.....	7
3 – Poröse Aluminiumoxid-Membrane (PAM).....	9
3.1 Theorie.....	9
3.1.1 Entstehung der Oxidschicht.....	10
3.1.2 Entstehung der Porenstruktur.....	12
3.1.3 Anodisierung in zwei Schritten.....	13
3.2 Herstellung im Institut.....	13
4 – Atomic Layer Deposition (ALD).....	22
4.1 Vorteile von ALD gegenüber anderen Beschichtungsmethoden.....	22
4.2 Oberflächenchemie bei ALD-Prozessen.....	23
4.2.1 Reaktive Anbindung über OH-Gruppen.....	23
4.2.2 Andere Mechanismen für selbstbegrenzendes Wachstum.....	24
4.2.3 Wachstumsrate und ALD-Fenster.....	24
4.3 ALD im Institut.....	25
4.3.1 Vorbereitungen vor dem Beschichten.....	25
4.3.2 Steuerungssoftware.....	26
4.3.3 Expo-Mode.....	27
4.4 Experimentelle Ergebnisse.....	28
4.4.1 Ein erster Versuch: ZnO.....	28
4.4.2 WO ₃ aus BTBMW.....	33
4.4.3 WO ₃ aus W(CO) ₆	34
5 – Sol-Gel-Beschichten.....	38
5.1 Theorie.....	38
5.1.1 Tauchbeschichten (Dip-Coating).....	39
5.1.2 Chemie der Partikelbildung.....	40
5.2 Experimentelles.....	41
5.2.1 Herstellung des Sols.....	41
5.2.2 Beschichten per Dip-Coating.....	42
5.2.3 Variationen des Beschichtungsvorgangs.....	43
6 – elektrische Messungen.....	44
6.1 Messapparatur.....	44
6.2 Aufbringen der Goldkontakte mittels PVD.....	45
7 – Ergebnisse.....	46
7.1 Diskussion.....	65
7.1.1 Dip-Coating.....	65
7.1.2 Beschichten mit Druck.....	65
7.1.3 Kennlinien.....	66
7.1.4 Querschnitte.....	66
7.1.5 Fazit.....	67
Anhang.....	68

Literaturverzeichnis.....	82
Danksagung.....	85