Yttriumoxid-Dünnschichten als Tritium-Permeationsbarriere

Jan Engels
Yttriumoxid-Dünnschichten als Tritium-Permeationsbarriere

Jan Engels
## Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 5

2 Fusion 7

2.1 Funktionsweise eines Fusions-Kraftwerks 7
2.2 Tritium und Tritium-Kreislauf 8
2.3 Reaktorgefäß und erste Wand 8
2.4 Tritium-Permeationsbarriere 9

3 Bisherige Forschung und Ziele dieser Arbeit 11

3.1 Permeationsexperimente 11
3.2 Permeationsreduktionsfaktor 12
3.3 Materialien für Permeationsbarrieren 16
3.4 Wasserstoff-Permeation durch Yttriumoxid 18
3.5 Magnetron-Deponierung des Yttriumoxids 21
3.6 Yttriumoxid-Kristallwachstum im Magnetron 21
3.7 Bindung an das Strukturelement und an das PFM 24
3.8 Eurofer und Wasserstoff-Permeation 25
3.9 Ziele dieser Arbeit 26

4 Grundlagen 31

4.1 Permeation und limitiertes Regime 31
4.2 Kubische und monokline Phase der Sesquioxide wie Y$_2$O$_3$ 41
4.3 Gitterdefekte und Schäden durch Neutronenbestrahlung 44
4.4 Wasserstoff-Permeation und Aufladungseffekte von Y$_2$O$_3$ 45
4.5 Der RAFM-Stahl Eurofer 46
4.6 Palladium-Decksschicht 49
5 Probenpräparation 51
  5.1 Präparation .......................... 51
  5.2 Magnetron-Anlage und Dünnschichten ......................... 52
  5.3 Proben für die Charakterisierung ....................... 58

6 Methoden 61
  6.1 Charakterisierung ................................... 61
  6.2 Permeationsmessungen .......................... 89

7 Ergebnisse 107
  7.1 Eurofer-Substrat .................... 107
  7.2 Keramisches Y$_2$O$_3$ ..................... 126
  7.3 Kalt metallisches Y$_2$O$_3$ ...................... 154
  7.4 Y$_2$O$_3$-Schichtsystem .................. 158
  7.5 Heiß metallisches Y$_2$O$_3$ ................ 170

8 Zusammenfassende Diskussion 197
  8.1 Struktur der Proben .................... 197
  8.2 Permeation ................................ 213

9 Zusammenfassung 233

10 Anhang 237
Yttriumoxid-Dünnschichten als Tritium-Permeationsbarriere
Jan Engels