

DISS. ETH Nr. 12891

ADSORPTION OF BIOMOLECULES ON TITANIUM OXIDE
LAYERS IN BIOLOGICAL MODEL SOLUTIONS

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

ROGER KURRAT

Dipl. Chem. Ing. ETHZ

born 04.01.1969
Germany

accepted on the recommendation of

Prof. Nicholas D. Spencer, examiner
Dr. Marcus Textor, co-examiner
Dr. Jeremy Ramsden, co-examiner

1998

ABSTRACT

This thesis deals with the interactions of biomolecules, mainly proteins, on TiO_2 and some other selected surfaces found on implants. The main focus lies in the kinetics of the adsorption processes occurring first when a titanium implant is placed in the human body. These can be monitored with high precision and sensitivity using optical waveguides.

The work includes some modifications to the OWLS (Optical Waveguide Lightmode Spectroscopy) instrument, which are necessary to obtain contaminant-free adsorption measurements under controlled conditions, as checked by XPS and ToF-SIMS. Further, a focused laser beam was added to permit spatial resolution and, in conjunction with half-coated waveguides, to enable adsorption studies on two different surfaces within one experiment in real time.

Optical waveguides, coated with TiO_2 (Al_2O_3 , Nb_2O_5 , Steel) by magnetron sputtering were used for all kinetic measurements, from those of single proteins, serum and plasma solutions up to the final cell studies.

Due to the modifications on the instrument, a complete rewrite of the measuring software was necessary. The software now also includes advanced plotting capabilities as well as its own p-code compiler which enables the user to add any desired functionality and which was used to carry out all the calculations in this work.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Doktorarbeit geht es um Wechselwirkungen von biologischem Material, hauptsächlich Proteinen, mit TiO_2 und anderen ausgewählten Materialien, welche in Implantaten Verwendung finden. Der wichtigste Aspekt ist dabei die Kinetik der Adsorptionsvorgänge, die auftreten wenn ein Implantat in den menschlichen Körper eingesetzt wird. Diese Vorgänge lassen sich mit hoher Genauigkeit und Empfindlichkeit mittels optischer Wellenleiter verfolgen.

Diese Arbeit beinhaltet verschiedene Veränderungen des OWLS (Optical Waveguide Lightmode Spectroscopy) Instruments, welche notwendig sind um Adsorptionsmessungen auf den reinen Oberflächen unter kontrollierten Bedingungen durchführen zu können. Die Reinheit der Oberflächen wurde dabei mittels XPS und ToF-SIMS geprüft. Im weiteren wurde eine Fokussierungseinheit für den Laser eingerichtet um Messungen mit örtlicher Auflösung zu ermöglichen und welche es erlaubt, in Verbindung mit halb beschichteten Wellenleitern, Adsorptionsstudien auf zwei verschiedenen Oberflächen innerhalb eines Experiments durchzuführen.

Optische Wellenleiter, beschichtet mit TiO_2 , (Al_2O_3 , Nb_2O_5 , Stahl) mittels Magnetron Sputtering, wurden für alle kinetischen Messungen benutzt, angefangen bei den Ein-Protein-Experimenten, über die Serum und Plasma Versuche, bis hin zu den abschliessenden Zell-Studien.

Bedingt durch die Änderungen am Instrument wurde es notwendig die Software komplett neu zu schreiben. Die neue Software erlaubt nun nicht nur sämtliche Komponenten des Instruments anzusteuern, sondern beinhaltet auch erweiterte Möglichkeiten der grafischen Darstellung, sowie einen eigenen P-Code-Compiler der es dem Benutzer erlaubt die Funktionalität des Programms praktisch beliebig zu erweitern und welcher benutzt wurde um sämtliche Berechnungen dieser Arbeit durchzuführen.