

NANODIAMANTBASIERTE BESCHICHTUNGEN FÜR IMPLANTAT-TITANLEGIERUNGEN

M. Sc. Afnan Qurban Shaikh, Dr. Daria Kovalenko, Dr. Jörg Opitz

Weltweit leiden Millionen Menschen an Knochenbrüchen, die durch Unfälle oder systemische Skeletterkrankungen, wie Diabetes mellitus, verursacht werden. Dies kann zu einem Verlust des Knochengewebes führen, wodurch die natürliche Mobilität behindert wird. Implantate und Prothesen können diese verlorene Mobilität wiederherstellen.

Die Wahl eines Implantats ist keine leichte Entscheidung, da die Knochenheilung ein sehr komplexer und dynamischer Prozess ist. In den ersten Sekunden einer Implantation finden zahlreiche physikalisch-chemische Reaktionen statt, in denen verschiedene organische und anorganische Biomoleküle auf der Oberfläche adsorbiert werden. Deshalb ist die Biokompatibilität des Implantatwerkstoffs von großer Bedeutung. Unter Biokompatibilität versteht man die Fähigkeit eines Materials, mit einem geeigneten Host sowohl strukturell und funktional in einer speziellen Anwendung zu funktionieren.

Aufgrund ihrer hervorragenden mechanischen Eigenschaften sind Titan und dessen Legierungen in der Regel die erste Wahl für derartige Anwendungen; insbesondere für Implantate (Osteo, Dental, Herz Stents, etc). Durch ihre natürliche Oxidschicht auf dem Material weisen sie einen gewissen Grad an Korrosionsresistenz auf. Bei langjähriger Nutzung wurde jedoch eine beginnende Korrosion beobachtet. Dadurch diffundieren Metallionen in das umgebende Gewebe, was Entzündungen auslösen und zu einem Implantatversagen und damit zur Notwendigkeit einer erneuten Operation führen können. Durch verschiedene Oberflächenmodifikationstechniken können die Eigenschaften von titanbasierenden Materialien verbessert werden. Am Fraunhofer IKTS wurden in Kooperation mit der

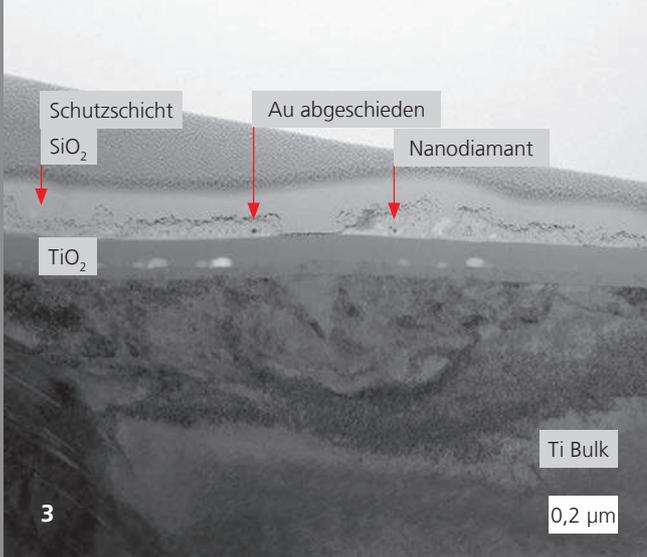
Arbeitsgruppe »Materialentwicklung« des Max-Bergmann-Zentrums für Biomaterialien der TU Dresden, titanbasierende Materialien für solche biomedizinischen Anwendungen mit Hilfe von Detonationsnanodiamanten (DND) modifiziert.

DND sind nanoskalige Materialien auf Kohlenstoffbasis mit hervorragenden Eigenschaften. Neben einer hohen Wärmeleitfähigkeit und hohen Härte besitzen diese Nanopartikel verschiedene funktionelle Gruppen auf ihrer Oberfläche, die auf den Reinigungsprozess nach der Detonationssynthese zurückzuführen sind. Diese funktionellen Gruppen erlauben eine biologische und chemische Abstimmung der Nanodiamanten für verschiedenste Anwendungen. In-vivo erwiesen sich Nanodiamanten als nicht toxisch und biokompatibel, was sie zu geeigneten Kandidaten für biomedizinische Anwendungen macht.

Methodik und Mechanismus

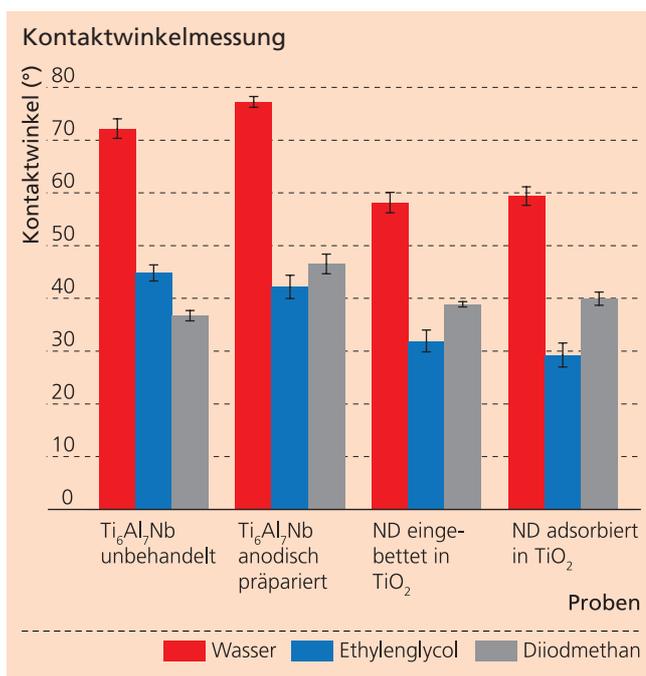
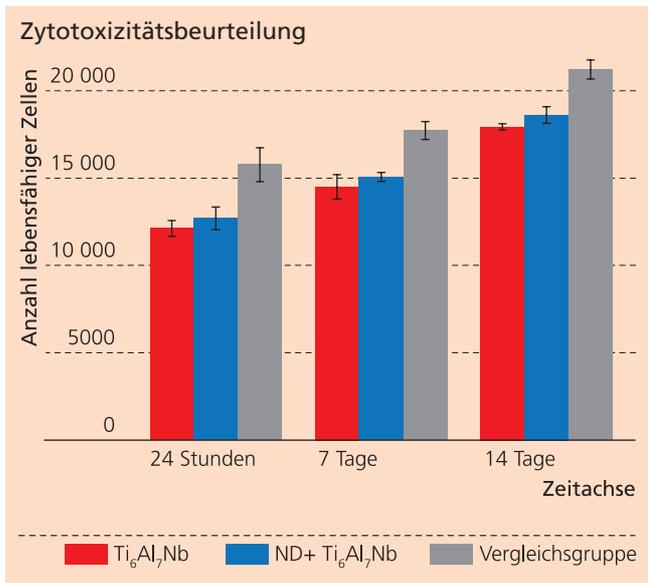
Die DND werden zunächst chemisch mit Ankergruppen (Phosphat), welche für ihre große Anziehung mit Titanoxid-Oberflächen bekannt sind, funktionalisiert. Anschließend werden die funktionalisierten DND immobilisiert und auf die Titanoxid-Oberfläche eingebracht. Dies erfolgt durch Verdicken der Oxidoberfläche mittels elektrochemischer Verfahren der anodischen Oxidation. Dabei unterstützt die hydrostatisch stabile Struktur der Phosphatgruppen die Bildung von mono-bi-Schichten.

Diese auf Phosphatbasis bestehende Struktur führt zu einer außergewöhnlich starken Bindung der Nanodiamanten mit der Titanoxid-Schicht im Vergleich zur deutlich schwächeren elektrostatischen oder Wasserstoffbrückenbildung.



Vorteile nanodiamantbasierter Beschichtungen

- Biokompatibilität: Nanodiamantbasierte Beschichtungen verbessern die Benetzbarkeit der Oberfläche und die Oberflächenenergie. Daraus resultiert eine Verbesserung der Hydrophilie, was zu einer erhöhten Biokompatibilität führt.
- Zellantwort: Es wurde keine Erhöhung der Zelladhäsion, Zellteilung und Zytotoxizität beobachtet.
- Korrosionsbeständigkeit: Kapazitives Verhalten und hohe Impedanzwerte, insbesondere bei niedrigeren Frequenzen, weisen auf eine verbesserte Korrosionsbeständigkeit von nanodiamantbasierten Titan-Legierungen hin.
- Verbesserte Verschleißfestigkeit und Widerstandskraft
- Nanodiamantbasierte Beschichtungen bilden eine Barrierschicht gegen die Diffusion von Metallionen in das umgebende Gewebe.



Leistungs- und Kooperationsangebot

- Bio-chemische Oberflächenmodifizierung von Nanodiamanten
- Oberflächenmodifizierung von Titan und anderen Ventilmaterialien für verschiedene Anwendungen (Luft- und Raumfahrt, Industrie, Biomedizin)
- Antimikrobielle Beschichtungen

- 1 DND-Struktur.
- 2 SEM-Bild DND an TiO₂.
- 3 STEM-Bild.