

# Optimierung der Haftung antithrombogener a-SiC:H-Schichten auf TiAl5Fe2,5

J. Schulte, J. Riedmüller, A. Bolz, M. Amon, M. Schaldach

Zentralinstitut für Biomedizinische Technik der Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg  
Turnstr. 5, D-91054 Erlangen

**EINLEITUNG:** Die Blutverträglichkeit von Implantaten läßt sich durch im PECVD-Verfahren (Plasma-Enhanced-Chemical-Vapour-Deposition) hergestellte, n-dotierte, amorphe Siliziumkarbidschichten (a-SiC:H) verbessern, da sie bei geeigneten Abscheidebedingungen aufgrund ihrer elektronischen Bandstruktur den Gerinnungsmechanismus inhibieren [1]. Die zur Abscheidung antithrombogener Schichten notwendige Beschichtungstemperatur von 250°C führt jedoch, insbesondere bei metallischen Substraten, nach dem Abkühlen aufgrund unterschiedlicher Ausdehnungskoeffizienten von Schicht und Substrat zu mechanischen Spannungen an der Grenzfläche, die die Schichthaftung erniedrigen. Um die Funktionsfähigkeit und Langzeitstabilität hybrid aufgebauter Implantate zu gewährleisten, ist ein Ausgleich dieser Spannungen durch die feste Verbindung zwischen Substratmaterial und Schicht notwendig.

Zur Optimierung der Adhäsion muß die Übergangszone (Interface) zum Substrat so präpariert werden, daß die für die Haftung entscheidenden interatomaren oder intermolekularen Bindungskräfte verstärkt werden oder die Anzahl der Bindungen erhöht wird. Ziel ist dabei die Herstellung von Verbindungs- oder Diffusionsübergängen [2] bei der jeweiligen Schicht/Substrat-Kombination: Ist eine chemische Reaktion zwischen Schicht und Substratoberfläche möglich, so besteht die Phasengrenze aus einer Verbindung der beteiligten Atome, was sich häufig positiv auf die Haftfestigkeit auswirkt. Bei gegenseitiger Löslichkeit von Substrat und Schicht wird ein kontinuierlicher Übergang zwischen den jeweiligen Schicht- und Substrat erreicht. Das so entstehende diffuse Interface bietet die Möglichkeit, auftretende Spannungen über mehrere Atomlagen abzubauen. Oxidschichten, wie sie beispielsweise bei der in der Medizintechnik verwendeten Titanlegierung TiAl5Fe2,5 stets vorhanden sind, stellen Diffusionsbarrieren dar und können das Zustandekommen dieses Übergangstyps verhindern; sie müssen daher entfernt werden. Die Aufgabenstellung besteht nun in der Optimierung des Schicht/Substrat-Übergangs zwischen der amorphen SiC-Schicht und dem metallischen Substrat mit Oberflächenpassivierung. Durch die geforderte Antithrombogenität sind der Variation der Beschichtungsparameter enge Grenzen gesetzt. Die Auswirkungen der Vorbehandlung der Substrate auf die Adhäsion der Schichten sind daher mit physikalischen Methoden des Ätzens zu untersuchen. Darüber hinaus sollen die physikalischen Zusammenhänge zwischen der makroskopischen Eigenschaft Haftung und der mikroskopischen Zusammensetzung der Phasengrenze aufgeklärt werden.

**METHODE:** Zum Ätzen und Beschichten der Titanlegierung wurde eine umgebaute Sputteranlage Z550 (Leybold) verwendet [3]. Den drei Grundtypen des Trockenätzens, nämlich physikalisches, chemisches und chemisch-physikalisches Ätzen, entsprechen bei der verwendeten Reaktorgeometrie (kapazitiv gekoppelter Planardiodenreaktor) das Ionenätzen (IE), das Plasmaätzen (PE) sowie das reaktive Ionenätzen (RIE) [4]. Um das Ablagern von Staubteilchen zu verhindern wurden die planaren Substrate an der oberen Elektrode befestigt. Für IE wurden Argon und Stickstoff als Ätzgas verwendet; PE und RIE erfolgten mit Schwefelhexafluorid und Tetrafluorkohlenstoff. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Adhäsion und Grenzflächenzusammensetzung wurden verschiedenen Ätzparameter wie Gaszusammensetzung, Gasdruck, Gasfluß, Leistungsdichte, Vorspannung der Substrate, Polung, Ätzdauer, Substrattemperatur sowie die Zeit zwischen Ätzen und Beschichtung variiert. Nach der jeweiligen Vorbehandlung wurde die a-SiC:H-Schicht unter standardisierten Bedingungen abgeschieden [4]. Die Auswahl der für die Messung der Haftung geeigneten Methode ergibt sich aus der Aufgabenstellung: Es sind dünne, harte und guthaftende Schichten zu vermessen; dafür ist der Scratchtest [5] geeignet. Die zur Bestimmung der Grenzflächenzusammensetzung notwendige Tiefenprofilanalyse erfolgte mit dynamischer Sekundärionenmassenspektroskopie.

**ERGEBNISSE:** Die zur Abtrennung amorpher Siliziumkarbidschichten von unvorbehandelten TiAl5Fe2,5-Substraten

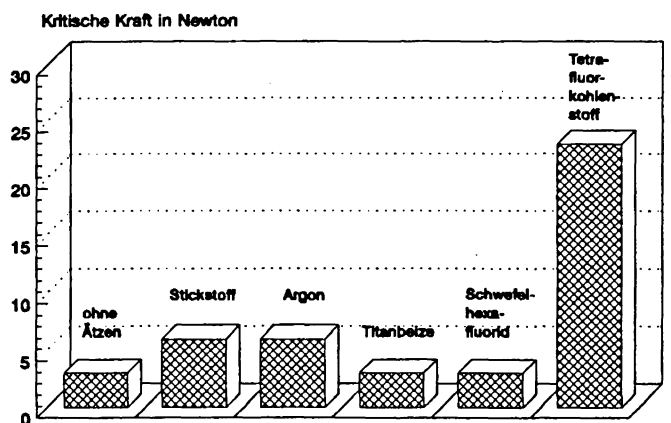


Abb. 1: Vergleich der Haftung von Siliziumkarbidschichten nach Vorbehandlung mit verschiedenen Ätzgasen.