

AXYTEC DÜNNSCHICHTTECHNIK GMBH

Schneller Schichtwechsel

Rapid Proto coating beschleunigt die Produktentwicklung.

Von Bernhard Gerl

Sie sind nur wenige Mikrometer dick, bestimmen aber oft die Brauchbarkeit von Produkten: Dünne Schichten modifizieren und ergänzen die Eigenschaften der Werkstoffe, auf die sie aufgebracht werden. Sie verleihen Schneidwerkzeugen aus Stahl die erforderliche Härte für den Einsatz in der Metallverarbeitung, optimieren die Reflektivität spiegelnder Oberflächen und schützen die Oberflächen von Titanimplantaten. Doch die bestmögliche Beschichtung zu finden erfordert im Allgemeinen langwierige Experimentierreihen. Im Bereich der Medizintechnik gehen dabei zwei bis fünf Jahre ins Land, die Beschichtung kann bis zur Hälfte der Entwicklungskosten eines Implantats ausmachen.

Ein Grund dafür: Die dabei eingesetzten Anlagen nutzen meist die Techniken der Abscheidung aus der Dampfphase (*physical vapour deposition*, PVD, siehe Kasten) und sind für die Serienfertigung ausgelegt. Die Beschichtungsparameter lassen sich an solchen Maschinen nur aufwendig und unwirtschaftlich variieren, zudem behindern jegliche Experimente Serienfertigungen. Sollen gar neuartige Schichtstrukturen aus drei bis sechs verschiedenen Elementen erzeugt werden, überfordert dies das konventionelle PVD-Verfahren – dabei wären zu viele Prozessparameter zu kontrollieren.

Laserpulse steuern Schichtaufbau

Hochschulen setzen deshalb seit vielen Jahren die gepulste Laserablation (*pulsed laser deposition*, PLD, siehe Kasten) zur Erforschung und Entwicklung dünner Schichten aus Keramiken, Metallen oder Halbleitern ein. Dem Augsburger Unternehmen AxynTeC Dünnschichttechnik, das seinen Ursprung im Institut für Physik der Universität Augsburg hat, gelang es im vergangenen Jahr erstmals, diese Technik in ein industrietaugliches System umzusetzen. Erste Erfahrungen liegen inzwischen aus der Medizintechnik vor. Weil Ingenieure damit ein Schichtensystem bis zu fünfzig Prozent schneller



entwickeln und testen können, sprechen die Firmengründer vom »Rapid Proto coating«.

Bei der Laserablation erhitzt der gepulste Hochleistungsstrahl eines Excimer-Lasers die Oberfläche des Materials im Bereich einiger zehn bis hundert Nanometer so stark, dass sie »explosionsartig« verdampft. Die abgetragenen Moleküle und Cluster fliegen, teils ionisiert, durch ein Hochvakuum zum Bauteil und schlagen sich dort nieder. Wie viel Material abgelöst wird, steuert der Ingenieur durch die Zahl der Laserpulse und ihre Energiedichte. Auf diese Weise kann er den Schichtaufbau sehr genau steuern. Anders als beim herkömmlichen Verdampfen bleibt die Zusammensetzung des Beschichtungsmaterials unverändert (siehe Kasten).

In der von AxynTeC vorgestellten Anlage sind mehrere Targets – der Fachausdruck für das Ausgangsmaterial, das durch die Beschichtungsquelle, also durch Ionen, Elektronen, Photonen, in die Gasphase überführt wird – auf einer drehbaren Scheibe befestigt. Dadurch ist es möglich, unterschiedlichste Materialien Lage für Lage abwechselnd aufzu-

▲ Titan, das für Hüftprothesen verwendet wird, ist nicht biokompatibel. Erst eine sich von allein bildende Titandioxidschicht sorgt dafür, dass das Implantat nicht vom Gewebe abgestoßen wird (links ein solches Produkt). Diese Schicht kann jedoch durch Reibung leicht zerstört werden. Weit haltbarer sind Implantate, die mit einer strapazierfähigen Keramikschrift überzogen wurden (rechts).

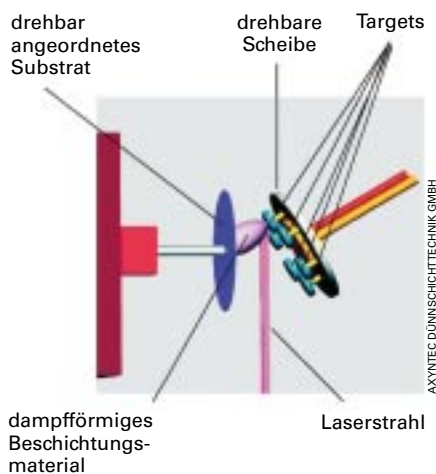
bringen oder auch Gradientensysteme zu realisieren, bei denen sich die chemische Zusammensetzung mit zunehmender Schichtdicke ändert. In reinen Entwicklungsanlagen lassen sich auch dünne Folien als Targets verwenden, die nur einen Bruchteil der sonst üblichen Materialträger kosten.

Für erste Tests wird meist ein Standardsubstrat, etwa Silizium, beschichtet. Die darauf abgeschiedene Schicht kann dann einfach auf ihre mechanischen, chemischen und optischen Eigenschaften geprüft werden. Ist eine geeignete Materialklasse gefunden, wird ihre Zusam-

mensetzung variiert. Im nächsten Schritt beschichten die Ingenieure das Originalmaterial oder -werkstück. Bis in einer Serienanlage ein Musterbauteil beschichtet ist, dauert es zwei bis vier Stunden. Die Prototypbeschichtung dauert für einen vergleichbaren Prozess nur etwa 15 bis 30 Minuten.

Das Spektrum der möglichen Schichtwerkstoffe reicht von komplexen Oxidkeramiken wie Hochtemperatur-supraleitern, elektro- oder magneto-optischen Materialien über Halbleiter und Edelmetalle bis hin zu einigen Polymeren. Fluorpolymere wie Teflon von DuPont lassen sich sogar nur durch Laserablation in dünnen Schichten abscheiden, da konventionelle Verfahren die langen Molekülketten zerstören. ◀

Bernhard Gerl ist Physiker und arbeitet als Fachautor in Regensburg.



▲ Soll eine Beschichtung aus verschiedenen Materialien (Targets) bestehen, werden diese auf einer Scheibe befestigt und dann nacheinander in den Strahlengang des Lasers gedreht.

Verdampfen, Sputtern, Lasern

Mit physikalischen Verfahren ultradünne Schichten herstellen

Dünne Schichten sind wenige Nanometer bis einige Mikrometer dick. Damit sie ihre jeweilige Funktion erfüllen können, müssen sie sich in der gewünschten Zusammensetzung auf der zu beschichtenden Oberfläche abscheiden. Um Verunreinigungen zu vermeiden, findet dieser Prozess im Vakuum bei Drücken von 10^{-6} bis 10^{-1} Millibar statt; die Prozessparameter werden abhängig vom Material gewählt, das zu beschichten ist. Das aufzutragende Material ist meist zunächst fest, das aber durch physikalische Prozesse in die Dampfphase übergeführt wird, zum Substrat fliegt und sich dort niederschlägt.

Beim thermischen Verdampfen wird dazu ein Schiffchen genanntes Behältnis mit dem Targetmaterial durch starke elektrische Ströme erhitzt. Das Substrat befindet sich oberhalb. Ein Problem dieser einfachen Anordnung: Bei komplex zusammengesetzten Stoffen verdampfen manche Komponenten früher als andere.

Das in der Industrie am häufigsten eingesetzte Verfahren ist das Sputtern beziehungsweise Zerstäuben. Ein elektrisches Feld beschleunigt Ionen,

meist von Argon oder Sauerstoff, ein magnetisches Feld richtet ihre Bahn auf das Target. Dort schlagen sie die gewünschten Teilchen heraus. Weil die Ionen mit den Targetmolekülen wechselwirken, lösen sich manche davon leichter als andere.

Bei der gepulsten Laserablation trifft der Strahl eines hochenergetischen UV-Lasers den Beschichtungswerkstoff in kurzen Intervallen von zwanzig bis vierzig Nanosekunden; pro Puls werden 800 bis 1200 Millijoule übertragen. Auf Grund der kurzen Wellenlänge dringt er nur wenige hundert Nanometer tief ein. Das Material wird dann lokal und in Sekundenbruchteilen weit über die Siedepunkte der Einzelbestandteile erhitzt. Es verdampft explosionsartig, das frei werdende Gas reißt noch gebundene Stoffe mit. Verschiedene Siedepunkte spielen bei diesem Prozess keine Rolle mehr, die chemische Zusammensetzung des Dampfes entspricht dem des Targets. Der Dampf nimmt zudem fast die gesamte Energie des Laserpulses auf, sodass sich das restliche Target kaum erwärmt.

WICHTIGE ONLINE-ADRESSEN

>> DOK –

Düsseldorfer Optik-Kontor

Kontaktlinsen online bestellen
www.dok.de

>> Forum MedizinTechnik und Pharma in Bayern e. V.

Innovationen für die Medizin
www.forum-medtech-pharma.de

>> Kernmechanik –

die neue Quantenphysik von Kernspin bis Kosmologie

www.kernmechanik.de

>> PAN-TEXT® Übersetzungen GmbH

Kompetente Fachübersetzungen, DTP
Industrie – Technik – Medizin – Verträge etc.
www.pantext.com

Hier können Sie den Leserinnen und Lesern von Spektrum der Wissenschaft Ihre WWW-Adresse mitteilen. Für € 80,00 pro Monat (zzgl. MwSt.) erhalten Sie einen maximal fünfzeiligen Eintrag, der zusätzlich auf der Internetseite von Spektrum der Wissenschaft erscheint. Mehr Informationen dazu von

GWP media-marketing
Mareike Grigo
Telefon (02 11) 887-23 94
E-Mail: m.grigo@vhb.de