



VAKUUMTECHNIK



PLASMA



OBERFLÄCHEN



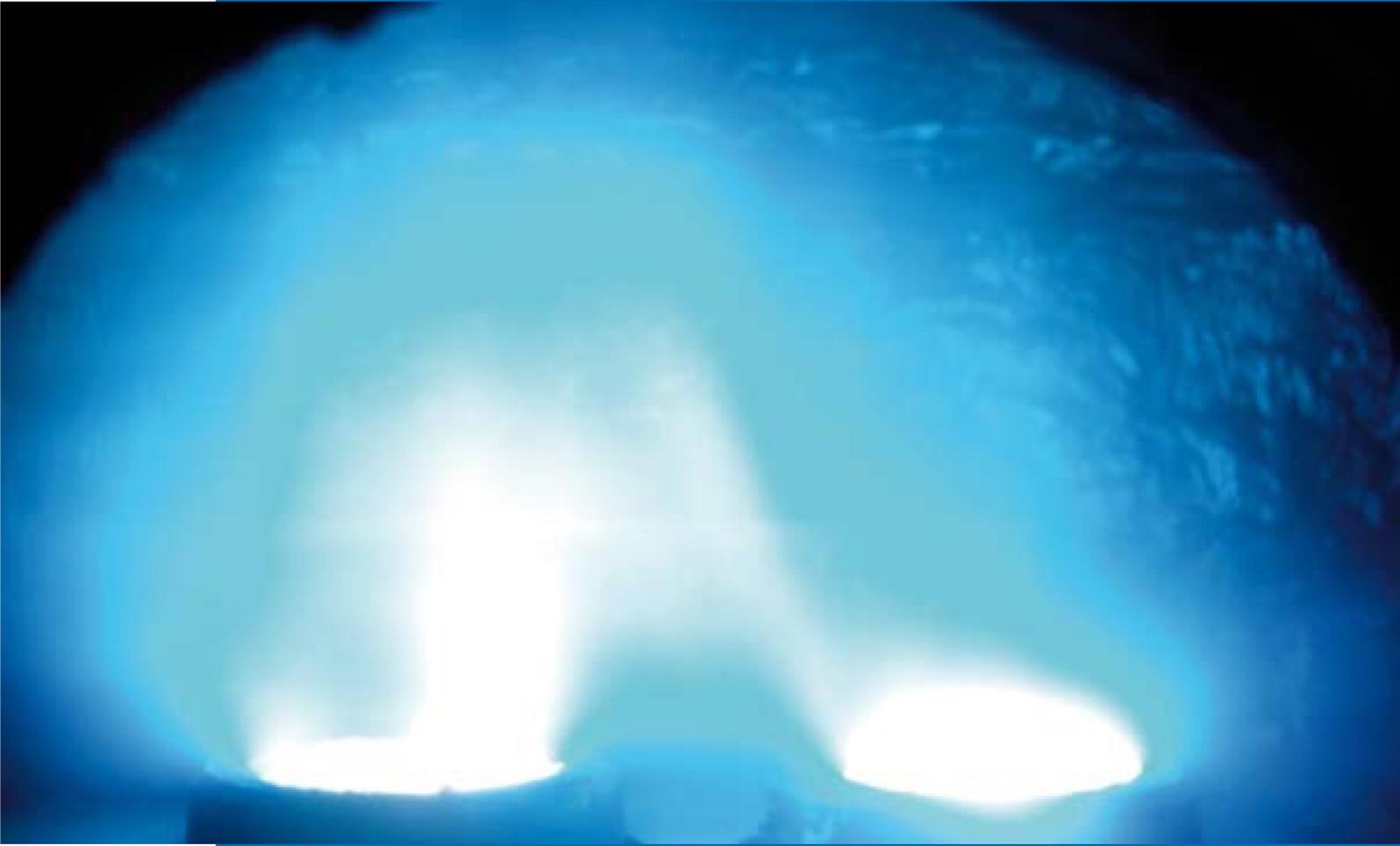
DÜNNE SCHICHTEN

1

JANUAR /
FEBRUAR '25

Vakuum

in Forschung und Praxis



Bipolarplatten effizienter herstellen – eine Chance für den Wasserstoff

Dichtere, widerstandsfähigere Titanbeschichtungen durch kontinuierliche Beschichtung mit Plasmaaktiviertem EB-PVD

Chancen und Anwendungsperspektiven moderner Beschichtungsverfahren

ALD und Niedrigtemperatur-CVD, Simulation sowie neue Zielbranchen – das Experten-Interview

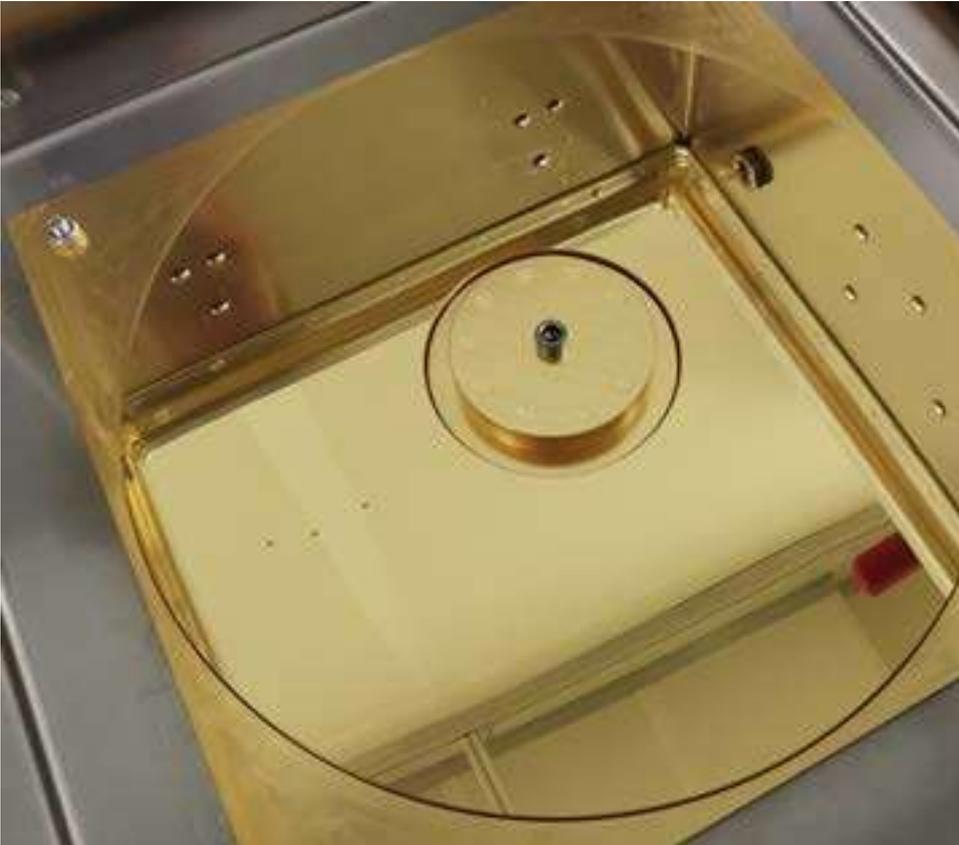


DEUTSCHE
VAKUUM-GESELLSCHAFT



Hochgenaue Messungen dank Sputtern

Raumfahrtprojekt benötigt für Goldbeschichtung spezielle Expertise: Eine Targetscheibe zur Analyse von kosmischem Staub erforderte eine Schicht aus 25 µm hochreinem Gold



Diese Targetscheibe zur Analyse von kosmischem Staub hat das Unternehmen Magtec mit einer 25 µm dicken Schicht aus hochreinem Gold versehen. (Bild: Magtec)

Die Dünnschichttechnik spielt in vielen Bereichen eine entscheidende Rolle: Ob Optiken und Architekturglas, Halbleiterelemente oder Verschleißschutz. Neben großskaligen Anwendungen gibt es eine große Nachfrage von PVD-Beschichtungen für Klein- und Kleinstserien oder Sonderbauteile mit Stückzahl eins.

Für die Raumfahrttechnik müssen oftmals Sonderteile als echte Einzelstücke gefertigt werden, wobei dabei gleichzeitig Anforderungen am Rande des technisch Machbaren einzuhalten sind: Ende des Jahres 2025 wird die Raumsonde Destiny + (Demonstration and Experiment of Space Technology for Interplanetary Voyage Phaethon flyby dUSt science) als Gemeinschaftsprojekt der japanischen Raumfahrtagentur Jaxa und der deutschen Raumfahrtagentur DLR ihre Reise ins All starten. Ein Ziel dieser Mission ist die Erprobung eines Ionenantriebes für zukünftige Missionen im inter-

planetaren Raum. Gleichzeitig soll die Zusammensetzung von kosmischem Staub näher untersucht werden. Diese Untersuchungen sollen insbesondere während eines Vorbeiflugs am Asteroiden Phaethon, der vermuteten Quelle des Meteorstroms der Geminiden, erfolgen. Für diese Analysen befindet sich an Bord der Raumsonde das von der Universität Stuttgart gebaute Instrument Destiny Dust Analyzer (DDA). Herzstück dieses DDA ist eine goldbeschichtete Targetscheibe mit rund 30 cm Durchmesser.

Auftrag: 25-µm-Schicht aus hochreinem Gold

Kosmischer Staub wird beim Einschlag auf diese Targetscheibe in seine Bestandteile zerlegt. Diese Bestandteile können im Anschluss mit einem Massenspektrometer genauer untersucht werden. Die Scheibe ist mit einer 25 µm dicken Schicht aus hochreinem Gold (99,999 % Reinheit) beschichtet. Diese

Dicke ist nötig, damit die kollidierenden Teilchen mit einer Eindringtiefe von bis zu 20 µm vollständig in der Goldschicht steckenbleiben.

Würden sie bis ins Grundmaterial der Targetscheibe vordringen, würde die anschließende Messung mit Streupartikeln aus der Scheibe selbst verunreinigt. Die hohe Reinheit gewährleistet, dass in der Goldschicht selbst keine Verunreinigungen vorliegen, die die Messungen verfälschen könnten.

Derartige Schichtdicken werden üblicherweise mit galvanischen Verfahren aufgetragen. Allerdings ist es dabei sehr schwierig, die geforderten Reinheitsbedingungen einzuhalten und die Schicht mit einer Dichte zu generieren, die möglichst nah an die Dichte von elementarem Gold herankommt.

Eine weitere Anforderung bei der Abscheidung einer solch dicken Goldschicht ist eine bestmögliche Schichthaftung zwischen Goldschicht und Grundmaterial. Es muss gewährleistet werden, dass die Schichteigenschaften und deren Haftung auch über Jahre hinweg und durch die extremen Temperaturen eines interplanetaren Sondenfluges nicht beeinträchtigt werden. Gleichzeitig muss eine bestmögliche Reinheit und möglichst hohe Dichte gewährleistet sein – nur so können Verfälschungen der späteren Messungen verhindert werden.

Anforderungen lassen sich nur mit Sputtern umsetzen

Für die Realisierung einer derartigen Beschichtung kommt nur ein Sputterverfahren mit möglichst geringem Wärmeeintrag während des Prozesses in Frage.

Ein solches spezielles Sputterverfahren hat die Firma Magtec, aus Ellerstadt, Nähe Ludwigshafen, entwickelt. Dort wurde die geforderte Goldschicht mit einer Dichte von 98,5 % des Literaturwertes der Dichte von Gold auf der Targetscheibe abgeschieden. Damit wurden die Anforderungen zur bestmöglichen Funktion des DDA-Instrumentes erfüllt. Um die geforderte Reinheit von 99,999 %

(5N) zusammen mit einer optimalen Homogenität der Schichtdicke zu gewährleisten, wird ein Goldtarget mit einer Größe von 360 mm × 120 mm mit einer Reinheit von 6N (99,9999%) verwendet.

Vor der Beschichtung wird die Anlage auf einen Vakuumdruck von weniger als 3×10^{-7} mbar abgepumpt, so dass der Untergrund an Restgasen in der Anlage ausschließlich durch noch vorhandenen Wasserstoff limitiert wird. Nach einer Ionenreinigung des Substrates startet der Beschichtungsprozess mit einer Leistung von maximal 300 Watt. Dadurch werden der Energieeintrag ins Substrat und daraus resultierende Schichtspannungen minimiert.

Beschichtungsprozess dauert zweieinhalb Tage

Nach etwa 10 min stoppt die Beschichtung, das Substrat kühlt ab und der Kammerdruck wird abermals auf weniger als 3×10^{-7} mbar abgepumpt. Dieser Vorgang wiederholt sich über einen Zeitraum von rund 2,5 Tagen, bis die gewünschte Schichtdicke von 25 µm erreicht ist.

Die beschichtete Targetplatte wurde im Anschluss vom Institut für Raumfahrtsysteme der Universität Stuttgart und DLR im Messgerät der Sonde verbaut und begibt sich Ende des Jahres auf die Reise in die Tiefen des interplanetaren Raumes. Derartige anwendungsspezifische Sonderteile werden immer wieder bei Magtec beschichtet. Eine Kernkompetenz ist die Beschichtung von Metalloptiken. Im Unterschied zu



Um die hohen Anforderungen an Homogenität und Reinheit der Goldschicht einzuhalten, kam nur das Sputtern im Vakuum als Beschichtungsverfahren infrage. (Bild: Magtec)

altbekannten Optiken aus Glas können Metalloptiken heutzutage in nahezu beliebigen Geometrien gefertigt und darüber hinaus im späteren Einsatz, falls nötig, viel besser aktiv gekühlt werden.

Solche Optiken finden eine immer breitere Anwendung in beispielweise Maschinen für Lithografie in der Halbleitertechnik, Laserscannern für die Vermessungstechnik, wissenschaftlichen oder medizinischen Messgeräten oder gar im Strahlengang von Schweißlasern.

Manche Aufträge erfordern ISO-5-Reinräume

Ein weiterer Tätigkeitsbereich von Magtec ist in der Metallisierung von Wafern für die Halbleitertechnik mit Einzelschichten oder Schichtsystemen und der Beschichtung von Flachsubstraten mit transparenten, aber hochleit-

fähigen Beschichtungen wie ITO und FTO zu finden. Hierbei werden hohe Reinheiten durch Prozessierung dieser Teile in ISO-5 Reinräumen gewährleistet.

Darüber hinaus ist der Beschichter seit Jahren Lieferant für physikalische Grundlagenforschung: Das Unternehmen beschichtet Folien und dünne Bleche als Grundkomponenten für Teilchendetektoren oder sogar Rohre mit Innenbeschichtungen für Experimente in der Neutronenphysik oder zur Erzeugung tiefer Vakuumdrücke für Teilchenbeschleuniger. Derartige Komponenten sind zum Beispiel an der ESS in Lund, dem ILL/ESRF in Grenoble, dem FRM II in München oder dem National Laboratory in Los Alamos im Einsatz.

Dr. Andreas Kraft

Magtec GmbH
www.magtec-cs.de



Ende 2025 wird die Raumsonde Destiny + als Gemeinschaftsprojekt der japanischen Raumfahrtagentur Jaxa und der deutschen Raumfahrtagentur DLR mit dem Messinstrument für kosmischen Staub ins All starten. (Bild: DLR)