

Magnetronsputterquellen von INOVAP

INOVAP Vakuum- und Plasmatechnik GmbH, Bautzner Landstr. 45, 01454 Radeberg

1. Einleitung

Magnetronsputterquellen sind die Baugruppe für PVD-Beschichtungstechnologien, wenn es um die Beschichtung von großen Flächen oder um die Beschichtung von Bauteilen in großen Stückzahlen geht. Die wirtschaftlich herausragenden Anwendungen sind Reflektoren für Lampen und Scheinwerfer, Wärmeschutzbeschichtung von Architekturglas und die Dünnschichtfotoelemente. Im industriellen Sektor kommt es auf folgende Eigenschaften der Magnetronsputterquellen an:

- robuster Aufbau für die einfache Wartung unter industriennahen Bedingungen
- Maximale Aufdampfraten zugunsten von kurzen Beschichtungszeiten
- absolute Zuverlässigkeit zwischen den Wartungszyklen
- überschaubare Betriebsbedingungen für Wartungs- und Betriebstechniker
- Ersatzteilhaltung und Bevorratung

INOVAP produziert Magnetronsputterquellen, die diesen Bedingungen genügen.

Im Vergleich zu anderen PVD-Verfahren werden bei dem Magnetronsputterquellen die Materialien, die sich auf dem Substrat abscheiden von einem festen und vergleichsweise kalten Target abgeschieden. Demzufolge kann eine Magnetronsputterquelle in beliebiger Lage, meist in der Außenwand einer Vakuumkammer angeordnet werden. Obwohl Magnetronsputterquellen im Vakuum arbeiten und demzufolge den PVD-Technologien zugeordnet werden können, ist immer eine kleine Gasmenge für die Aufrechterhaltung der Entladung über dem Target erforderlich.

2. Kenndaten von Magnetronsputterquellen

Die wichtigsten technologischen Kenndaten von Magnetronsputterquellen sind:

	Beschreibung	Maßeinheit	typ. Werte
Bauform	Rund oder rechteckig, mit massiver Anode oder mit Dunkelfeldabschirmung		
aktive Targetfläche	ist die dem Substrat zugewandte Fläche des Targets ohne Spannrand		
Spannrand	Schraubklemmung oder ein schmaler Spannrand wird mit Prätzen geklemmt		
Kühlung	Direkt: der Targetboden hat unmittelbaren Kontakt mit dem Kühlwasser Membran: mit einer gelöteten oder austauschbaren Cu-Membran 0,2 bis 0,6 mm dick Indirekt: Das Target wird auf einen massiven und gekühlten Grundkörper geklemmt Bei indirekter Kühlung wird vielfach eine 1 bis 2 mm dicke Graphitfolie zwischen Target und Grundkörper geklemmt, um den thermischen Kontakt über die gesamte Fläche zu gewährleisten.		
Leistung, Dauer	ist die Leistung, mit der die Magnetronsputterquelle über einen längeren Zeitraum ohne Unterbrechung betrieben werden kann	kW	
Leistung im Kurztakt	Für Batchsysteme ist heute eine Einschaltdauer von 1 bis 3 min mit nachfolgender Betriebspause von 3 bis 15 min üblich. Während der Betriebspause werden die Substrate neu chargiert oder andere technologische Schritte ausgeführt. Die möglichst kurze Einschaltdauer mit maximaler Leistung ist wirtschaftlich interessant. Für einige Beschichtungen, z.B. Al-Reflexionsschichten ist die hohe Leistungsdichte eine wichtige technologische Voraussetzung um z.B. eine hohe Reflexion der Schicht zu erreichen	kW	
Leistungsdichte	Die maximal mögliche Leistungsdichte wird allein durch das Magnetfeld und das Target bestimmt. Bei gebondeten Targets wird die maximal mögliche Leistung in der Regel durch die Bondung eingeschränkt, z. Bsp. für Edelmetalltargets auf ca. 10 W/cm ² und für gebondete Si und C-Targets auf ca. 5 W/cm ²	W/cm ²	einige W/cm ² bis 45 W/cm ²
Targetausnutzung	Ein Target ist aufgebraucht, wenn der Sputtergraben das Targetmaterial durchbricht oder wenn die Betriebsdaten Arbeitsdruck, Spannung, Strom nicht mehr erreicht werden. Dann muss das Target durch ein neues ersetzt werden. Der Quotient aus der Restmaterialmenge und der anfänglichen Materialmenge heißt Targetausnutzung. Dieser Wert wird maßgeblich durch die Targetdicke und die Bemessungen des Spannrandes beeinflusst. Bei geringer Targetdicke oder einem vorzeitigen Wechsel des Targets ergeben sich die günstigsten Werte bis 40%. Bei langen Betriebsdauern und einem Abtrag > 3 mm ergaben sich rasch Werte unterhalb 20%	%	20 – 40%

2. Einbau, Betriebsdaten, Begriffe

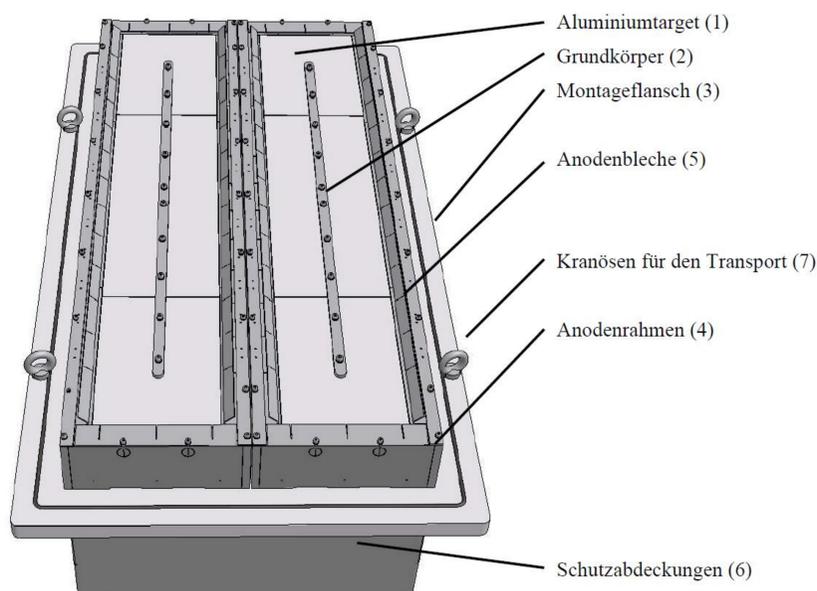
		Maßeinheit	typ. Werte
Doppelquelle	Zwei Rechteckmagnetronquellen werden nebeneinander in der Vakuumkammer angeordnet.		
Closed Field	Bei nebeneinanderliegenden Magnetronsputterquellen werden Magnetfelder wechselweise gepolt, so dass sich die benachbarten Magnetfelder gegenseitig verstärken. Das bewirkt eine höhere Reichweite der Magnetfelder in die Kammer bis hin zum Substrat und folglich wird eine höhere Ionisation der Gasatmosphäre erreicht. Nur für Rechtecksputterquellen sinnvoll.		
Mehrpoliges Magnetfeld	Das Magnetfeld einer Magnetronsputterquelle besteht aus zwei gegensätzlichen Polen, die unterhalb des Targets montiert sind. Nicht selten werden mehrpolige Magnetfelder montiert um den Sputtergraben zugunsten einer höheren Materialausnutzung des Targets zu verbreitern.	mT	einige mT bis einige 10 mT
Balanced / unbalanced	Bezieht sich auf das Magnetfeld. Bei einem „unbalanced“ ist in der Regel der innere Magnetpol deutlich kräftiger ausgeführt.		
Kühlwasser	Zur Kühlung einer Magnetronsputterquelle ist sauberes Kühlwasser ohne Zusätze erforderlich. Die Anforderungen an das Kühlwasser entsprechen den üblichen Bedingungen: 8 bar, Durchflussmenge entsprechend der eingebrachten elektrischen Leistung. Bei Verwendung von gebondeten Targets ist ein geringerer Betriebsdruck zu empfehlen.	ltr/min	1 ltr/min/kW



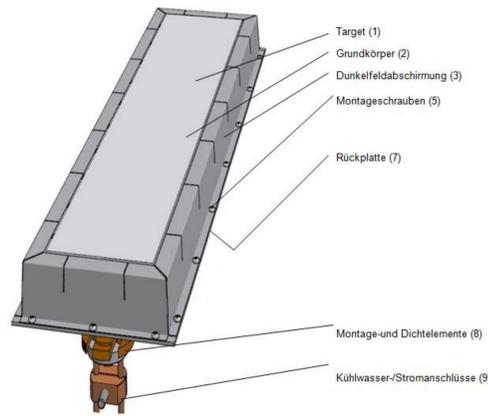
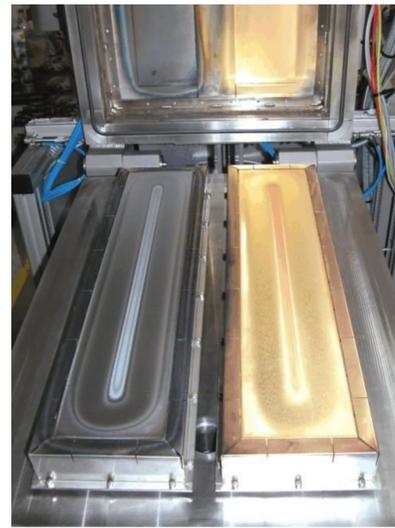
Magnetronsputterquelle rund,
Targetdurchmesser 100 mm,
Dunkelfeldabschirmung



Magnetronsputterquelle rund,
Targetdurchmesser 100 mm, mit
Montageflansch KF40



Magnetronsputterquelle MAQS100, montiert als Doppelquelle bis 240 kW
für die Beschichtung von Reflektoren



Magnetronsputterquelle MSQ60 mit
Dunkelfeldabschirmung als Doppelquelle mit Cr
und Au, rückseitiger Einbau in Batch-Anlage

Abmessungen: Außenabmessungen	305 x 140 x 70 mm ³
Gewicht	15 kg
Target Targetmaterial	Aluminium, Chrom, u. ä.
aktive Targetfläche	254 x 89 mm ² , 5 dick
Spannrand	13 mm x 8 mm hoch
Kühlwasser Kühlwasserdurchfluss, min.	> 6 l/min (> 1 l/min/kW)
Kühlwasseranschluss	Legris Ø8 mm
Arbeitsdruck Empfohlener Arbeitsdruck	ca. 2 x 10 ⁻³ mbar
Arbeitsdruckbereich	ca. 8 x 10 ⁻⁴ ... ca. 5 x 10 ⁻³ mbar
Elektr. Leistungseinspeisung Dauerbetrieb	bis 4 kW (18 W/cm ²)

Targets (Au, Mos2) mit
Schraubklemmung für MSQ60



Magnetronsputterquelle MSQ178, Targetbreite nur 89 mm, besonders geeignet für
Edelmetalle

A: Hauptabmessungen	
1 Max. Außenabmessungen einschl. Montageflansch, Anodenrahmen und Schutzabdeckungen	1340 x 745 x 430 mm ³ (L x B x H)
2 Gewicht einschließlich Montageflansch	462 kg
B: Target	
3 Targetmaterial	Aluminium, Reinheit besser 99,5 % Chrom, Reinheit besser 99,6 %
4 aktive Targetfläche (L x B x H)	2 Stk. à 1112 x 200 x 20 mm ³
5 Außenabmessungen mit Spannrand (L x B x H)	2 Stk. à 1167 x 212 x 20 mm ³
6 Spannrand (B x H)	6 x 10 mm ²
C: Kühlwasser	
7 Kühlwasserdurchfluss ⁴ , min.	> 60 l/min > 1 l/min/kW, > 180 l/min (10,8 m ³ /h)
8 bei 180 kW	> 180 l/min (10,8 m ³ /h)
9 Vordruck(Einlass), max.	< 2,0 bar
10 Vordruck, min	> 0,8 bar
11 Kühlwassertemperatur ⁵ (Einlass)	typisch 20°C, min. 10°C ... max. 65°C
Wasserqualität⁶:	
Verunreinigungen, Partikelgröße	< 25 µm
Chem. Zusätze ⁷	keine
Wasserhärte	max. 12 mmol/l
Leitfähigkeit	max.
12 Kühlwasseranschlüsse	8 x 1" / 8 x 1"-Kupplung, beidseitig absperrend
D: Arbeitsdruck Gas	
Arbeitsgas	Argon, Reinheit besser 99,6 %
Empfohlener Arbeitsdruck	ca. 2x10 ⁻³ mbar ⁸
Arbeitsdruckbereich	ca. 8x10 ⁻⁴ ... ca. 5x10 ⁻³ mbar
E: elektrische Leistungseinspeisung⁹	
12 Dauerbetrieb	bis 80 kW / 18 W/cm ²
13 Kurzzeitbetrieb	bis 200 kW / 44 W/cm ²
Betriebsdauer für Kurzzeitbetrieb	≤ 1min / Pausenzeit: > 3 min