

Leybold Systems GmbH in Hanau

Neue Dimension in der Beschichtungstechnologie

Leybold Systems - hinter diesem Namen verbirgt sich ein international anerkannter Spezialist für Vakuumbeschichtungstechnik, der bei führenden Glasherstellern als kompetenter und zuverlässiger Partner gilt. Viele Entwicklungen, die heute weltweit im Einsatz sind, haben in dem Hanauer Unternehmen ihren Ursprung. Eine der aktuellsten ist das neue Beschichtungsmodul „TwinMag“. Mit dieser Innovation wollen die Hessen ihren technologischen Vorsprung ausbauen.

Seit mehr als 35 Jahren beschäftigt sich Leybold mit der großflächigen Beschichtung von Glas. Große, zum Teil schlüsselfertige Produktionslinien wurden an nahezu alle führenden Glashersteller in Europa, den USA und Japan geliefert. Doch das Know-how geht noch viel weiter zurück, wie einige markante Daten aus der wechselvollen Firmenhistorie zeigen.

Jahrzehntelanges Know-how

In den Jahren 1850 und 1851 legen Ernst Leybold in Köln und Wilhelm Carl Heraeus in Hanau unabhängig voneinander die Grundsteine für die High-Tech-Firma. Schon 1906 werden in Köln die ersten Hoch-Vakuum-Apparate gebaut. Im gleichen Jahr erfolgt die Entwicklung des Chrom-Nickel-Verfahrens als Ersatz für Platin. 1946 verläßt Prof. Dr. Auwärter die Abteilung Vakuumtechnik bei Heraeus und gründet die Gerätebauanstalt in Balzers, Liechtenstein. Leybold erweitert derweil kontinuierlich das Produktionsprogramm im Bereich Vakuumtechnik. Um die schnelle Ausweitung im Geschäftsfeld des Vakuum-Anlagenbaus zu bewältigen, gründet man 1952 die Leybold Hochvakuum-Anlagen GmbH. 1967 wird die Heraeus Hochvakuumtechnik mit Leybold zur Leybold-Heraeus GmbH fusioniert. Erstmals überschreitet man



Werk von Leybold Systems in Hanau

die Grenze von 100 Mio. DM Umsatz. Knapp neun Jahre später verläßt Prof. Dr. Auwärter Balzers. Das Unternehmen geht in den Besitz der Oerlikon-Bührle in Zürich über. 1987 ist die Degussa AG alleinige Eigentümerin der Leybold-Heraeus. Im gleichen Jahr erfolgt die Umfirmierung zur Leybold AG. Die Unternehmensleitung verlegt den Sitz von Köln nach Hanau. 1991 beginnen Gespräche zwischen der Degussa und der Oerlikon-Bührle Holding AG über ein Zusammengehen von Balzers und Leybold. 1993 schließlich verkauft die Degussa alle Anteile an die Schweizer Holding. Im Mai 1994 stimmt das deutsche Kartellamt dem Zusammenschluß zu, im Oktober 1994 die amerikanische Federal Trade Commission. Damit beginnt die gemeinsame Zukunft.

Die Verbindung der renommierten Firmengruppen schafft eines der welt-

weit größten Unternehmen der Vakuum- und Oberflächentechnik und eröffnet neue Dimensionen für den Aufbau und die Festigung einer führenden Wettbewerbsposition. Unter dem Dach der gemeinsamen Holding ist die Leybold Systems GmbH eine rechtlich selbständige Business Unit der Balzer und Leybold Gruppe mit etwa 900 Mitarbeitern und rund 345 Mio. DM Umsatz in 1996. Das Unternehmen entwickelt, baut und verkauft hochleistungsfähige Vakuum-Beschichtungsanlagen und komplette Produktionslinien. Mit den weitestgehend vollautomatischen Beschichtungsanlagen lassen sich High-Tech-Problemlö-

sungen für viele Einsatzgebiete herstellen. Dazu gehören im Bereich Architekturglas:

- hochtransparente und farbneutrale Wärmedämmschichten (Low-E)
- Sonnenschutzschichten (Solar Control) mit unterschiedlicher Farbgebung
- Schichten, die sowohl Wärmedämm- als auch Sonnenschutz-Eigenschaften in sich vereinen (Low-E-Sun Coatings)

sowie biegbare und temperaturfeste Wärmedämmschichten.

Im Segment Automobilglas produziert das Unternehmen hochtransparente, elektrisch leitende Sonnenschutzschichten für Verbundglas (Schichtversionen für flaches und gebogenes Glas). Weitere Tätigkeitsfelder sind hochreflektierende Solarkollektoren und selektiv reflektierende, korrosionsbeständige Autospiegel sowie leitfähige Antireflexschichten für Computer-Monitore oder Fernseher.

Glasbeschichtungsanlagen von Leybold Systems beschichten jährlich weltweit rund 65 Mio. m² Glas. Davon sind 40 Mio. m² wärmegeämmte Low-E-Schichtsystem und 25 Mio. m² Sonnenschutzschichtsysteme.

Höhere Wirtschaftlichkeit und Qualität

Seit Anfang 1996 sind Low-E-Beschichtungen das Standardprodukt und ein wahrer Verkaufserfolg auf dem Bauglasmarkt. Glashersteller forcieren die Entwicklung neuer Low-E-Beschichtungen mit besseren Eigenschaften. Ebenso wird mit Hochdruck an der Optimierung der Beschichtungsverfahren gearbeitet, um die Produktion hochwertiger Low-E-Beschichtungen rentabler zu gestalten. Seit Ende der 70er Jahre werden hierfür Sputteranlagen bevorzugt, weil sie als sogenannte In-line-Anlagen (Durchlaufanlagen) eine höhere Produktivität ermöglichen. Der Sputterprozeß ist gegenüber dem früher gebräuchlichen Aufdampfen der einfachere und modernere. Er zeichnet sich durch extrem hohe Gleichmäßigkeit, größere Flexibilität und Variabilität aus. Darüber hinaus lassen sich Sand-



Eine der größten Glasbeschichtungsanlagen in der Welt steht bei Glas Trösch in Frankreich

wich-Schichten mit diesem Prozeß sehr einfach aufbauen. Dennoch sind die Beschichtungsraten und damit die Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens beschränkt.

Herkömmliche Sputterverfahren arbeiten mit einer Gleichstromquelle und haben den Nachteil, daß nur relativ geringe Beschichtungsraten möglich sind. Nach intensiver Entwicklungsarbeit stellt Leybold Systems mit dem „TwinMag“ (Zwillingsmagnetronkathode) eine neue Sputterbeschichtungsquelle im Mittelfrequenzverfahren (50 KHz) vor, die einen bedeutend höheren Durchsatz bei gleichzeitig verbesserter Schichtqualität ermöglicht. Speziell können mit „TwinMag“ die Beschichtungsraten bis zu einem Faktor 10 gegenüber konventionellen Sputterprozessen erhöht werden. Für den Anwender bedeutet dies, daß eine „TwinMag“-Kathode die Beschichtungsraten von mehreren Standardkathoden erbringt. Bei Neuanlagen verringert sich dadurch die Gesamtlänge, bei bestehenden Anlagen der Wartungsaufwand.

Besondere Stärken hat die Innovation – wie Leybold Systems betont – beim Beschichten mit hochisolierenden Materialien wie z. B. SiO₂. Des weiteren eignen sich die Technologie gut für das Hochratenbeschichten der Materialien Si₃N₄, TiO₂, Ta₂O₅, SnO₂ und ZnO.

Mit dem „TwinMag“-Verfahren läßt sich eine extrem hohe Prozeßstabilität und Gleichmäßigkeit der Beschichtung erreichen, was bisher als unmöglich erschien. Es können verschiedene kristallographische Strukturen herausgestellt werden. Die Schichtmorphologie läßt sich so beeinflussen, daß sehr

homogene und extrem glatte Schichten entstehen. Die daraus resultierende Qualitätsverbesserung der Schichtsysteme ist z. B. sehr wichtig für die Herstellung hochqualitativer Antireflexschichten mit sehr niedriger Lichtreflexion über ein breites Strahlenspektrum. „TwinMag“ liefert zudem sehr kompakte und dichte Schichten, die beispielsweise kein Wasser aufnehmen und deshalb als Diffusionsbarrieren für sehr kleine Atome (z. N. Natrium) in Frage kommen. Außerdem sind die Sputterschichten mechanisch und chemisch hochresistent. Einen besonderen Vorteil bietet „TwinMag“, weil mit den hohen Sputterraten Schichtsysteme wirtschaftlich hergestellt werden, die vorher nicht möglich waren. Dies betrifft u. a. Low-E- und Solar Control-Schichten auf TiO₂-Basis und hochwertige Antireflexprodukte.

Erfolgreiche Testergebnisse

Obwohl verschiedene Testreihen noch nicht ganz abgeschlossen sind, liegen bereits bemerkenswerte Ergebnisse vor. Als bisher beste Beschichtung hat sich eine Beschichtung mit einfacher Anordnung der folgenden Schichten herausgestellt:



Das neue Beschichtungsmodul „TwinMag“
Fotos: Leybold Systems

- Größeres Prozeßfenster
- Eine erheblich höhere Sputterrate
- Einen höheren Brechungsindex, damit mehr Lichtdurchlässigkeit, Farbneutralität und dünnere Oxidfilme bei Low-E-Beschichtungssystemen
- Eine kompakte kristalline Struktur und sehr glatte Oberfläche, damit bessere Wärmeabstrahlung und besserer k-Wert bei Low-E-Beschichtungssystemen
- Sehr stabile Rutilstruktur (stabil bis zu 1855 °C)

Vorteile des Aufbringens von TiO_2 mit Hilfe von „TwinMag“-Kathoden im Überblick

$TiO_2 - Zn - Ag - NiCr - Si_3N_4$ und

$TiO_2 - Zn - Ag - Ti - Si_3N_4$

Die Schichten TiO_2 und Si_3N_4 wurden mit Hilfe von „TwinMag“-Kathoden aufgebracht, Zn, Ag, Ti und NiCr mit Hilfe von DC-Magnetron-Kathoden. Die Leistungsdaten dieses Beschichtungssystems lesen sich wie folgt (basierend auf einer Glasstärke von 4 mm):

Flächenwiderstand: 3,832 Ohm
Emissionsgrad des Films: 0,04

Lichtdurchlässigkeit (380–780 nm) bei Einfachverglasung: 84,2 %
Sonnenabstrahlung (280–2500 nm) bei Einfachverglasung: 54,5 %
Wärmedurchgangskoeffizient (k-Wert) bei Doppelverglasung (basierend auf 4 mm dicker klarer Verglasung und 16 mm mit Argon gefülltem Zwischenraum): 1,12 W/m²K
Gesamte Sonnenenergieübertragung g-Wert: 57,7 %
Shadingfaktor: 0,66
Mechanischer Widerstand (Erichson-Test): 3000 Bewegungen
Chemischer Widerstand: besser als SnO_2/ZnO
Farbe: sehr neutral
Farbvarianten: leicht möglich

- Größeres Prozeßfenster
- Eine erheblich höhere Sputterrate
- Schichtdickenabweichungen von nur $\pm 1,2\%$ durch eine Kathodenlänge von bis zu 3750 mm
- Geringerer Absorptionskoeffizient
- Niedrige Diffusionsrate für Wasser, Salze etc.
- Die Oberfläche wird härter und damit kratzfester
- Große Temperaturbeständigkeit

Vorteile des Aufbringens von S_3N_4 mit Hilfe von „TwinMag“-Kathoden im Überblick

Low-E-Beschichtungssysteme auf TiO_2 -Basis verfügen über viele potentielle Qualitäten, und zwar nicht nur im Hinblick auf Zuverlässigkeit, Problemlosigkeit und Flexibilität bei der Produktion. Sie dienen als Ausgangsbasis für ein qualitativ hochwertiges Low-E-Produktangebot. Low-E-Sonnenschutzprodukte mit anpassungsfähigem g-Wert und Reflektionsfarben können einen wesentlichen Einfluß auf den Markt ausüben.

Schichttyp	Schichtwiderstand R (W)	Emissivität (%)	g-Wert (%)	k-Wert (W/m ² K)
Einfach-Silberschicht	4– 8	5–10	63–67	1,1–1,3
Doppel-Silberschicht	2– 4	3–5	< 50	1,0–1,2
Pyrolyse Low-E-Glas	13–16	18	72	1,6

Tabelle 1: Eigenschaften derzeit verfügbarer Low-E-Schichtsysteme im Vergleich

Material	TwinMag Sputterrate Laboranlage nm*m/min	TwinMag Sputterrate Produktionsanlage nm*m/min	Planar magnetron-Sputterrate*) nm*m/min
TiO ₂	70	45–50	8
SiO ₂	100	50	10
Si ₃ N ₄	40	35	25
Ta ₂ O ₅	100	70	35
SnO ₂	150	90	40
ZnO	150	90	40
Kathodenlänge	750 mm	3750 mm	3750 mm

*) herkömmliches Prinzip

Tabelle 2: Vergleich der Sputterraten von „TwinMag“ mit dem herkömmlichen Prinzip für unterschiedliche Materialien

Zusammenfassend nennt Leybold System folgende Vorteile des neuen Low-E-Beschichtungssystems auf Titanium-Basis:

- Es verfügt über eine hohe Transmission und ist damit neutral trotz niedriger k-Werte.
- Es ist sehr hart (doppelt so hart wie Glas) und damit mechanisch stabil.
- Die Beschichtung ist sehr kompakt, damit erhöht sich die chemische Stabilität.

- Die mit „TwinMag“ gesputterten Schichten haben eine sehr glatte Oberflächenstruktur und begünstigen damit das Aufwachsen der Silberschicht.
- Die Herstellungskosten sind gering, da die Preise für Titan geringer als die Preise für Zinn (Sn) und Zink (Zn) sind.

Leybold Systems hat inzwischen mehrere Großanlagen mit diesem Beschichtungswerkzeug ausgeliefert bzw. nachgerüstet. Die bisher größte ausgelieferte „TwinMag“-Kathode ermöglicht bei einer Länge von 3,75 m das Beschichten flacher Substrate bis zu einer Beschichtungsbreite von 3,21 m. Insgesamt konnten sehr gute Ergebnisse erzielt werden. *Hilmar Düppel*