

Beschichtungsverfahren

Coating Processes

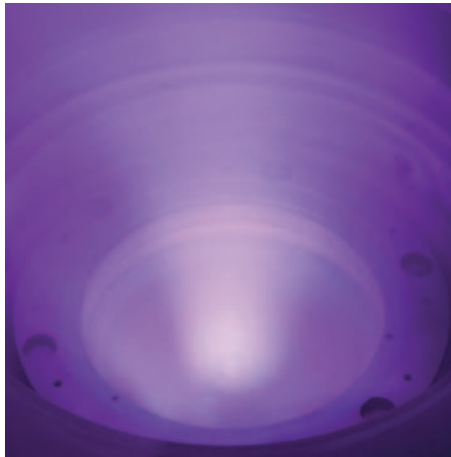
LASER COMPONENTS fertigt seit 1986 harte dielektrische Beschichtungen für optische Komponenten in der Laserindustrie und nimmt hier eine Spitzenposition ein.

Die von uns gefertigten Beschichtungen liegen im Wellenlängenbereich zwischen 193 nm – 5 µm. Unsere Kernkompetenz sind Coatings für die YAG-Wellenlängen 1064 nm, 532 nm, 355 nm und 266 nm sowie die Wellenlängen 800 nm, 1550 nm, 2100 nm und 2940 nm.

Höchste Zerstörschwellen

Wie Vergleichsmessungen verschiedener Institute und Laserhersteller immer wieder belegen, erreichen wir dank eines optimierten Fertigungsprozesses höchste Zerstörschwellen.

Die Verfahren und Standardspezifikationen unserer haus-eigenen Beschichtungen stellen wir Ihnen auf den folgenden Seiten vor.



LASER COMPONENTS has manufactured hard dielectric coatings for optical components in the laser industry since 1986 and is among the top manufacturers in this field.

The coatings we manufacture fall in the wavelength range between 193 nm and 5 µm. Our core competency are coatings for the YAG wavelengths 1064 nm, 532 nm, 355 nm, and 266 nm as well as the wavelengths 800 nm, 1550 nm, 2100 nm and 2940 nm.

Highest Damage Thresholds

Just as comparisons made by various institutes and Laser manufacturers continue to prove, we have the highest damage thresholds in the industry

thanks to an optimized manufacturing process.

We will introduce the processes and standard specifications for our coatings in the following pages.

Beschichtungen werden für Einzelstücke oder Serien, entweder nach Katalog- oder nach Kundenspezifikationen vorgenommen. Wir bieten Ihnen weiterhin die Möglichkeit der Lohnbeschichtung auf angelieferten Kundensubstraten an.

Coatings are manufactured for individual pieces and series either according to the standard catalog or customer-specific specifications. We also perform job coatings that are applied to substrates delivered by the customer.

E-Beam-Beschichtung

Das E-Beam-Verfahren, welches auch als PVD Verfahren (Physical Vapour Deposition) bezeichnet wird, ist die am häufigsten verwendete Beschichtungstechnologie in der Lasertechnik. Durch das schnelle Schichtwachstum und die flexiblen Kapazitäten können Beschichtungen kostengünstig und mit hohen Zerstörschwellen gefertigt werden.

E-Beam Coating

The E-beam process, also referred to as the PVD process (Physical Vapour Deposition), is the most commonly used coating technology in the field of laser technology. Due to their fast layer growth and flexible capacity, coatings can be produced with high damage thresholds at reasonable prices.



E-Beam-Beschichtungsverfahren

Beim E-Beam Verfahren werden dielektrische Schichtmaterialien im Vakuum bei Substrattemperaturen um 200 °C verdampft. Als Energiequelle dient eine Elektronenstrahlquelle oder alternativ ein durch hohen Stromfluss erhitztes Schiffchen. Die dabei freigesetzten Moleküle setzen sich mit einer Energie von ca. 0,1 eV in Clustern auf der Substratoberfläche ab. Die entstehenden Schichten sind streuarm und für hohe Laserleistungen ausgelegt.

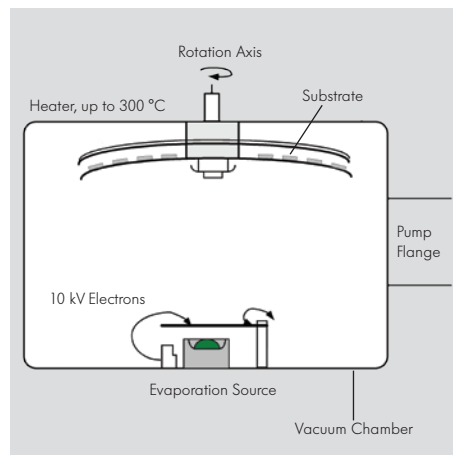


E-beam coating process

In the e-beam process, dielectric coating materials are vaporized in a vacuum at substrate temperatures of around 200 °C. An electron beam source or, alternatively, a shuttle heated by a strong current flow serves as a source of energy. The molecules that are set free in the process are deposited in clusters on the surface of the substrate at an energy of approximately 0.1 eV. The resulting layers feature a low dispersion and are suitable for high levels of laser power.

Anlagenparameter

- Maximaler Substratdurchmesser: 200 mm
- Typischer Chargensatz: 100 Substrate mit Ø 1.0"
- Kurze Beschichtungszeiten bei Temperaturen um 200 °C
- Maximale Flexibilität
 - zeitgleiche Fertigung von Spiegeln verschiedener Auskoppelgrade in einer Charge
 - zeitgleiche Fertigung unterschiedlicher Substratgrößen
 - zeitgleiche Fertigung unterschiedlicher Einfallswinkel



E-Beam Coating

Coater parameters

- Maximum substrate diameter: 200 mm
- Typical batch size: 100 substrates with Ø 1.0"
- Quick coating times at temperatures of around 200° C
- Maximum flexibility
 - Simultaneous production of mirrors with different levels of reflectivity in one batch
 - Simultaneous production of different substrate sizes
 - Simultaneous production of different angles of incidence

Besonderheiten

Bei diesem Verfahren besteht die Möglichkeit, neben verschiedenen High-Power-Coatings auch sog. cw-/fs-Coatings zu fertigen. Dies wird durch das Aufdampfen unterschiedlicher Materialien realisiert.

Durch die veränderte Beschichtung kann Einfluss auf die Bandbreite, das Dispersionsverhalten, die Streuverluste und die Zerstörschwelle genommen werden.

Features

With this process it is possible to produce cw/fs coatings in addition to various high power coatings. This is achieved through the deposition of different materials.

The modified coating can affect the bandwidth, dispersion behavior, scatter losses, and the damage threshold.



IAD-Beschichtung

Für Anwendungen, bei denen höchste Laserleistungen eingesetzt werden und eine geringe Wellenlängendrift, hohe mechanische Belastbarkeit oder streuarmer Schichten gefordert werden, empfehlen wir das IAD-Verfahren (Ion-Assisted Deposition). IAD-Beschichtungen besitzen zudem den Vorteil, dass sie bei niedrigen Temperaturen durchgeführt werden können. Damit wird auch die Beschichtung von empfindlichen Substraten oder Lichtwellenleitern ermöglicht.

IAD-Beschichtungsverfahren

Das IAD-Verfahren ist ein PVD-Verfahren, bei dem die kondensierenden Schichten mit einem niederenergetischen Ionenstrom beschossen werden. Durch das Auftreffen der Ionen wird zum einen den Schichtmolekülen zusätzliche kinetische Energie zur Verfügung gestellt. Dies führt zu einem kompakteren und mechanisch belastbaren Schichtgefüge, zu homogeneren Schichten und zu streuarmeren Oberflächen. Zum anderen kann durch die hohe chemische Reaktivität der von der Quelle erzeugten Radikale die Schichtzusammensetzung und Stöchiometrie positiv beeinflusst werden, wodurch Absorptionsverluste minimiert werden können.



IAD Coating

For applications in which high levels of power are used and in which a low wavelength drift, high mechanical resilience, or low dispersion layers are required, we recommend applying the IAD (ion-assisted deposition) process. Moreover, IAD coating has the advantage that it can be performed at low temperatures, which makes it possible for sensitive substrates or optical fibers to be coated.

IAD coating process

The IAD process is a PVD process in which the condensing layers are hit with a low energy ion beam. The impact of the ions, on the one hand, provides the layers' molecules with additional kinetic energy, which leads to a more compact and mechanically resilient layer structure, more homogeneous layers, and low dispersion surfaces. On the other hand, the high chemical reactivity of the radicals produced by the source can positively influence layer composition and stoichiometry, which helps reduce absorption losses.

IAD-Quellen

Je nach Anforderungen an die Beschichtung stehen LASER COMPONENTS zwei unterschiedliche IAD-Quellen zur Verfügung:

Die ECR-Quelle (**E**lectron **C**yclotron **R**esonance) liefert überwiegend Ionen im Bereich unter 100 eV. Durch die relativ (zu den Kaltkathodenquellen) geringen Ionenenergien besitzen die so gefertigten Schichten eine geringe Restporosität, wodurch besonders im Nanosekundenbereich **hohe Zerstörungsschwellen** erzielt werden können.

Alternativ steht eine Kaltkathodenquelle zur Verfügung, die Energien im Bereich bis 200 eV zur Verfügung stellt. Dadurch können besonders kompakte Schichten erzielt werden, die komplett frei von Wassereinschlüssen sind. Schichten dieser Art zeichnen sich durch eine **geringe thermische Drift** aus.

IAD Sources

Depending on coating requirements, two different IAD sources are available at LASER COMPONENTS:

An ECR source (**e**lectron **c**yclotron **r**esonance) predominantly delivers ions in the range of under 100 eV. Because of the relatively (to the cold cathode sources) low ion energy, the coatings produced with this source have a low remaining porosity. This allows **high damage thresholds** to be achieved, particularly in the nanosecond range.

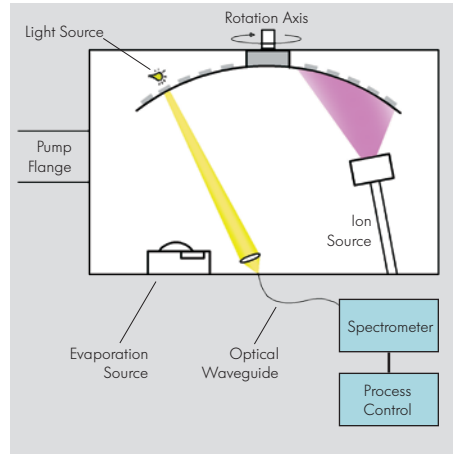
Alternatively, a cold cathode source is available that provides energy in the range of up to 200 eV, through which extremely compact layers can be produced that completely avoid water retention. Layers of this kind are characterized by just a **marginal thermal drift**.



Online Monitoring-Verfahren

Neben der Schichtdickenkontrolle durch Schwingquarze und der monochromatischen optischen Detektion steht LASER COMPONENTS auch ein optisches Breitbandmonitoring-Verfahren zur Verfügung. Dabei wird während des Beschichtungsprozesses das komplette sichtbare Spektrum überwacht und somit die Schichtdickengenauigkeit auf über 0,1% erhöht. Das erleichtert die Produktion komplexer Schichtsysteme erheblich.

In Verbindung mit den driftarmen Schichten des IAD-Beschichtungsprozesses kann damit das Produktspektrum erweitert und die Zuverlässigkeit des Beschichtungsprozesses deutlich erhöht werden.



Online Monitoring System

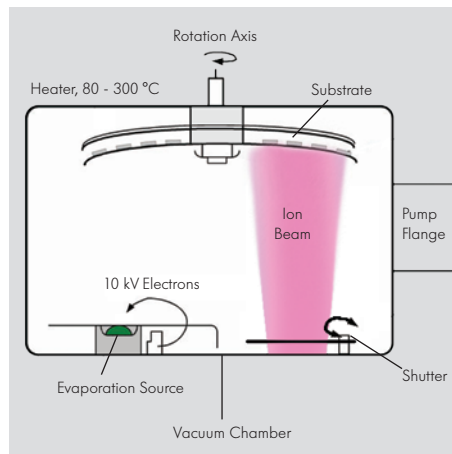
Online Monitoring System

In addition to layer thickness control through oscillating crystals and monochromatic optical detection, LASER COMPONENTS also has an optical broadband monitoring system available. During the coating process, the entire visible spectrum is monitored and the layer thickness precision increased to over 0.1%. This makes the production of complex coating systems significantly easier.

In conjunction with the low drift layers of the IAD coating process, this monitoring system can expand the product spectrum and significantly increase the reliability of the coating process.

Anlagenparameter

- Einsatz einer Balzers BAK-Anlage
- Maximaler Substratdurchmesser: 90 mm
- Typischer Chargensatz: 80 Substrate bei Ø 1.0"
- Verglichen mit dem E-Beam-Verfahren ähnliche Beschichtungszeiten bei geringerer Temperatur (ab 80 °C)



IAD Coating

Coater parameters

- Use of a Balzers BAK coater
- Maximum substrate diameter: 90 mm
- Typical batch size: 80 substrates at Ø 1.0"
- Compared to the E-beam process, similar coating times at a lower temperature (starting at 80 °C)

IBS Sputter-Beschichtung

Beim IBS-Verfahren (Ion Beam Sputtering) handelt es sich um eine hochpräzise und reproduzierbare Beschichtungsmethode. Wie bei keiner anderen Technologie lassen sich Prozessparameter wie Energieeintrag, Schichtwachstumsrate und Oxidationsstufe genau und unabhängig voneinander einstellen. So entstehen kompakte Schichten mit geringster Wellenlängendrift.

IBS Sputter Coating

Ion beam sputtering (IBS) is an extremely precise and reproducible coating method. Unlike in any other coating technology, process parameters, such as application of energy, layer growth rate, and oxidation level, can be independently and exactly regulated. This leads to compact layers with the lowest possible wavelength drift.



Sputter-Beschichtungsverfahren

Beim Sputter-Verfahren werden Edelgasionen auf das Beschichtungsmaterial geschossen. Die auftreffenden Ionen zerstäuben das Material, welches sich dann auf dem zu beschichtenden Substrat niederschlägt.

Aufgrund der sehr hohen kinetischen Energie sind die auftreffenden Teilchen sehr beweglich, wodurch Fehlstellen besetzt und etwaige Defekte des anwachsenden Films beseitigt werden.

So entstehen äußerst glatte und in ihren optischen Eigenschaften besonders homogene Schichten.

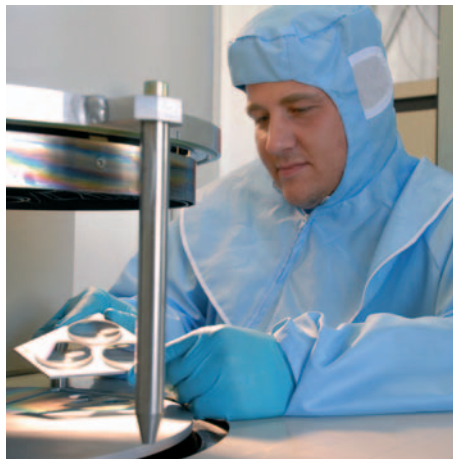
Bei diesem Coating-Verfahren können mehrere hundert Schichten übereinander gelegt werden. Es entstehen optische Schichten für ausgewählte Anforderungen.

Besonderheiten

- Niedrigste Streuverluste & sehr hohe Reflexionen ($R > 99,99\%$)
- Höchste Packungsdichte, keine Wassereinlagerung und damit extrem niedrige Temperaturdrift
- Glatte Oberflächen mit geringer Rauigkeit
- „Kaltes“ Beschichtungsverfahren. Daher geeignet für temperatur- und feuchtigkeitsempfindliche Substrate, nicht-lineare bzw. Laserkristalle sowie Laserdioden
- Stabiler und reproduzierbarer Prozess für komplexe Schichtdesigns wie bspw. bei steilen Kantenfiltern

Anlagenparameter

- Chargenkapazität abhängig von der gewünschten Homogenität der beschichteten Optik
- Meist geringere Chargenkapazität als bei PVD- und IAD-Verfahren
- Lange Beschichtungszeiten



Sputter coating process

In the sputtering method, noble gas ions are shot at the coating material. The impact of the ions disperses the material, which subsequently settles on the substrate to be coated.

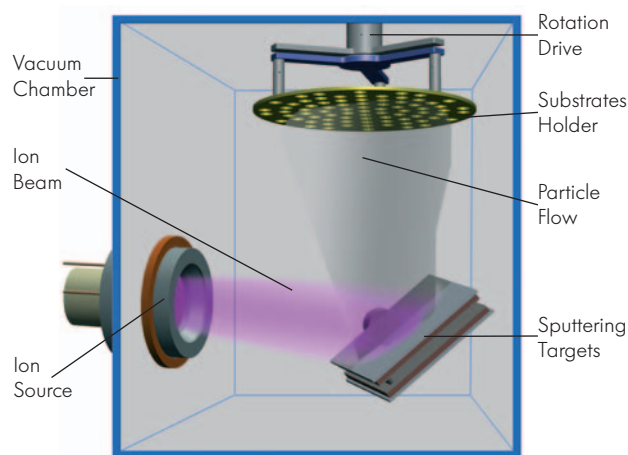
Due to their extremely high kinetic energy the impacting particles are very mobile. This mobility aids in the filling of holes and the avoidance of any defects in the growing layer.

This ultimately leads to the formation of exceedingly smooth and, in their optical properties, particularly homogeneous layers.

Using this coating method several hundred layers may be placed on top of each other, creating optical coatings for selected requirements.

Characteristics

- Lowest scatter loss and very high reflection ($R > 99,99\%$)
- High packing density, no water retention, and thus extremely low temperature drifts
- Smooth surfaces with marginal roughness
- "Cold" coating method and thus suitable for temperature and moisture-sensitive substrates,
- nonlinear or laser crystals and laser diodes
- Stable and reproducible process for complex layer designs such as, for example, in steep edge filters



Ion Beam Sputtering (IBS)

Coater parameters

- Batch capacity depends on the desired homogeneity of the coated optics
- For the most part, lower batch capacity compared to PVD and IAD processes
- Long coating times



Vergleich der Beschichtungs-Verfahren – Comparison of Coating Methods

Coating Method	E-Beam	IAD	Sputtering
Capacity	100 pcs at Ø1.0" 28 pcs at Ø 2.0" 8 pcs at Ø 4.0" 4 pcs at Ø _{Max} 200 mm	80 pcs at Ø 1.0" 24 pcs at Ø 2.0" 8 pcs at Ø _{Max} 90 mm	Depends on the process
Advantage	<ul style="list-style-type: none"> ■ High damage threshold ■ Reasonably-priced production method ■ Fast layer growth ■ Combination of different orders in one batch possible 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Very high damage threshold ■ Small wavelength drift ■ Fast layer growth ■ Limited combination of different orders in one batch 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Low scattering loss ■ Smallest wavelength drift ■ Compact layers ■ Slow layer growth

Passe/Formtreue und Oberflächenfehler

Um hohe Zerstörschwellen bei den Beschichtungen zu erreichen, werden neben dem optimierten Beschichtungsprozess auch höchste Anforderungen an die Substrate gestellt.

Substrate

Die Standardsubstrate bei LASER COMPONENTS sind mit einer Passe von 3/0.2 ($\lambda/10$) und einem Oberflächenfehler von 5/4x0.025 (Scratch-Dig 10-5) bei 1.0" Substraten spezifiziert. Diese Spezifikationen werden in der Wareneingangsprüfung ständig kontrolliert. Weitere Details finden Sie bei den jeweiligen Substratbeschreibungen.

Beschichtung

Bei Verwendung der oben genannten Substrate, werden nach der Beschichtung von hochreflektierenden Spiegeln Oberflächenfehler von 5/4x0.025,C2x0.16 und besser erreicht. Detaillierte Werte hierzu finden Sie bei den entsprechenden Beschichtungsspezifikationen.



Surface Figure and Surface Quality

To reach high damage thresholds for the coatings, the highest demands are made not only of the optimized coating process but of the substrates as well.

Substrates

The standard substrates at LASER COMPONENTS are specified with a surface figure of $\lambda/10$ (3/0.2) and a surface quality of scratch dig 10-5 (5/4 x 0.025 for 1.0" substrates). Incoming inspection constantly monitors the substrate supply. For more details, please refer to the corresponding substrate descriptions.

Coating

If the above-mentioned substrates are used, surface qualities of 5/4x0.025,C2x0.16 and better are achieved after the coating of highly reflective mirrors. You will find detailed values on this in the corresponding coating specifications.

