4SURfaces

Ausgabe 2

Das Lasertechnik-Magazin von 4JET

LASERBOHREN
von Solarglas

LASERREINIGUNG
von Reifenformen

LASER | SYSTEME | SERVICES

4JET

Editorial

Ups - das ging schnell. Gerade noch ein Start-Up Unternehmen, feiern wir dieses Jahr den 5. Geburtstag der 4JET.

Und was für 5 Jahre das waren: Eine Achterbahnfahrt in der Reifenindustrie und ein Raketenstart in der Photovoltaik. Eine Weltwirtschaftskrise und ein Betriebsumzug. Neue Kollegen – zuletzt alle 4 Wochen einer. Neue Produkte, die wir für neue Anwendungen in neuen Märkten entwickelt haben. Neue Partnerschaften mit Forschungsinstituten, Vertriebspartnern und Lieferanten. Und starkes, profitables Wachstum seit Tag 1.

All das ist schön und gut und hat uns eine Menge Spaß gemacht. Am wichtigsten bei all dem sind aber unsere neuen Kunden, ohne die unsere Arbeit sinnlos und unmöglich wäre. Diese zufrieden zu stellen ist nie einfach, manchmal unmöglich und täglich ein Ansporn, dem wir uns gerne stellen. Auch in den nächsten 5 Jahren.

Übrigens – bereits in 20 verschiedenen Ländern vertrauen Kunden auf unsere Produktionslösungen zum Entschichten, Beschriften oder Strukturieren von Bauteilen mit Lasertechnik. 4JET Anlagen bearbeiten heute jeden Tag zehntausende von Solarzellen, Reifen oder andere Bauteile. Präzise, umweltfreundlich und kostengünstig. Einige Beispiele dazu auch in dieser Ausgabe von 4SURfaces.

Viel Spaß beim Lesen wünscht Ihnen

JÖRG JETTER
Geschäftsführer / CEO

Impressum

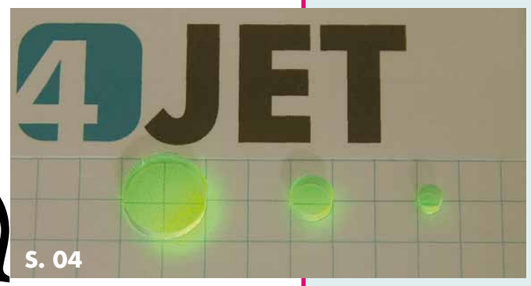
HERAUSGEBER 4JET Sales+Service GmbH, ViSdP Jörg Jetter

FOTOS Kira von Gradowski
Dr. Marco Lentjes
Dr. Klaus Spira
Pirelli Deutschland GmbH
Autorenbilder: privat

GESTALTUNG www.scribble-werbeagentur.de

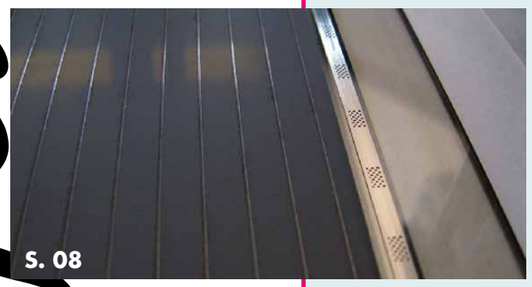
DRUCK Wir verwenden umweltfreundliches und chlorfreies Papier!

4SURfaces



S. 04

S. 06


S. 08

S. 12

S. 14

Inhalt

GRUSS*wort*

SOLAR*technology*

S. 04 - 05
LASERBOHREN
von Solarglas

S. 06 - 07
PRODUKT*news*
INLINE - Anlagen zur Randentschichtung

S. 08 - 09
BUSBAR-ULTRASCHALL-BONDING
von Solarmodulen

S. 10
4-FLEX LASERSYSTEME
für die Rolle-zu-Rolle Strukturierung flexibler Elektronik

S. 11
KURZ*meldungen*

TIRE*technology*

S. 12 - 13
MORE THAN CLEAN
Formenreinigung mit Lasertechnik

S. 14
LASERKENNZEICHNUNG VON REIFEN
Pirelli setzt auf 4JET

MIXED*zone*

S. 15
KLEBEVORBEREITUNG MIT LASERTECHNIK
Schaumdichtungen die haften

LASER BOHREN von Solarglas

In der Glasindustrie hat sich über die Jahre die Laserbearbeitung, wie z.B. Schneiden, Beschriften, Schweißen und Innengravur, durchgesetzt. Das Bohren von Solarglas mit dem Laser ist eine neue Methode, die einige Vorteile gegenüber dem konventionellen Bohren in der Industrie aufweist. Die Bohrlöcher in den Solarmodulen sind notwendig, um stromleitende Kontaktbänder durch das Glas auf die Rückseite zu führen. Auf der Rückseite des Moduls werden diese Kabel mit einer „junction box" oder einem einfachen Anschluss verbunden. Abhängig von der Technologie des Moduls (CdTe, a-Si/µ-Si, CIGS) werden die Löcher durch das Deckglas oder das beschichtete Substrat gebohrt. Beide Varianten sind mit den beschriebenen Laserbohrverfahren möglich. Abb. 1 und Abb. 2 zeigen verschiedene Geometrien, die in Floatglas und ein CIGS-beschichtetes Substrat gebohrt wurden. Aufgrund der hohen Flexibilität dieser Bohrtechnik sind viele verschiedene 3-dimensionale Formen denkbar.

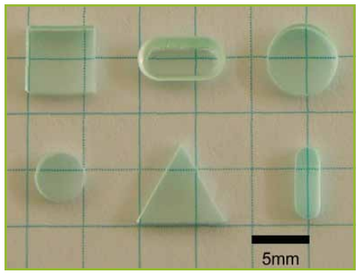


Abb. 1, Laser gebohrtes Floatglas mit verschiedenen Lochgeometrien

Vorteile des Bohrens mit dem Laser

Konventionelle Methoden zum Glasbohren sind mechanisches Bohren und Sandstrahlen. Keine der beiden Anwendungen ist berührungslos. Im Gegenteil: diese „stressen" das Glas während der Bearbeitung im hohen Maße. Zusätzlich benötigt mechanisches Bohren oftmals Wasserkühlung und Schmierstoffe, was eine Nachreinigung mit sich zieht. Beim Sandstrahlen muss die Geometriemaske regelmäßig gewechselt werden (<50 Substrate), weil das Strahlgut sehr aggressiv gegenüber der Maske ist. Die Größe und die Form des ersten Loches unterscheiden sich zur Form der darauf folgenden Löcher, die durch die gleiche Maske erstellt wurden.

Die Vorteile des Laserverfahrens zeichnen sich durch einen berührungslosen und trockenen Prozess, sowie eine Minimierung der mechanischen Belastung aus. Ein Nachreinigen ist nicht notwendig. Weitere Vorteile sind nicht nur die hohe Reproduzierbarkeit und Stabilität, sondern auch die frei wählbare Programmierung der Bohrlochgeometrie.

Aus ökonomischer Sicht sind die Investitionskosten eines Lasersystems höher als für mechanische Lösungen. Die Betriebskosten allerdings sind beim Lasersystem wesentlich geringer. Dieser Unterschied amortisiert die Anschaffungskosten während der laufenden Produktion. Der Laserprozess verursacht im Vergleich zu den anderen Methoden geringere Wartungskosten.

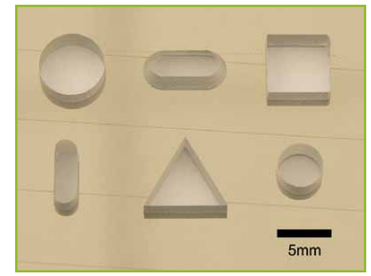


Abb. 2, Mit Laser gebohrtes Mo-CIGS-TCO-beschichtetes Substrat mit verschiedenen Lochgeometrien

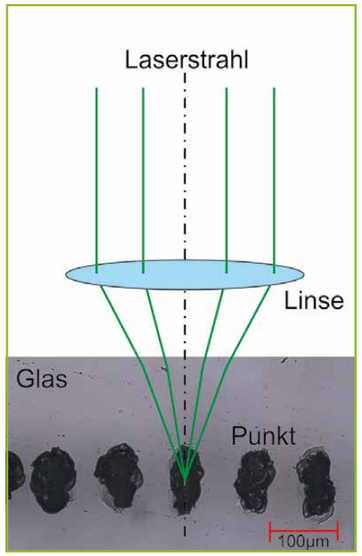


Abb. 3, Prinzip des Induzierens von einzelnen Punkten in das Glas durch Fokussierung des Lasers

Prinzip des Prozesses

Bei niedrigen Intensitäten ist Glas transparent im sichtbaren Wellenlängenbereich. Dies ermöglicht die Fokussierung des grünen Laserlichts innerhalb von einem Glaskörper. Sobald die Intensität jedoch die Grenze der nichtlinearen Absorption überschreitet (im Bereich von GW/cm²) absorbiert das Glas das Laserlicht. Bei unserem Prozess überschreitet die Intensität diese Grenze im Fokusbereich. In diesem kleinen Bereich wird das Licht in Wärme umgewandelt und führt zum Schmelzen und Verdampfen einer geringen Menge Glas. Diese beiden Prozesse induzieren eine lokale Spannung, wodurch mikroskopische Punkte mit einer Größe von ca. 100 µm entstehen (Abb. 3). Um die benötigte Intensität für die nichtlineare Absorption zu erreichen nutzt 4JET einen grünen, Dioden gepumpten Festkörperlaser mit hoher Strahlqualität.

Der nächste Schritt im Bohrprozess ist das schichtweise Aneinanderreihen vieler überlappender Einzelpunkte (Abb. 4). Für die räumliche Bewegung des Laserfokus werden ein Scanner und ein Fokus-Shifter verwendet. Der Prozess startet stets auf der Unterseite des Glases. Die Entfernung zwischen den Einzelpunkten ist einer der Schlüsselparameter des Laserprozesses und ist definiert durch die Scannergeschwindigkeit und die Laserfrequenz. Wie in Abb. 4 (Draufsicht) zu sehen ist, besteht jede Scheibe aus mehreren Konturen mit einem definierten Abstand zueinander (d_c). Die Anzahl der Schichten ist durch die Dicke (t) des Glases und der Entfernung zwischen den einzelnen Schichten (d_i) gegeben.

Dieses Prinzip des schichtweisen Abtrags erlaubt das Erstellen von jeglichen Lochgeometrien durch die uneingeschränkte Platzierung der Punkte im Glassubstrat. Beispielsweise können konische Formen in das Glas eingebracht werden, indem auf der Unterseite kleine Kreise gelasert werden, deren Radien nach oben immer größer werden (Abb. 5 B). Außerdem können Löcher mit großem Längenverhältnis (Abb. 5 A), sowie Löcher mit wechselnden Querschnitten (Abb. 5 C&D) erstellt werden.

Liegt auf der Oberseite des Glases eine Beschichtung vor (z.B. CIGS Solarmodul), muss diese vor dem Laserprozess entfernt werden. Diese lokale Freilegung kann auch durch den Bohrlaser durchgeführt werden.

Tabelle 1,
Prozessparameter für 3 mm Floatglas

Glasdicke [mm]	3	3	3
Lochdurchmesser [mm]	3	5	10
Prozesszeit [s]	3,5	5	12

Mögliche Glasarten

Der beschriebene Laserbohrprozess kann mit nahezu beliebigen Dicken von Floatglas mit einer sehr hohen Geschwindigkeit und Qualität durchgeführt werden. Tabelle 1 zeigt die Prozesszeit für zylindrische Löcher verschiedener Durchmesser in Floatglas.

Im Unterschied zu den konventionellen Bohrverfahren erlaubt der Laser die einzigartige Möglichkeit des Bohrens von teilvorgespanntem Glas (Abb. 6). Die mechanischen Methoden „stressen" das Substrat in einem hohen Maße, was zu einem Bruch führt.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bruchlast bei lasergebohrtem Glas höher ist, als bei mechanisch gebohrten Löchern. Abb. 7 zeigt die relative Bruchlast von laser- und mechanisch gebohrtem Glas im Vergleich zu ungebohrtem Glas.

Systembeschreibung

4JETs Laserbohrsysteme sind als standalone oder als Erweiterung einer 4JET INLINE Laserrandentschichtungsanlage verfügbar. Das stand-alone System kann einfach in eine Produktion integriert werden, egal ob mit oder ohne Transportsystem. Die 4JET Laserbohrsysteme werden von einer benutzerfreundlichen Software gesteuert, mit der verschiedene Lochgrößen und -Geometrien programmiert werden können.

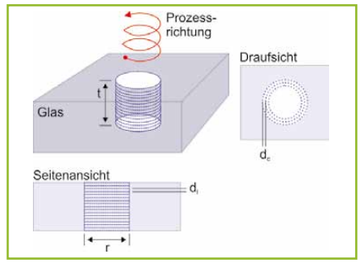


Abb. 4, Schematische Darstellung vom Laserbohren eines zylindrischen Loches mit Radius r durch dreidimensionale Verkettung von einzelnen Punkten

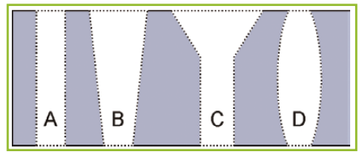


Abb. 5, Beispiele für verschiedene Lochgeometrien in Glas (Querschnitt)

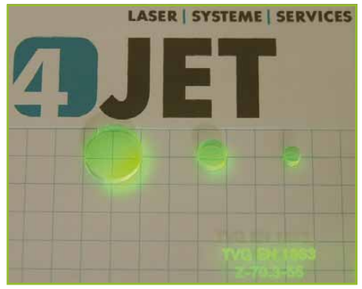


Abb. 6, Löcher mit 3 mm, 5 mm und 10 mm Durchmesser in 4 mm dickem teilvorgespanntem Glas

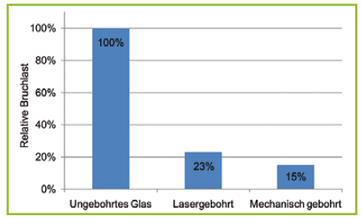


Abb. 7, Bruchlast im Vergleich von gebohrtem und ungebohrtem Glas, 100 mm x 100 mm x 3 mm Floatglas, 5 mm Lochdurchmesser

Dr. Marco Lentjes,
4JET Sales+Service GmbH,

Dr. Lentjes studierte Physikalische Technik mit Schwerpunkt Photonik an der Technische Fachhochschule Rijswijk. Nach seiner Promotion an der Universität Twente in den Niederlanden erhielt er den Doktortitel für seine Arbeit „Kontrollierte Laserreinigung von Kunstwerken mittels niedrig auflösender Plasmaspektroskopie und lineare Korrelation".

@ marco.lentjes@4jet.de

PRODUKT*news*

Produkt Update

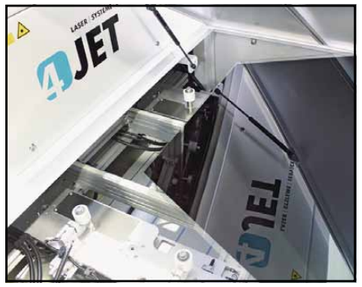
INLINE

Anlagen zur Randentschichtung

Wie dynamisch die Entwicklungen in der Photovoltaikindustrie sind, zeigt sich auch an den Innovationszyklen der Ausrüster. Innerhalb von weniger als drei Jahren präsentiert 4JET bereits die dritte Maschinengeneration für die Randentschichtung von Solarzellen. Dabei wurde die erfolgreiche INLINE Plattform weiterentwickelt. Einige Highlights des Bestsellers im Überblick.

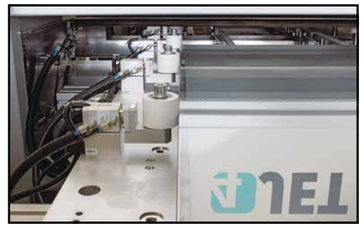
Automatic Beam Control - Die teilweise starke Welligkeit von Solarglas macht die Vorteile der industrieweit eingesetzten Top-Hat Strahlprofile aus Quadratfasern zunichte. 4JET hat daher ein Regelsystem zur schnellen Anpassung der Arbeitsabstände entwickelt, das im Prinzip einem Autofokus ähnelt. Das System kann dabei sogar steile Steigungen an Substratecken kompensieren.

Gleichzeitig werden die in der Glasindustrie typischen Formattoleranzen durch ein Sensorsystem und eine Softwareregelung ausgeglichen. So sind maßhaltige und reproduzierbare Bearbeitungsergebnisse sichergestellt.



Mit in der Massenproduktion nachgewiesenen Taktzeiten von 23 Sekunden bei 11 mm Randbreite für ein 120 x 60 cm CdTe Modul dürfte die INLINE die aktuell schnellste Anlage zur Randentschichtung sein. Fairerweise muss hier auf die teilweise erheblichen Unterschiede in den Bearbeitungszeiten je nach Schichtsystem verwiesen werden.

Apropos unterschiedliche Schichtsysteme – für Hersteller von CIS/CIGS Solarzellen liefert 4JET optional einen integrierten mechanischen Schabekopf für die Freilegung von Busbars oder Isolationsschnitten in der INLINE Anlage.



Weitere Optionen umfassen unter anderem die integrierte Transmissions- und Isolationsprüfung, die Messung der Laserleistung am Laserausgang, sowie an der Bearbeitungsstelle und die Einbindung einer Strahlprofilvermessung.

Offen für technischen Fortschritt ist die Auslegung für die Integration unterschiedlicher Strahlquellen. Das Anlagenkonzept ist dabei bereits heute für die Laser von morgen vorbereitet. Dabei können sowohl kompakte Freistrahler, als auch fasergekoppelte Laserquellen integriert werden. Im Blick waren dabei auch neue Anwendungen für die vollflächige Laserbearbeitung, wie für die Produktion semitransparenter Module oder die Laserbearbeitung von TCO Schichten. Bei der Auswahl des passenden Lasers hilft 4JET das umfangreiche Applikationsknowhow und das gut ausgerüstete Labor.

Sämtliche in der Industrie gängigen Formatgrößen werden auf der identischen Plattform aufgebaut und können innerhalb kurzer Zeit umgerüstet werden. Das erhöht nicht nur die Zukunftssicherheit der Investition, sondern reduziert auch die Variantenkosten und Durchlaufzeiten in der Fertigung bei 4JET.

Um Transport und Inbetriebnahme zu vereinfachen, wurde die gesamte Anlage in einer massiven Schweißkonstruktion realisiert, die sich am Kranhaken bewegen lässt und auf Containermaße optimiert wurde. Auspacken, Aufstellen, Ausrichten und Anschluss an die Peripherie im Werk ist so in wenigen Tagen möglich.

Die Vorteile

der Laser-Randentschichtung

- ➡ Erhöhte Moduleffizienz durch Reduzierung der Totzone
- ➡ Berührungsloses Verfahren ohne Schädigung des Substrates
- ➡ Umweltfreundlicher, trockener Prozess ohne Strahlgut oder Chemikalien
- ➡ Effektive Entschichtung von TCO, Halbleitern und Rückkontakten
- ➡ Keine Nachreinigung erforderlich
- ➡ Reproduzierbare Ergebnisse
- ➡ Flexibel – Entschichtungszonen können Glastoleranz angepasst werden
- ➡ Integrierte Prozesskontrolle

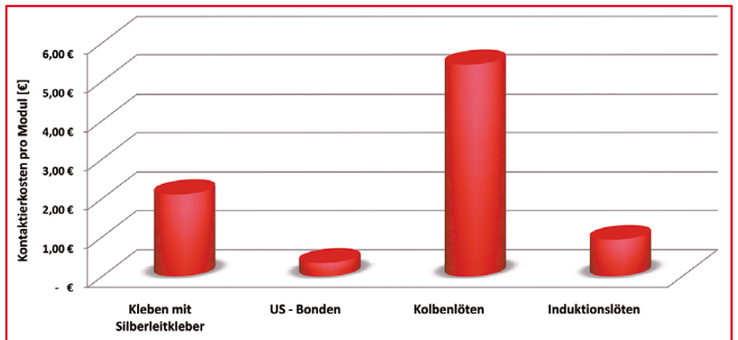
BUSBAR ULTRASCHALL BONDING von Solarmodulen

Eine Reihe führender Hersteller von Dünnschicht-Solarzellen setzen die von 4JET entwickelten MEX Anlagen zur Freilegung von Kontaktstellen ein. In einem nachgeschalteten Prozess müssen die Busbars sicher mit der leitfähigen Molybdänschicht kontaktiert werden. In seinem Gastbeitrag erläutert Dr. Klaus Spira die Vorteile des Ultraschallverfahrens.

Internationaler Wettbewerb und Einsparungen in der Solarförderung durch die EEG-Novelle zwingen die Hersteller von Dünnschicht-Solarmodulen zu weiteren Kostenreduzierungen. Hohes Potenzial liefert dabei die Kontaktierung des Busbars mit Hilfe der Ultraschalltechnologie.

Verfügbare Technologien für die Busbar-Kontaktierung sind heute das Kleben, Löten und Ultraschallbonden. Hierbei ist das Kleben mit weit über 90% das verbreiteteste Verfahren, gefolgt von der induktiven Lötverbindung. Die bedeutenden Vorzüge der Ultraschallverbindung, wie die metallische, fluxfreie Verbindung, werden z.Zt. intensiv getestet und insbesondere vor dem Hintergrund eines Preisvorteils eingeführt.

Das Klebeverfahren mit Silberleitkleber kompensiert viele Prozessfehler der vorgelagerten Fertigungsstufen. Oberflächen, die noch Restpartikel von den Absorberschichten enthalten, werden durch die geschlossene Klebeschicht mit eingeschlossen und verklebt. Diese Restpartikel haben zwar eine sich negativ auswirkende isolierende Wirkung in der Klebeverbindung, die aber durch die aufwendige durchgehende Flächenverklebung weitestgehend kompensiert wird. Erkauft wird diese Kompensation der Nachteile durch den sehr hohen Preis von Klebermaterialien, Kleberverbrauch, sowie Handlingskosten während des Produktionsprozesses.



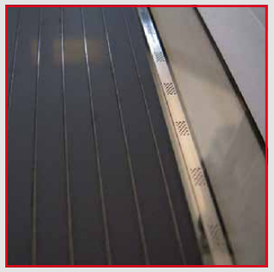
Aufwendungen zur Busbar-Kontaktierung

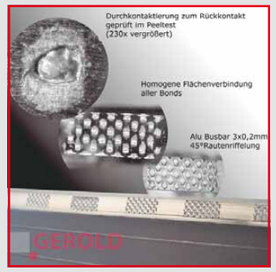
Beim Ultraschallbonden wird prozessbedingt eine metallische Verbindung zwischen dem Grundmaterial und dem zu kontaktierenden Busbarmaterial hergestellt. Tests am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung in Stuttgart haben nachgewiesen, dass sich die Leistungsverluste beim Übergang vom Modul zum Kontaktband um das Fünffache gegenüber den Klebeverbindungen verringern lassen. Neben diesem technologischen Vorteil der verbesserten Leistungsübertragung sind auch die niedrigen Kosten pro Modul ein Vorzug, der einen beachtenswerten Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit leistet.

Die Verbindungsmechanismen bei dem US-Bonden beruhen darauf, dass infolge der Normalkraft und der hochfrequenten Relativbewegungen der Oberflächen ein Elektronenaustausch in den Kontaktflächen stattfindet und damit eine irreversible Kontaktierung hergestellt wird. Restpartikel in der Kontaktfläche können zwei grundverschiedene Auswirkungen haben.

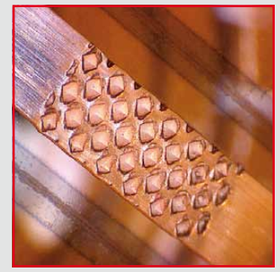
Metallische Oxide wie z.B. Al_2O_3 können durch ihre Härte den Verbindungsaufbau positiv unterstützen. Hierbei findet ein Aufbrechen der Oxide statt, so dass sich metallisch reine Grenzflächen kontaktieren. Durch ein geeignetes Konstruktionsdesign der Tips wird während des Bondprozesses erreicht, dass die Oxidreste in den Zwischenkammern der Riffelung eingelagert werden.

Grundverschieden ist es bei Absorberresten wie Schwefel oder Selen, die Verbindungen mit dem Molybdän eingehen


Solarmodul mit einem Alu-Busbar



Analyse der Kontaktierung


Ausprägung der Verbindung

Kennwerte der Kontaktierung

und damit sehr hohe Gleit- und Adhäsionseigenschaften besitzen. Diese besonderen Eigenschaften unterbinden eine Annäherung der Grenzflächen nachhaltig. Hinzu kommt, dass derartige Elemente eine sehr hohe isolierende Wirkung aufweisen.

Durch einen abgestimmten Cleaningprozess in Kombination mit einem Laserprozess oder ggf. einer ergänzenden mechanischen Aufarbeitung der Kontaktflächen lassen sich derartige Schichten erfolgreich beseitigen. Erfahrungen aus der Praxis haben gezeigt, dass der gezielte und vollständige Transport derartiger Restpartikel durch den Ultraschallprozess nicht bis in die Täler der Riffelung erfolgen kann. Dadurch kommt es zwangsweise zu reduzierten Verbindungskräften und fehlerhaften Verbindungen. Es ist nicht möglich, die Normalkräfte während des Bondens zu erhöhen, um diese Fehler zu vermeiden, da sich hierdurch Durchschläge oder sogar Mikrorisse im Glas einstellen.

Deutlich wird, dass die Oberflächenpräparation eine ganz besondere Bedeutung für den nachgeschalteten Kontaktiervorgang hat. Wird eine derartig abgestimmte Prozessführung durchgeführt, so kann man mit der Ultraschallkontaktierung die im Bild dargestellten Bondeigenschaften erreichen.
Als Grenzkriterium für den Peeltest ist die konstruktive Ausführung der Riffelung anzusehen. Infolge von Kerbwirkungen reißt das Kontaktband im Peeltest, wenn die Tipspitzen in Busbarrichtung orientiert sind. Konstruktiv geteilte Tips führen zu einer annähernd geschlossenen Linienberührung und erzielen erheblich verbesserte Peelergebnisse. Bei einer optimal ausgeführten Bondverbindung kann der Peeltest zu einem Abriss des Molybdäns vom Glas führen und seltener zur Trennung der Aluminium-Molybdänschicht.

Die Maschinenbau Gerold GmbH & Co. KG (Nettetal) hat eine Busbar-Bondinganlage entwickelt, die entsprechend dem jeweiligen Moduldesign über zwei oder drei Ultraschall-Bondköpfe verfügt. Diese können abgestimmt auf die jeweilige Modulgröße elektromotorisch in ihrer Y-Koordinate verfahren werden. Das Modul wird in der Anlage zentriert, ausgemessen und auf einem Vakuumtisch gespannt. Entsprechend der aktuellen Lage wird der Busbar aufgelegt und an den Bondköpfen der fahrbaren Brücke gebondet.
Der Busbar wird während des Bondprozesses mit einer kontinuierlichen Vorspannung versehen. Die Busbar-Kassetten werden manuell eingespannt und beim Bandwechsel automatisch in die Wechselposition geschwenkt. Der Bondprozess kann alternativ im Modus Energie-, Kraft- und Zeitregelung durchgeführt werden.

Viele Entwicklungen der Solarindustrie sind auf Erkenntnisse und Erfahrungen der Halbleiterindustrie zurückzuführen. So ist auch das Ultraschallbonden die zentrale Verbindungstechnologie ohne die kein Prozessor-Chip und kein Miniaturschaltkreis mehr rationell hergestellt werden kann. Die Solarindustrie ist sehr gut beraten, wenn sie auf diesem Know-how-Potential der Halbleiterindustrie aufbaut und die vielen Vorteile des Ultraschallbondens für die Modulfertigung gezielt nutzt und weiterentwickelt.

Busbar-Bondinganlage der Fa. Gerold

Dr. Klaus Spira hat an der RWTH Aachen Maschinenbau studiert und dort promoviert. Seitdem arbeitet er in der Automatisationstechnik und bringt seine breiten technologischen Erfahrungen aus der Hausgeräte- und Glasindustrie mit in die Solartechnik ein.

klaus.spira@gerold-mb.de
www.gerold-mb.de

Solar Technology Report

4FLEX LASER SYSTEME

für die Rolle-zu-Rolle Strukturierung flexibler Elektronik

Flexible, gedruckte und organische Elektronik eröffnet große Potenziale. Elektronische Bauteile der Zukunft müssen leichter, effizienter und noch günstiger in der Produktion werden. Man denke nur an flexible Displays, gedruckte RFID Label und energiesparende OLED Beleuchtung.

Auch die Solarindustrie folgt dem Trend und arbeitet an flexiblen Solarzellen mit organischen oder anorganischen Absorberschichten.

Abb. 1, Gedruckte Elektronik

Während die Herstellung konventioneller Solarmodule auf Basis von Dünnschicht- oder kristallinen Zellen schon lange das Stadium der Massenproduktion erreicht hat, haben flexible Solarzellen aktuell noch einen kleinen Marktanteil. Doch die Aussicht auf leichte, flexible und kostengünstige Solarmodule mit einem hohen Konversionsgrad, auch bei diffusem Licht, ist attraktiv. Mögliche Einsatzgebiete sind mobile Anwendungen im Fahrzeugbau, genauso wie die Montage auf Dächern mit geringer Traglast. Daneben gibt es Nischenanwendungen, wie die Integration in Zelte oder Kleidung.

Die unterschiedlichen technischen Ansätze zu „flexiblen Solarzellen" beinhalten dabei heute Substrate aus Metallen oder Polymeren, sowie Absorbersysteme wie CIGS, a-Si und organische Halbleiter.

Eine der vielfältigen Herausforderungen in der Fertigung ist zum Beispiel die monolithische Verschaltung der Module durch mechanische oder laserbasierte Strukturierung. Während dieser Ansatz eine Standard-Anwendung in der Produktion glasbasierter Dünnschichtmodule ist, werden im Bereich der flexiblen Substrate bis dato kaum Laser eingesetzt.

Mögliche Laseranwendungen für flexible Elektronik beinhalten heute:

- Elektrische Isolation einzelner Zellen
- Serienverschaltung durch P1 - P3 Strukturierung
- Selektiver Schichtabtrag für Kontaktstellen
- Randentschichtung
- Annealingprozesse

Die neue 4Flex Plattform

4JET nutzt sein umfangreiches Prozess-Know-how in der Bearbeitung photovoltaischer Schichtsysteme für die Entwicklung einer neuen Maschinenplattform. Das „4Flex" System ist für die Integration aller gängigen Laserprozesse für die Bearbeitung flexibler Solarzellen ausgelegt. Um diese Flexibilität zu ermöglichen, können in das modular aufgebaute System alle gängigen Lasertypen integriert werden, inklusive kurzgepulster Festkörperlaser für den Materialabtrag und CO_2-Laser für Folienschnitte, sowie mechanische Strukturiervorrichtungen.

Die ersten kommerziellen Systeme werden zur P1-Strukturierung von Schichten auf PET Substraten mit Ultrakurzpulslasern eingesetzt.

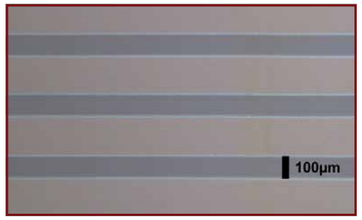
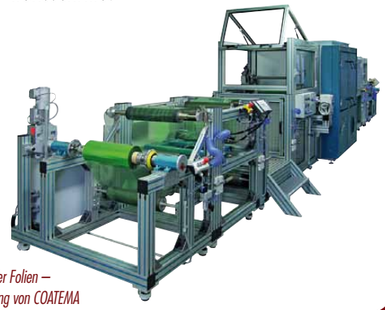


Abb. 2, 100 µm Scribe in ITO Schicht (P1)

Die zum Patent angemeldete Strahlführung in dieser Anwendung erlaubt die „on the fly" Bearbeitung der Folien in einem Rolle-zu-Rolle Prozess mit bis zu 32 parallelen Einzelstrahlen. Durch Integration mehrerer Prozessmodule lassen sich Folienbreiten von bis zu 1m bearbeiten. Ein mechanisches System gewährleistet eine konstante Fokuslage zur Folie. Um die hohe Präzision zwischen Scribes zu gewährleisten, ist das System mit einem Tracking ausgerüstet, das sich entweder am Folienrand, Positionsmarken oder bereits vorhandenen Scribes ausrichtet.

4JET kooperiert bei der Entwicklung der neuen Anlagenplattform eng mit der COATEMA Coating Machinery GmbH, Dormagen (www.coatema.de), einem führenden Hersteller komplexer R2R-Anlagen.

Das 4Flex System ist entweder als Komplettanlage inkl. Folienhandling oder als OEM Version zur Integration in verkettete Folienbeschichtungsanlagen erhältlich. Der modulare Aufbau ermöglicht die Integration zusätzlicher Prozess- oder Inspektionsschritte.



Rolle zu Rolle Bearbeitung flexibler Folien – Lasertechnik von 4JET mit Handling von COATEMA

KURZmeldungen

Neuer ACCOUNT MANAGER *Solar*

4JET ergänzt das Vertriebsteam. Dr. Marco Lentjes ist neuer Account Manager für den Bereich Solar/Thin Films. Bei 4JET wird er insbesondere den Vertrieb von Lasersystemen für Anwendungen in der Photovoltaik-, Glas- und Elektronikindustrie weiter ausbauen. Lesen Sie Dr. Lentjes Beitrag über das Laserbohren von Solarglas auf den Seiten 4-5.

Neu von unseren Partnern

INNOLAS *präsentiert*

neue Variante der IMPALA*Serie*

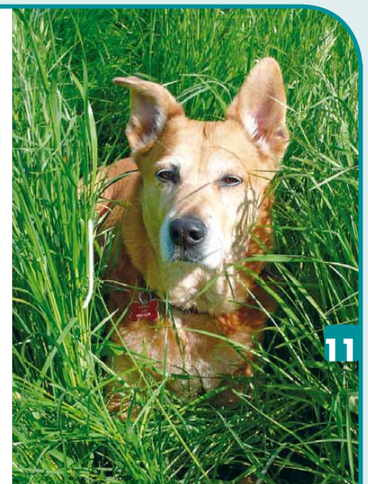
IMPALA System von InnoLas

Der 4JET Kooperationspartner INNOLAS Systems GmbH (Krailing bei München) ist führend in der Laserstrukturierung von glasbasierten Dünnschicht-Solarzellen.
Die in der industriellen Fertigung vielfach bewährte IMPALA-Serie wurde nun auch um eine weitere Variante erweitert, die die Substrate durch das Glas prozessiert: IMPALA TTG. IMPALA und IMPALA TTG sind für die Präzisionsbearbeitung von Solarmodulen bis zu einer Größe von 1200 x 1600 mm einsetzbar. Dank des modularen Aufbaus lassen sich die Systeme flexibel kombinieren und auf Kundenwünsche anpassen.
Eine breite Palette an Laserquellen, wie Nd:YAG-, Nd:Vanadat- oder Piko-Sekunden-Laser mit Wellenlängen von 350 - 1064 nm, unterstützt die Bearbeitung von unterschiedlichsten Dünnfilm-Technologien wie CIS/CIGS, CdTe oder aSi/µSi.
Leistungsfähige Antriebs-, Handling- und Vision-Konzepte stellen die erforderliche Präzision und einen hohen Durchsatz sicher: So sorgen beispielsweise Bildverarbeitungssysteme für die hochgenaue Ausrichtung der Substrate und kompensieren Unebenheiten im Glas automatisch.

@ www.innolas.de

5 Jahre 4JET - 5 Jahre „LAW & ORDER"

Eine ganz besondere Mitarbeiterin feiert im fünften Jahr 4JET auch ihr fünftes Jahr im Unternehmen. Husky-Chow-Hinterhof Mischlingsdame Pepper, mittlerweile stolze 12 Jahre alt, „wacht" täglich über Büros, Haus und Hof von 4JET. Nicht immer zur Freude der Kurierdienste oder der neuen Kollegen, die in ihr Revier stolpern, aber engagiert und zuverlässig. **Alles Gute, Pepper!**



Pepper in der Mittagspause

MORE THAN CLEAN

Formenreinigung mit Lasertechnik

4JET ist führender Anbieter von Lasersystemen zur Reinigung von Vulkanisierformen in der Reifenindustrie. Die Produktlinie wurde in den letzten Jahren weiterentwickelt, so dass heute eine breite Palette von Systemlösungen zur Verfügung steht.

Die Aufgabe

Reifenformen müssen regelmäßig – nach etwa 1000 - 3000 Reifen – von Produktionsrückständen befreit werden, um eine gleichbleibende Produktqualität und ein ansprechendes Erscheinungsbild sicherzustellen. Die heute in der Industrie eingesetzten Reinigungstechnologien reichen neben der Lasertechnik von verschiedenen Hochdruck-Strahlanlagen, über chemische Verfahren bis hin zur weit verbreiteten Trockeneis-Pelletreinigung.

Je nach Produkt und Losgröße in der Herstellung müssen die Stahl- und Aluminiumformen mitsamt ihren Seitenschalen dabei eingebaut in der Reifenpresse oder im ausgebauten Zustand gereinigt werden. Besondere Herausforderungen sind dabei die Reinigung der Profillamellen und der Entlüftungsöffnungen.

Einsatz von Lasern

Der Einsatz von Laseranlagen ist nicht neu. Die von 4JET angebotenen Anlagen werden heute in zahlreichen Produktionsstätten der Reifenindustrie in Europa, Asien und Nordamerika eingesetzt. Laser wurden dabei bisher überwiegend wegen der hohen Reinigungsqualität durch automatisierte Anlagentechnik und aufgrund der Möglichkeit, eingebaute Werkzeuge zu reinigen, eingesetzt.

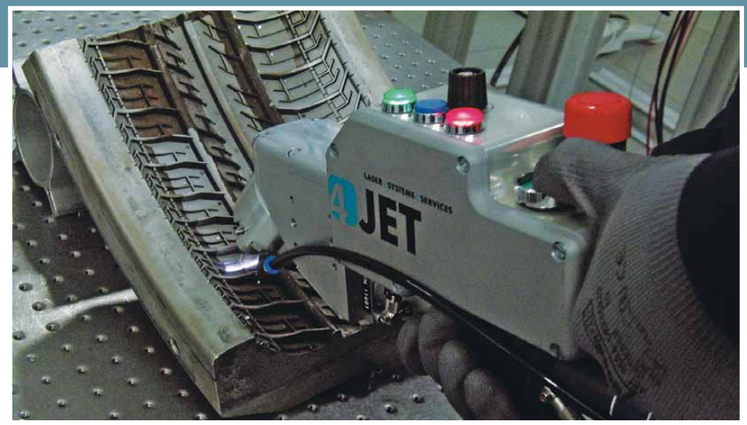
Aufgrund des zunehmenden Bewusstseins der Reifenindustrie für nachhaltige und ressourcenschonende Produktionsverfahren steigt die Nachfrage nach Lasersystemen weiter an. Im Gegensatz zu den weit verbreiteten Trockeneisanlagen generieren Lasersysteme nur einen Bruchteil der CO_2-Emissionen und verbrauchen deutlich weniger Energie.

Grundprinzip der Laserreinigung

Zur Reinigung eignen sich insbesondere gepulste Laser verschiedener Wellenlängen, so z.B. gütegeschaltete Festkörper- oder Faserlaser sowie CO_2-TEA Laser. Dabei erfordern kürzere Wellenlängen im Bereich von 1µm deutlich engere Prozessfenster und automatische Anlagen, um eine effektive und materialschonende Reinigung sicherzustellen.

Das gepulste Licht trifft mit Spitzenleistungen von bis zu einigen 10 Mio. Watt auf die verschmutzte Oberfläche. Die schlagartig eingebrachte Energie kann sich nicht ausbreiten und sprengt das zu entfernende Material in einem kleinen Bereich explosionsartig ab. Die Einwirkzone entspricht dabei der Größe des Laser-Strahlflecks auf der Oberfläche. Indem dieser Prozess vielfach pro Sekunde wiederholt wird und die einzelnen Strahlflecken aneinandergereiht werden, lässt sich eine Oberfläche Puls für Puls freilegen.

Laserreinigung in Aktion



Reinigung ausgebauter Reifenformen mit einem flexiblen Endstück

S-TMCS System zur automatisierten Reinigung ausgebauter Werkzeuge.

Das abgesprengte Material – in der Regel feiner Staub und Gas – wird lokal abgesaugt und einem Filter zugeführt. Das Laserlicht wird vom Trägerwerkstoff – beispielsweise einer Vulkanisierform aus Aluminium – in der kurzen Pulsdauer kaum absorbiert. Dadurch kommt es bei einer geeigneten Prozessführung zu keiner mechanischen, chemischen oder thermischen Beeinträchtigung des Trägermaterials.

Vorteile der Lasertechnik

Neben der materialschonenden Reinigung bestechen Laser durch ihre günstigen Betriebskosten. Die variablen Kosten für eine Formenreinigung liegen bei unter 3 EUR, während bei der Trockeneisreinigung Kosten von über 20 EUR für Druckluft und Eispellets anfallen. Dadurch amortisieren sich die höheren Investitionskosten für Laseranlagen in kurzer Zeit.

Anders als bei Trockeneis-Systemen erfordert die Reinigung ausgebauter Formen auch kein energieintensives und langwieriges Aufheizen der Werkzeuge.

Die automatisierten 5-achsigen Bearbeitungsköpfe der 4JET Anlagen ermöglichen weiterhin eine durchgehende Reinigung selbst komplexer Winterreifen-Profile.

Durch die lokale Absaugung werden Rückstände vollständig erfasst und können einer ordnungsgemäßen Entsorgung zugeführt werden.

Anlagentechnik

4JET bietet für die Laserreinigung von Reifenformen eine Reihe von Anlagenplattformen.

Für die automatische Reinigung eingebauter Formen eignen sich mobile TMCS Anlagen, mit denen PKW-Reifenformen bei Produktionstemperatur mit nur minimalen Rüstzeiten gereinigt werden können. Gerade bei hohen Stückzahlen wiederkehrender Produkte spart die in-situ Reinigung erhebliche Ausfallzeiten der Pressen und Formen ein.

Ausgebaute Formen lassen sich mit der S-TMCS Anlage vollautomatisch oder durch manuelle Systeme im zerlegten Zustand auch halbautomatisch reinigen.

Ein flexibles und kompaktes optisches Endstück ist für die Integration in andere Maschinenkonzepte oder Roboteranlagen geeignet.

Dipl.-Ing. (BA) Florian Schreiber war nach seinem Maschinenbaustudium für einen führenden Reifenhersteller und einem Lieferanten von Verbrauchsmaterial für die Reifenproduktion tätig. Seit Anfang 2010 verantwortet Herr Schreiber als Key Account Manager den Vertrieb der 4JET Anlagen in die internationale Reifenindustrie.

LASER*kennzeichnung* von Reifen

4JET liefert T-Mark Laseranlagen an weltweit führende Reifenhersteller. Die Anwendungen reichen dabei von der Kennzeichnung runderneuerter LKW Reifen über Erstausrüstungsreifen für PKW bis hin zu Spezialitäten wie Prototypen- oder Formel 1-Reifen. In seinem Gastbeitrag erläutert Ralf Fischer von Pirelli Deutschland die Einsatzgebiete der Lasersysteme.

Die Pirelli Deutschland GmbH im Odenwald ist ein führender Hersteller von UHP-Reifen. Als solcher sind wir Entwicklungspartner namhafter OEM in zahlreichen interessanten Projekten und liefern unseren Kunden eine Vielzahl unterschiedlicher Prototypreifen für die Fahrzeugentwicklung und –erprobung.

Insbesondere bei den oft noch nicht vollständig beschrifteten Prototypreifen ist eine zuverlässige Identifikation des Reifens im Erprobungszeitraum mittels Reifenkennzeichnung sicher zu stellen. Die Anforderungen an diese Kennzeichnung variieren von Kunde zu Kunde.

Entweder werden Spezifikationsbezeichnungen manuell eingraviert oder eingebrannt, es werden Barcodeetiketten und Aufkleber vor oder nach der Vulkanisation am Reifen angebracht oder spezielle Gummilabel, sogenannte Vulkanetten, speziell hergestellt und mit dem Reifen vulkanisiert.

All diesen Kennzeichnungsmethoden ist entweder ein hoher manueller Aufwand gemein oder sie laufen Gefahr – wie Barcodeetiketten und Aufkleber – während des Erprobungsprogrammes aufgrund der Testbedingungen oder Montagevorgänge unlesbar zu werden.

Um unseren Kunden eine zufriedenstellende Lösung anbieten zu können, welche gleichzeitig unsere Anforderungen an Qualität, Performance und Effizienz erfüllt, begannen wir mit der Erprobung unterschiedlicher Reifenbeschriftungssysteme. Alternative Konzepte wie RFID oder Bedrucken wurden aufgrund gravierender Nachteile frühzeitig zugunsten einer Beschriftung der Reifenseitenwand mittels Laser aufgegeben.
Mit diversen Partnern untersuchten wir unterschiedliche Anlagen- und Laserkonzepte, als Sieger aus diesem Vergleich ging die T-Mark Compact der 4JET hervor.

Aufgrund ihrer geringen Größe ist die T-Mark Compact sehr flexibel einsetzbar. Die Wellenlänge des CO_2-Lasers eignet sich hervorragend für Gummi, die Fokussiereinheit und verfügbaren Abtastmodi erzeugen bei korrekter Einstellung eine Beschriftung, welche der Seitenwand des Reifens keinerlei Schaden zufügt.
Zudem ist ein Beschriftungsvorgang je nach Kennzeichnung in fünf bis fünfzehn Sekunden durchgeführt, so dass bei niedrigem Energieverbrauch und Wartungsbedarf unsere Anforderungen an die Effizienz erfüllt sind.

Die Flexibilität im Einsatzort und die Möglichkeit zur freien Programmierung prädestinieren die T-Mark Compact über das avisierte Einsatzgebiet hinaus als Mittel der Wahl zur Erprobung weiterer Einsatzarten, welche die Zukunft bringen mag. Sei es die Kennzeichnung von Reifen mit Seriennummern, Oberflächenbehandlung zur Sensorapplikation oder Teilbeschriften der Reifenseitenwand.

Zusammengefasst liefern die T-Mark Compact und die Crew, welche sie betreut, eine Performance wie es unserem Verständnis von Höchstleistung entspricht.

Ralf Fischer leitet die Prozessentwicklung der Pirelli Deutschland GmbH.

Kontakt via XING www.xing.com

KLEBEVORBEREITUNG MIT LASERTECHNIK

Schaumdichtungen die haften

Zum Schutz gegen Feuchtigkeit, Schmutz und Staub werden statt der bisher üblichen O-Ringe oder Elastomerdichtungen zunehmend Schaumdichtungen eingesetzt.
Besonders vorteilhaft sind dabei Ein-Komponenten-PUR- Schäume, die mit Hilfe automatischer Dosiereinrichtungen appliziert werden können.

Diese Schäume härten bereits bei moderaten Temperaturen (90°C) schnell aus. Die Dichtungen können daher passgenau direkt auf dem Bauteil erzeugt werden. Dies kann sogar integriert in einer Montagelinie erfolgen.

Problematisch ist jedoch vielfach die Haftung der Schaumraupe auf dem Bauteil. Dies gilt besonders für Tiefziehbauteile, bei denen noch Reste von Ziehölen auf der Oberfläche haften oder auch für schlecht benetzbare Kunststoffoberflächen (z.B. POM).

Eine gute Haftung erfordert saubere, chemisch aktivierte Oberflächen. Dies kann durch Lösungsmittel und chemische Haftvermittler erreicht werden. Jedoch sind diese Prozesse in einer Montagelinie schwer zu integrieren und darüber hinaus umweltbelastend. Atmosphärendruck-Plasmaverfahren als Alternative sind langsam und haben sich in vielen Fällen als nicht prozesssicher erwiesen.

4JET hat ein schnelles, laserbasiertes Verfahren entwickelt, das komplexe Oberflächen aus unterschiedlichen Materialien für das Applizieren von Kleber und Schäumen vorbereitet.

Die vollautomatische Anlage, mit der unter anderem Gehäuse aus POM- Kunststoff und Stahlblech für das Beschäumen vorbereitet werden, erlaubt die Bearbeitung komplexer 3D Teile in einer Taktzeit von wenigen Sekunden. Im Wesentlichen besteht die Anlage aus einem gepulsten Laser mit Strahlformung, Scanner und den peripheren Komponenten zum Betrieb und zur Steuerung, sowie einer Absaugung. Der Scanner rastert punktförmig die gewünschte Bahn der Kleberaupe ab. Die Bahn der Raupe erstreckt sich sowohl über das Stahlblech, als auch über die POM–Oberfläche des Bauteiles. Sie wird in einem Arbeitsgang abgefahren.

Die Laserpulse bewirken lokal zum einen eine starke, schlagartige Erwärmung der Oberfläche und zum andern einen mikroskopisch kleinen Materialabtrag. Der Laser bewirkt somit das Verdampfen flüchtiger Stoffe, das Anrauen der Oberfläche und deren chemische Aktivierung.

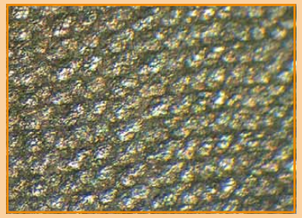
Durch diese Vorbehandlung erzielt man eine hervorragende Haftung der Schaumdichtung. Belastungstests zeigen einen Kohäsionsbruch der Dichtung und keinerlei Ablösung der Dichtungen von der Bauteiloberfläche.

Mit der Anlage lassen sich Klebevorbereitungen mit einer Flächenrate von über 10 cm^2/s erzielen.

Die Anlage ist für den 24 h/7 Tage Betrieb ausgelegt. Sie entspricht Laserklasse 1 und benötigt daher keine weiteren laserspezifische Sicherheitsmaßnahmen.

Linker Bildrand – Auf einer Metalloberfläche wird eine feine Struktur erzeugt, die die Haftung verbessert. Rechts das unbearbeitete Metall.

Drei verschiedene Rauigkeiten auf einem POM Gehäuse. Die Parameter lassen sich über die Software der Anlage einfach verändern.



Mikroskopaufnahme – Die feine Napfstruktur erhöht die Kontaktfläche des Bauteils

Der Autor Dr. Heinz Jetter hat nach Physikstudium und Promotion mehr als 30 Jahre Erfahrung in der Lasertechnik gesammelt. Nach Stationen beim BATELLE Institut, der Max-Planck-Gesellschaft, der SIEMENS AG und Rofin Sinar gründete er 1993 die JET Lasersysteme GmbH. Das Unternehmen arbeitet heute als Beratungsdienstleister für 4JET.

heinz.jetter@jetlaser.de

LASER | SYSTEME | SERVICES

4JET

4 JET | Konrad-Zuse-Straße 1 | D-52477 Alsdorf | **www.4jet.de**