

In der spektakulären LED-
Informationswand des Museum of
London schützen transparente Röhren aus
Polycarbonat die empfindlichen LED-
Leuchtmittel (Bild: curveLED)

LED-Lichttechnik im Trend

Polycarbonat. Ob als Spritzgussgranulat oder in Form von Massivplatten und Folien – maßgeschneiderte Polycarbonate und ihre Blends gewinnen als Werkstoffe für optische Komponenten von Lampen und Leuchten stark an Bedeutung. Grund ist der wachsende Einsatz der LED-Lichttechnik. Gefertigt werden aus ihnen unter anderem Diffusoren, Reflektoren, Lichtleiter, Fokussieroptiken, Gehäuseteile und Kühlkörper.

MARTIN DÖBLER U. A.

LED-Leuchtmittel finden in der Beleuchtung von Innenräumen und Gebäuden, öffentlichen Bereichen wie Straßen und Plätzen, im Automobilbau, in Werbung und Messebau (Titelbild) sowie der Display- und Anzeigentechnik zunehmende Verbreitung. Sie verbrauchen deutlich weniger Energie als Glühlampen und emittieren „kaltes“ Licht, sodass die Komponenten der Lampen und Leuchten thermisch nicht so stark belastet sind. Deshalb können bei ihrer Herstellung Materialien wie Metall

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU111167



Bild 1. Die speziell für LED-Anwendungen entwickelte Produktserie Makrolon LED zeichnet sich durch eine einzigartige Kombination von Eigenschaften aus (Bilder 1 bis 6: Bayer MaterialScience)

und Glas durch thermoplastische Kunststoffe substituiert werden. Aus verschiedenen Gründen bietet sich dazu im Falle optischer Bauteile in vielen Anwendungen Polycarbonat (PC) an. Dieser Werkstoff eröffnet gegenüber Metall und Glas große Freiheiten beim Bauteildesign, er ist leichtgewichtiger und kann – größere Stückzahlen vorausgesetzt – wirtschaftlich im Spritzgießverfahren verarbeitet werden. Verglichen mit anderen Kunststoffen bietet er eine einzigartige Kombination von hoher Transparenz, hoher Schlagzähigkeit, hoher Temperaturbeständigkeit bis 120 °C und einer inhärent hohen Flammwidrigkeit.

Produkte für transparente optische Bauteile

Wegen des Trends zu LED hat die Bayer MaterialScience AG, Leverkusen, eine neue Produktfamilie Makrolon LED für das Spritzgießen und die Extrusion von transparenten optischen Bauteilen wie Linsen, Lichtleitern, Reflektoren und Diffusoren entwickelt (Bild 1, Tabelle 1). Angeboten werden farblose, kristallklare und schwach bläulich eingefärbte Materialeinstellungen, die sich weiterhin in ihrer Viskosität und ihrer UV-Beständigkeit unterscheiden. Sie leiten weißes LED-Licht ohne große Verluste über 300 mm weit und sind – wie häufig von der Autoindustrie gefordert – bis fast 120 °C temperaturstabil. Einige dieser Materialien finden bereits in Serie Verwendung – so etwa bei der Herstellung von LED-Linsen für das Ablend- und Rücklicht und von Lichtleitern für das Tagfahrlicht in Pkw-Frontscheinwerfern (Bild 2). Ein weiteres Anwendungsbeispiel sind Lichtleiter in Pkw-



Bild 2. Im Automobilbau geht der Trend zu Hochleistungs-LEDs, die sowohl in Frontscheinwerfern als auch in Rück- und Bremsleuchten sowie im Fahrzeuginnenraum eingesetzt werden

Türverkleidungen für die Ambiente-Beleuchtung des Autoinnenraums.

Außerdem bietet Bayer MaterialScience Halbzeuge wie Folien aus Polycarbonat an, die ebenfalls als optische Bauelemente eingesetzt werden können. Darüber hinaus hat das Unternehmen Lösungen für die Kunststoffverarbeitung entwickelt, um Produktzykluszeiten, Gewährleistungsrisiken und Qualitätskosten zu reduzieren.

Gegenüber Polymethylmethacrylat (PMMA) hat Polycarbonat den Vorteil, dass es wärmeformbeständiger, flammwidriger, schlagzäher und bruchsicherer ist. Aufgrund seines hochwertigen mechanischen Eigenschaftsprofils bietet es außerdem mehr Möglichkeiten bei der Formgebung. Dank seines im Vergleich zu anderen transparenten Kunststoffen

größeren Brechungsindex können optische Bauteile dünner konstruiert werden. Zudem verfügt PC gegenüber PMMA über eine höhere Wärmeleitfähigkeit. Beides hat kürzere Kühlzeiten beim Spritzgießen zur Folge und ermöglicht eine wirtschaftlichere Fertigung.

Mehrschicht-Spritzgießen von LED-Linsen

Ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten von Bayer MaterialScience sind effektive Fertigungsmethoden für dickwandige LED-Linsen aus PC (Bild 3). Der Fokus liegt dabei auf so genannten LED-Kollimatoroptiken. Eine attraktive Anwendung könnten LED-Frontscheinwerfer für Fahrzeuge sein. Deren Linsensysteme bestehen derzeit standardmäßig noch aus →

	Typen für allgemeine Anwendungen				Typen für spezielle Anwendungen			
Produkt	Makrolon 2205/2207	Makrolon 2405/2407	Makrolon 2605/2607	Makrolon 2805/2807	Makrolon OD2015	Makrolon LED2045/LED2245**	Makrolon LED2445HC**	Makrolon AL2447 /2647
Farbcode	550115	550115	550115	550115	000000	000000	551056	550396
Farbe	kristallklar	kristallklar	kristallklar	kristallklar	nicht gefärbt	nicht gefärbt	Eisfarbe	kristallklar
MVR bei 300 °C [cm³/10 min]*	36	19	12	10	61	61/36	19	19/12
Transmission T _y (4 mm)*	87-88 %	87-88 %	87-88 %	87-88 %	90 %	90 %	89 %	88 %
Anwendung	allgemeine Anwendung	allgemeine Anwendung	allgemeine Anwendung	allgemeine Anwendung	optische Anwendungen, CD/DVD	Lichtleiter, Kollimatoroptiken	LED-Linsen	Scheinwerferlinsen
UV-geschützt	nein/ja	nein/ja	nein/ja	nein/ja	nein	nein	nein	ja

* typischer Wert, keine Spezifikation
 ** Verfügbarkeit hängt von der Region ab

Tabelle 1. Übersicht über die Eigenschaften der neuen Produktfamilie Makrolon LED

mehreren Komponenten. Ziel ist es, solche Linsen direkt inklusive Fixier- und Justierelementen aus PC zu fertigen, um Bauraum, Montageaufwand und Gewicht einzusparen.

Komplex geformte und dickwandige Linsen, wie sie für verschiedene optische Anwendungen benötigt werden, sind im Standard-Spritzgießen nicht mehr wirtschaftlich herstellbar. Hinzu kommt, dass die Kühlzeit quadratisch zur Wanddicke eines Bauteils ansteigt und sich mit zu-

geringere Verweilzeit der Schmelze im Zylinder trägt zur Verbesserung der Qualität der Linsen bei.

Präzise Simulation der Schmelzeabkühlung

Weiterhin wurde ein neuer Modellierungsansatz für die Simulation des Mehrschicht-Spritzgusses entwickelt (Bild 4). Voraussetzung dafür war, dass die Temperaturentwicklung im Linseninne-

rungsansatz gelingt es, die thermischen Prozesse in der Schmelze beim Abkühlen präzise zu simulieren und die Kühlzeiten quantitativ vorherzusagen. Basierend auf dieser Möglichkeit lässt sich die Wanddickenverteilung der Linsenschichten so optimieren, dass die Kühlzeiten minimiert sind. Damit ist ein wichtiger Schritt in Richtung einer wirtschaftlichen Großserienfertigung von dickwandigen LED-Linsen gelungen.

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts „Autolight“ arbeiten die Bayer MaterialScience AG, das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, die Hella KGaA Hueck & Co. und die Inolite GmbH daran, eine Prozesskette zur Produktion von Kunststoff-Freiformoptiken für den Einsatz in Kfz-Frontscheinwerfern aufzubauen.

Spritzgegossene Diffusoren

Über transparente optische Komponenten hinaus hat PC auch gute Einsatzchancen bei spritzgegossenen LED-Diffuso-

Bild 3. Auf minimale Zykluszeit optimierte Multilayer-Kollimatorlinse (links) sowie zugehöriger Vorspritzling, der komplett umspritzt wird (rechts)



nehmender Dicke auch das Schwindungspotenzial erhöht. Im Einschichtspritzgießen sind zum Teil lange Zykluszeiten von bis zu 15 min notwendig, um dimensionstreue und spannungsarme Bauteile in hoher optischer Qualität zu fertigen.

Bayer MaterialScience setzt deshalb auf das Mehrschicht- bzw. Multi-Layer-Spritzgießen, wobei ein Vorspritzling in einem zweiten Schritt komplett überspritzt wird. Dadurch ist eine deutliche Senkung der Gesamtkühlzeit und damit der Zykluszeit und der Produktionskosten möglich. Zugleich steigt die Qualität der optischen Bauteile, auch bei stärkeren Wanddickensprüngen. Das Schwindungspotenzial wird auf mehrere Schüsse verteilt, wobei Einfallstellen in einer Schicht beim nächsten Schuss ausgeglichen werden können.

Da Geometrie und Oberfläche des Vorspritzlings im Zweischichtverfahren nicht in optischer Qualität dargestellt werden müssen, ergibt sich weiteres Potenzial, um die Kühlzeit zu reduzieren. In Summe können bei PC bauteilabhängig Zykluszeitreduktionen von bis zu 45 % erreicht werden. Die Grenzflächen zwischen den Schichten lassen sich so gestalten, dass sie nicht die Qualität der Linsen beeinflussen. Dank geringerer Wanddicken der einzelnen Schichten lassen sich dünnere Anschnitte verwenden, die eine vereinfachte Trennung ermöglichen. Auch die

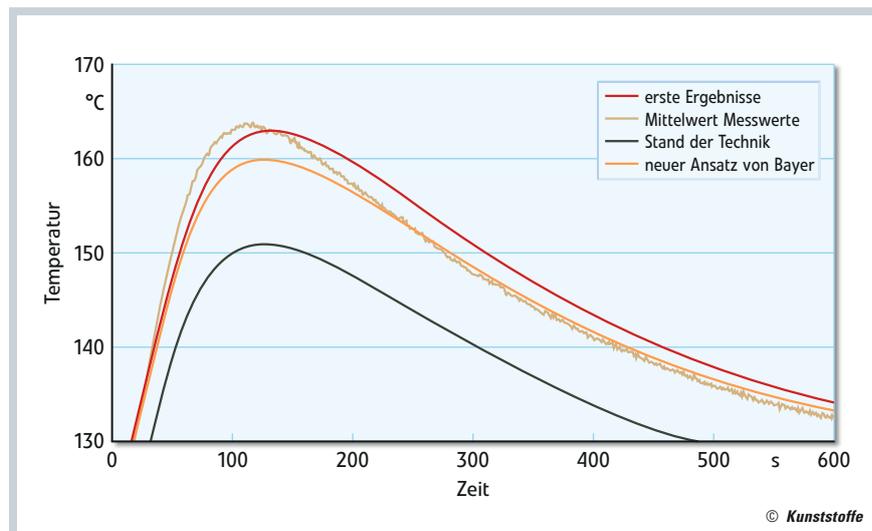


Bild 4. Die exzellente Validierung beweist, dass mit dem neuen Modellierungsansatz die thermischen Prozesse in der Schmelze während des Abkühlens im Werkzeug im Rahmen der Messgenauigkeiten präzise simuliert werden können

ren während der Abkühlphase dank einer neuen Messtechnik präzise verfolgt werden konnte. Mit dem Modellie-

ren. Diese wandeln das punktförmige LED-Licht in homogen flächig leuchtendes Licht um – etwa um Displays zu hinterleuchten oder damit Lampenlicht weniger blendet. Sie haben also die entgegengesetzte Wirkung von Linsen. Auskunft über die Stärke der Diffusion gibt der mit einem Goniophotometer messbare Halbwertwinkel nach DIN 58161. Er entspricht dem Lichtausfallwinkel, bei dem die Leuchtdichte auf die Hälfte der Leuchtintensität des geradeaus vom Diffusorbauteil durchgelassenen Lichts ab-

i Kontakt

Bayer MaterialScience AG
Fachpresse
D-51368 Leverkusen
TEL +49 214 30 25363
→ www.bayermaterialscience.com

gefallen ist. Je größer der Halbwertwinkel, desto stärker ist die Lichtdiffusion.

Ein Diffusoreffekt lässt sich mit PC auf zwei Wegen erzeugen. Zum einen kann es transluzent mit lichtstreuenden Farbpartikeln additiviert werden. Zum anderen erzeugen unregelmäßige, satinierte Strukturen auf der Bauteiloberfläche (Korngröße: ca. 10 µm) durch Refraktion eine Diffusorwirkung.

Zusätzlich bietet Bayer MaterialScience hoch reflektierende Weiß-Einstellungen an, die ohne zusätzlichen Metallisierungsschritt eine hohe diffuse Reflexion besitzen. Diese Produkte sind in der Produktfamilie Makrolon RW zusammengefasst (RW steht für „reflective white“). Diese Produkte erreichen eine diffuse Reflexion von bis zu 96 %.

Grundsätzlicher Vorzug von spritzgegossenen Diffusoren und diffus streuenden Reflektoren aus PC ist, dass sie oft als eine einteilige, kompaktere Alternative zu mehrteiligen Folien- und Linsensystemen ausgelegt werden können, was geringere Fertigungskosten mit sich bringt.

Reflektoren und Bezels

Aufgrund seiner sehr guten Oberflächenqualität eignet sich PC auch zur Herstellung von reflektierenden Bauteilen, etwa von metallisierten Reflektoren oder Bezels. Aufgrund seiner amorphen Struktur kann eine sehr hohe Oberflächenqualität erreicht werden, die teilkristallinen Werkstoffen überlegen ist. Hinzu kommt, dass je nach nötiger maximaler Einsatztemperatur des Bauteils maßgeschneiderte Produkte von Bayblend über Makrolon bis hin zum Apec Portfolio zum Spritzgießen zur Verfügung stehen.

Eine neue Materialentwicklung zielt auf Reflektoren mit metallisierter Oberfläche, die im Einsatz trotz extremer Temperaturwechsel dimensionsstabil bleiben müssen. Mittlerweile stehen Werkstofftypen zur Verfügung, die niedrigere lineare Wärmeausdehnungskoeffizienten (CLTE, Coefficient of Linear Thermal Expansion) besitzen. Mit ihnen sind verzugsarme Reflektoren herstellbar, die ständigen Temperatursprüngen zwischen 20 und 110°C gewachsen sind und exzellente Reflexionsgrade erreichen.

Umfassendes Programm an LED-Lösungen

LED-Kühlkörper: PC eignet sich auch für Anwendungen im Wärmemanagement von LEDs. So wurden thermisch besonders leitfähige Polycarbonate für



Bild 5. Diffusorplatten aus Polycarbonat finden auch in Backlight Units von LEDs Verwendung

Kühlkörper von LEDs maßgeschneidert. Sie sind eine Alternative zu Aluminium, weil sie mehr Formgebungsfreiheiten etwa bei der Gestaltung von komplexen Geometrien und Kühlrippen eröffnen und noch dazu Gewicht einsparen. Eine Nachbearbeitung der spritzgegossenen Kühlkörper ist im Gegensatz zu ihren Pendanten aus dem Leichtmetall nicht nötig. Ein Materialbeispiel ist das flammgeschützte PC Makrolon TC 8030. Es besitzt eine thermische Leitfähigkeit von 22 W/mK und erfüllt die Brandschutznorm UL 94 V0 bei 2 mm des US-Prüfinstituts Underwriters Laboratories (UL). Im Februar hat Bayer MaterialScience auf der Messe „Strategies in Light“ eine PAR30-LED-Ersatzlampe mit

klassischer Lampenfassung ausgestellt, die unter anderem mit einem Kühlkörper aus dem Material ausgestattet war.

LED-Lichtmanagement mit Diffusorplatten und Folien: Halbzeuge aus Polycarbonat haben in der LED-Lichttechnik ebenfalls große Anwendungschancen. Ein Beispiel sind massive Diffusorplatten (Bild 5). Sie sind vor allem dann das Material der Wahl, wenn das Lampen- oder Leuchtensystem sehr flach aufgebaut ist und robust sein muss. Für solche Anwendungen bieten sich die Diffusorplatten Makrolon DX warm an. Sie verwandeln das vergleichsweise kühle Licht von LEDs in angenehm warm erscheinendes Licht. Im Vergleich zu anderen Halbzeugmaterialien geben sie RGB-Licht von LEDs farbechter und in lebendigeren Farben wieder. Ihr Halbwertwinkel liegt bei 60° und ihre Transmission bei über 70 %. Daher sind mit ihnen Diffusorelemente sehr dünn auslegbar, was zu einem „schlanken“ Leuchten-Design beiträgt. Ein weiteres Produktbeispiel sind die Diffusorplatten Makrolon DX cool. Sie haben einen Halbwertwinkel von mehr als 70° und lassen LED-Licht kühl, strahlend und frisch erscheinen. Selbst im ausgeschalteten Zustand vermitteln diese Diffusorplatten mit ihrer klaren, eisblauen Farbe einen ästhetischen Eindruck, weshalb sie gut für dekorative LED-Lampen und -Leuchten geeignet sind. Mögliche LED-Anwendungen sind beispielsweise Lampen für den Innenbereich, Werbe- und Hinweisschilder.

Aus PC-Massivplatten können darüber hinaus exzellente diffuse Reflektoren gefertigt werden. In Entwicklung befindet sich die Produktfamilie Makrolon RX mit einem Reflexionsgrad >95 % (ASTM E 1331). Denkbare Anwendungen sind z. B. LED-Lichtboxen und -Boards.

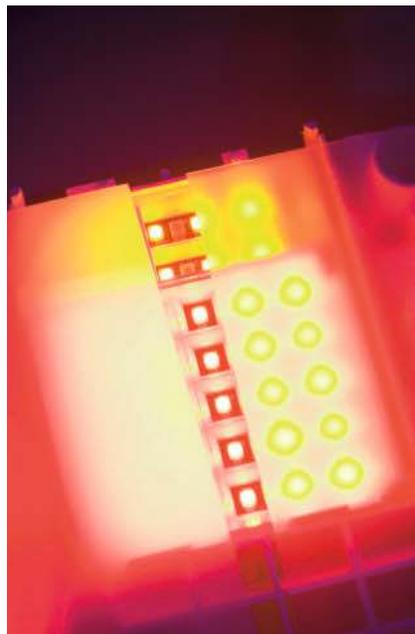


Bild 6. Die Diffusorfolie (links) wandelt das punktförmige Licht der LEDs in homogen flächiges Licht um (rechts); sie sind als Lichtquelle nicht mehr zu erkennen

Durch Coextrusion kann man den PC-Platten für den LED-Lichtmarkt zusätzliche Eigenschaften verleihen, z. B. eine matte Oberfläche oder besondere Beständigkeit gegen UV-Strahlung. Darüber hinaus besteht auch die Möglichkeit, die Oberfläche der Platten mit einem verschleißfesten und zugleich UV-beständigen glasähnlichen Schutz auszustatten. Das bietet einen verbesserten Widerstand gegen Kratzer und Abrieb und sorgt für lange Lebensdauer (10 Jahre Garantie auf Unzerbrechlichkeit und 5 Jahre Garantie auf Delamination und Witterungsbeständigkeit).

Makrolon-Platten für den LED-Lichtmarkt erfüllen die amerikanischen (UL94) sowie die meisten europäischen Flamm-schutznormen (EN13501-1, BS476-7, DIN 4102-2).

Ein raumsparender Aufbau von LED-Leuchten und -Lampen ist auch mit dünnen, verform- und bedruckbaren PC-Folien möglich. Sie können sowohl zur Homogenisierung (**Bild 6**) als auch zur Reflexion von LED-Licht dienen. Für beide Anwendungsfälle sind inzwischen zahlreiche Produkte aus dem Sortiment Makrofol LM (Light Management) erhältlich. Es deckt zum Beispiel in punkto Lichtdiffusion alle in der LED-Herstel-

lung üblichen Anforderungen ab. Ein besonders attraktives Einsatzfeld von Difusorfolien sind Backlight Units von flachen Monitoren wie etwa LCD-Bildschirmen. Beispiel einer für Leuchtenanwendungen konzipierten Reflektorfolie ist Makrofol LM 903. Das weiße, verformbare Halbzeug zeigt eine ungewöhnlich hohe Lichtreflexion von 97 % (ASTM E 1331). Weiterhin umfasst das Produktsortiment Spezialitäten wie etwa Makrofol LM 297, eine Folie mit einem fein aufgeprägten Linsenraster, die Licht lenkt. Diese Lenticularfolie (Linsenfolie) vereinigt die Lichtpunkte einzelner LEDs zu einem homogenen Lichtband. Mit Partnern der Lichtindustrie werden außerdem neue Folientypen für komplexe Aufgaben wie etwa Lichtauskopplungsfolien für OLED-Leuchten entwickelt. ■

DIE AUTOREN

DR. MARTIN DÖBLER, geb. 1968, ist Polycarbonat-Produktexperte für optische und medizinische Anwendungen bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

FLORIAN DORIN, geb. 1980, ist Experte für die Konstruktion und Simulation optischer Komponenten aus Polycarbonat bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

CHRISTOPH KLINKENBERG, geb. 1981, arbeitet in der Spritzguss-Prozessentwicklung für optische Bauteile und Automobilverschiebung aus PC bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

WOJCIECH CIEPLIK, geb. 1979, ist Global Business Development Manager für Polycarbonat-Platten in der LED Lichtindustrie bei der Bayer MaterialScience GmbH, Darmstadt.

DR. KLAUS REINARTZ, geb. 1959, ist globaler Leiter des LED-Programms von bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

JEAN MARCEL ESCH, geb. 1983, ist Senior Marketing Representative für Polycarbonat-Folien in der Lichtindustrie bei der Bayer MaterialScience AG, Leverkusen.

SUMMARY LED LIGHTING TECHNOLOGY IN VOGUE

POLYCARBONATE. Whether as injection molding pellets or in the form of solid sheets and films – customized polycarbonates and their blends are becoming very important materials for optical components of lighting equipment. The reason is the growing use of LED lighting technology. Products made from them include difusers, reflectors, fiber optics, focusing lenses, housings and heat sinks.

Read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on www.kunststoffe-international.com