

Organische Leuchtdioden

2 Effizienz mit Elektrolumineszenz

EUV-Lithographie

6 Fit für künftige Chip-Technologie

Schott Zukunft

9 Forschung mit Marktnähe

Kernfusion

10 Ein echtes Megaprojekt

Design

13 Glasklare Klänge

Werkstoffe

14 Gezielter Forschen im Verbund

Analyse und Messtechnik

16 Zuverlässigkeit sicher beurteilen

Indien

18 Wo Götter über Technik wachen

Unterhaltungselektronik

20 Stürmische Entwicklung hält an

Forensik

22 Heiße Spuren unter kaltem Licht

Beleuchtung

24 Gesteuerte Reflexion

Innenarchitektur

27 Leuchtende Akzente

Olympische Winterspiele 2002

28 Die Flamme aus dem Innern

Prisma

30 Kurzmeldungen aus dem Schott Konzern; Vorschau; Impressum

Effizienz mit

Dünn, flexibel, langlebig und energiesparend – diese Eigenschaften bieten hochwertige Beleuchtungselemente auf Basis organischer Leuchtdioden. Schott betreibt ein Forschungslabor, das die technologischen Grundlagen für großflächige Bauteile erarbeitet.

OLED

– „Organic Light Emitting Diodes“ – heißt das Zauberwort einer relativ jungen Technologie, die im Displaybereich bereits seit Jahren erforscht wird, jedoch im Bereich Beleuchtung bisher nur wenig Beachtung gefunden hat. Zur Zeit wird dieser Markt größtenteils von konventionellen Produkten wie Glühlampen und Leuchtstoffröhren dominiert. Halogenlampen setzt man für besonders helle Ausleuchtung und Neonröhren für Spezial- und Effektbeleuchtung ein. Insbesondere für farbige Beleuchtungen kommen anorganische Leuchtdioden zum Einsatz (LEDs). Diese bieten eine sehr hohe Effizienz und eine extrem lange Lebensdauer, sie sind jedoch in ihren Herstellungskosten noch teuer. Ihre Anwendbarkeit ist deshalb auf Spezialgebiete beschränkt, beispielsweise in Verkehrsampeln, wo deren Zuverlässigkeit entscheidendes Kriterium ist. Neuste Technologien zur Herstellung flächiger Beleuchtungselemente mit dünnen

organischen lichtemittierenden Schichten bieten einen interessanten Ansatz für neue Produkte. Bisher ist kein Unternehmen in diesem Marktsegment kommerziell tätig.

Vielversprechende Technologie

1979 entdeckte der Kodak-Wissenschaftler Chin Tang während seiner Arbeiten mit Solarzellen ein blaues Abstrahlen des verwendeten organi-

schen Materials. Acht Jahre später konnte er mit seinem Kollegen van Slyke erstmals Elektrolumineszenz an sehr dünnen organischen Multischichten bei niedrigen Einsatzspannungen von unter 10 Volt aufzeigen. Dies forcierte eine weltweite intensive Forschung, die 1990 zur Entdeckung der Elektrolumineszenz in Polymeren und innerhalb von zehn Jahren zu ersten Anwendungen führte. Insbesondere die Displayindustrie zeigt starkes Interesse an OLED, zumal bei dieser Technologie keine Reflexionen und Farbverfälschungen entstehen. OLED könnten laut Expertenmeinung künftig fast alle Anforderungen erfüllen, die an ein Display gestellt werden. Inzwischen arbeiten mehr als 100 Firmen intensiv an der Weiterentwicklung, von Giganten wie Sony und DuPont bis hin zu 35-Mann-Firmen wie Universal Display. „Was einem nicht mehr loslässt bei OLED ist das Gefühl, dass ein Display nicht nur funktional, sondern auch schön sein kann“, meint Les Polgar, Präsident von Eastman Kodak Co., Walnut Creek, California.

Projekt beleuchtet Potenzial

Die Forschungsarbeiten konzentrierten sich auf die für den Display-Bereich relevanten Schwerpunkte hochauflösend, schnell schaltend und vielfarbig, erscheinen jedoch grundsätzlich auch für groß-

flächige Anzeigen einsetzbar. Die attraktiven Eigenschaften der OLED-Technologie, wie sehr dünn und großflächig, leicht, flexibel, hohe

Helligkeit bei relativ niedrigem Energieverbrauch, weiter Blickwinkel, potenziell geringe Herstellkosten und Langlebigkeit versprechen eine innovative Produktpalette.

Schott hat gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft ein Projekt gestartet, das – mit staatlicher Förderung – die Grundlagen zur Herstellung flächiger dünner Strahlungsquellen auf der Basis von leitfähigen organischen lichtemittierenden Schichten mit Dicken im



Eines der ersten marktreifen Produkte mit OLED-Display: ein Autoradio von Pioneer.

Elektrolumineszenz



OLED-Displays

(Ein-)Leuchtende Vorteile:

- ▶ flexibel, insbesondere für Polymere
- ▶ leicht
- ▶ effizient/energiesparend
- ▶ großflächige Beleuchtung
- ▶ ideale Abstrahlcharakteristik (nahezu 180°)
- ▶ alle Farben herstellbar
- ▶ keine Farbverzerrung bei Blickwinkeländerung
- ▶ bei Bedarf transparent
- ▶ potenziell geringe Herstellkosten
- ▶ große Helligkeit
- ▶ Langlebigkeit

Nanometer-Bereich erforschen soll. Dabei werden unter anderem auch Materialien und Materialkombinationen mit dem Ziel hoher Effizienz und hoher Lebensdauer untersucht sowie eine Bewertung der Technologiebasis bezüglich der Umsetzbarkeit durchgeführt.

Durch die konsequente Umsetzung der in diesem Projekt erarbeiteten Forschungsergebnisse könnte die Technologie auch für traditionelle Beleuchtungsprodukte eingesetzt werden und neue Anwendungen ermöglichen. Das Marktvolumen kann somit durch OLED-Produkte nachhaltig erweitert werden. Dazu sind die einzelnen Prozessschritte allerdings noch intensiv zu erforschen,

um diese wesentlich zu verbessern und völlig neue Ansätze bereitzustellen. Mit den bisherigen technischen Lösungen ist das attraktive Marktpotenzial nicht zu erschließen. Das Schott Verbundprojekt ist auf drei Jahre ausgelegt und bildet die Basis für einen Businessplan und für die Entscheidung einer späteren Pilotfertigung.

Beschichtungstechnologie entscheidend

Die eindimensionale Kompaktheit der zu erforschenden Beleuchtungstechnologie stellt einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil gegenüber konventionellen Lösungen dar. Hierfür werden organi-

Bauteile von Schott, die die typischen OLED-Eigenschaften für Anzeigen und Beleuchtungssysteme verdeutlichen.

sche Schichten (Polymere) mit Dicken im Nanometer-Bereich großflächig auf Substrate aufgetragen. Beschichtungsverfahren mit denen dies möglich ist, nehmen deshalb eine Schlüsselposition ein. In diesem Prozessschritt sollen außerdem eine möglichst hohe Materialausbeute angestrebt und möglichst nur recycelbare Materialien verwendet werden.

Eine weitere Attraktivität der Anwendung von OLED-Materialien für Flächenbeleuchtungen ist die Möglichkeit, Bauteile mit hoher Leistungsfähigkeit herzustellen. Obwohl schon jetzt Effizienzen



Anlage zur Erforschung und Nutzung der neuen Technologie. Die Prozesse werden unter Reinraumbedingungen und in Inertgasatmosphäre durchgeführt.

erreicht werden, die diejenigen von Glühlampen übersteigen, sind Materialien mit verbessertem Wirkungsgrad noch intensiver zu erforschen. Bei Nutzung der OLED-Technologie erscheinen Energieeinsparungen von einem Faktor 3 gegenüber klassischen Beleuchtungselementen möglich.

Bei der Herstellung der organischen Materialien nehmen die deutschen Materialhersteller Covion und Bayer im internationalen Wettbewerb eine gute Position ein. Das bei Schott vorhandene Know-how und die für das Verbundprojekt relevanten Qualifikationen leiten sich aus breit gefächerten Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten ab. Es liegen umfangreiche Kenntnisse zu Substraten, Strukturierung und Reinigung sowie zu großflächigen Beschichtungsverfahren vor. Derzeit werden bei Schott anorganische Beschichtungen mit verschiedensten Techniken wie Tauchverfahren, Spincoating, Siebdruck, unterschiedlichsten PVD- und CVD-Verfahren aufgebracht. Basierend auf diesem Wissen wurden zahlreiche Produktentwicklungen auf den Gebieten

Beleuchtung und Photonics durchgeführt, was sich in steigenden Marktanteilen in diesen Bereichen niederschlägt. Umfangreiche Kenntnisse existieren ebenso zur Verkapselung und zu Test- und Analyseverfahren. Zur Verbreiterung der Technologie-Basis wurden in jüngster Zeit Mitarbeiter mit OLED-Know-how eingestellt, das Team soll weiter aufgestockt werden. Zur Durchführung der Entwicklung nutzt Schott ein Reinraumlabor auf dem Gelände der IBM in Hechtshelm, das die Herstellung großflächiger organischer Schichten unter Inertgasbedingungen erlaubt.

Verheißungsvolle Zukunft

Die Prognosen für den OLED-Displaybereich sind sehr vielversprechend, obwohl nur wenige Produkte auf dem Markt sind. Pioneer hat ein Kleindisplay für Autoradios versuchsweise auf dem Markt eingeführt und Motorola bietet in den USA Mobiltelefone mit OLED-Displays an, die von Pioneer hergestellt sind. Für das Jahr 2003 ist von Sony ein 15"-Display angekündigt. Trotzdem wer-

den für den auf OLED-basierenden „new display“-Bereich für das Jahr 2005 schon Umsatzzahlen von 5 Milliarden Dollar vorausgesagt (Quelle: Stanford Resources und Handelsblatt, 27.02.01).

Detaillierte Untersuchungen zum potenziellen OLED-Beleuchtungsmarkt liegen nicht vor. Das United States Display Consortium, San Jose/Kalifornien (USDC), hat Anfang 2001 das Thema Beleuchtung mit OLED erkannt und in deren OLED Road Map aufgenommen. Gespräche mit möglichen Kunden haben gezeigt, dass für den innovativen Ansatz ein großes Interesse vorhanden ist. Eine Erhöhung der Marktakzeptanz, so Projektleiter Dr. Klaus Bange (Schott), sei durch die weitere Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Reduzierung der Materialkosten für die organischen Substanzen und der Entwicklung materialsparender Beschichtungsverfahren absehbar. Unter diesen Annahmen wird das Marktvolumen für den Sektor Beleuchtung mit OLEDs für das Jahr 2005 mit einigen 100 Millionen Euro abgeschätzt ■

Kompetente Partner

Die Erforschung und Nutzung der OLED-Technologie ist hoch komplex und benötigt Partner mit sehr unterschiedlichen Fähigkeiten. In das Verbundprojekt sind Firmen und Universitäten mit sich ergänzenden Qualifikationen und Know-how eingebunden:

Schott: Dünnglas-Substrat- sowie Beleuchtungs-Know-how, großflächige Beschichtungsverfahren, Analytik, Messtechnik

Universität Potsdam: elektrooptische Eigenschaften konjugierter Polymere, polarisierte Elektrolumineszenz

LMU München: organische π -konjugierte Materialien für die Photonik, OLEDs mit vernetzten Lochinjektions- und Lochtransportschichten

Max-Planck-Institut für Polymerforschung: Aufbau ultradünner organischer und polymerer Filme mit kontrollierter supramolekularer Architektur, Entwicklung linear-, nicht-linear- und integriert-optischer Techniken

TU Braunschweig: organische Halbleiter, OLEDs auf Basis niedermolekularer Verbindungen

Bayer AG, Leverkusen: „Baytron P“ als leitfähiges Polymer für die Lochinjektion, Lochleiter und Emitter auf Basis niedermolekularer Verbindungen

Covion Organic Semiconductors GmbH, Frankfurt: weltweit einzige Anlage zur Herstellung und Formulierung organischer Halbleiter für Displayanwendungen.



Für die Bauteilherstellung werden die Lösungen (oben) durch Spincoaten auf Glassubstrate aufgebracht (rechts). Die so abgeschiedenen Filme haben Dicken im Nanometer-Bereich.

Aufbau einer OLED

Leuchtende Polymere



Eine OLED besteht aus einem Substrat, einer transparenten Elektrode, einer oder mehreren dünnen organischen Schichten und einer Gegenelektrode.

Dieser Aufbau wird durch eine zusätzliche Verkapselung geschützt, da sowohl die organischen Schichten, wie auch einige der Elektrodenmaterialien sehr empfindlich auf Oxidation durch Sauerstoff oder Feuchtigkeit reagieren. Das Substrat ist in der Regel ein Glassubstrat, aber auch Plastikfolien oder Glas/Plastiklamine sind denkbar. Wichtig ist auch hier eine gute Diffusionsbarriere gegen Sauerstoff und Feuchtigkeit. Die transparente Anode besteht aus ITO (Indium-Zinn-Oxid) oder aus verwandten oxidischen Verbindungen.

Die prinzipielle Funktionsweise einer OLED beruht ähnlich wie die der anorganischen LED auf Injektionselektrolumineszenz.

Die vier wesentlichen elementaren Prozesse innerhalb einer OLED

sind: die Injektion und der Transport von Elektronen und Löchern, die Elektron-Loch-Paarbildung und die strahlende Rekombination der Ladungsträger. Bei ausreichend hoher Spannung zwischen den Elektroden werden Ladungsträger in die organische Schicht injiziert. Auf Grund des elektrischen Feldes bewegen sich die injizierten Ladungsträger zur jeweils gegenüberliegenden Elektrode. Treffen Elektronen und Löcher aufeinander, so kann sich ein Elektron-Loch-Paar (Exziton) bilden, welches strahlend zerfallen kann. Das Emissionsspektrum und damit die Farbe wird von der Energie des Exzitons und somit von dem verwendeten organischen Material bestimmt. Die Ausdehnung und Lage der Rekombinationszone hängt von den Beweglichkeiten, den Diffusionslängen und den energetischen Verhältnissen, wie zum Beispiel internen Barrieren ab. Für hocheffiziente OLEDs müssen die oben genannten Prozesse optimiert und aufeinander abgestimmt werden. ■

