

Organisch flach

Plasma und Flüssigkristalle dominieren derzeit den Markt der Flachbildschirme. Doch organische Leuchtdioden (OLEDs) setzen zum Sprung in diesen Massenmarkt an. Sie locken mit günstigeren Herstellungsverfahren, einem flacheren Aufbau und deutlich verringertem



Der Prototyp eines Flachbildschirms aus organischen Leuchtdioden. (Foto: Philips)

Energieverbrauch. Forscher von Philips in Eindhoven stellten kürzlich einen 13-Zoll-TV-Prototypen auf der Basis ihrer PolyLED-Technologie vor, der mit einer Auflösung von 576×324 Bildpunkten im Vergleich zu LC-Displays eine 1000fach schnellere Reaktionszeit von rund 20 Nanosekunden und einen extrem weiten Betrachtungswinkel von 179° bietet.

Die halbleitenden, organischen Moleküle werden mithilfe eines Druckprozesses wie mit einem Tintenstrahldrucker auf eine Transistorfläche zur Ansteuerung der einzelnen Bildpunkte deponiert. Für die roten, grünen und blauen Pixel (RGB) verwenden die Philips-Forscher Poly(p-phenylenevinylene) und Polyfluorene. Da diese selbst stark genug leuchten (Maximum 300 Candela/m^2), erübrigt sich im Unterschied zu einem LCD-Bildschirm eine Strom schluckende Hintergrundbeleuchtung. Nun gilt es, die Lebensdauer vor allem der blauen Pixel auf rund 10000 Stunden zu erhöhen. Zudem wollen die Philips-Forscher Diagonalen von bis zu 30 Zoll mit einer Auflösung von 1365×768 Bildpunkten erreichen. Mit ersten Produkten rechnen sie in fünf Jahren.

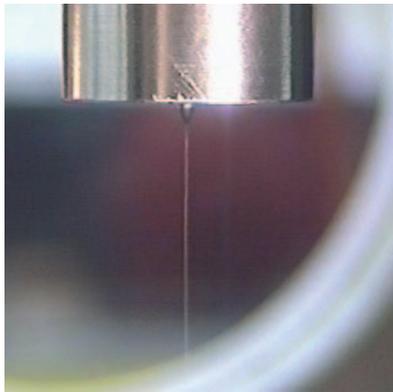
Auch die Firmen Seiko Epson in Japan und Samsung in Korea setzen auf OLED für die Flachfernseher der nahen Zukunft. Ein 40-Zoll-Prototyp von Epson, der aus zwei 20-Zoll-Modulen besteht und eine Auflösung von 1280×768 Pixeln hat, soll bereits 2007 erhältlich sein.

Der OLED-Monitor von Samsung erreicht dagegen eine deutlich höhere Auflösung von 1600×1200 Bildpunkten, jedoch nur bei einer 17-Zoll-Diagonalen. Samsung setzt auf eine andere Deponiertechnik für die Licht emittierenden Moleküle und sprüht diese hintereinander durch eine strukturierte Lochmaske auf die Trägerschicht.

EUV mit flüssigem Xenon

Extrem ultraviolettes Licht (EUV) mit 13 Nanometer Wellenlänge gilt derzeit als hoffnungsvollster Kandidat für die Lithographie der Zukunft. Derzeit erreichen Intel, IBM, Infineon und Co. mithilfe der optischen Lithografie mit UV-Licht (193 nm) Transistorstrukturen von rund 90 Nanometern, doch diese Technologie wird mit einem letzten Entwicklungsschritt über 157-nm-Lichtquellen schon in etwa vier bis fünf Jahren an ihre Grenze stoßen. Doch bevor EUV-Licht über komplexe Spiegelsysteme auf spezielle Masken fokussiert feine Schaltkreise unter der 50-Nanometerschwelle auf die Siliziumrohlinge bannt, muss noch eine intensive EUV-Quelle entwickelt werden.

Die Lösung sehen die Forscher der Firma Microliquids, einer Ausgründung der Göttinger Max-Planck-Institute für Strömungs-



Ein feiner Strahl aus flüssigem Xenon könnte, mit Laserlicht bestrahlt, als Quelle für extremes UV-Licht dienen. (Foto: Microliquids)

forschung und Biophysikalische Chemie, in einem kontinuierlichen Strahl aus flüssigem Xenon. Mit bis zu 30 bar pressen sie das Edelgas durch eine Mikrometer feine Düse und erhalten einen 20 bis 40 Mikrometer feinen Jet. Auf diesen richten die Wissenschaftler um Tim Spangenberg das fokussierte Licht eines Nd:YAG-Lasers (532 nm). Dadurch

erzeugen sie lokal eng begrenzt ein rund 220000 Kelvin heißes Plasma, das durch strahlende Übergänge des bis zu zehnfach ionisierten Xenons EUV-Licht mit 13,5 Nanometer Wellenlänge aussendet. Zur Leistung ihrer Quelle wollen sich die Forscher nicht äußern.

In verfügbaren EUV-Quellen der Firmen AIXUV (Aachen) und XTREME technologies (Göttingen) wird bisher ein leuchtendes Xenon-Plasma über eine mit mehreren Kilovolt Hochspannung betriebene Gasentladung erzeugt. Das Problem bei diesen Quellen liegt jedoch in der Lebensdauer der Elektroden, die der Hitzebelastung durch das Plasma nur mit extremen Kühlaufwand standhalten. Ein mit Lasern angeregter Xenonstrahl ermöglicht dagegen größere Abstände zwischen heißem Plasma und hitzeempfindlichen Bauteilen. Daher arbeitet neben Microliquids auch XTREME an einer Laser-EUV-Quelle, die mit einem 500-Watt-Laser und bei einer Pulsfrequenz von 10 Kilohertz bisher zwei Watt EUV-Lichtleistung erzielt hat.

Für einen Belichtungsdurchsatz von 300 Wafer-Rohlingen pro Stunde verlangt die Chipindustrie jedoch einen fokussierten EUV-Strahl mit 115 Watt Leistung. Davon sind sowohl Gasentladung also auch Laser-Systeme noch weit entfernt.

Leuchten mit Nanoröhrchen

Strahlendes Licht aus Nanoröhrchen für den Niedervoltbereich – an dieser Zukunftsvision arbeiten chinesische Physiker, die den klassischen Wolframdraht in Glühbirnen durch ein ganzes Bündel der winzigen Hohlkörper aus Kohlenstoff ersetzt haben. Bei knapp 20 Volt liefern diese Nanoleuchten etwa fünfmal helleres Licht als konventionelle Birnen (250 bzw. 1300 Lux).^{*)}

Für ihre ersten Prototypen ließen Jinquan Wei und seine Kollegen von der Tsinghua Universität in Beijing aus einer Ethylen haltigen Dampfphase bis zu 20 Zentimeter lange Bündel aus ein- und doppelwandigen Kohlenstoffröhrchen wachsen. Kürzere Stücke davon knüpften sie an Silberelektroden und schlossen diesen Glühdraht in einem evakuierten Glaskolben bei rund 10^{-10} bar ein. Zusätzlich zu der höheren Leuchtstärke im Vergleich zum klassischen Wolframdraht emittieren die aufgeheizten Nanoröhrchen schon

*) Jinquan Wei et al., Appl. Phys. Lett. 84, 4869 (2004)

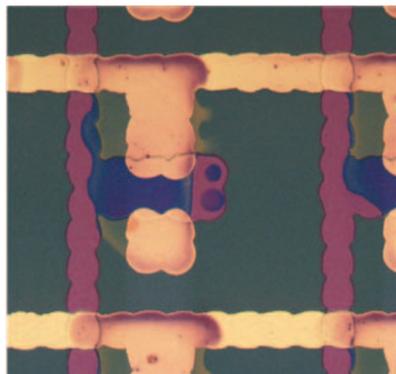
bei drei statt sechs Volt erste Photonen. Bei maximal 36 Volt und 40 Watt erreicht der Kohlenstoff-Glühdraht Temperaturen bis 1560 Kelvin. Neben der Schwarzkörperstrahlung mit einem Leuchtspektrum gemäß dem Wienschen Verschiebungsgesetz beobachteten die Physiker drei weitere Wellenlängen im sichtbaren Bereich (407, 417, 655 Nanometer). Diese Emission basiert auf Elektrolumineszenz, d. h. im Kohlenstoff angeregte Elektronen erzeugen bei einem strahlenden Übergang Photonen mit diskreten Energiewerten.

In einem Praxistest ließ sich die Nanoröhrchen-Birne bis zu 5000-mal ein- und ausschalten. Auch die Lebensdauer von 360 Stunden bei 25 Volt überzeugte die Forscher davon, dass diese Nanotechnologie durchaus bis zu Marktreife getrieben werden könnte. Dabei käme der Leuchte der durch eine Massenproduktion mögliche geringe Preis von Nanoröhrchen von bis zum einem Euro pro Gramm zugute. Schon in fünf Jahren rechnen Wei und Kollegen mit einem ersten leuchtenden Produkt. Neben der einfachen Glühbirne glauben die Forscher aber auch an eine andere Low-Tech-Anwendung aus ihren Nanoröhrchen: Zwischen 750 und 1500 Grad schwankte der elektrische Widerstand der Röhrchen nur unwesentlich. Genau diese Eigenschaft wäre für Hochtemperatur-Widerstände ausgesprochen nützlich.

Halbleitertinte für Plastiktransistoren

Komplexe Schaltkreise setzen sich aus halbleitenden, leitenden und dielektrischen Materialien zusammen. Während die bis zu 90 Nanometer feinen Strukturen gewöhnlich lithographisch strukturiert, chemisch geätzt und in hauchdünnen Schichten aufgedampft werden, wollen Forscher des Elektronikonzerns Xerox alle drei Komponenten auf eine Oberfläche schlicht aufdrucken. Das Team um Beng Ong am Kanadischen Forschungszentrum der Firma entwickelte dazu spezielle Tinten, die sich selbst bei Raumtemperatur und ohne aufwändige Produktionslinien unter Vakuum oder Schutzgasatmosphäre verarbeiten lassen. Diese Technologie könnte sowohl großformatige und flexible Transistorflächen für rollbare Displays als auch kleine Funkchips (RFID-tags) ermöglichen – und das sehr kostengünstig.

Während sich leitende Metallpartikel und dielektrische Kunststoffe – nanodispersiert in geeigneten Flüssigkeiten – bereits recht gut in einem Tintenstrahldruckverfahren verwenden lassen, verlangt eine Halbleitertinte mehr Erfindungsreichtum. Doch mit Nanopartikeln auf der Basis von Polythiophanen will Ong das Problem gelöst haben. Diese Materialklasse organischer Halbleiter, die zuerst für smektische Flüssigkristalle in Flachbildschirmen verwendet wurde, ist der Schlüssel zu der neuen Halbleitertinte. Homogen verteilt in einer



Der Prototyp eines Schaltkreises, bei dem alle Strukturen mit einem Tintenstrahlverfahren gedruckt wurden. (Foto: Xerox)

druckbaren Flüssigkeit lagern sich diese Moleküle über Selbstorganisation zu größeren Konglomeraten zusammen. Dadurch zeigen sie sich widerstandsfähig gegen eine Reaktion mit dem Sauerstoff der Luft.

Basierend auf diesen Materialien bedruckten Forscher des Xerox Forschungszentrums in Palo Alto bereits erste flexible Trägerschichten, die als Transistorflächen für Flachbildschirme dienen sollen. Mit 128×128 Bildpunkten erreichten sie eine Auflösung von 75 Pixel pro Zoll und halten damit den Rekord für Displays, die mit einem Tintenstrahlverfahren hergestellt wurden. Doch können diese gedruckten Schaltkreise in ihrer über 100fach größeren Anordnung und der bescheidenen Ladungsträgbeweglichkeit ($0,1 \text{ cm}^{-2}/\text{Vs}$) nicht mit der hohen Transistordichte und der Schnelligkeit heutiger Computerchips konkurrieren. Aber die flexiblen Plastikchips lassen sich erheblich preiswerter und in weitaus größeren Formaten herstellen als jedes Schaltkreis-Areal aus photolithographisch strukturiertem Silizium.

JAN OLIVER LÖFKEN