

■ Vorbild Spinne

Ein bionischer Ansatz ermöglicht photonisch erzeugte, weitgehend blickwinkelunabhängige Farben.

Egal ob Kleidung, Kosmetika oder Verpackungen – Farben erfordern Pigmente. Ihre industrielle Nutzung ist hoch entwickelt, doch trotz aller Fortschritte bleichen Pigmentfarben allmählich aus und belasten die Umwelt. Daher denken verschiedene Forschergruppen über Alternativen nach, die auf strukturierten



Tom Patterson

Die Haarstruktur der blauen Vogelspinne diente den Forschern als Vorbild für eine intensive, blickwinkelunabhängige Färbung.

Oberflächen beruhen, um Farben zu erzeugen. Zwar ist prinzipiell bekannt, wie das funktioniert, aber im industriellen Maßstab scheitert eine Umsetzung vor allem an den bislang begrenzten Blickwinkeln. Anders formuliert: Strukturell erzeugte Farben irisieren stark.

Wissenschaftler der University of Akron, Ohio, haben nun gemeinsam mit Kollegen des Karlsruher Instituts für Technologie, der University of Nebraska-Lincoln und der belgischen Universität Gent die blaue Vogelspinne als Vorbild genommen.¹⁾ Die Haare dieser Spinne besitzen regelmäßige Nanostrukturen, ihre Farbe irisiert aber trotzdem nicht. Der Grund ist wohl die hierarchische Strukturierung der Haare. Die Forscher haben dieses Prinzip nun quasi per „Reverse Engineering“ auf eine künstliche Struktur übertragen. Modelle dieser Struktur haben sie mit einem Nano-3D-Drucker hergestellt und optimiert. Das Ergebnis ist eine blumenartige Struktur, die innerhalb eines Blickwinkels von 160° die gleiche Farbe erzeugt. Das dürfte der größte Winkel sein, der bislang

bei künstlich hergestellten strukturellen Farben erreicht wurde.

Zwar eignet sich der Nano-3D-Druck nicht für eine wirtschaftliche Massenproduktion, doch sind die Wissenschaftler optimistisch, dass andere aufkommende Verfahren der Nanofertigung künftig eine skalierbare, und damit wirtschaftliche, Herstellung für photonischen Farben ermöglichen.

■ Gedruckte Magnete

Durch ein neues Herstellungsverfahren lassen sich komplexe Magnetfeldgeometrien erzeugen.

Konventionelle Permanentmagnete entstehen heutzutage durch Sintern oder Spritzguss. Diese Verfahren begrenzen jedoch die möglichen Formen und Verläufe des Magnetfelds. Wissenschaftler der TU Wien haben nun gemeinsam mit der Magnetfabrik Bonn und der österreichischen Montan-Universität Leoben ein 3D-Druckverfahren entwickelt, mit dem sich diese Beschränkungen überwinden lassen.²⁾

Als Ausgangsmaterial diente ein kommerziell erhältlicher Verbundwerkstoff aus NdFeB-Körnern mit einer uniaxialen magnetischen Anisotropie, die in eine Matrix aus Polyamid eingebettet sind. Dieses Compound verarbeiteten die Forscher mittels Extrusion zu einer Endlosfaser mit einem Durchmesser von 1,75 mm. Diese war Ausgangsmaterial für einen kommerziellen 3D-Drucker, wie er beim Rapid Prototyping Anwendung findet: Dabei wird das Material zunächst geschmolzen, der Magnet entsteht dann Schicht für Schicht. Anschließend erfolgt die permanente Magnetisierung in einem äußeren Feld mit 4 Tesla.



Vorverarbeitetes magnetisches Material für den 3D-Druck der Magnete

Die Wissenschaftler haben mit dem Verfahren einen Magneten angefertigt und charakterisiert, der $7 \times 5 \times 5,5 \text{ mm}^3$ groß ist und aus 0,1 mm dünnen Schichten entstand. Seine Feldgeometrie war so gewählt, dass sie derjenigen von Magneten entspricht, die in Lenkwinkelsensoren in der Automobilindustrie gängig sind. Dabei ging es aber nur um die Machbarkeit, weil Lenkwinkelsensoren ein Massenmarkt sind, bei dem der 3D-Druck nicht mit dem etablierten Herstellungsverfahren konkurrieren kann. Viel interessanter sind beispielsweise gedruckte Magnete, die lokal aus unterschiedlichen Polymermatrixmaterialien und unterschiedlichen Magnetpulvern zusammengesetzt sind. So würden sich Magnetfelder mit maßgeschneiderten Profilen und Eigenschaften fertigen lassen.

■ Textile Energiequelle

Ein smarter Stoff besteht aus faserförmigen Solarzellen, Superkondensatoren und triboelektrischen Generatoren.

Wearable Electronics gilt als Zukunftsmarkt, auch wenn es noch viele technische Probleme zu lösen gibt. Wissenschaftler des US-amerikanischen Georgia Institute of Technology und des chinesischen Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems haben nun gemeinsam einen pfiffigen Demonstrator entwickelt, der nicht nur Energie aus der Umgebung erntet, sondern auch speichert. Mehr noch: Alle Einzelkomponenten sind als Fasern ausgeführt, sodass sich aus ihnen flächige Textilien fertigen lassen.³⁾

Als Energieernter dienen bei dem Labormuster Farbstoffsolarzellen, die das Umgebungslicht in elektrische Energie umwandeln, sowie triboelektrische Generatoren, die durch Kontakt und Trennung zweier Materialien die mechanische Energie der Körperbewegung in elektrische umwandeln. Superkondensatoren speichern diese Energie. Ein Solarzellen-Element ist zehn Zentimeter lang und enthält in seinem Innern zwei fadenförmige

1) B.-K. Hsiung et al., Adv. Optical Mater. 2016, doi:10.1002/adom.201600599

2) C. Huber et al., Appl. Phys. Lett. 109, 162401 (2016)

3) Z. Wen et al., Sci. Adv. 2016, doi:10.1126/sciadv.1600097



Eine Testperson trägt das Hightech-Gewebe, das Energie ernten und speichern kann.

Elektroden. Sie stecken gemeinsam mit dem Elektrolyt in einer kupferbeschichteten Polymerröhre. Der Wirkungsgrad der Einheit liegt bei 5,5 Prozent. Die Superkondensator-Elemente sind zehn Zentimeter lang. Ihre fadenförmigen Elektroden stecken zusammen mit einem Elektrolyt ebenfalls in einer kupferbeschichteten Polymerröhre, die zusätzlich mit einem weiteren Polymer bedeckt ist. Das Superkondensator-Element erreicht eine spezifische Kapazität von 1,9 mF/cm.

Das Gesamtsystem besteht aus zwei textilen Strukturen: Die miteinander verwobenen faserförmigen Solarzellen bilden die obere – der Umgebung zugewandte – Schicht, die miteinander verwobenen faserförmigen Superkondensatoren die untere Schicht. Zwischen beiden Schichten tritt der triboelektrische Effekt auf, weil sich ihr gegenseitiger Abstand bei Bewegungen des Trägers ständig verändert. Die Stromstärke des Generators erreicht bis zu $0,9 \mu\text{A}$. Das Hightech-Gewebe hat bereits Knick- und Biegetests durchlaufen, ohne dass die Kenndaten sich verschlechterten.

■ Sparsamere Datenbrillen

Durch geschickte Ansteuerung verbraucht ein Video-Mikrodisplay deutlich weniger Energie.

Datenbrillen haben eine wechselvolle Vergangenheit, nicht zuletzt durch die Diskussionen über die Privatsphäre bei Google Glass. Jenseits des Consumer-Bereichs spielen sie jedoch eine zunehmend wichtige Rolle, weil sie unter anderem neue Wartungskonzepte

ermöglichen. In der Anwendung zeigt sich aber, dass die ersten kommerziellen Datenbrillen noch nicht optimal sind. Ein Beispiel ist das Mikrodisplay, mit dem der Träger der Brille Videoinformationen angezeigt bekommt: Das Bild wird 60-mal pro Sekunde zeilenweise komplett neu geschrieben. Das hat einen relativ hohen Stromverbrauch zur Folge und verkürzt die Lebensdauer der Knopfzellen im Brillengestell deutlich. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden haben daher ein Mikrodisplay inklusive Ansteuerung entwickelt, das deutlich weniger elektrische Leistung aufnimmt.

Bei ihm handelt es sich um einen Demonstrator, der die Anzeige eines Fitnessarmbands wiedergibt. Als Licht emittierende Pixel dienen organische Leuchtdioden. Allerdings aktualisiert die Elektronik nur noch die Pixel, die sich in der



Dieses Mikrodisplay aus Dresden hat nur einen geringen Energieverbrauch.

Videsequenz von Bild zu Bild tatsächlich verändern. Die restlichen Pixel bleiben gleich. Dies erfordert einerseits, dass die Pixel tatsächlich individuell ansteuerbar sind, und andererseits, dass jene Pixel mit statischen Bildinformationen ihren Inhalt nicht verlieren, sonst würden sie aufhören zu leuchten. Die Ansteuerung kann so – abhängig von der Anwendung – eine Leistungsaufnahme erreichen, die um ein bis zwei Größenordnungen geringer ausfällt als bei einer konventionellen. Der vorliegende Demonstrator hat 304×256 Pixel, eine Bilddiagonale von 0,2 Zoll und verbraucht nur 3 mW. Die Forscher befinden sich bereits in Gesprächen mit ersten Unternehmen.

Michael Vogel