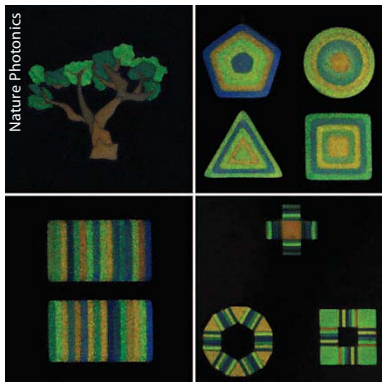


■ Farben à la Schmetterling

Mit einem neuen Materialsystem lassen sich Strukturfarben erzeugen.

Die Flügel von Schmetterlingen und manchen Käfern sind wegen ihrer periodischen Strukturen, an denen es zu Beugungsinterferenzen kommt, farbig. Solche Strukturfarben schillern auffällig und lassen



Die Farbmuster sind durch Interferenz an periodischen Strukturen entstanden.

sich mit Farbstoffen oder Pigmenten nicht erzeugen; außerdem bleichen sie unter UV-Licht nicht aus. Kein Wunder, dass es immer wieder Versuche gibt, Strukturfarben künstlich herzustellen. Bisherige Verfahren sind aber langwierig, teuer und lassen sich nur schlecht auf eine Massenfertigung übertragen. Wissenschaftler von der Seoul National University haben nun zusammen mit Kollegen der University of California Riverside ein neues Verfahren entwickelt, das diese Nachteile nicht hat.¹⁾

Dazu nutzen die Forscher ein dreiphasiges Materialsystem, das aus superparamagnetischen kolloidalen Nanokristall-Clustern (CNCs), Ethanol als Lösungsmittel und einem unter UV-Licht aushärtendem Kunstharz besteht. Sie haben es M-Ink getauft. Jeder CNC besteht aus vielen eindomänen Magnetit-Nanokristallen, die sich makroskopisch wie ein Paramagnet verhalten. Das Lösungsmittel muss verhindern, dass die CNCs untereinander irreversibel aggregieren.

Wenn die Wissenschaftler das Materialsystem in ein äußeres Magnetfeld bringen, ordnen sich die CNCs kettenförmig entlang der Magnetfeldlinien an. Ihre Abstände

hängen von der Stärke des Feldes ab und bestimmen die Wellenlänge des Interferenzlichts, das durch Beugung an den periodischen Strukturen entsteht. Ist so die gewünschte Farbe eingestellt, fixieren die Forscher die Struktur mit UV-Licht – das Kunstharz härtet aus. Mit stärkeren Magnetfeldern lässt sich das Prozedere wiederholen, was mehrfarbige Muster ermöglicht. Der einstellbare Bereich deckt das gesamte sichtbare Spektrum ab.

■ Akku aus Papier

Eine galvanische Zelle mit Polymer-Elektroden erreicht erstaunliche Laderaten und Kapazitäten.

Dünne, biegsame und umweltfreundliche Akkumulatoren wären die idealen Energiequellen für intelligente Verpackungsmaterialien oder Textilien. Solche Systeme lassen sich prinzipiell aus leitfähigen Polymeren aufbauen. In der Praxis hat sich dies jedoch als schwierig erwiesen, weil die Lade-geschwindigkeit und die Stabilität weit hinter den Anforderungen der Anwendungen zurückgeblieben sind. Materialwissenschaftlern der Universität Uppsala ist es nun aber gelungen, eine Polymer-Papier-Akkuzelle mit vielversprechenden Eigenschaften im Labor aufzubauen.²⁾

Schuld an den geringen Laderaten ist die Dicke der Polymer-schicht. Sie muss groß sein, um hohe Ladekapazitäten zu ermöglichen. Die Schweden umschiffen dieses Problem, indem sie eine 50 nm dünne Schicht des Polymers Polypyrrol auf ein Material mit großer Oberfläche aufbringen – auf die Zellulosefasern einer Alge. Die gemessene spezifische Oberfläche dieses Materialsystems beträgt 80 m²/g, die elektrische Leitfähigkeit etwas mehr als ein Siemens pro Zentimeter.

Die so beschichtete Zellulose verwenden die Forscher als Elektroden einer galvanischen Zelle, die sie durch eine Membran trennen. Dabei handelt es sich um ein Filterpapier, das mit Natriumchlorid als Elektrolyt getränkt ist. Über zwei

Platinfolien lässt sich der elektrische Strom abgreifen. Die komplette Zelle ist ohne stabilisierende Glasträger nur zwei Millimeter dick.

Die Forscher wiesen nach, dass sich die Elektroden dieser galvanischen Zelle mit hoher Geschwindigkeit reversibel oxidieren und reduzieren lassen. Nach 100 Zyklen sank die Kapazität um nur sechs Prozent. Bei einem Ladestrom von 320 mA, was einer Stromdichte von 600 mA/cm² entspricht, ist die Zelle in gut elf Sekunden geladen. Die Kapazitäten liegen zwischen 38 und 50 mAh/g Gewicht des aktiven Materials. Eine Lithiumionenbatterie erreicht etwa 140 mAh/g.

■ Energiespar-Stahl

Dank spektroskopischem Messsystem kommen Schmelzöfen mit weniger Strom aus.

Etwa ein Drittel des weltweit produzierten Stahls kommt aus Lichtbogenöfen, in denen Metallschrott mithilfe von hohen elektrischen Strömen aufgeschmolzen wird. Doch für eine Tonne Stahl sind rund 450 kWh elektrische Energie erforderlich. Leider gehen bis zu 30 Prozent der im Schmelzofen eingesetzten Energie mit den Abgasen verloren – zu einem großen Teil durch unverbranntes Kohlenmonoxid. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Physikalische Messtechnik (IPM) in Freiburg haben nun gemeinsam mit Forschungspartnern ein Messsystem entwickelt, das einen Schmelzofen in Echtzeit steuern kann, um dessen Energieverbrauch zu optimieren.

Kern des Systems ist ein Nahinfrarot-Laserspektrometer, mit dem die IPM-Wissenschaftler die Konzentration von Kohlenmonoxid, Kohlendioxid und Sauerstoff messen. Wenn sie die CO-Konzentration kennen, können sie gezielt O₂ zusetzen, ohne die Qualität des Stahls zu beeinträchtigen. Durch den Sauerstoff verbrennt mehr CO zu CO₂, und die dabei freiwerdende Wärmeenergie reduziert den Bedarf an elektrischer Energie zum Heizen der Schmelze.

1) H. Kim et al., Nature Photonics online (DOI:10.1038/nphoton.2009.141)

2) G. Nyström et al., Nano Lett. online (DOI: 10.1021/nl901852h)



Bei einem Ofen der Lechstahlwerke senkte das neue Messsystem den Energiebedarf um sieben Prozent.

Dazu saugt das System eine Probe des Gasgemischs aus dem Ofen ab und leitet es in einen schmalen Messkanal, den der Laserstrahl des Spektrometers durchquert. Durch Spiegel an den Enden des 70 cm langen Kanals verlängert sich der Absorptionsweg des Strahls auf elf Meter, sodass sich bereits geringe Gaskonzentrationen nachweisen lassen. Das IPM-System misst zehn Werte pro Sekunde und hat eine Zeitverzögerung von nur sieben Sekunden.

Da die Stahlherstellung ein extrem heißer und staubiger Prozess ist, stellt sie an das neue System besondere Anforderungen: In der auf 100 Grad temperierten Messkammer sorgt eine Stickstoffströmung entlang der Spiegel dafür, dass sich der Staub nicht niederschlägt, was eine optische Spektroskopie unmöglich machen würde.

Versuche in einem Stahlwerk ergaben eine Energieersparnis von sieben Prozent gegenüber dem vorherigen Betrieb – was dem Jahresbedarf der Privathaushalte einer Stadt mit 25 000 Einwohnern entspricht.

■ Spurensuche im Feinstaub

Mit der Laseremissionsspektroskopie lassen sich auch ultrafeine Partikel charakterisieren.

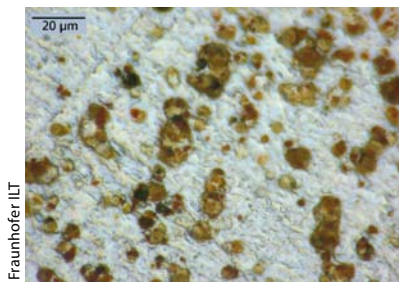
Die gesetzlichen Grenzwerte für Feinstaubemissionen richten sich nach dem Gesamtgewicht der Partikel. Allerdings lassen sich Feinstäube mit Partikelgrößen unterhalb von 100 nm besonders schwer nachweisen, weil ihr prozentualer Beitrag zum Gesamt-

gewicht einer Probe sehr gering ist. Eine unbefriedigende Situation, weil gerade die kleinen Partikel oft gesundheitsschädlicher sind als die großen. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik (ILT) in Aachen haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sie Größe und Zusammensetzung von Feinstaubemissionen genauer charakterisieren können.

Sie nutzen dazu die Laseremissionsspektroskopie, bei der ein gepulster Laserstrahl auf die zu analysierende Probe fokussiert wird. Dadurch verdampft eine mikroskopische Menge des Materials und bildet ein Plasma. Die emittierte Strahlung ist spezifisch für einzelne chemische Elemente und lässt sich spektral detektieren. Die Forscher können die Art und Konzentration einzelner Partikel identifizieren. Das Verfahren funktioniert in Abluftströmungen industrieller Prozesse, aber auch, um die Belastung der Umgebungsluft zu messen – etwa in der Nähe eines Industriebetriebs.

Im nächsten Schritt wollen die Wissenschaftler Sammlung und Analyse der Partikel in einem Gesamtsystem miteinander verbinden. Die Stäube lassen sich dabei über geeignet geführte Luftströmungen nach ihrer Größe auf Filtern sortieren und dann spektroskopisch messen. Darüber hinaus haben die ILT-Forscher das Verfahren so modifiziert, dass sich die Partikel direkt in der Luft untersuchen lassen, ohne sie auf Filtern abscheiden zu müssen. Es lassen sich dabei noch Partikel einzeln nachweisen, die kleiner als 100 nm sind, sofern sie sich in ihrer spektroskopischen Signatur unterscheiden.

Michael Vogel



Besonders kleine Feinstaubpartikel bergen ein erhöhtes Gesundheitsrisiko für Menschen.