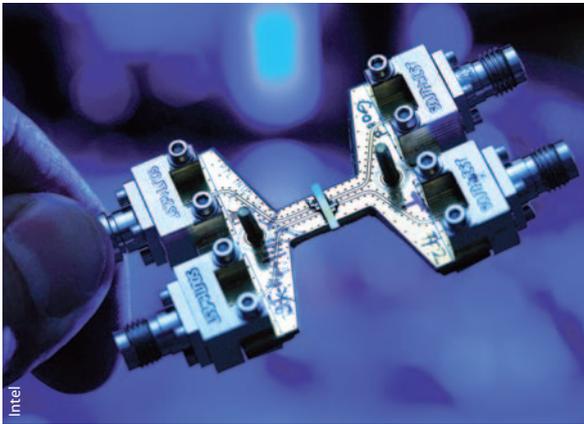


■ Billige Optoelektronik

Ein Siliziummodulator erreicht dieselbe Leistung wie seine Pendants aus teuren Halbleitermaterialien.

Mit einem integrierten Photonikschaltkreis lassen sich kostengünstig Systeme für die optische Kommunikation oder für optische



Der neue Siliziummodulator (dünner Balken in der Mitte) sieht zwar recht unscheinbar aus, ist aber ein Meilenstein auf dem Weg zu schnellen optischen Verbindungen in Computern.

Verbindungen in Computern aufbauen. Der Traum der Halbleiterindustrie ist es, solche Komponenten aus Silizium zu fertigen, da dieses Material billig und in großen Mengen verarbeitbar ist. Eines der Schlüsselemente auf dem Weg zu diesen Schaltkreisen sind optische Modulatoren, mit denen sich die binären Daten in einen Laserstrahl kodieren lassen. Kommerziell erhältliche Modulatoren bestehen aus Materialien, die in der Industrie als Exoten gelten – etwa Lithiumniobat oder III-V-Halbleiter. Nun ist es Forschern in Intels Photonics-Lab gelungen, einen Siliziummodulator zu entwickeln, der eine Geschwindigkeit von 40 Gigabit pro Sekunde (GBit/s) erreicht.

Dies war keine leichte Aufgabe, denn in kristallinem Silizium erfährt ein Lichtstrahl keine Doppelbrechung, wenn eine äußere elektrische Spannung angelegt wird (Pockels-Effekt). Steuerbare Phasenverschiebungen zwischen zwei Laserstrahlen, die bei Interferenz Nullen und Einsen erzeugen könnten, sind daher bei Silizium auf diesem Wege nicht zu erreichen. Stattdessen nutzen Intels Entwickler die Dispersionswirkung

der freien Ladungsträger: Sie spalten den Laserstrahl auf und variieren den Brechungsindex des Siliziums, indem sie die Dichte der Elektronen und Löcher steuern. Die resultierende Phasenverschiebung liefert bei Interferenz der beiden Strahlen die gewünschten Nullen und Einsen.

Vor drei Jahren gelang es den Wissenschaftlern dadurch bereits, einen Siliziummodulator mit 1 GBit/s aufzubauen, ihre neueste Entwicklung ist nun nochmals 40 Mal schneller – und gleichzeitig ein Rekord für Silizium. Für Intel ist der Modulator ein weiterer Meilenstein auf dem Weg zu extrem schnellen optischen Verbindungen zwischen den Recheneinheiten eines Computers. 25 der neuen Modulatoren kombiniert ergäben eine Verbindung mit einer Geschwindigkeit von einem Terabit pro Sekunde. Außerdem ließen sich die nötigen Komponenten in Silizium- und CMOS-Prozessen fertigen. Bis entsprechende Produkte auf den Markt kommen, wird es aber wohl noch bis zum Ende dieses Jahrzehnts dauern.

■ Tierische Haftkraft

Muscheln und Geckos dienen als Vorbilder für eine wieder verwendbare, gut haftende Materialschicht.

Dass Geckos an Wänden und Decken entlang laufen können, fasziniert Forscher schon lange. Seit einigen Jahren versuchen verschiedene Arbeitsgruppen daher, das Prinzip der Geckofüße auf künst-



Wenn der Gecko unter Wasser seinen Halt verliert, sorgen Proteine der Muschel für die nötige Haftung.

liche Materialien zu übertragen. Zwar gelang ihnen dies mehrfach mithilfe nanostrukturierter Oberflächen, aber nach mehrmaligem Lösen und Andrücken verloren diese Strukturen stets ihre Fähigkeit zu haften. Wissenschaftler der Northwestern University in Evanston (US-Bundesstaat Illinois) haben nun ein Material entwickelt, das viele Klebe- und Ablöse-Zyklen ohne nennenswertes Nachlassen der Haftfähigkeit übersteht.¹⁾ Und das funktioniert sogar unter Wasser.

Geckos haben an ihren Füßen feine Härchen, die an den Enden in unzählige spatelförmige Blättchen auslaufen. Die Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Blättchen und einer Oberfläche sind mit 10 nN zwar sehr gering, aber die große Zahl der Blättchen macht dies wieder wett. So liegt die Adhäsionskraft pro Härchen bereits bei 40 µN.

Die Wissenschaftler an der Northwestern University erzeugten aus einem Siliziumpolymer mithilfe von Mikrofabrikationsverfahren ein Säulenraster mit 1 µm Breite. Jede der Säulen ist 600 nm lang und hat einen Durchmesser von 400 nm. Dieses Raster beschichteten die Forscher mit einem künstlich erzeugten Protein, wie es auch Muscheln verwenden, um sich im Wasser an Flächen zu verankern. In Anlehnung an die Begriffe Gecko und Muschel taufte sie das resultierende Material „Geckel“.

Bereits die unbeschichtete Nanostruktur zeigt pro Säule eine Adhäsionskraft von knapp 40 nN, die rund viermal so hoch ist wie ihr Pendant in der Natur. Mit der Proteinhülle erreichen die Säulen unter Wasser gar eine um den Faktor 15 höhere Adhäsion verglichen mit dem unbeschichteten Material. Auch die Langzeitstabilität der Materialschicht ist gewährleistet: Selbst nach 1100 Kontakten sank die Adhäsionskraft in Luft nur um zwei Prozent, in Wasser um 15 Prozent.

Die Wissenschaftler um Phillip Messersmith sehen mögliche Anwendungen in Industrie, Militär und Medizin, beispielsweise als Wundverschluss. Hierfür wäre das Prinzip jedoch zunächst auf größere Flächen zu übertragen.

1) H. Lee et al., Nature 448, 338 (2007)

■ Kunst, wohl temperiert

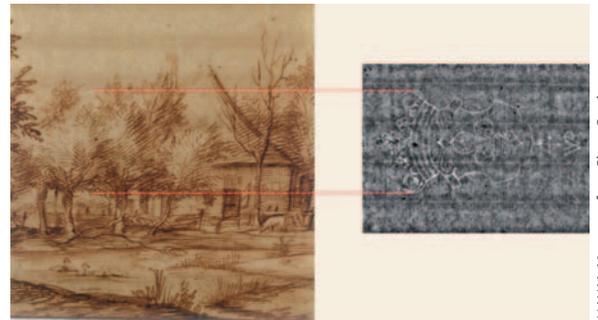
Mit einem neuen Verfahren lässt sich das Alter von Bildern schonend datieren.

Bei vielen Gemälden ist ihr Entstehungsjahr unsicher. Dabei könnten Kunsthistoriker aus genauen Datierungen oft sehr gut das Wirken eines Malers im Laufe seines Lebens nachzeichnen. Aufschluss über das Alter eines Bildes geben die Wasserzeichen des bemalten Papiers. Diese Tatsache haben sich Wissenschaftler vom Braunschweiger Fraunhofer-Institut für Holzforschung zusammen mit Kollegen der TU Braunschweig zunutze gemacht und ein berührungsloses Datierungsverfahren entwickelt.

Wasserzeichen dienten den Papiermühlen schon früh als Qualitätssiegel. Ihre Blaupausen befanden sich auf den Gittern, mit denen die Papiere geschöpft wurden. Da recht gut bekannt ist, welche Papiermühle in welchem Zeitraum welche Wasserzeichen

verwendete, haben Kunsthistoriker damit ein zuverlässiges Hilfsmittel an der Hand, um Bilder zu datieren. Allerdings erschweren Tinte und Farbe die Erkennung, weil sie die Wasserzeichen überdecken, wenn man die Bilder gegen das Licht hält. Röntgenbilder schaffen hier zwar Abhilfe, lassen sich in den Museen aus technischen Gründen und wegen des Strahlenschutzes aber selten aufnehmen; einen Transport in ein Röntgenlabor lehnen Museen wiederum oft ab, weil das Werk dabei zu Schaden kommen könnte.

Die Forscher nutzen nun die Tatsache aus, dass Tinten und Farben im infraroten Spektralbereich annähernd die gleiche Emissivität haben wie Papier und daher – anders als im sichtbaren Bereich – keine störenden Kontraste erzeugen. Die Wissenschaftler stellen eine 35 bis 40 °C warme Platte hinter ein Gemälde und nehmen das Bild mit einer Infrarotkamera auf. Auf diesen Thermografiebildern tritt das Wasserzeichen deutlich zu Tage.



Thermografie macht die Wasserzeichen von Papiermühlen (rechts) in Kunstwerken sichtbar.

HAUM, Museumfoto Claus Cordes

Der Energieeintrag ins Gemälde ist minimal, da es nur für eine Sekunde vor der Wärmeplatte steht. Selbst beim Anfassen des Gemäldes wird mehr Energie übertragen. Die Messanordnung ist so aufgebaut, dass sie auch von einem Laien nach kurzer Einweisung zu bedienen ist.

Die Bayerische Staatsbibliothek München überlegt nun, zusätzlich zu den digitalisierten Aufnahmen ihrer Kunstwerke mit dieser Methode künftig auch das jeweilige Wasserzeichen zu archivieren.

Michael Vogel