

## ■ Drucken 2.0

**Plasmonische Strukturen dienen als Grundlage, um Bildpunkte zu erzeugen.**

Gedruckte Farben entstehen durch die subtraktive Farbmischung von Cyan, Magenta, Gelb und einem Schwarzanteil (CMYK). Die darauf aufbauenden Drucktechnologien erreichen heute eine extrem hohe Qualität. Wissenschaftler der Universität Melbourne haben dennoch einen anderen Weg beschritten: Sie verwenden plasmonische Nanostrukturen, um Farbbilder zu er-

T. D. James et al.



Vergrößerte Wiedergabe des plasmonischen Bildes: Es zeigt den australischen Premierminister Gough Whitlam (rechts), der 1975 symbolisch ein Gebiet an die Ureinwohner zurückgibt.

zeugen.<sup>1)</sup> Dazu haben die Forscher einen Algorithmus entwickelt, mit dem sie gewünschte Farbtöne in Pixel umsetzen können, die auf plasmonischen Strukturen beruhen.

Ein solches plasmonisches Pixel ist  $30 \times 30 \mu\text{m}^2$  groß und besteht aus neun gleichgroßen Subpixeln, bei denen es sich um stabförmige Nanoantennen handelt. Die Dimensionen dieser Stäbe und die Abstände zum Substrat bestimmen ihre Resonanzfrequenzen und damit ihre Farbeigenschaften. Die Forscher fertigten die Antennen mittels Elektronenstrahl-Lithografie aus dem Kunststoff PMMA und bedampften ihn mit Aluminium. Das Design ist jedoch auf eine Massenfertigung durch Nano-Prägelithografie ausgelegt. Die resultierende Farbe eines Pixels lässt sich durch seine Subpixel hinsichtlich Helligkeit, Ton und Sättigung wie gewünscht einstellen. Bislang sind

2980 unterschiedliche Farbnuancen möglich, in einer Auflösung von 840 ppi, was der Auflösungsgrenze des menschlichen Auges recht nahekommt. Zur Demonstration haben die Wissenschaftler ein geschichtsträchtiges australisches Bild mit einer Seitenlänge von 1,5 Zentimetern aus plasmonischen Pixeln hergestellt.

## ■ Stars Wars gegen Insekten

**Schädlinge lassen sich per Laser bekämpfen.**

Insekten können lästig sein: So verursacht eine bestimmte Zikadenart Schäden an Zitrusfrüchten, und von der durch Stechmücken übertragenen Malaria waren allein 2015 mehr als 200 Millionen Menschen betroffen. Meist werden Insekten auf biologischem oder chemischem Wege bekämpft, was oft mit unerwünschten Nebenwirkungen für die Umwelt verbunden ist. Forscher der privaten US-Forschungseinrichtung Intellectual Ventures Laboratory in Bellevue, Washington, haben federführend ein System entwickelt und erprobt, das auf die Vernichtung der Schädlinge per Laser setzt.<sup>2)</sup>

Das System besteht aus einer Tracking-Einheit, einer Identifikationseinheit und der „Laserkanone“. Die Detektion der Insekten erfolgt in einem Volumen, das durch eine IR-Lichtquelle und einen planen Reflektor gegeben ist. Bei den Tests betrug der Abstand dazwischen acht Meter. Durch die IR-Lichtquelle fallen Schatten der Insekten auf den Reflektor, was eine Videokamera überwacht. Sind Schatten der richtigen Größe erkennbar, beleuchtet die Tracking-Einheit die Insekten mit einem Laserscanner (5 mW, Wellenlänge 532 nm), ein Photodetektor wiederum erfasst die durch den Flügelschlag entstehenden Oszillationen im reflektierten Signal. Der Abgleich mit einer Datenbank liefert das Ergebnis: gutes oder böses Insekt. Im letzteren Fall tritt ein weiterer Laser (445 nm) in Aktion und beschießt die Insekten. Separate Tests lieferten Mortalitäten von 90 Prozent bei 15 mJ

Pulsenergie und 670 mW Leistung. Der gesamte Vorgang von der Zielerfassung bis zum Beschuss läuft in weniger als 100 ms ab. Für große Feldflächen eignet sich das Verfahren nicht, aber etwa für die Eingangstüren von Gewächshäusern oder Krankenhäusern – erweitert um eine automatische Erkennung von Menschen, um Unfälle zu vermeiden.

## ■ Zwei Fliegen mit einer Klappe

**Dank Spiegeloptik wird eine Multispektralkamera einfacher und kompakter.**

Kameras, die in mehr als einem Spektralbereich empfindlich sind, liefern auf einen Schlag zahlreiche Informationen, die für verschiedene Anwendungen interessant sind – beispielsweise in Photogrammetrie, Umweltmesstechnik, medizinischer Bildgebung oder Sicherheitstechnik. Typisch sind Multispektralkameras, die neben dem sichtbaren auch im mittleren oder thermischen Infrarot empfindlich sind. Allerdings arbeiten sie meist nicht nur mit unterschiedlichen Bildsensoren, sondern erfordern auch verschiedene Linsenobjektive, weil klassische optische Gläser im Infrarot nicht transparent sind. Daher sind dort Linsen aus teuren Halbleitermaterialien wie Germanium oder Zinkselenid erforderlich.

Forscher des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden haben nun eine Multispektralkamera entwickelt, die mit einem einzigen Objektiv auskommt. Ihr Funktionsdemon-



Fraunhofer IPMS

Dieses Bild wurde im Sichtbaren und thermischen IR mit der Multispektralkamera aufgenommen.

1) T. D. James et al., Nano Lett. (2106), doi:10.1021/acs.nanolett.6b01250

2) E. R. Mullen et al., Opt. Express 24, 11828 (2016)

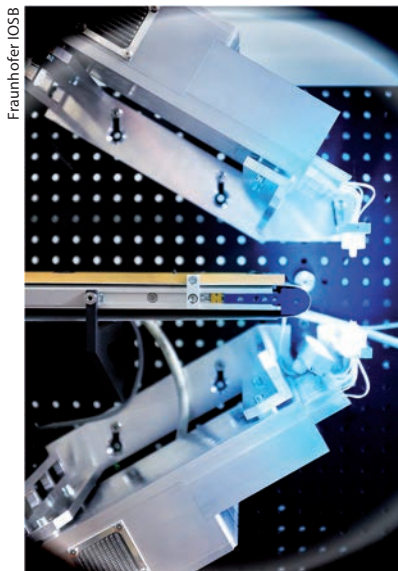
strator ist auf den visuellen und thermischen Infrarotbereich (8 bis 12  $\mu\text{m}$ ) ausgelegt. Als Objektiv dient eine Optik aus drei Aluminiumspiegeln, deren abbildende Flächen teils asphärisch ausgeführt sind. Durch die rein reflektierende Fokussierung der Strahlung kommt die Optik mit drei funktionalen Flächen und ohne komplexe Vergütung aus, wie sie bei Linsenobjektiven erforderlich wäre. Ein Strahlteiler leitet die Strahlung zum CMOS-Sensor für den sichtbaren Spektralbereich bzw. zu einem Mikrobolometer-Array für das thermische IR.

Die Kamera erreicht im Sichtbaren eine Auflösung von  $2000 \times 1500$  Pixel, im Infrarot  $1024 \times 768$  Pixel. Sie ist echtzeitfähig. Dank des gemeinsamen Objektivs für die Sensoren arbeitet die Kamera zudem parallaxenfrei. Die Forscher suchen nun Kooperationspartner für die weitere Entwicklung.

## ■ Sauber erkannt

### Problematische Kunststoffmaterialien lassen sich mit Terahertzstrahlung sortenrein trennen.

Die Sortierung von industriellen Kunststoffabfällen, die durch Ausschuss oder Recycling entstehen, geschieht häufig vollautomatisch. Strahlungsbasierte Systeme arbeiten hauptsächlich im Infrarot, wo sich schwarze Kunststoffe aufgrund ihrer Absorption sowie mehrschichtige Kunststoffe aber nur schwer erkennen lassen. Fraunhofer-Forscher dreier Institute haben nun ein echtzeitfähiges System auf Terahertz-Basis entwickelt, das diese Probleme nicht hat. Beteiligt waren das Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik, das Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung sowie das Institut für Intelligente Analyse- und Informationssysteme. Durch eine hohe Integration auf Schaltungsebene und einen Algorithmus, der auf maschinellem Lernen beruht, erreicht das System im Laborbetrieb eine Sortenreinheit von 98 bis



Vom waagerechten Transportband in der Mitte fliegen die Kunststoff-Späne rechts durch die Luft und werden dort von der Terahertz-Einheit detektiert.

99 Prozent. Es lässt sich in Sortieranlagen einbinden.

Der Terahertzstrahler besteht aus einem Array kleiner Radar-module, die in rascher Folge sehr schmalbandig senden. Ihnen gegenüber befindet sich ein konventioneller Heterodyn-Empfänger. Die zu sortierenden Polymer-Späne – also die zerkleinerten Kunststoffbauteile – bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von einigen Metern pro Sekunde durch den Raum zwischen Sender und Empfänger. Die Detektorseite des Systems erfasst Dämpfung und Phasenverschiebung der Strahlen aufgrund der Späne. In Verbindung mit einer synchronisierten optischen Kamera lässt sich so der einzelne Span hinsichtlich Ort und Material identifizieren. Handelt es sich nicht um das gewünschte Material, wird der Span durch einen gezielten Luftstoß aussortiert. Derzeit arbeitet das System mit einer Frequenz von 90 GHz, für die Unterscheidung mancher Polymere sind jedoch noch höhere Frequenzen nötig.

Die Forscher wollen ihren Demonstrator in eine industrielle Anwendung überführen. Durch eine weitere Chipintegration der Hochfrequenzkanäle dürften die Kosten für ein solches Sortiersystem deutlich sinken.

Michael Vogel