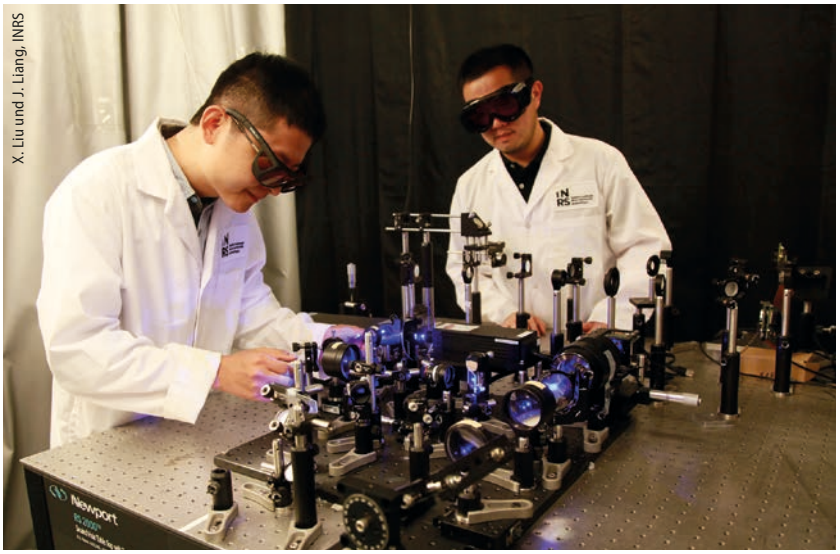


Die neue Einzelbild-Hochgeschwindigkeitskamera – hier der Laboraufbau – kann schnelle Prozesse mit hoher Zeitauflösung erfassen und ist günstiger als kommerzielle Kameras.

Kompromisslos schnell

Eine neue Kamera macht ultraschnelle Aufnahmen zu einem Bruchteil bisheriger Kosten.

Die Einzelbild-Hochgeschwindigkeitsfotografie erfasst flüchtige Szenen in Echtzeit, indem sie die zeitlich aufeinanderfolgenden Bilder verschiedenen räumlichen Positionen zuordnet und mit zweidimensionalen Detektoren aufnimmt. Relevant ist das etwa, um die Ausbreitung von Stoßwellen oder den Ablauf biologischer Prozesse zeitlich hochaufgelöst zu erfassen. Leider gibt es in gängigen Implementierungen immer einen Kompromiss zwischen der Zahl der Frames, die sich in einer Sequenz erfassen lässt, und der nutzbaren Lichtmenge. Eine Skalierung ist zudem komplex und teuer.

Ein Team der Universität Québec in Varennes, der Concordia-Universität in Montréal und der Firma Meta Platforms in Redmond hat die Methode modifiziert und viele Kompromisse unnötig gemacht.[1] Der Demonstrator schafft 4,8 Millionen Frames pro Sekunde bei einer Zeitauflösung von 0,37 µs und einer Sequenztiefe von sieben Frames.

Da räumliche Beugung und zeitliche Dispersion mathematisch äquivalent sind, lassen sich aufeinanderfolgende 2D-Bilder räumlich trennen und zeitlich isolieren, ohne die Abbildungsbedingung zwischen Objekt und Sensor zu verletzen. Hierzu verwenden die Beteiligten ein zum Beugungsgitter umfunktioniertes DMD (Digital Micromirror Device), dessen passend eingestellte periodische Strukturen höhere Beugungsordnungen des einfallenden Lichts erzeugen, quasi mehrere Duplikate einer flüchtigen Szene. Das Team nutzt die ersten sieben Beugungsordnungen aus. Rasches Ändern der Neigung des DMD erlaubt es, die sequenziellen Bilder aus den Duplikaten zeitlich zu extrahieren und räumlich separiert auf einem Bildsensor zu erfassen. Diese Momentaufnahmen lassen sich zu Videosequenzen zusammensetzen.

Die Beteiligten haben das Verfahren mit verschiedenen Anwendungen demonstriert, etwa anhand der Laserablation biologischer Proben. Die Herstellungskosten sind nach Einschätzung der Forschenden um eine Größenordnung geringer als bei vergleichbaren kommerziellen Kameras.

Besser versorgte Mütter

Mit der Laser-Speckle-Bildgebung lassen sich Blutungen frühzeitig erkennen.

Nachgeburtliche innere Blutungen sind die Ursache für 27 Prozent der weltweiten Fälle von Müttersterblichkeit. Um lebensbedrohliche Zustände frühzeitig zu erkennen, gibt es allerdings nur unzureichende Methoden. Bei einer inneren Blutung versucht der Körper zunächst, den Blutdruck aufrechtzuerhalten, indem er die Blutgefäße in Armen und Beinen verengt und so den Blutfluss auf den Körperstamm konzentriert. Diese physiologische Reaktion führt jedoch dazu, dass typische Vitalzeichen lange unverändert bleiben. Sinkt der Blutdruck schließlich messbar, ist die Lage bereits lebensbedrohlich. Ein Team der Washington University in St. Louis hat nun einen Demonstrator entwickelt, der eine Früherkennung ermöglicht.[2]

Das Sensorsystem nutzt die Laser-Speckle-Bildgebung aus, um den Blutfluss zu erfassen. Dieses Verfahren ist nicht neu, allerdings bislang noch nicht für ein am Handgelenk tragbares, batteriebetriebenes System und für diese Anwendung realisiert worden. Eine Nahinfrarot-Laserdiode beleuchtet hierbei die Haut, eine Kamera detektiert das gestreute Lichtsignal, das mit den oberen Hautschichten wechselwirkte. Das Signal verändert sich bei räumlichen und zeitlichen Schwankungen des Blutflusses. Laser-Speckles haben den Vorteil, dass die Pigmentierung der Haut das Messsignal nur wenig beeinflusst.

Das Sensorsystem nimmt die Bilder mit Raten von 80 oder 100 Frames pro Sekunde auf. Die Beteiligten haben es aus kommerziell erhältlichen günstigen Komponenten aufgebaut, umfassend charakterisiert und an einem Gefäßphantom sowie an Schweinen getestet. Bei den Messungen am Phantom zeigte sich ein linearer Zusammenhang zwischen Messsignal und Blutdurchfluss. Bei den Tierversuchen lag der Korrelationsquotient zwischen dem am Handgelenk gemessenen Laser-Speckle-Durchfluss und dem Blutverlust über 0,9.

Das Team plant weitere Tests und will das System optimieren. Es hat Interesse an einem industriellen Kooperationspartner, der die Technologie in ein Produkt überführt.

1) *X. Liu* et al., Optica **10**, 1223 (2023)

2) *F. Bonetta-Misteli* et al., Biomed. Opt. Express **14**, 53384 (2023)

© 2023 Wiley-VCH GmbH

Analyse von Altkleidern

Ein ultrakompaktes Nahinfrarotspektrometer ermöglicht die günstige Beurteilung von Textilien.

Die automatische Sortierung von Alttextilien erfordert den Einsatz einer Hyperspektralkamera mit zusätzlichen Nahinfrarotkanälen, um Kategorie, Farbe, Zusammensetzung und Zustand der Textilien zu bestimmen. Die Zusammensetzung wird spektroskopisch im Nahinfraroten ermittelt, wo die Textilien charakteristische Banden erzeugen. Technisch funktioniert dieser Ansatz gut, allerdings leistet er mehr, als für die Textilbeurteilung nötig ist. Denn dort reicht die chemische Analyse an wenigen Stellen des Materials aus, um alle relevanten Informationen zu bekommen. Unternehmen wägen daher sehr genau ab, ob sie solche Anlagen, die Investitionen im sechsstelligen Bereich erfordern, kaufen. Kameraseitig schlägt vor allem das Nahinfrarot wegen der teuren InGaAs-Detektoren zu Buche. Ein Team des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden hat ein Verfahren entwickelt, das deutlich kostengünstiger wäre.

Statt einer teuren Kamera kommt ein MEMS-basiertes Nahinfrarotspektrometer zum Einsatz, das zwischen 950 und 1900 nm in Reflexion misst. Es hat ein optisches Auflösungsvermögen von 10 nm und ist so klein, dass es sogar in ein Smartphone integrierbar wäre. In Verbindung mit einer Lichtquelle, einer RGB-Kamera und einem Algorithmus für die Datenanalyse liefert es die gewünschten Informationen. Die gemessenen Spektren lassen sich mit einer Referenzdatenbank abgleichen, um die Zusammensetzung des Materials zu bestimmen. Das System ist echtzeitfähig.

Labormessungen zeigten, dass sich das MEMS-Nahinfrarotspektrometer für diese Aufgabe eignet. In einem im Herbst begonnenen Projekt baut das IPMS nun zusammen mit der BTU Cottbus einen praxisnahen Demonstrator auf. Ziel ist es, den Algorithmus so anzupassen, dass die Messungen sich mit systemunabhängigen Referenzspektren abgleichen lassen. Auch die Auswahl der geeigneten Messpunkte an einem Textil für ein möglichst gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis soll automatisiert erfolgen.



Das Nahinfrarotspektrometer hat nur eine Größe von 10 × 10 × 6,5 mm³.

Michael Vogel

Quantum Design
EUROPE

qd-europe.com

M81-SSM –Die perfekte Kombination
aus Strom-Quelle, Messsystem und Lock in-Verstärker

- Synchronisierte Strom-/Spannungs-Quellen und Messmodule für Gleich- und Wechselstrom bis 100 kHz
- Kombinieren Sie bis zu drei Quellen- und drei Messkanäle bei zentraler Synchronisation über alle Kanäle
- Modular, rauscharm & empfindlich
- Ideal für Kryoanwendungen



Quantum Design Europe – Ihr Partner für Kryotechnologie
kunzmann@qd-europe.com

© 2023 Wiley-VCH GmbH