



Boris Pradarutti



Ralf Müller



Claudia Brückner



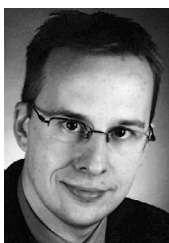
Stefan Riehemann



Gunther Notni



Gabor Matthaues<sup>1</sup>



Stefan Nolte<sup>1</sup>

THz-Strahlung (0,1 THz–10 THz) wird von Kunststoffen, Papier, Keramik und Polystyrol nur schwach absorbiert und liefert in der Bildgebung dieser Stoffe gute Kontraste. Auch können viele für Anwendungen interessante Moleküle, so z. B. Sprengstoffe, Medikamente und illegale Drogen, mit Spektroskopie im THz-Bereich eindeutig identifiziert werden.

Zur Bildgebung wird bisher der THz-Strahl fokussiert und die Probe durch den Fokus abgerastert. Die THz-Strahlung wird mit elektrooptischer Detektion und einem balancierten Detektor Pixel für Pixel aufgenommen /1/. Eine solche Messung dauert mehrere Stunden und liefert ein sehr hohes Signal/Rauschverhältnis (SNR). Eine weitere Möglichkeit zur flächigen Aufnahme eines THz-Bildes mit elektrooptischer Detektion und einer CCD-Kamera bringt zwar schnellere Ergebnisse, leidet aber unter einem wesentlich schlechteren SNR.

Erstmals konnten nun die Vorteile beider Methoden vereint werden. Es wurde ein THz-Zeilendetektionssystem mit elektrooptischer Detektion und einem 8-Pixel-balancierten Detektor aufgebaut (Abb. 1). Es hat ein mit der Einzelpixeldetektion vergleichbares SNR, aber eine um eine Größenordnung schnellere Messgeschwindigkeit.

Dieses Detektorsystem wurde in ein portables Bildgebungssystem mit einer Grundfläche von (60 x 90) cm<sup>2</sup> integriert (Abb. 2). Basis des Systems ist ein in Zusammenarbeit mit dem Institut für

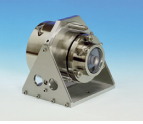
Angewandte Physik (IAP) entwickelter Femtosekunden-Faserlaser. Dieser Laser setzt sowohl in Robustheit, Ausgangsleistung und Kompaktheit neue Maßstäbe /2/. Um mit dem System nicht nur einen Punkt, sondern eine Linie zu detektieren, wurde die THz-Optik durch klassisches Ray-Tracing in Kombination mit wellenoptischen Propagationmethoden optimiert. Dabei wurde die THz-Optik nicht nur paraxial sondern auch außerhalb der Achse beugungsbegrenzt entworfen. Das System kann Proben bis zu 200 mm x 200 mm mit einer Geschwindigkeit von bis zu 1 000 Bildpunkten pro Minute vermessen (Abb. 3).

Gefördert im Rahmen der internen Programme der FhG (MAVO 813907).

#### Literatur:

- /1/ Pradarutti, B.; Brückner, C.; Riehemann, S.; Notni, G.; Matthaues, G.; Nolte, S.: Anwendungen optimierter THz-Imaging-Systeme, Jahresbericht Fraunhofer IOF (2006).
- /2/ Tünnermann, A.; Schreiber, T.; Röser, F.; Liem, A.; Höfer, S.; Zellmer, H.; Nolte, S.; Limpert, J.: The renaissance and bright future of fibre lasers, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 38, 681 (2005).

<sup>1</sup> Institut für Angewandte Physik,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena



THz radiation (0.1–10 THz) is weakly absorbed by plastics, paper, ceramic, and polystyrol and shows good contrasts for imaging with these materials. Also, many molecules significant for applications like explosives, medicals and illegal drugs can be identified in the THz frequency range.

For imaging the THz beam is focussed and the sample is moved through this focus. The THz radiation is detected by electro-optical detection with a balanced detector pixel by pixel. Such a measurement typically takes several hours and features an extraordinary high signal to noise ratio (SNR) /1/. Another possibility is offered by two-dimensional electro optical detection with a CCD camera. Despite increasing the measurement speed, this method suffers from a low SNR.

For the first time the advantages of both methods have been combined. A THz line detection system with electro-optical detection and an 8 pixel balanced detector has been built (Fig. 1). It gives the same high SNR like the single pixel detection, but the scan time is reduced by an order of magnitude.

This detection system has been integrated in a portable THz imaging system with a footprint of 60 x 90 cm<sup>2</sup> (Fig. 2). The basis of the system is a fiber laser developed in cooperation with the Institute of Applied Physics. This laser sets standards in robustness, output power and compactness /2/. To detect not only a spot but a line, the THz optics has been optimized by classical raytracing in combination with waveoptical propagation methods. The optics is designed not only paraxial

but also off-axis diffraction limited. The system can measure samples up to 200 x 200 mm<sup>2</sup> with a velocity up to 1,000 points per second (Fig. 3).

This work is supported by the FhG internal program (MAVO 813907).

#### References:

- /1/ Pradarutti, B.; Brückner, C.; Riehemann, S.; Notni, G.; Matthaeus, G.; Nolte, S.: Anwendungen optimierter THz-Imaging-Systeme, Jahresbericht Fraunhofer IOF (2006).
- /2/ Tünnermann, A.; Schreiber, T.; Röser, F.; Liem, A.; Höfer, S.; Zellmer, H.; Nolte, S.; Limpert, J.: The renaissance and bright future of fibre lasers, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 38, 681 (2005).

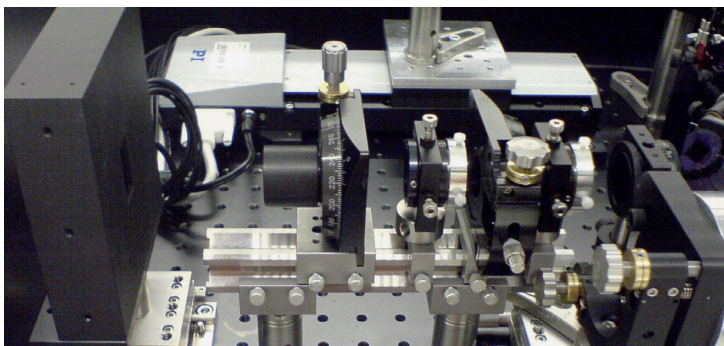


Abb. 1:  
Balanciertes 8-Kanal-THz-Detektionssystem.

Fig. 1:  
Balanced 8 channel THz detection system.



Abb. 2:  
Portables THz-Bildgebungssystem mit Mehrkanaldetektion.

Fig. 2:  
Portable THz imaging system with multichannel detection.

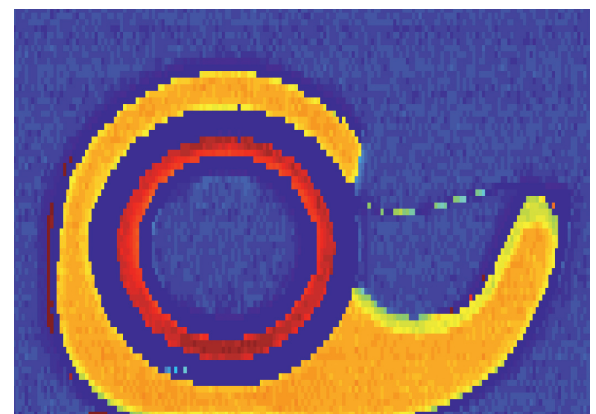


Abb. 3:  
THz-Bildgebung eines Klebebandabrollers  
(Auswertung der THz-Pulsverzögerung).

Fig. 3:  
THz imaging of an adhesive tape unroller  
(analysis of the pulse delay).