

# THz System mit 128 Kanal Linienemitter und -detektor

S. Riehemann \*, A. Brahm \*\*\*, G. Notni \*, A. Tünnermann \*\*\*

\* Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF), Jena

\*\* Friedrich Schiller Universität Jena, Institut für Angewandte Physik (IAP)

[mailto: stefan.riehemann@iof.fraunhofer.de](mailto:stefan.riehemann@iof.fraunhofer.de)

Präsentiert wird ein THz-Mehrkanalsystem mit 128 Emissions- und 128 Detektionskanälen auf der Basis photoleitender Antennen. Ein Femtosekunden (fs) Faser-Laser wird für die THz-Erzeugung und -Detektion verwendet. Durch diesen Ansatz kann die Messgeschwindigkeit bei Anwendungen wie Bildgebung und Tomographie um 2 Größenordnungen gesteigert werden.

## 1 Einleitung

An der THz-Technologie wird in den letzten Jahren weltweit intensiv geforscht und gearbeitet. Durch die Entwicklung leistungsfähiger Strahlungsquellen und hochempfindlicher Detektoren wurde eine Vielzahl von THz-Anwendungen demonstriert. Vielfach wird hierbei die THz-Time Domain Spectroscopy (TDS) genutzt, die fs-Laser zur Erzeugung von THz-Strahlen in Halbleiterantennen verwendet [1,2].

Heutzutage sind hier 1-Kanal Sende- und Empfangsantennen Stand der Technik [3]. Hiermit wurde bereits erfolgreich Bildgebung [4] und Tomographie [5] mit THz-Strahlung demonstriert. Durch die Verwendung von 1-Kanal Sende- und Empfangsantennen liegt hierbei die Messzeit im Bereich einiger Stunden. Für einen industriellen Einsatz ist dies viel zu langsam.

Um diesen Punkt zu überwinden, haben wir ein System mit 128 Emissions- und 128 Detektionskanälen auf der Basis photoleitender Antennen entwickelt, welches die Messzeit um 2 Größenordnungen beschleunigt. Neben diesen neuen Halbleiterelementen wurde auch ein optisches System zur effizienten Erregung der Antennen-Struktur und zur optimalen Nutzung der THz-Strahlung entwickelt. Erste Messungen werden präsentiert.

## 2 128 Kanal Halbleiter-Antennen

Die Antennenstrukturen für den Linienemitter und -detektor wurden als 128 nebeneinander liegende photoleitende Antennen designt. Für jeden Kanal wird eine Dipolstruktur mit einem Gap von  $7.5 \mu\text{m}$  Breite und einer Höhe von  $20 \mu\text{m}$  integriert.

Die Herstellung dieser photoleitenden It-InGaAs Antennen als THz-Emitter und -Detektor erfolgte durch die BATOP GmbH, Jena. Die Halbleiter werden anschließend gebondet und auf Platinen mit Anschlüssen für die nachfolgende Signalver-

arbeitung integriert. Eine fertige Antenne ist in Abb. 1 zu sehen, ebenso die Bondung.

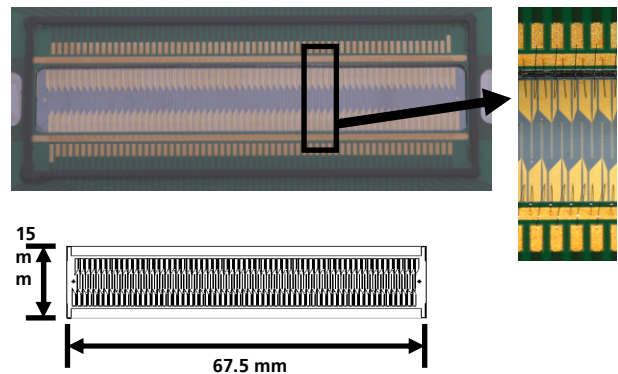


Abb. 1: 128 Kanal Antenne

## 3 THz System

Zur Erzeugung breitbandiger THz-Strahlung werden die Pulse eines fs-Lasersystems in Pump- und Abtastpuls aufgeteilt (Abb. 2). Der Pumpimpuls wird auf den Emitter geleitet, wo die THz-Pulse emittiert

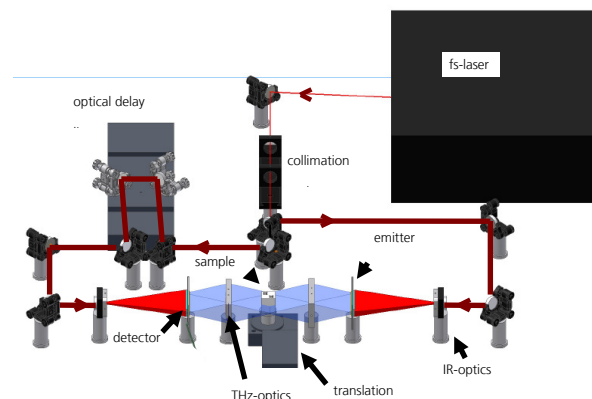


Abb. 2: THz-System

werden. Ein optisches System formt den THz-Strahl und fokussiert ihn auf eine Probe. Ein zweites optisches System nimmt die THz-Strahlung hinter der Probe wieder auf und fokussiert sie auf eine Halbleiter-Antennenstruktur. Dort wird der THz-Puls durch den fs-Laserpuls, welcher über eine Verzögerungsstrecke läuft, abgetastet.

Die in Abschnitt 2 genannten THz-Linienemitter und –empfänger werden in diesen Aufbau integriert.

Das optische Design des THz-Systems wurde speziell berechnet: da ein großes Feld abgebildet wird, erfolgt eine punktweise Abbildung unter Verwendung einer aplanatischen, zylindrischen Auskoppellinse (Silizium); die THz-Linsen wurden asphärisch und bikonisch gestaltet. Sie wurden aus ZEONEX mittels UP-Technik gefertigt.

Das gesamte System wurde anschließend aufgebaut und in Betrieb genommen (siehe Abb. 3).

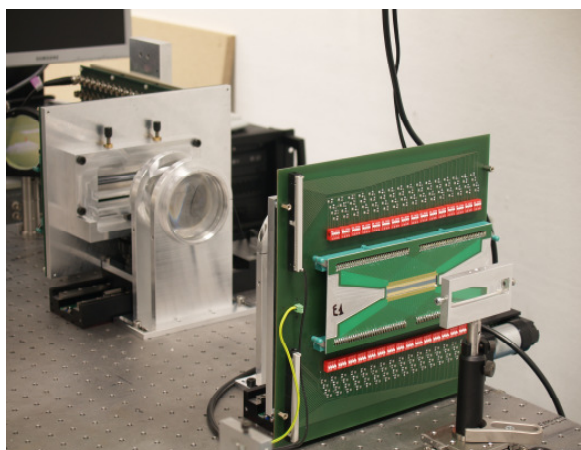


Abb. 3: THz-Strahlengang mit 128 Kanal Antenne und –Detektor.

#### 4 System Test

Nach dem Aufbau des Gesamtsystems wurden die einzelnen Antennen (-kanäle) hinsichtlich ihrer elektrischen Funktionalität getestet. Anschließend erfolgten Ein-Pixel Messungen jedes einzelnen Emitter- und Detektor-Kanals. Hiernach wurde die vollen Funktionalität (128 Kanal) der gesamten Antennen vermessen.

In der nachfolgenden Grafik (Abb. 4) ist das komplette Signal der 128-Kanal Emitter-Antenne dargestellt. Die Pulse der einzelnen Kanäle sind zur Übersicht seitlich verschoben.

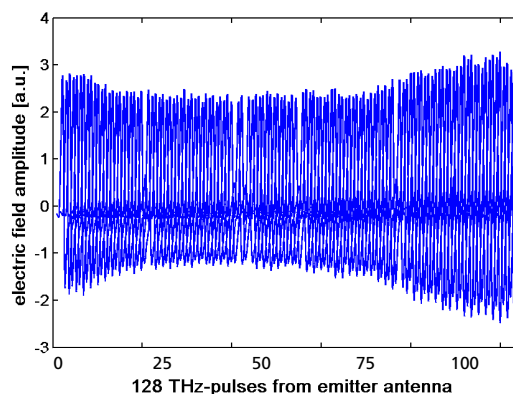


Abb. 4: Gemessene Emission der 128 Emitter-Antennen.

#### 5 Zusammenfassung

Antennenstrukturen für 128 Kanal THz-Linienemitter und –detektoren wurden gefertigt und getestet. Erste THz-Messungen mit einem kompletten 128 Kanal System inklusive speziell entwickelter Optik wurden demonstriert.

#### Literatur

- [1] M. van Exter, Ch. Fattinger, D. Grischkowsky, *Appl. Phys. Lett.* **55**, 337 (1989).
- [2] Q. Wu, T. D. Hewitt, X.-C. Zhang, *Appl. Phys. Lett.* **69**, 1026-1028 (1996).
- [3] K. Sakai: "Terahertz Optoelectronics", Springer Verlag 2005 (ISBN 3-540-20013-4)
- [4] S. Riehemann, B. Pradarutti; C. Brückner; G. Notni: "Bildgebung mit gepulster THz-Strahlung - Optik, Systeme und Anwendungen", Jahrbuch 2008 Optik und Feinmechanik (2007) S. 11-27, ISBN 3794907744
- [5] A. Brahm, M. Kunz, S. Riehemann, G. Notni, A. Tünnermann: "Volumetric spectral analysis of materials using terahertz tomography techniques", *Applied Physics B: Laser and Optics*, online veröffentlicht März 2010 (2010)