

Räumliche Identifikation chemischer Substanzen durch THz-Tomographie

S. Riehemann *, A. Brahm ****, M. Kunz ***, G. Notni *, A. Tünnermann ****

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

** TU Ilmenau, Physikalisches Institut

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

mailto: stefan.riehemann@iof.fraunhofer.de

Erstmals wird ein System für die spektrale THz-Tomographie präsentiert. Die zeitaufgelösten Messdaten der THz-Pulse enthalten auch spektrale Daten und liefern so einen wesentlich höhere Informationen zur inneren Objektstruktur als CT Daten. So konnten verschiedene chemische Substanzen räumlich lokalisiert und identifiziert werden.

1 Einleitung

Die zeitaufgelöste Messung des elektrischen Feldes eines THz-Pulses kann sowohl Amplituden- und Phaseninformationen als auch spektrale Daten enthalten, deren Analyse Informationen zur inneren Struktur einer Probe liefert. Bis jetzt konnten nur Absorptions- und Reflexionsdaten zu Tomographiebildern verrechnet werden.

Wir präsentieren zum ersten Mal ein System und einen Algorithmus für die spektrale THz-Tomographie [1]. Ein neuer Algorithmus zur Auswertung der spektralen Information wurde erstellt. Durch den Vergleich mit einer Datenbank ist es möglich, verschiedene Substanzen innerhalb einer Probe zu identifizieren. Diese Informationen werden als Eingangsgröße für einen klassischen Tomographie-Algorithmus (gefilterte Rückprojektion, inverse Radon-Transformation) verwendet, um eine ganze Schicht der Probe zu rekonstruieren. In dieser lokalisiert und identifiziert man dann verschiedene chemische Substanzen. Erste spektrale THz-Tomographie Daten werden nachfolgend vorgestellt.

2 THz-System

In dem am IOF vorhandenen breitbandigen THz-TDS System zur THz-Bildgebung [2,3] werden die Pulse des fs-Lasersystems in Pump- und Abtastpuls aufgeteilt (Abb. 1). Der Pumpimpuls wird über eine Verzögerungsstrecke auf den Emitter, eine Halbleiter-Antennenstruktur, geleitet, wo die THz-Pulse emittiert werden. Ein optisches System formt den THz-Strahl und fokussiert ihn auf eine Probe. Die Probe befindet sich hierbei auf einem x-y-Kreuztisch sowie einem Drehtisch und kann so abgerastert werden, um ein 3D THz-Bild zu erzeugen. Ein zweites optisches System nimmt die THz-

Strahlung hinter der Probe wieder auf und fokussiert sie auf eine Halbleiter-Antennenstruktur, wo der THz-Puls durch den fs-Laserpuls abgetastet wird.

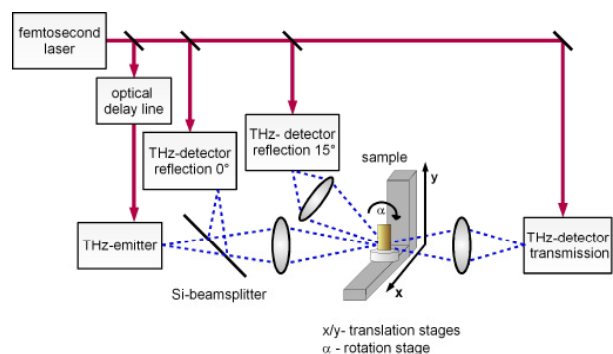


Abb. 1: THz-System zur Erfassung tomographischer Daten

3 Messdaten und Auswertung

Als Probekörper für die THz-Tomographie-Messung wurde ein Polystyrol Zylinder mit 25 mm Durchmesser und 30 mm Höhe gefertigt.

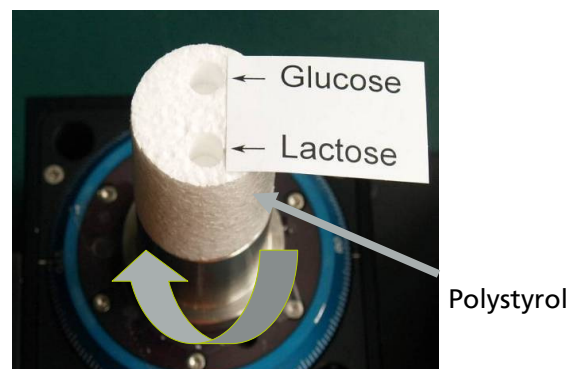


Abb. 2: Probekörper für die THz-Tomographie

In diesen wurden zwei Bohrungen eingebracht und je mit Glucose und Laktose gefüllt (siehe Abb. 2).

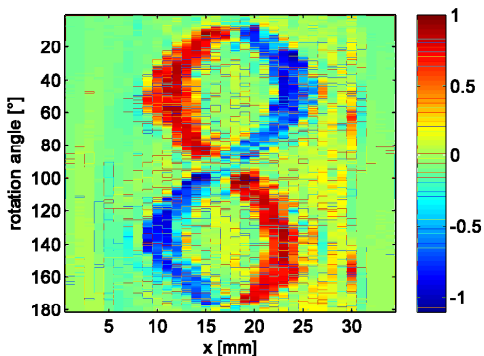


Abb. 3: Sinogramm der THz-Aufnahme des Probekörpers aus Abb. 2, auf der Skala entspricht der Wert 1 der Laktose, der Wert -1 der Glucose.

Die mit dem in Abschnitt 2 beschriebenen THz-System aufgenommenen Spektren wurden mittels Fourier-Transformation verarbeitet. Anschließend erfolgte ein Vergleich zwischen den normierten erfassten Probenspektren und gespeicherten Referenzspektren über das Skalarprodukt. Der Vergleich der normierten Spektren liefert Werte zwischen 0 und 1 (identische Stoffe 1, keine Übereinstimmung 0). Für 2 Stoffe ergibt die Auswertung Werte in der Skala -1 / 0 / 1 .

Diese werden anschließend als Sinogramm (Abb. 3) zusammengefasst und mittels gefilterter Rückprojektion dreidimensional ausgewertet. Der so erfolgte pixelweise Vergleich liefert dann eine direkte Stoffidentifikation mit räumlicher Verteilung (Abb 4).

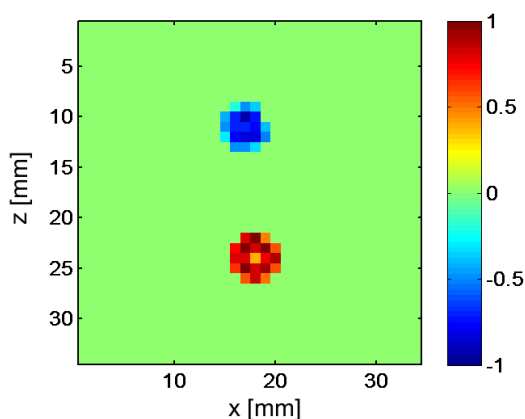


Abb. 4: Die Auswertung der Daten aus Abb. 2 und 3 zeigen die direkte Stoffidentifikation mit räumlicher Verteilung (Skala siehe Abb. 3).

4 Zusammenfassung

Erstmals konnte eine spektrale THz-Tomographie unter Verwendung der kompletten spektralen Informationen demonstriert werden. Es wurden Algorithmen zur räumlichen Identifikation chemischer Substanzen entwickelt und auf die spektralen THz-Daten angewandt. Eine erste Messung wurde demonstriert.

In den nachfolgenden Arbeiten wird an der Identifikation von mehreren chemischen Substanzen gearbeitet, ein Schwerpunkt stellt hier die Darstellungsstrategie dar. Ebenso sollen die in der THz-Tomographie im Gegensatz zur Röntgentomographie auftretenden optische Effekte wie z.B. Streuung, Absorption, Brechung, Beugung, oder Puls-spaltung an Kanten berücksichtigt werden.

Literatur

- [1] 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)
- [2] 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
- [3] B. Pradarutti; R. Müller; G. Matthäus; C. Brückner; S. Riehemann; G. Notni; S. Nolte; A. Tünnermann: „Multichannel balanced electro-optic detection for Terahertz imaging“, Optics Express 15 (2007) 26 p.17652-17660, ISSN 1094-4087N.