

TERAHERTZ TECHNOLOGIE

Motivation / Ausgangssituation:

Der Terahertz (THz) Frequenzbereich, im elektromagnetischen Spektrum zwischen Mikrowellen- und Infrarotstrahlung angesiedelt, ist erst seit wenigen Jahren auf effiziente Weise zugänglich. Deshalb ist THz-Technologie ein Forschungsbereich von großer Aktualität.

Als interessante Eigenschaft weist THz-Strahlung große Eindringtiefen für viele nichtleitende Materialien, wie etwa Kunststoffe, Polymere, Verbundmaterialien, Gewebe oder Keramiken auf. Weiters zeigen viele chemische Substanzen (z.B. Pharmazeutika, sicherheitsrelevante Materialien) charakteristische Absorptionsmuster („Fingerprints“) bei THz-Frequenzen. Aufgrund der geringen Energien ist THz-Strahlung, im Gegensatz zu Röntgenstrahlung, nicht-ionisierend. Aus diesen Gründen birgt THz-Technologie großes Potential für die berührungslose und zerstörungsfreie Materialuntersuchung und -charakterisierung.

THz-Technologie umfasst die Bereiche THz-Imaging, THz-Spektroskopie (Time-domain Spectroscopy, TDS), sowie eine Kombination der beiden (THz-Spectroscopic Imaging, THz-Hyperspectral Imaging).

Funktionsweise:

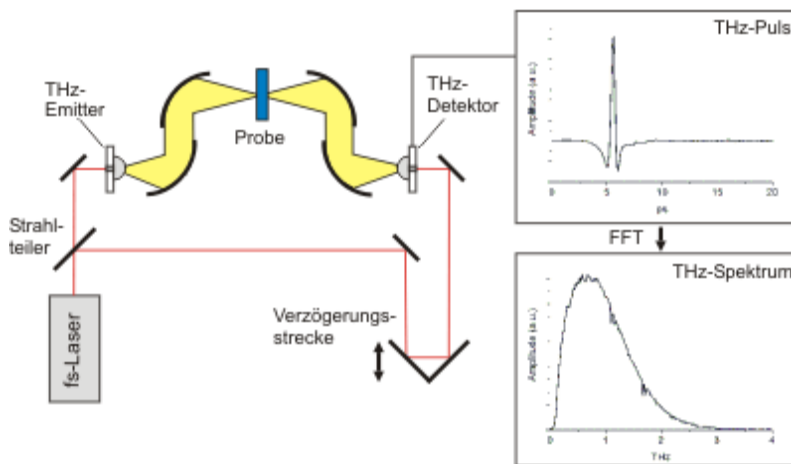


Abb. 1:

Links: Schematischer Aufbau eines gepulsten THz-Systems. Rechts oben: THz-Puls. Rechts unten: THz-Spektrum.

Eine Vielzahl von THz-Systemen arbeitet mit gepulster, breitbandiger THz-Strahlung und zeitaufgelöstem Detektionsschema. Ein typischer TDS-Aufbau in Transmissionsgeometrie ist in Abbildung 1 dargestellt.

Zur Anregung der gepulsten THz-Strahlung wird ein Femtosekunden (fs) Puls laser verwendet. Ein Teil des Laserstrahls wird auf einen THz-Emitter (z.B. photoleitender Schalter) fokussiert. Die emittierte THz-Strahlung wird über Optiken auf die Probe fokussiert und trifft anschließend auf den Detektor (z.B. photoleitender Schalter, elektro-optischer Kristall).



Für zeitaufgelöste Detektion des THz-Signals wird der zweite Teil des Laserstrahls ebenfalls zum THz-Detektor geleitet. Über Verschieben einer Verzögerungsstrecke im Laser-Strahlengang wird die zeitliche Verzögerung zwischen Anregung und Detektion variiert und so der THz-Puls zeitaufgelöst abgetastet (siehe Abb. 1).

Das THz-Spektrum ergibt sich durch Fouriertransformation (FFT) des zeitaufgelösten Signals (s. Abb. 1). Aus der Phasen- und Amplitudeninformation können direkt die frequenzabhängigen optischen Konstanten (Brechungsindex, Absorptionskoeffizient) des Materials bestimmt werden.

Für THz-Imaging wird die Probe zusätzlich lateral gerastert, orts aufgelöst ausgewertet (Amplitude, Zeitverzögerung, spektrale Information) und dargestellt. Die laterale Auflösung des THz-Strahls liegt dabei, bedingt durch die Wellenlängen der THz-Strahlung, im Millimeter-Bereich.

Ziel / Nutzen / Ergebnis:

Eine Anwendung von THz-Imaging im Bereich Materialuntersuchung stellt z.B. die Untersuchung von Kunststoffen, Glasfaser-Verbundstoffen oder Keramiken dar. Dort können Defekte oder Einschlüsse im Millimeterbereich im Inneren der Probe detektiert werden, auch wenn die Probe im sichtbaren Licht nicht-transparent erscheint. Speziell die Ausnutzung der Polarisations-eigenschaften der THz-Strahlung bietet die Möglichkeit, Information über Doppelbrechung und somit über Anisotropien bzw. Spannungen im Inneren von Materialien zu gewinnen - Größen, die mit anderen Methoden nur schwer zugänglich sind. Eine Anwendung ist die Analyse von Faserorientierungen in GFK-Materialien.

Das Potential spektroskopischer THz-Messungen liegt in der Detektion und Analyse verschiedenartiger chemischer kristalliner Substanzen, wie Medikamente, Explosiva oder Nahrungszusatzstoffe. Insbesondere stellen Papier- und Kunststoffverpackungen kein Hindernis bei diesen Messungen dar, und die Probe kann durch die Verpackung hindurch analysiert werden. Zu beachten ist, dass polare Substanzen, wie z.B. Wasser, starke Absorption für THz-Strahlung aufweisen. Dies stellt eine Einschränkung bei der Untersuchung von wasserhaltigen Substanzen (z.B. biologisches Gewebe) dar. Eine weitere Möglichkeit zur Materialcharakterisierung ist die Bestimmung des frequenzabhängigen Brechungsindex und Absorptionskoeffizienten, welche bei bekannter Probendicke direkt aus einer Messung bestimmt werden können.

Ansprechpartnerin:

DI Dr. Stefan Katletz
Research Center for Non Destructive Testing GmbH
Altenberger Straße 69, A-4040 Linz
Tel.: +43(0)732/2468-4666, Fax: +43(0)732/2468-4606
e-mail: stefan.katletz@recendt.at, www.recendt.at

