

Terahertz Technologie mit Diodenlasern

Kurzfassung

Dipl.-Ing. Carsten Brenner
Lehrstuhl für Photonik und Terahertztechnologie

Der Bereich der Terahertz (THz) Strahlung war lange Zeit unter dem Begriff „THz-Lücke“ bekannt, da es extrem schwierig war, in dem Bereich zwischen 100GHz und 30THz ein funktionierendes System bestehend aus Quelle und Detektor aufzubauen. Dabei bietet dieser Abschnitt des elektromagnetischen Spektrums viele Möglichkeiten, da viele Stoffe größtenteils transparent für THz-Strahlung sind und viele Rotationsübergänge von Molekülen in diesem Energiebereich liegen.

In den letzten 20 Jahren hat es jedoch eine enorme Entwicklung hin zu neuartigen Systemen gegeben, welche die Messtechnik in diesem Bereich ausgebaut und bestimmte Messungen erst ermöglicht haben. Die am meisten genutzte Methode ist dabei das Heruntermischen optischer Frequenzen mittels photoleitender Antennen.

Dabei stehen sich mit der pulsformigen und der kontinuierlichen THz-Erzeugung zwei grundlegend verschiedene Ansätze der Messtechnik gegenüber. Sogenannte Time Domain Spectroscopy (TDS) Systeme beruhen dabei auf Kurzpulslasern und ermöglichen eine breitbandige Messung. Zwei-Farben-Laser hingegen arbeiten mit kontinuierlicher Emission und ermöglichen bei deutlich geringerer Komplexität die Generation schmalbandiger THz-Strahlung.

Im Rahmen dieser Arbeit ist nun erstmals ein THz-System realisiert worden, welches die Vorteile der beiden Ansätze vereint. Kernstück ist dabei ein Laser im externen Resonator, dessen optisches Spektrum nahezu beliebig geformt werden kann, während die Emission stets kontinuierlich ist. Je nach Arbeitspunkt kann dabei zwischen einem standardmäßigen Zwei-Farben-Betrieb und einem „Quasi TDS“-Betrieb gewechselt werden, welcher trotz kontinuierlicher Emission die gleichen Informationen zugänglich macht, wie ein TDS-System. Dies ermöglicht Messaufbauten mit nur einem kompakten System, wo bisher mehrere verschiedene Verfahren gefragt waren. Mehrere Konzepte, um das THz Signal im Hinblick auf bestimmte Messaufgaben anzupassen werden diskutiert.

Der zweite Teil der Arbeit beschäftigt sich mit der direkten Generation und Detektion von THz-Strahlung mit Halbleiterlasern. Während die Generation aufgrund nichtlinearer Effekte in der Literatur schon gezeigt werden konnte, werden hier verschiedene Ansätze analysiert, um die Leistung dieses Generationsprozesses deutlich zu steigern.

Zudem konnte weltweit erstmals gezeigt werden, dass auch eine Detektion von THz-Strahlung mit kommerziellen Laserdioden möglich ist. Dabei werden die zu Grunde liegenden Mechanismen erläutert und das Verhalten der Laserdiode charakterisiert. Es zeigt sich eine starke Frequenzabhängigkeit, welche mit Resonanzeffekten im Ladungsträgerplasma erklärt werden kann.

Die Kombination von direkter Generation und Detektion von THz-Strahlung mit einem prinzipiell identischen Bauelement eröffnet dazu die Perspektive, extrem kompakte THz-on-Chip Systeme zu entwickeln, was eine kostengünstige Form der THz-Spektroskopie ermöglichen würde.