

Wechselwirkung von Terahertz-Strahlung mit Halbleiterlasern

Jared Ombiro Gwaro
Email: jared.gwaro@rub.de

Abstract—Die Terahertz-Technologie (THz) bietet ein großes Potenzial in den Bereichen Spektroskopie, Bildgebung, Materialwissenschaft, Sicherheitsprüfung und drahtlose Hochgeschwindigkeitskommunikation. Die Erzeugung von intensiver, gerichteter THz-Strahlung war jedoch schwierig und der THz-Frequenzbereich wurde lange als das Ende des elektromagnetischen Spektrums angesehen. Jüngste Fortschritte in der optoelektronischen Technologie hat eine neue Anwendung für die THz-Technologie eröffnet. Bei der Entwicklung von THz-Systemen für Massenmärkte gibt es jedoch immer noch eine große technische Einschränkung, hauptsächlich aufgrund der Kosten für THz-Hardwarekomponenten einschließlich Quellen und Detektoren. In diesem Zusammenhang betrachten wir die Verwendung von Halbleiter-Diodenlasern als THz-Detektoren sowie Anregungsquellen für photomischer zur THz-Erzeugung. Für die THz-Detektion haben wir die Wechselwirkung von Halbleiterlasern mit THz-Strahlung untersucht. In die Laserdiode wird intensive THz-Strahlung von verschiedenen Quellen und bei verschiedenen Frequenzen injiziert. Die Laserdiode wurde in Littman Konfiguration betrieben. Durch THz-Strahlung und nichtlineare Mischprozesse sollen, Seitenbänder im optischen Spektrum im nahen Infrarot induziert und mit einem optischen Spektrumanalysator analysiert werden. Dies wäre ein effizientes THz-Spektrometer, da der Abstand zwischen der Emissionslinie und den Seitenbändern der einfallenden THz-Frequenz entspricht. Leider war das Experiment aufgrund zu schwacher Wechselwirkung von THz-Strahlung mit Diodenlasern nicht erfolgreich.

Ein weiterer Ansatz bestand darin, eine kompakte und kostengünstige THz-Quelle zu demonstrieren, die auf einem monolithischen Distributed Bragg-Reflektor-Diodenlaser basiert, der zwei Frequenzen gleichzeitig emittiert. Wir konnten erfolgreich 300-GHz-Strahlung demonstrieren, wobei als photomischende Vorrichtung fasergekoppelte ionenimplantierte photoleitende Antennen verwendet wurden. Die erzeugte THz-Strahlung war über Temperatureinstellungen und Strominjektion einstellbar. Dieser Ansatz ermöglichte eine grobe Abstimmung im Bereich von 286 GHz bis 320 GHz. Wir haben die mögliche Verwendung des entwickelten Systems bei zerstörungsfreien Anlagenfeuchtigkeitsmessungen an einem Blatt, das durch Trockenheit ausgesetzt wird, und zur Feuchtigkeitsüberwachung beim Trocknen von Papierstücken erfolgreich demonstriert. Aufgrund der Tatsache, dass die Abstimmung der entwickelten Quelle grob war, haben wir die elektrische zur Feinabstimmung der erzeugten THz-Frequenz einstellbar ist. Die neue Diode bietet optische Schwebungssignalanpassungen über die Trägerinjektion in den DBR-Bereich mithilfe eines auf dem DBR-Segment integrierten Mikrowiderstandsheizers. Das Tuning über Ladungsträger-Injektion ist schnell. Der Injektionsstrom in der Widerstandsheizung kann zwischen 0 und 350 mA eingestellt werden, es wurden Differenzfrequenzen später eine Diode verwendet zwischen 100 GHz und 300 GHz realisiert. Diese Bandbreite war nur durch die Überlappung der beiden Modi bei höheren Heizerströmen von 250 mA bis 350 mA begrenzt. Die Emission von THz-Strahlung durch Photomischung im Bereich von 100 GHz bis 300 GHz wurde erfolgreich demon-

striert. Diese Ergebnisse stimmten gut mit den Messungen des optischen Schwebungssignals überein. Schließlich wurde ein einfaches, für THz-Messungen geeignetes Spektrometer für die Bestimmung der Dicke einer Polyäthylen-Probe (PE) realisiert, und auch seine Anwendung in der THz-Spektroskopie wurde durch die Bestimmung der spektroskopischen Transmissionseigenschaften eines THz-Filters demonstriert. Zusammenfassend wurden zwei kompakte THz-Quellen, die bei 300 GHz emittierten, erfolgreich demonstriert. Dies war ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg zur Entwicklung eines kompakten und kostengünstigen THz-Systems für den Massenmarkt.