

Photoakustik mit Halbleiterlasern

Kurzfassung der Dissertation

Dipl.-Ing. Claus-Stefan Friedrich
Lehrstuhl für Photonik und Terahertztechnologie

Die Photoakustik ist schon seit vielen Jahren Gegenstand intensiver biomedizinischer Forschung. Durch den photoakustischen Effekt wird auf eine Probe eingestrahktes Licht in eine akustische Welle umgewandelt. Dadurch verbindet die photoakustische Bildgebung den optischen Kontrast einer Lichtpulsanregung mit der Auflösung des akustischen Empfangssystems. Dies kann beispielsweise zur Tumordetektion im Gewebe genutzt werden, ohne dass dabei ionisierende Strahlung zum Einsatz kommt. Trotz beachtlicher Laborerfolge ist die Photoakustik allerdings noch nicht im medizinischen Alltag angekommen. Ein Hinderungsgrund für die Nutzbarkeit der biomedizinischen Photoakustik außerhalb von Laboren stellen die üblicherweise verwendeten teuren Großlasersysteme dar.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein multispektrales Halbleiterlasersystem als alternative Lichtquelle für die biomedizinische photoakustische Bildgebung entwickelt. Die Vorteile von Halbleiterlasern sind ihre Kompaktheit und ihr relativ geringer Preis. Im Vergleich zu den üblicherweise verwendeten Riesenimpulslasern bieten Halbleiterlaser zudem eine größere Effizienz und erlauben höhere Laserpulswiederholraten. Laserdioden liefern jedoch deutlich geringere Lichtpulsenergien und es bedarf daher neuartiger Strategien, um Großlasersysteme in der biomedizinischen Anwendung durch Halbleiterlasersysteme erfolgreich zu ersetzen.

Die geringere Lichtpulsenergie der Halbleiterlaser führt zu einem kleinen Signal-zu-Rausch-Verhältnis. Eine Analyse des empfangenen photoakustischen Signals bei Variation der Lichtpulsdauer ergab, dass die Lichtpulsdauer das Signal-zu-Rausch-Verhältnis in Abhängigkeit von der Ultraschallwandler-Übertragungsfunktion beeinflusst.

Durch eine Optimierung des Systems konnte demonstriert werden, dass mit Hilfe des entwickelten Halbleiterlasersystems spektroskopische Informationen im Photoakustik-Bild sichtbar gemacht werden können.

Aufgrund der geringeren Lichtpulsenergien sind typischerweise viele Mittelungen des Empfangssignals für den erfolgreichen Einsatz in der biomedizinischen Anwendung notwendig und es empfiehlt sich daher, die höhere Laserpulswiederholrate der Laserdioden auszunutzen. Die maximale Pulswiederholrate ist jedoch durch die Schallpulslaufzeit begrenzt, um Mehrdeutigkeiten zu vermeiden.

In dieser Arbeit konnte nun gezeigt werden, dass mit Hilfe von Golay-Kodierungen eine Verbesserung des Signal-zu-Rausch-Verhältnisses gegenüber dem Mittelungsverfahren möglich ist. Orthogonale Golay-Codes erlauben es sogar eine gleichzeitige multispektrale Anregung durchzuführen, ohne dass dabei spektroskopische Informationen verloren gehen.

In einem biomedizinischen Experiment wurden schließlich *quantitative* orts aufgelöste photoakustische *in vitro* Blutoxygenierungsmessungen erstmals mit Halbleiterlasern demonstriert. Diese Messungen basieren auf dem wellenlängen- und sauerstoffsättigungsabhängigen Absorptionsverhalten des Hämoglobins. Da die Blutoxygenierung Rückschlüsse auf das Vorhandensein bösartiger Tumore erlaubt, rückt damit die klinische photoakustische Diagnose von Tumorgewebe in greifbare Nähe.