

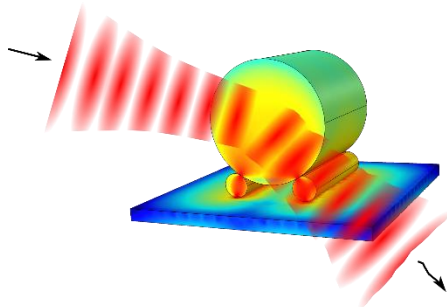
Aktuelle Themen für Bachelor- und Masterarbeiten in der LENA Nachwuchsgruppe “Metrologie für funktionale Nanosysteme”

Themenkomplex I: Optomechanische Eigenschaften nanostrukturierter Oberflächen

(Kontakt: johannes.dickmann@ptb.de)

- Computer-Simulation spannungsinduzierter Doppelbrechung

Die mechanische Bewegung (z.B. durch thermische Anregung oder äußere Einflüsse) von Nanoobjekten beeinflusst ihre optischen Eigenschaften und umgekehrt. Ein Beispiel für derartige Kopplungen ist das thermische Rauschen: Durch die mechanischen Fluktuationen des optischen Elements ändert sich die Phase und die Amplitude des reflektierten oder transmittierten Lichts. Außerdem können Nanostrukturen durch Beleuchtung mechanisch verformt werden und somit ihre optische Funktion ändern. Eine zentrale Rolle bei dieser optomechanischen Wechselwirkung spielt die spannungsinduzierte Doppelbrechung. Im Rahmen der Bachelor-/Master-Arbeit sollen die Einflüsse der Doppelbrechung anhand einfacher Nanostrukturen am PC untersucht werden. Dazu gehören das Design der Strukturen für eine bestimmte optische Funktion (zum Beispiel hohe Reflektivität), die Optimierung ihrer Funktion und die Untersuchung der optomechanischen Kopplung mithilfe der FEM-Software COMSOL® Multiphysics. Vergleiche mit Messungen in unseren Laboren setzen das i-Tüpfelchen.



- Ellipsometrische Messungen an Nanostrukturen

Die mechanische Bewegung (z.B. durch thermische Anregung oder äußere Einflüsse) von Nanoobjekten beeinflusst ihre optischen Eigenschaften und umgekehrt. Ein Beispiel für derartige Kopplungen ist das thermische Rauschen: Durch die mechanischen Fluktuationen des optischen Elements ändert sich die Phase und die Amplitude des reflektierten oder transmittierten Lichts. Außerdem können Nanostrukturen durch Beleuchtung mechanisch verformt werden und somit ihre optische Funktion ändern. Eine zentrale Rolle bei dieser optomechanischen Wechselwirkung

spielt die spannungsinduzierte Doppelbrechung. Diese kann experimentell mithilfe ellipsometrischer Verfahren bestimmt werden. Im Rahmen der Bachelor-Arbeit sollen einfache Strukturen an unserem hochauflösenden Selbstbau-Ellipsometer optisch charakterisiert werden. Dazu gehört die Justage des Aufbaus, die Messung der ellipsometrischen Parameter (mit LabView) und die analytische Modellierung der optischen Eigenschaften der Strukturen.

Themenkomplex II: Optische Absorption in Bulkmaterialien und Metaoberflächen

(Kontakt: Walter.dickmann@ptb.de)

- **Numerische Analyse eines Aufbaus zur optischen Absorptionsspektroskopie**

Die Präzision von hochempfindlichen optischen Instrumenten, wie beispielsweise Gravitationswellendetektoren, ist häufig durch optische Verluste limitiert, welche durch Absorptions- und Streuprozesse in beteiligten optischen Komponenten verursacht werden. Einige der zu Grunde liegenden Mechanismen, wie etwa Störstellenabsorption in Bulkmaterialien, sind sehr gut verstanden. Jedoch sind zuletzt auch Effekte beobachtet worden, welche sowohl unerklärt als auch umstritten sind (etwa eine außergewöhnlich hohe Oberflächenabsorption in reinem Silizium). Darüber hinaus sind die Verlustmechanismen in rauscharmen Metaoberflächen, also nanostrukturierten, elektromagnetisch wirksamen Strukturen, sind bisher noch weitestgehend unerforscht. Darüber hinaus ist unklar, wie sich die dadurch eingebrachte Wärme in diesen nanoskaligen Systemen dynamisch verteilt. Da diese Oberflächen vielversprechende Komponenten künftiger optischer Bauteile zur optischen Hochpräzisionsmetrologie darstellen, sind auch deren Absorptionseigenschaften von großem Interesse.

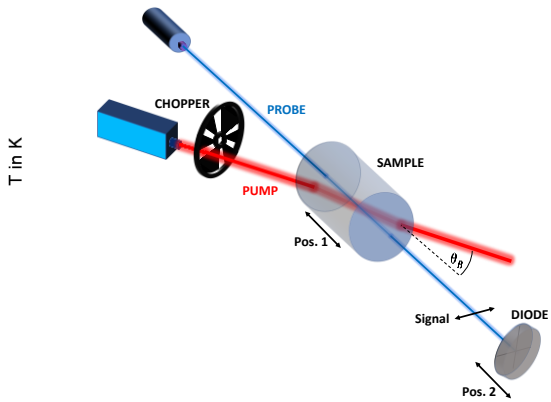
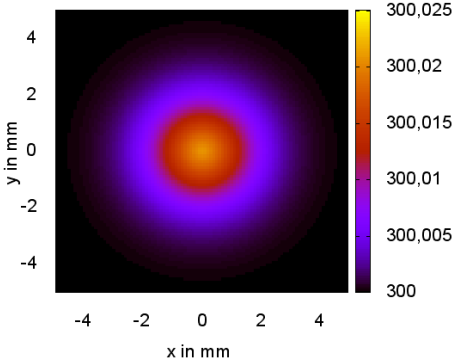
Die photothermische Ablenkungsspektroskopie (PDS) ist ein hochempfindliches Verfahren, welches die Änderung des Brechungsindex eines Mediums misst. Dabei wird durch die Absorption eines Pumplaserstrahls eine lokale Erwärmung des Materials und damit ein Brechzahlgradient erzeugt. Die damit einhergehende Ablenkung eines Probelaserstrahles wird optisch detektiert. Die Ablenkung des Strahles ist ein Maß für die lokal auftretende Absorption. Im Rahmen dieser Arbeit soll der Einfluss von Versuchsparametern auf das Signal-Rausch-Verhältnis des PDS-Aufbaus numerisch berechnet werden. Neben geläufigen Programmiersprachen bietet sich die Finite-Elemente-Anwendung COMSOL für diese Simulationen an. Die Ergebnisse der Berechnungen werden zeitnah in einem im Bau befindlichen PDS-System realisiert.

- **Realisierung eines Aufbaus zur photothermischen Ablenkungsspektroskopie**

Die Präzision von hochempfindlichen optischen Instrumenten, wie beispielsweise Gravitationswellendetektoren, ist häufig durch optische Verluste limitiert, welche durch Absorptions- und Streuprozesse in beteiligten optischen Komponenten verursacht werden. Einige der zu Grunde liegenden Mechanismen, wie etwa Störstellenabsorption in Bulkmaterialien, sind sehr gut verstanden. Jedoch sind zuletzt auch Effekte beobachtet worden, welche sowohl unerklärt als auch umstritten sind (etwa eine außergewöhnlich hohe Oberflächenabsorption in reinem Silizium). Darüber hinaus sind die Verlustmechanismen in rauscharmen Metaoberflächen, also nanostrukturierten, elektromagnetisch wirksamen Strukturen, sind bisher noch weitestgehend unerforscht. Darüber hinaus ist unklar, wie sich die dadurch eingebrachte Wärme in diesen nanoskaligen Systemen dynamisch verteilt. Da diese Oberflächen vielversprechende Komponenten künftiger optischer Bauteile zur optischen Hochpräzisionsmetrologie darstellen, sind auch deren Absorptionseigenschaften von großem Interesse.

Die photothermische Ablenkungsspektroskopie (PDS) ist ein hochempfindliches Verfahren,

welches die Änderung des Brechungsindex eines Mediums misst. Dabei wird durch die Absorption eines Pumpstrahlstrahls eine lokale Erwärmung des Materials und damit ein Brechzahlgradient erzeugt. Die damit einhergehende Ablenkung eines Probelaserstrahles wird optisch detektiert. Die Ablenkung des Strahles ist ein Maß für die lokal auftretende Absorption. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein solcher PDS-Aufbau experimentell umgesetzt werden. Insbesondere soll der Einfluss von Versuchsparametern wie Pumpstrahldivergenz, Messfrequenz usw. gemessen werden mit dem Ziel, ein möglichst hohes Signal-Rausch-Verhältnis zu erreichen. Auch die Kalibrierung des Systems, also die Zuordnung des Signalwertes zum gesuchten Materialparameter, dem Absorptionskoeffizient, ist für künftige Messungen notwendig.



Themenkomplex III: Optomechanische Lichtmodulation in Nanostrukturen

(Kontakt: carol.rojas-hurtado@ptb.de)

- **Theoretische Untersuchung von Mie-Resonanzen für Optomechanik in Nanostrukturen**

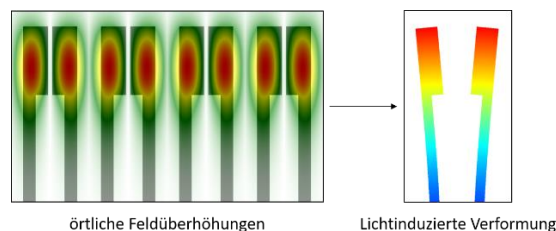
In optomechanischen Systemen koppelt das Lichtfeld durch optische Kräfte mit mechanischer Bewegung. Dabei werden sowohl die optische Funktion als auch mechanische Eigenschaften geändert. Nanostrukturierten Oberflächen ermöglichen durch örtliche Feldüberhöhungen die Realisierung besonders großer optischer Kräfte und damit eine starke optomechanische Wechselwirkung.

Im Rahmen dieser Arbeit soll anhand von hochreflektiven optischen Nanostrukturen ein theoretisches Modell auf der Basis von Mie-Resonanzen untersucht werden um in die optomechanische Licht-Materie-Wechselwirkung in diesen Systemen zu beschreiben. Dabei können rigorose Methoden wie die rigorose Analyse gekoppelter Wellen (RCWA) oder Finite-Elemente-Methode (z.B. anhand des FEM-Tools COMSOL) zum Einsatz kommen.

- **Realisierung eines Pump-Probe Aufbaus für optomechanische Modulation in Nanostrukturen**

In optomechanischen Systemen koppelt das Lichtfeld durch optische Kräfte mit mechanischer Bewegung. Dabei werden sowohl die optische Funktion als auch mechanische Eigenschaften geändert. Nanostrukturierten Oberflächen ermöglichen durch örtliche Feldüberhöhungen die Realisierung besonders großer optischer Kräfte und damit eine starke optomechanische Wechselwirkung.

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein Pump-Probe-Aufbau experimentell realisiert werden, der die Untersuchung von lichtinduzierter optischer Modulation in Nanostrukturen ermöglicht. Der Pump-Strahl wird mithilfe eines Frequenz-Generators und eines elektro-optischen Modulators (EOM) moduliert und ggf. verstärkt. Ein Probe-Strahl mit geringer Intensität wird auf die Frequenz des Generators gelockt und kann schlussendlich die lichtinduzierte Veränderung der Oberfläche auslesen.



Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an uns!