

Zusammenfassung

Die Resonanzen von Oberflächenplasmonen (LSPR von engl. localized surface plasmon resonance) in metallischen Nanostrukturen liefern genau definierte Absorptions- und Streuungspeaks in deren optischen Fernfeldspektren. Zusammen mit dem damit einhergehenden stark verstärkten elektromagnetischen Nahfeld macht dies plasmonische Strukturen zu vielversprechenden Kandidaten für Biosensoren und plasmonisch unterstützte Spektroskopie. Seit der Entdeckung plasmonischer Resonanzen sind viele Anstrengungen unternommen worden, um solche Sensoren und die plasmonisch unterstützte Spektroskopie zur Anwendung im Bereich der klinischen Diagnose, der Lebensmittelsicherheit oder der Umgebungsüberwachung zu bringen. In dieser Arbeit haben wir die Leistungsfähigkeit von vertikalen Metall-Isolator-Metall (MIM) -Strukturen als Brechungsindex (RI von engl. refractive index) -Sensoren und als Substrate für oberflächenverstärkte Raman-Streuung (SERS von engl. surface enhanced Raman scattering) untersucht. Das verstärkte Nahfeld der MIM-Struktur ist jedoch innerhalb der nur wenige Nanometer dicken Isolatorschicht lokalisiert und für das umgebende Medium und die nachzuweisenden Raman-Moleküle nicht frei zugänglich. Um dieses Problem zu lösen, zielt die vorliegende Arbeit zum einen darauf ab, die Grundlagen der vertikalen MIM-Strukturen besser zu verstehen und zum anderen darauf, die Bereiche mit besonders starkem Nahfeld (engl. hotspots) der Resonatormoden freizulegen. Weiterhin wird die Sensitivität der MIM-Strukturen auf RI-Änderungen bestimmt und untersucht, wie die SERS-Leistung verbessert werden kann.

Bei den MIM-Strukturen handelt es sich um Goldscheibchen, welche sich, durch eine Siliziumdioxidschicht getrennt, auf einem dünnen Goldfilm befinden. Diese Disc-on-Film-Strukturen mit unterschiedlichen geometrischen Parametern und unterschiedlichen Abstandhalter-Konfigurationen wurden systematisch durch Experimente und Simulationen untersucht. Ein Modell für kreisförmige Fabry-Pérot(FP)-Kavitäten wurde angewendet, um die Resonatormoden in MIM-Kavitäten zu beschreiben. Die Resonatormoden wurden in Rand-Moden und Oberflächen-Moden unterteilt, deren Resonanzen sich bei Veränderung der Isolatorschicht, bei der RI-Sensitivität und bei den SERS-Verstärkungsfaktoren unterschiedlich verhalten. Die Abhängigkeit der Resonatormoden von der Periodizität, dem Resonator-Radius und der Höhe der Kavität wurde untersucht. Der Grund für unterschiedliche Linienformen der optischen Fernfeldspektren wurde aufgezeigt.

Der Einfluss verschiedener Geometrien der isolierenden Abstandhalter-Schicht auf die Position der "Hot Spots" und die Resonanzwellenlängen wurde systematisch untersucht. Im

Experiment wurden die "Hot Spots" der Resonatormoden durch Aussätzen des Spacermaterials freigelegt.

Die RI-Sensitivitäten der MIM-Strukturen wurden durch Simulation und Experiment untersucht. Es wurden verschiedene Arten plasmonischer Moden, die in den Strukturen auftreten, verglichen. Im Experiment wurden dabei verschiedene Sensormodulationen und -konfigurationen verwendet. Die Sensitivität der Resonatormoden und der Oberflächenplasmon-Moden konnte durch Kopplung und daraus resultierendes Rabi-Splitting eingestellt werden.

Es wurden bemerkenswerte SERS-Verstärkungsfaktoren in den Strukturen, in welchen durch Aussätzen der Spacer freigelegt wurde, erreicht. Maxima des Verstärkungsfaktors, die auf unterschiedliche Ordnungen von Resonatormoden zurückgeführt werden konnten, wurden sowohl im Experiment als auch in der Simulation beobachtet. Es wurde eine gute qualitative Übereinstimmung zwischen den experimentellen und simulierten Ergebnissen gefunden. Ein SERS-Leistungsvergleich wurde zwischen Discon-Film-Substraten und vertikalen Disc-Dimeren durchgeführt: Eine ähnliche Abhängigkeit des effektiven SERS EF als Funktion des Radius wurde für die beiden SERS-Substrate gefunden.

Stichwörter: Plasmonen, Nanopartikel, Fabry-Pérot-Resonator, optische Eigenschaften, oberflächeverstärkte Raman-Streuung, Brechungsindexsensor