

## Streszczenie

Niniejsza rozprawa przedstawia wyniki kompleksowych badań nieliniowych interakcji światła z materią w otoczeniu plazmonicznych nanoanten i metapowierzchni, z wykorzystaniem modelowania numerycznego i teoretycznego jako głównych metod badawczych. Badania koncentrują się na różnych konfiguracjach plazmonicznych nanoanten i metapowierzchni, zaprojektowanych w celu wzmocnienia nieliniowych procesów optycznych, takich jak powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana, koherentna spektroskopia Ramana, oddziaływania światła z cząsteczkami polarnymi oraz procesy absorpcji wielofotonowej i dwufotonowej.

Kluczowe wyniki obejmują projektowanie plazmonicznych nanoanten i metasurfaces, które nie tylko wzmacniają te nieliniowe procesy, ale także umożliwiają kontrolę częstotliwości rezonansowych poprzez zastosowanie napięcia bramki do warstwy grafenu w paśmie terahercowym. Ta zdolność pozwala na strojenie wzmocnienia procesów absorpcji wielofotonowej, wspierając absorpcję dwóch, czterech, sześciu, ośmiu i dziesięciu fotonów przy stałej geometrii nanoanteny poprzez modulację napięcia bramki. Dodatkowo, sprzężenie dysków grafenowych z prętami srebrnymi umożliwia kontrolę emisji terahercowej z układów kwantowych z cząsteczkami polarnymi. W tych procesach, integracja prętów srebrnych i złotych z warstwami grafenu prowadzi do dwóch odrębnych i strojalnych rezonansów w zakresie od pasma terahercowego do widzialnego. Te nowatorskie struktury nanoanten mogą znaleźć zastosowanie w fluorescencji wielofotonowej i wnękach optomechanicznych.

Rozprawa zawiera również projekty dwóch metapowierzchni o odmiennych odpowiedziach optycznych w celu wzmocnienia rozpraszania Ramana. Pierwsza metapowierzchnia w konfiguracji metal-izolator-grating charakteryzuje się przestrajalną odpowiedzią optyczną z kilkoma rezonansami, których położenie spektralne może być sterowane przez zmianę kąta padania. Pozwala to na wzmocnienie sygnału detekcji wybranych wartości przesunięć Ramana w cząsteczkach Rhodaminy. Druga metapowierzchnia o konfiguracji metal-izolator-metal oferuje ultra-szerokopasmowy rezonans i znaczne wzmocnienie pola elektrycznego, wspierając tym samym szeroki zakres przesunięć Ramana dla gamy cząsteczek w procesach zarówno rozpraszania Ramana, jak i koherentnego rozpraszania anty-stokesowskiego.

Ponadto, rozprawa opisuje przestrajalną nanoantnę z dwoma modami plazmonicznymi — jasnym i ciemnym — w zakresie bliskiej podczerwieni i widzialnym. Ich właściwości sterowanych poprzez sprzężenie tych modów i dobór polaryzacji. Z opisu kwantowego procesu absorpcji dwufotonowej wynika, że w różnych zakresach nasycenia poziomu wzbudzenia badanych cząsteczek skuteczne są odmienne mechanizmy wzmocnienia sygnału.

Podsumowując, praca ta demonstruje znaczny wpływ nanoanten i metapowierzchni na nieliniowe oddziaływania światła z materią poprzez wykorzystanie plazmonicznych nanoanten i metapowierzchni, poszerzając zrozumienie i zakres metod kontroli tych złożonych procesów.