

Grafenowe Plazmony Powierzchniowe dla Sterowalnej Kwantowej Elektrodynamiki

Grafen to dwuwymiarowa sieć o geometrii plastra miodu, złożona z atomów węgla. Najprościej mówiąc, jest to pojedyncza warstwa grafitu – tego samego materiału, który możemy znaleźć w rysiku ołówka. Pomimo prostoty, grafen jest uniwersalnym materiałem o niespotykanych właściwościach: znakomitej przewodności cieplnej i elektrycznej, o ekstremalnej absorpcji padającego nań światła. Jest to najsilniejszy i najsztwniejszy materiał jaki kiedykolwiek testowano. Wielorakości możliwych zastosowań towarzyszy szeroka dostępność węgla i względna prostota metod wytwarzania grafenu. Naukowcy, którzy odkryli grafen na nowo dla nowoczesnej nauki i technologii, Andre Geim i Konstantin Novoselov, otrzymali w 2010 r. Nagrodę Nobla z fizyki za swe przełomowe doświadczenia w tej dziedzinie.

Projekt GraSP ma na celu wykorzystanie ogromnego potencjału grafenu w zakresie sterowania oddziaływaniami światła z układami kwantowymi. Przykładami tych układów są cząsteczki lub bardziej skomplikowane struktury, takie jak niewielkie defekty w sieci krystalicznej np. diamentu. Poddany oświetleniu, grafen może skupiać światło w obszarach przestrzennych rozmiaru tysiące razy mniejszego niż średnica ludzkiego włosa. To właśnie rozmiar izolowanych układów kwantowych.

Okazuje się, że punkty skupienia światła przez kawałek grafenu można precyzyjnie przestrajac. Nie tylko ich lokalizacja przestrzenna, ale również właściwości widmowe, czyli barwa rezonansowo wzmacnianego światła, zależą od kształtu i rozmiaru elementu grafenu. Co ważniejsze, można je modyfikować, np. za pomocą napięcia elektrycznego. To otwiera możliwości dynamicznego adresowania światłem pojedynczych cząsteczek usytuowanych w bliskim sąsiedztwie arkuszy, wstążek lub płatków grafenu. Zawezwane w ten sposób, cząsteczki mogą być przestrojone na absorpcję światła lub zwalniane by je emitować, a nawet manipulowane tak by nadać światłu pewne egzotyczne właściwości kwantowe. Dzięki przestrajalności grafenu, cząsteczki te mogą być w perspektywie "włączane i wyłączane" poprzez naciśnięcie przycisku lub aktywowane stopniowo poprzez przekręcenie pokrętki. Z drugiej strony, grafen może być stosowany jako nośnik oddziaływań międzycząsteczkowych na dużych odległościach i może te cząsteczki korelować do różnego rodzaju współdziałania.

Nasze cele w ramach projektu to stworzenie podstaw teoretyczno - numerycznych do zbadania oddziaływań nanostruktur grafenowych i sąsiadujących układów kwantowych, a potem zastosowanie wypracowanych narzędzi do kompleksowej analizy potencjału grafenu do sterowania dynamiką i właściwościami spektralnymi tych układów. Dzięki takiej analizie chcemy stworzyć podwaliny dla rozmaitych zastosowań, w tym nowych rodzajów przestrajalnych w czasie i skalonych na miniaturowych czipach kwantowych bramek logicznych do przetwarzania sygnałów, źródeł światła o niezwykłych właściwościach: na przykład o dobrze określonej liczbie fotonów, lub wreszcie urządzeń na żądanie aktywujących cząsteczek.