

## **Ultradługość nanodrutu metaliczne jako plazmonowe falowody – most pomiędzy nano- i makroświatem**

Zanim zostanie omówiona koncepcja propagacji plazmonów powierzchniowych, w pierwszej kolejności konieczne jest zrozumienie, co to jest plazmon.

Przewodnictwo elektryczne metali związane jest z obecnością wolnych elektronów, które mogą swobodnie poruszać się w materiale. Jony (naładowane atomy) pozostają nieruchome w węzłach sieci krystalicznej, zaś wolne elektrony mogą zostać przemieszczone w materiale przez pole elektryczne, podobnie jak woda w rzece porusza się w wyniku działania grawitacji. Światło jest także formą pola elektrycznego – bardzo szybko oscylującego – i dlatego, że elektrony w metalu są popychane w przód i w tył przez światło, metale są błyszczące, a światło nie może przeniknąć w głąb metalu. Jednakże, jeśli cząstka metalu jest znacznie mniejsza niż długość fali padającego na nią światła, cała "chmura" elektronów w cząstce będzie poruszać się tam i z powrotem (oscylować), jak krople na płytce, która wychyla się z boku na bok. Ten kolektywny ruch chmury elektronowej nazywany jest plazmonem. Ze względu na wzajemne przyciąganie przeciwnych ładunków, ujemne elektrony są połączone z dodatnimi jonami metali, tak jakby były połączone sprężyną. Kiedy światło popycha elektrony w jedną stronę, jony próbują przyciągnąć je z powrotem. Gdy częstotliwość ciągnięcia w przód i w tył przez światło odpowiada częstotliwości szarpania przez jony ruch plazmonowy jest bardzo mocny, a zjawisko to określane jest jako rezonans plazmonowy. W zależności od materiału, wielkości i kształtu cząstek zjawisko to może wystąpić przy różnych długościach fal światła. W badaniach efektów plazmonowych najbardziej popularne są srebro i złoto, ponieważ ich rezonans plazmonów występuje w zakresie światła widzialnego.

Nanodrutu są unikalne, ponieważ ich średnica jest znacznie mniejsza niż długość fali światła, co czyni je odpowiednimi do wzbudzenia plazmonów wzdłuż ich osi i może być przenoszona na całej ich długości. Oznacza to, że plazmon, który jest generowany przez świecące światło na jednym końcu drutu może propagować wzdłuż drutu analogicznie do odgłosu pociągu przenoszącego się wzdłuż szyny. I tak jak dźwięk nadjeżdżającego pociągu pobudza reakcję w uchu po przyłożeniu go do szyny, tak plazmon może wzbudzić świecenie emiterów fluorescencyjnych przyłączonych do drutu na całej jego długości. Plazmon spowoduje świecenie emiterów, a poprzez ich odpowiedni dobór, świecenie będzie widoczne tylko w obecności pewnych interesujących nas cząsteczek. Chcemy wykorzystać zjawisko propagacji plazmonów do budowy czujnika, który będzie wykrywał obecność cząsteczek znajdujące się daleko od miejsca wzbudzenia plazmonów. Będzie to mogło być zastosowane do wykrywania obecności specyficznej cząsteczki w próbce, nawet wewnątrz komórki, w przypadkach, gdy świecące silne światło bezpośrednio na próbkę używane do wzbudzenia mogłoby spowodować jej uszkodzenie.

Efektywne propagowanie plazmonów wzdłuż drutu wymaga, aby był on wysokiej jakości, bez defektów struktury krystalicznej. Synteza nanodrutów o długości do 1 mm (10000 razy dłużej niż ich średnica) nie jest zadaniem trywialnym. Większość metod syntez prowadzi do otrzymywania drutów polikrystalicznych, które powstają przez "zespawanie" ze sobą krótszych kawałków powodując zakłócenia tak, jak w szynach starego typu - powstawanie dźwięku tak-to-to-tak-to-to w momencie przejeżdżania pociągu. Znaczna część projektu poświęcona będzie opracowaniu kontrolowanej i wydajnej metody wzrostu wysokiej jakości nanodrutów. Kolejnym wyzwaniem będzie przyłączenie odpowiednich emiterów do drutu w taki sposób, aby nie wpłynęło to na propagację plazmonów wzdłuż drutu.

Połączenie tych dwóch zadań z budową nowego układu optycznego opartego na dwóch obiektach mikroskopowych służących do wzbudzenia i wykrywania odległości na jaką propagują ("podróżują") plazmony jest zadaniem trudnym do wykonania.