

Ludzkie oko jest czułe jedynie na pewien zakres długość fal elektromagnetycznych, zwany widmem widzialnym lub ogólnie **światłem**. Światło jest więc szczególnym rodzajem fali elektromagnetycznej, która ma składowe związane z polem elektrycznym i magnetycznym, które oscylują prostopadle do kierunku rozchodzenia. Światło może zachowywać się jak fala, bądź jak cząsteczka. Toteż część obserwowanych zjawisk fizycznych można wyjaśnić w oparciu o tę dualną korpuskularno-falową naturę światła, ale do wyjaśnienia wielu zjawisk wystarczają podstawowe prawa fizyki związane z falową naturą światła, jest wśród nich dyfrakcja, rozpraszanie, załamanie, odbicie czy zmiana polaryzacji światła. Zachowanie światła zależy od ośrodka w którym się ono rozchodzi, w ogólności współczynnik załamania określa falowe właściwości ośrodka i jest wykorzystywany do opisu rozchodzącej się w nim fal. Wszystkie znane, występujące w naturze materiały w których rozchodzi się światło, mają dodatni współczynnik załamania, nie są znane materiały o ujemnym współczynniku załamania. Dopiero na początku XXI wieku w oparciu o opracowania teoretyczne prof. J. Pendryego, prof. D. Smith eksperymentalnie zademonstrował sztucznie wytworzony materiał, który charakteryzuje się ujemnym współczynnikiem załamania. Chociaż było to dla mikrofal, fal elektromagnetycznych o długości milimetrów, zapoczątkowało to gwałtowny rozwój nowej gałęzi wiedzy związanej z **metamateriałami**.

W trakcie prawie dwóch dekad badań nad tymi nowymi materiałami, naukowcy znaleźli sposoby jak przenieść efekty anormalnego załamania i ugięcia fal na grunt światła, a także jak maksymalnie zmniejszyć układy służące do kontroli złamania i odbicia fal. Tak powstała koncepcja **metapowierzchni**, czyli płaskiej dwuwymiarowej struktury pozwalającej kontrolować padające i odbite światło. Kiedy światło pada na taką powierzchnię, doznaje załamania czy odbicia, w kierunku i z intensywnością zgodnie z zaprojektowaną w nanoskali strukturą tworzącą tę metapowierzchnię. Metapowierzchnie mogą być projektowane tak by kierować, czy skupiać padające światło w określonym kierunku i odległości. Grubość metapowierzchni jest mniejsza od długości światła, także jest to niezmiernie cienka i płaska warstwa, a dzięki swoim właściwościom, metapowierzchnie mogą zastąpić zwykłe urządzenia optyczne, jak soczewki, pryzmaty, hologramy. Płaskie elementy optyczne i urządzenia do hologramów bazujące na metapowierzchniach, są jednymi z bardziej aktywnych kierunków badań w nanofotonice. W ostatnim czasie wiele propozycji soczewek i hologramów opartych o metapowierzchnie (meta-soczewki) zostało zademonstrowanych eksperymentalnie w różnych laboratoriach na całym świecie.

Jednakże obecnie projektowane i wytwarzane urządzenia w oparciu o metapowierzchnie mają istotne ograniczenia związane z ich monochromatycznością, czyli funkcjonowaniem tylko dla jednej wybranej częstotliwości (długości fali, czyli dla światła o jednym kolorze). To poważnie ogranicza możliwości zastosowań praktycznych. W tym projekcie, głównym jego celem jest projektowanie nowych metapowierzchni, które będą funkcjonować poprawnie dla fal o różnych częstotliwościach. By znaleźć właściwe rozwiązanie, będziemy rozważać kilka mechanizmów mogących zwiększyć funkcjonalność metapowierzchni. Wyboru najbardziej obiecującego rozwiązania do weryfikacji eksperymentalnej dokona się na bazie zaawansowanych symulacji numerycznych. **Końcowym rezultatem projektu będzie demonstracja meta-soczewki działającej dla kilku częstotliwości z zakresu światła widzialnego i wykorzystania jej do wytworzenia hologramu.**

Proponowane badania są oparte o prace realizowane do doktoratu, którego tematem są badania płaskich układów fonicznych bazujących na metapowierzchniach. Opublikowane trzy prace w renomowanych międzynarodowych czasopismach, dotyczyły w pełni dielektrycznych ultracienkich urządzeń do konstrukcji wyświetlaczy fonicznych. Już nabyte doświadczenie w symulacjach numerycznych, wytwarzaniu nanostruktur fonicznych, i eksperymentalnych badań metapowierzchni są w bezpośredniej relacji do proponowanych badań. Wstępne obliczenia i wyniki eksperymentalne przeprowadzone w NCTU na Tajwanie były główną motywacją do podjęcia proponowanej tematyki badawczej. Otrzymane wstępne rezultaty pozwalają optymistycznie patrzeć na realizację projektu i stworzenie płaskich urządzeń fonicznych, które mogą przyczynić się do poprawy funkcjonowania smartfonów, aparatów fotograficznych, czy urządzeń holograficznych. Nowe urządzenia mogą być nawet 100 razy cieńsze i lżejsze od obecnych, co może przyczynić się do rozwoju nowych technologii z wirtualnej rzeczywistości, czy Internetu rzeczy. Dodatkową zaletą jest kompatybilność proponowanej technologii wytwarzania ze standardową technologią CMOS, także projektowane meta-soczewki będą mogły być wytwarzane na tym samym chipie i w tym samym procesie litograficznym. Jest to dużą zaletą w stosunku do zwykłych układów optycznych, które muszą być wytwarzane w wielu procesach, co jest czasochłonne i kosztowne. Jeszcze większego wpływu projektu można oczekiwać w obszarze czujników fonicznych, nieinwazyjnych urządzeń medycznych i zastosowań do fotowoltaiki.