

Relazione scientifica relativa al programma di Short Term Mobility 2015

Fruitore: Vittorianna Tasco, Nanotechnology Institute, Lecce

Titolo del programma: Non Linear Spectroscopy of 3D Chiral Metamaterials

Periodo: 09/11/2015-30/11/2015

Host Institution: University of Bath, Physics Department, MultiPhoton NanoPhotonics Group

Negli ultimi quattro anni, il gruppo di ricerca cui appartengo ha focalizzato il suo interesse sullo studio di sistemi nanofotonici caratterizzati da importanti effetti chiro-ottici quali dicroismo circolare e rotazione della polarizzazione lineare nell'intervallo spettrale del visibile. Tali nanostrutture vengono realizzate tramite un processo di deposizione indotta da fascio ionico o elettronico focalizzato e caratterizzate otticamente in regime lineare nei nostri laboratori. Lo studio della risposta chirale di tali sistemi in regime non lineare può comportare effetti ancora più importanti di quelli osservabili in regime lineare, dato che il processo ottico di generazione di seconda armonica è altamente sensibile alla chiralità e alle superfici metalliche. Da qui la motivazione di consolidare una collaborazione con il gruppo di Nanofotonica dell'Università di Bath, nel Regno Unito, guidato dal dott. Ventsislav Valev, esperto riconosciuto proprio nello studio di processi ottici non lineari in nanostrutture plasmoniche.

La mia partenza è stata preceduta dalla progettazione, condivisa con il gruppo inglese, e dalla realizzazione, da parte del mio gruppo, di campioni idonei ad evidenziare effetti chiro-ottici in regime non lineare. Abbiamo convenuto sulla realizzazione di array di nanostrutture metalliche con elevato livello di anisotropia, nella forma di nanoeliche, cioè strutture tridimensionali completamente chirali, con caratteristiche geometriche alla nanoscala. Il punto di partenza della nostra analisi doveva essere studiare la risposta di questi sistemi in esperimenti di ottica non lineare, attesa dall'elevata anisotropia del sistema, e comprendere come l'evoluzione della struttura nella terza dimensione, tramite la variazione del numero di avvolgimenti, influenzasse la risposta non lineare del sistema. La figura 1 mostra un'immagine del layout di nanostrutture ottenuta tramite ispezione da microscopio elettronico a scansione.

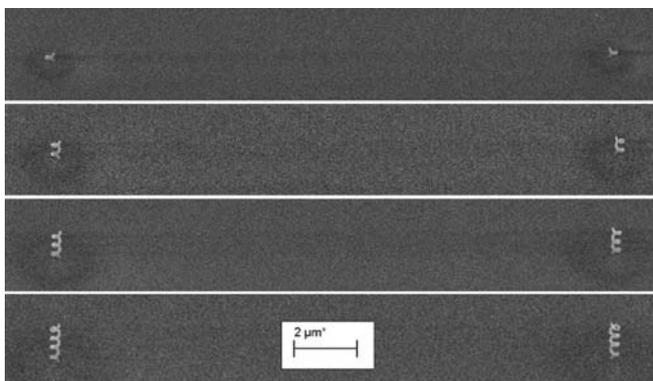


Figura 1- Immagine al microscopio a scansione elettronica delle nanostrutture in platino realizzate per le misure di generazione di seconda armonica. Per ogni riga sono evidenti gli enantiomeri opposti, mentre da una riga all'altra è stato variato il numero di avvolgimenti. Le dimensioni delle strutture sono: diametro del filo 100 nm, passo verticale 400 nm, diametro dell'elica 300 nm.

Per quanto riguarda la scelta del materiale si sono usate due strategie: in un caso le nanostrutture sono state realizzate direttamente tramite il processo di deposizione del metallo (platino) indotta da fascio ionico focalizzato; nel secondo set di campioni, le strutture sono state realizzate su substrati di silicio tramite deposizione indotta da fascio ionico focalizzato a partire da un precursore di carbonio per poi venire successivamente ricoperte da 20 nm di metallo (oro) evaporato termicamente.

Una volta a Bath, abbiamo iniziato a lavorare sull'effetto di generazione di seconda armonica in questo sistema nanofotonico. A questo scopo si è dapprima ottimizzato il set up di misura del gruppo basato su un microscopio confocale a scansione laser, in grado di rivelare la risposta dalla singola nanostruttura. La sorgente utilizzata è un laser tunabile impulsato al femtosecondo alla lunghezza d'onda di 800 nm. Le misure sono state effettuate in configurazione di riflessione controllando la polarizzazione circolare tramite opportuni filtri.

Le misure sono state effettuate sul campione in platino e su varie nanostrutture al variare del numero di giri. Le strutture hanno mostrato un forte segnale di seconda armonica in riflessione, dipendente dalla combinazione di polarizzazione circolare della struttura con quella del fascio incidente. In particolare, le strutture destrorse hanno mostrato generazione di seconda armonica quando la luce incidente è polarizzata come circolare destra, mentre per la polarizzazione incidente opposta non si osserva segnale. La situazione si inverte quando la struttura in esame è sinistrorsa.

Al variare del numero di giri della struttura in esame, nel range disponibile sul campione analizzato, il dichroismo circolare ha mostrato una forte dipendenza dal numero di giri in regime lineare, mentre in regime non lineare non sono stati osservati effetti di questo parametro. È stata analizzata anche la dipendenza del dichroismo circolare della generazione di seconda armonica in funzione della lunghezza d'onda incidente, confrontandolo con quello in regime lineare. L'analisi di questi effetti è oggetto al momento di uno studio approfondito dei dati, mentre ulteriori campioni sono in via di realizzazione per estendere il range di parametri strutturali da analizzare.

Un altro importante feedback dell'attività congiunta svolta durante questo programma è stata la determinazione delle condizioni sperimentali necessarie all'ispezione dei campioni. La potenza media del fascio laser necessaria all'osservazione degli effetti non lineari ha mostrato un'alta probabilità di indurre deformazioni plastiche nella nanostrutture, dato il volume estremamente ridotto. Questo rende necessaria la disponibilità di un numero elevato di strutture per ottimizzare le condizioni sperimentali da un lato, e di trovare configurazioni di materiale più resistenti al danneggiamento dall'altro.

I ricercatori di Bath stanno proseguendo l'attività sperimentale avviata dalla collaborazione con le misure del secondo campione di nanostrutture, cresciute in carbonio e ricoperte in oro evaporato termicamente, mentre il nostro gruppo a Lecce sta completando la gamma di campioni da spedire. Oltre all'attività sperimentale, sono state avviate diverse discussioni e progettualità su questa tematica. Innanzitutto, si è convenuto sulla possibilità e importanza di effettuare delle misure di scattering delle singole nanoeliche attivando una nuova collaborazione con il centro di nanofotonica dell'Università di Cambridge. Il programma mi ha permesso inoltre di discutere con questo gruppo alcuni dati relativi ad esperimenti precedentemente effettuati arrivando a un

modello per la correlazione delle misure, in regime lineare, di dicroismo circolare con quelle di attività ottica, confermando e arricchendo i dati a mia disposizione.

Un altro obiettivo del programma era quello di estendere questo studio verso sistemi plasmonici anche planari, in grado di generare effetti di generazione di seconda armonica o di superchiralità per applicazioni enantioselettive in campo biotecnologico/farmaceutico. In particolare si è discussa la possibilità di presentare un progetto congiunto nell'ambito della prossima call FET-Open, in cui il ruolo del nostro istituto sarà quello di realizzare strutture chirali non solo tridimensionali ma anche planari e con diverse geometrie tramite diversi approcci di nanofabbricazione.

Durante il periodo del programma, ho tenuto un seminario illustrativo sulle attività del nostro istituto CNR e sulla linea di ricerca di fotonica chirale perseguita dal nostro gruppo, e ho partecipato attivamente alle riunioni periodiche di gruppo, interagendo con ricercatori e studenti sulle tematiche di comune interesse.