

Titolo del programma: Sub-10nm Nanofabrication with the Helium Ions of Plasmonic Devices

Data di partenza: 05/06/2016

Data di ritorno: 26/06/2016

Durante l'attività scientifica svolta presso la Molecular Foundry del Lawrence National Berkeley Laboratory di Berkeley (USA) (Figura 1) dal 6 al 25 giugno, come riportato nella dichiarazione di attività scientifica all'estero redatta dall'Istituzione ospitante, mi sono occupato della realizzazione di efficienti nanostrutture plasmoniche da integrare nella nuova generazione di dispositivi nanofotonici attivi.



Figura 1. Ingresso della Molecular Foundry (Building 67) posizionata all'interno del Lawrence National Berkeley Laboratory.

Mediante una tecnologia innovativa di nanofabbricazione, la litografia a ioni di elio (He^+) (Figura 2), è stato possibile realizzare dimeri metallici con gap alla nanoscala che permettono di ottenere un fattore di amplificazione della luce nel "near field" diversi ordini maggiore a quello ottenuto finora in altre geometrie.

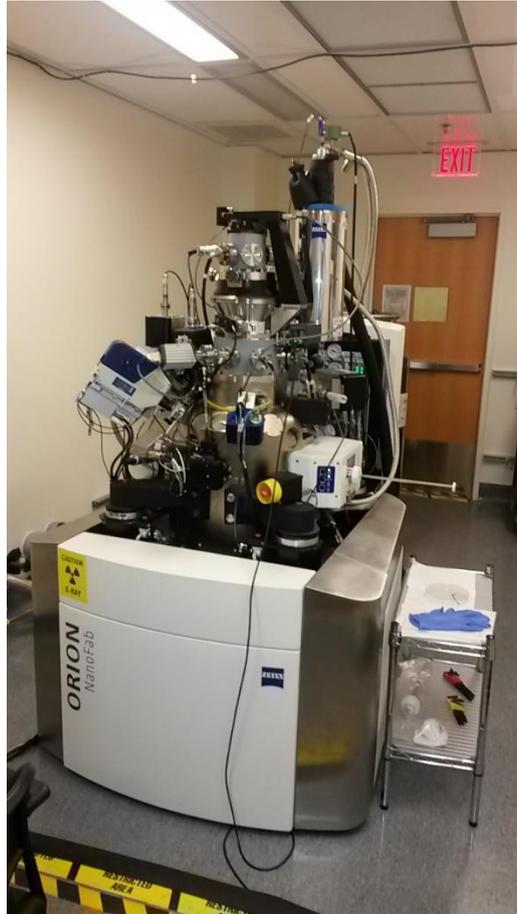


Figura 2. Microscopio a ioni di Elio. Costo dello strumento 2.5MEuro.

Grazie all'elevata brillantezza della sorgente e alla ridotta lunghezza d'onda degli ioni elio è possibile focalizzare il fascio in una sonda di dimensione atomica inferiore a quella utilizzata nella tecnologia a fascio elettronico. I dimeri sono stati realizzati con una forma di prisma a base triangolare (bowtie) sia in Al (Figura 3) per applicazioni plasmoniche nell'estremo UV che in Au (Figura 4) per applicazioni nel Vis/NIR.

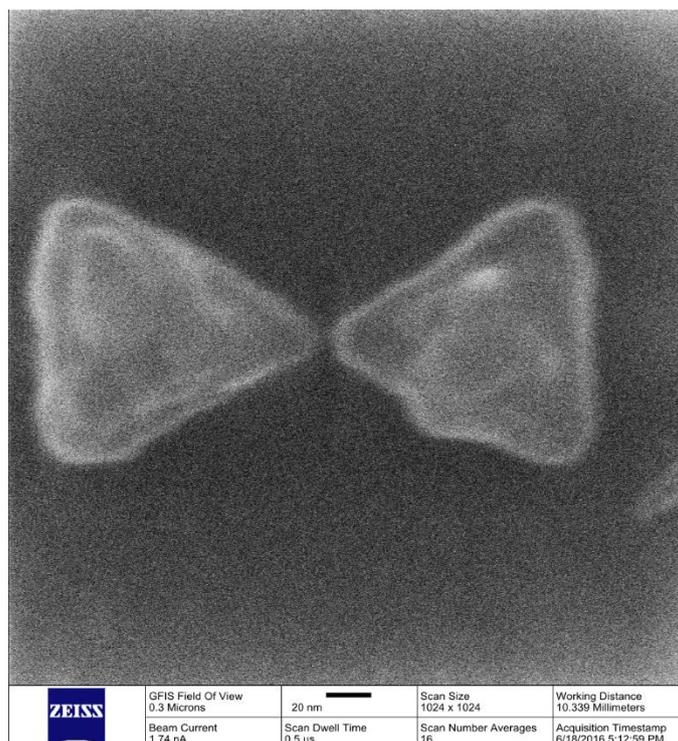


Figura 3. Dimeri plasmonici di alluminio di forma bowtie con nanogap di 4nm.

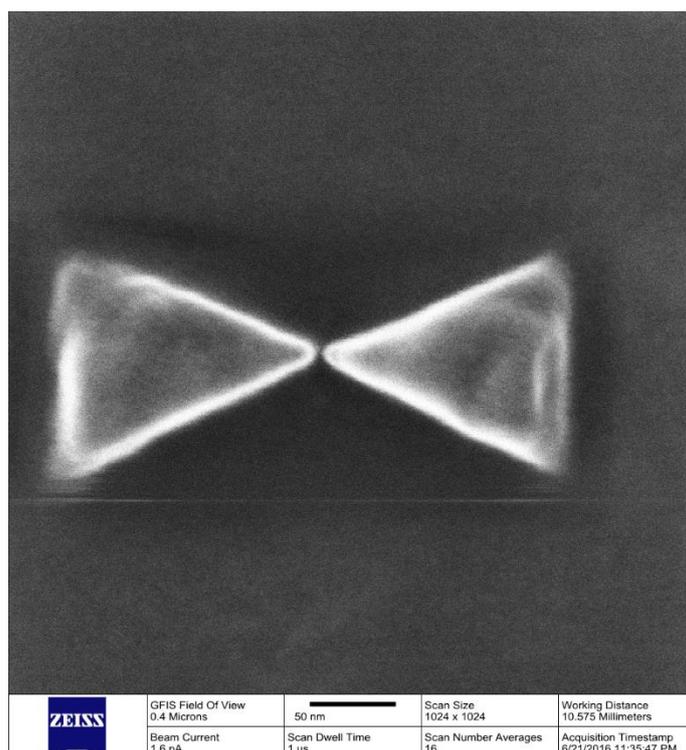


Figura 4. Dimeri plasmonici di oro di forma bowtie con nanogap di 2nm.

Sia i dimeri di alluminio che quelli di oro sono stati realizzati con lato del triangolo variabile da 60 a 140nm con step di circa 20nm per ottenere risonanze plasmoniche a diversa lunghezza d'onda. Le nanogap raggiunte sono state dell'ordine di qualche nm (inferiore ai 5nm) come evidenziato nelle Figure 3 e 4. Su tali campioni verranno eseguite misure ottiche sul singolo dimero presso l'Istituto NANOTEC mediante spettroscopia in "near-field", la "Near-field scanning optical microscopy"

(SNOM), per valutare sperimentalmente l'entità di amplificazione del campo elettromagnetico, il cosiddetto "Hot spot", in prossimità della nanogap in funzione della dimensione dei due prismi a base triangolare e del metallo che costituisce il dimero.

Il processo per la fabbricazione di tali dimeri è stato suddiviso in due fasi:

- 1) **Realizzazione di nanostrutture rettangolari sia di alluminio che di oro spesse 30nm su un substrato di vetro, mediante litografia a fascio elettronico (EBL), contornate da uno strato di oro spesso 80nm.**
- 2) **Patterning del dimero senza gap mediante microscopio a ioni di elio con una corrente di 13pA con successiva apertura della nanogap con una corrente molto più bassa pari a 2pA per incrementare la risoluzione nella fase di rimozione del materiale "etching".**

In dettaglio:

- 1) **Realizzazione di nanostrutture rettangolari sia di alluminio che di oro spesse 30nm su un substrato di vetro, mediante litografia a fascio elettronico (EBL), contornate da uno strato di oro spesso 80nm:**

in figura 5 è riportato lo schema del processo di fabbricazione delle nanostrutture metalliche rettangolari successivamente modellate mediante fascio a ioni di He. Tali nanostrutture sono state realizzate su vetro per poter eseguire misure ottiche in trasmissione dei nanodimeri. Per evitare fenomeni di caricamento elettrico durante il trattamento con ioni di He, che avrebbero impedito la fabbricazione di dimeri con gap su scala nanometrica, i nanorettangoli sono stati realizzati all'interno di una matrice metallica (oro spesso 80nm) definita su vetro mediante EBL (pannello di sinistra della Figura 5), in modo da ridurre drasticamente effetti di accumulazione della carica elettrica. Nel pannello di destra della figura 5 è riportata la struttura completa realizzata nella prima fase del processo.

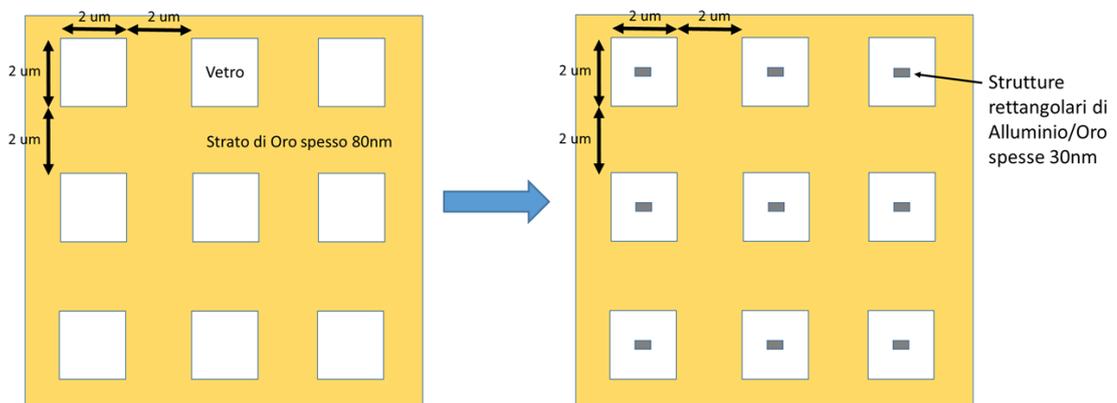


Figura 5. Schema del processo di fabbricazione di nanostrutture metalliche rettangolari mediante EBL in buchi da $2 \times 2 \mu\text{m}^2$ realizzati in uno strato di oro spesso 80nm depositato su un substrato di vetro.

- 2) **Patterning del dimero senza gap mediante microscopio ad elio con una corrente di 13pA con successiva apertura della nanogap con una corrente molto più bassa pari a 2pA per incrementare la risoluzione nella fase di rimozione del materiale "etching":**

in figura 6 è riportato lo schema di fabbricazione dei dimeri bowtie mediante fascio a ioni di He partendo dalle nanostrutture rettangolari realizzate nella prima fase del processo. Per la realizzazione dei dimeri sono state utilizzate due correnti diverse del fascio ionico. Dopo diverse

prove, è stata scelta una corrente di 13pA per la definizione del dimero bowtie senza gap con una buona accuratezza ma soprattutto in un tempo ridotto inferiore al minuto in modo da evitare lo shift della nanostruttura rettangolare nella fase di etching per residui effetti di caricamento che avrebbero comportato la fabbricazione di dimeri asimmetrici. Una corrente molto più bassa di 2pA (corrispondente ad un fascio ionico con diametro sotto il nm) ci ha permesso di incrementare molto la risoluzione ed ottenere gap di qualche nm.

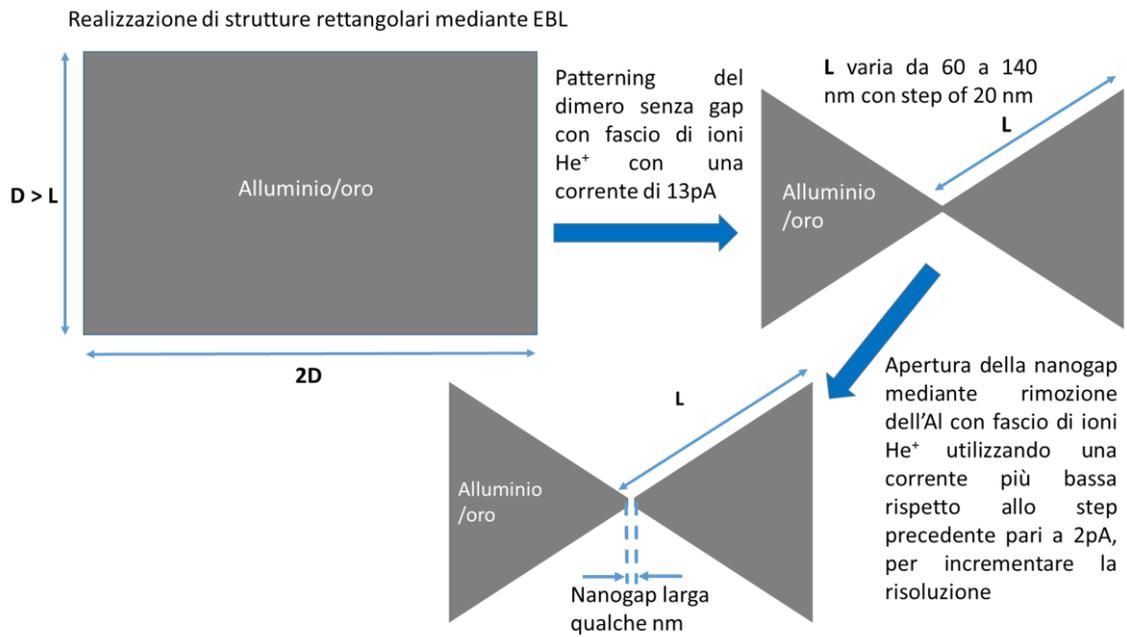


Figura 6. Schema del processo di fabbricazione dei dimeri bowtie realizzato mediante microscopia a ioni di He partendo dalle strutture metalliche rettangolari realizzate mediante EBL.