

GENERAZIONE DI SECONDA ARMONICA IN NANOSTRUTTURE PLASMONICHE INGEGNERIZZATE

Andrea Locatelli

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Brescia, Via Branze 38, 25123 Brescia
E-mail: andrea.locatelli@unibs.it

Parole chiave: Plasmonica, Nano-antenne, Generazione di Seconda Armonica, Biosensori

Questa attività di ricerca ha come obiettivo la progettazione, la fabbricazione e la caratterizzazione di dispositivi plasmonici innovativi ingegnerizzati per aumentarne l'efficienza di Generazione di Seconda Armonica (SHG) per l'impiego nel campo della sensoristica biologica. Il principale obiettivo è l'identificazione e la realizzazione di strutture funzionali e bio-compatibili caratterizzate da tre proprietà:

- 1) comportamento risonante sia alla frequenza di eccitazione (FW) sia alla seconda armonica (SH);
- 2) sovrapposizione spaziale dei campi locali alla FW e alla SH;
- 3) emissione della SH permessa per dipolo elettrico ottenuta rompendo la simmetria della nanostruttura.

Il nuovo paradigma proposto, che viene illustrato schematicamente in Fig. 1, consentirà di incrementare notevolmente l'emissione della SH che potrà quindi essere sfruttata come sonda ottica per rilevare la presenza di analiti, permettendo quindi di superare le attuali limitazioni che condizionano le tecniche di sensing plasmonico esistenti.

Due approcci distinti sono studiati e confrontati tra loro al fine di ottenere biosensori ad elevata sensibilità. Innanzitutto sono progettate nanostrutture fortemente accoppiate che si comportano come antenne per la radiazione nel visibile e nel vicino infrarosso [1-5], ricevendo il segnale di eccitazione (FW) ed emettendo quello alla SH [6-8]. Un'efficiente emissione della SH è ottenuta progettando la struttura affinché supporti modi di SHG dipolari e assicuri elevato confinamento del campo nelle regioni di rilevamento confinate tra le nanoparticelle. Vengono inoltre analizzate le proprietà di strutture composte da ripetizioni periodiche di nano-particelle accoppiate [9, 10]; l'obiettivo in questo caso è la comprensione degli effetti dell'accoppiamento plasmonico in campo vicino e delle interazioni fotoniche in campo lontano sull'efficienza di generazione della SH.

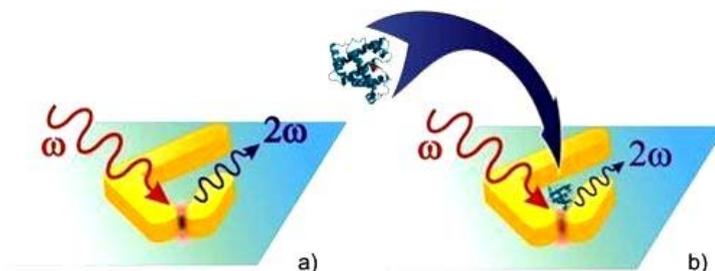


Fig. 1: Schema di principio di un biosensore plasmonico nonlineare. a) Il processo di SHG è efficiente in assenza dell'analita. b) La presenza dell'analita perturba il sistema riducendo l'efficienza di conversione.

Sono stati fabbricati prototipi di sensori utilizzando tecniche di nanofabbricazione allo stato dell'arte, e questi sono stati caratterizzati mediante microscopia e spettroscopia lineare e nonlineare: in particolare microscopia confocale e in campo vicino (SNOM). Dopo la realizzazione dei prototipi finali, ottimizzati considerando le proprietà dielettriche del buffer e dello strato organico funzionale,

la sensibilità ottenibile sarà valutata esponendo le nanostrutture funzionalizzate a buffer acquosi contenenti concentrazioni note di proteine disponibili in commercio.

Al termine dell'attività si prevede di ottenere biosensori plasmonici caratterizzati da sensibilità molto superiore rispetto a quelli esistenti allo stato dell'arte. Il raggiungimento di questo traguardo avrà un impatto notevole sui costi e l'affidabilità delle moderne tecniche di biosensing, fornendo un nuovo strumento in grado di rilanciare l'utilizzo di tecniche totalmente ottiche non invasive in campo farmaceutico e diagnostico.

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Locatelli, C. De Angelis, D. Modotto, S. Boscolo, F. Sacchetto, M. Midrio, A.-D. Capobianco, F. M. Pigozzo, e C. G. Someda (2009); "Modeling of enhanced field confinement and scattering by optical wire antennas". *Optics Express*. Vol. 17, n° 19, pp. 16792–16800.
- [2] A. Locatelli (2010); "Analysis of the optical properties of wire antennas with displaced terminals". *Optics Express*. Vol. 18, n° 9, pp. 9504–9510.
- [3] C. De Angelis, A. Locatelli, D. Modotto, S. Boscolo, M. Midrio, e A.-D. Capobianco, (2010); "Frequency addressing of nano-objects by electrical tuning of optical antennas". *Journal of the Optical Society of America B*. Vol. 27, n° 5, pp. 997–1001.
- [4] A. Locatelli (2011); "Peculiar properties of loop nanoantennas". *IEEE Photonics Journal*. Vol. 3, n° 5, pp. 844–853.
- [5] A. Locatelli, S. Boscolo, A.-D. Capobianco, M. Midrio, e C. De Angelis (2011); "Nanoscale control of the radiation properties of coupled nanoantennas". *IEEE Photonics Technology Letters*. Vol. 23, n° 20, pp. 1541–1543.
- [6] C. Forestiere, A. Capretti, e G. Miano (2013); "Surface integral method for second harmonic generation in metal nanoparticles including both local-surface and nonlocal-bulk sources". *Journal of the Optical Society of America B*. Vol. 30, n° 9, 2355-2364.
- [7] A. Capretti, C. Forestiere, L. Dal Negro, e G. Miano (2014); "Full-Wave Analytical Solution of Second-Harmonic Generation in Metal Nanospheres". *Plasmonics*. Vol. 9, n° 1, pp. 151–166.
- [8] A. Capretti, E. F. Pecora, C. Forestiere, L. Dal Negro, e G. Miano (2014); "Size-dependent second-harmonic generation from gold nanoparticles". *Physical Review B*. Vol. 89, n° 12, 125414.
- [9] C. Forestiere, A. J. Pasquale, A. Capretti, G. Miano, A. Tamburrino, S. Y. Lee, B. M. Reinhard, L. Dal Negro (2012); "Genetically engineered plasmonic nanoarrays". *Nano Letters*. Vol. 12, n° 4, 2037-2044.
- [10] A. Capretti, G. F. Walsh, S. Minissale, J. Trevino, C. Forestiere, G. Miano, L. Dal Negro (2012); "Multipolar second harmonic generation from planar arrays of Au nanoparticles". *Optics Express*. Vol. 20, n° 14, 15797-15806.