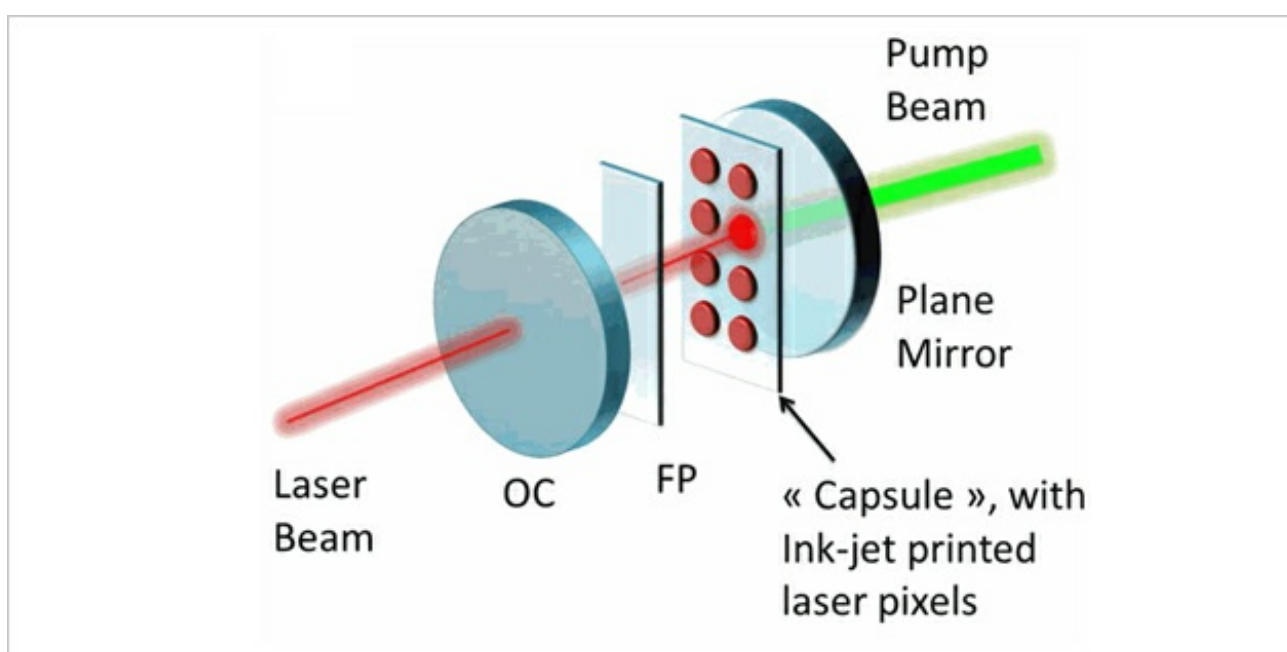


Stampare ottica: dal terahertz al petahertz

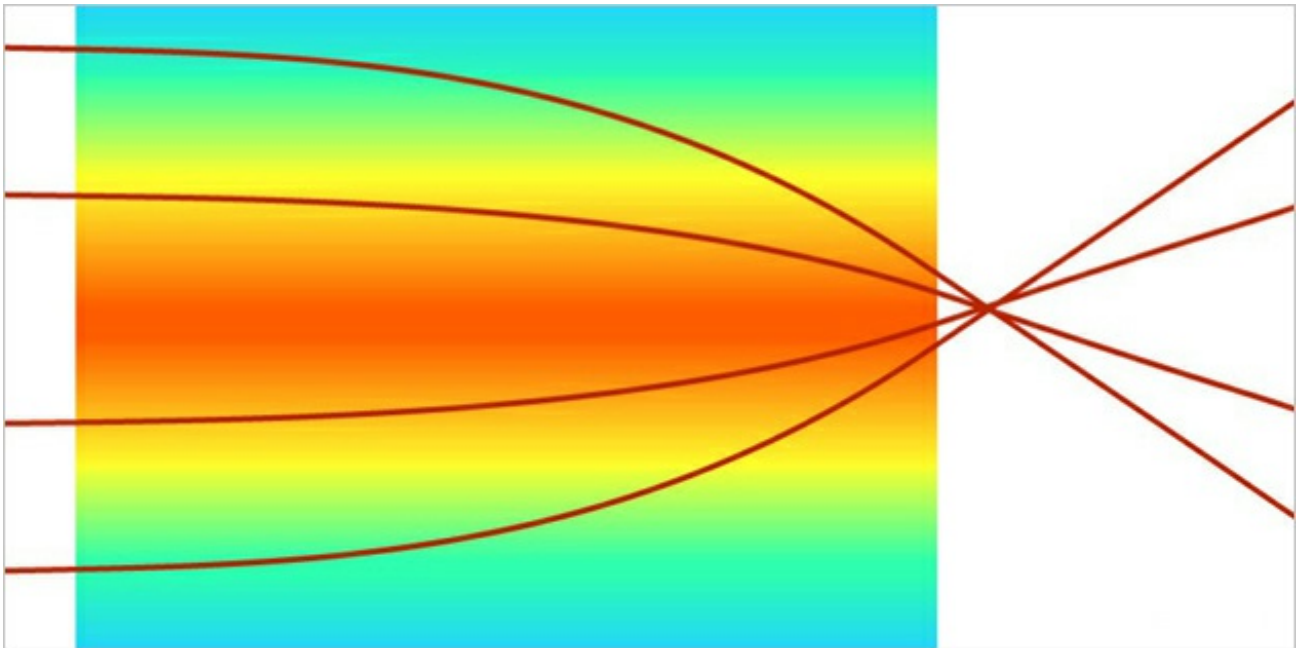
✍ A. Bettini 📅 30-05-2016 ↗ <http://www.primapagina.sif.it/article/445>



Chip a laser ottico.

Le stampanti 3D, ma anche le comuni stampanti a getto d'inchiostro, sono utilizzate da gruppi di ricerca per produrre nuovi dispositivi ottici.

Una stampante commerciale può produrre gocce di $30\ \mu\text{m}$ di diametro e posizzarle con precisione micrometrica: un gruppo di ricercatori francesi e ungheresi l'ha utilizzata per realizzare un laser organico verticale a coloranti dal costo di qualche centesimo. Il laser pompa è un Nd:YAG a frequenza raddoppiata che produce impulsi di $20\ \text{ns}$ alla lunghezza d'onda di $532\ \text{nm}$. La "capsula" che costituisce il mezzo laser è stata ottenuta con un singolo passaggio della stampante su di un comune vetrino da microscopio come supporto. È un film spesso $20\ \mu\text{m}$ di alta qualità ottica, costituito da inchiostro commerciale drogato con coloranti laser classici. La capsula è posta tra due specchi dielettrici con un opportuno rivestimento per realizzare la cavità risonante. Nella cavità è anche presente un interferometro di Fabry e Pérot, costituito da un foglietto di polimero trasparente di $2\ \mu\text{m}$ di spessore, che permette, ruotandolo, di sintonizzare la frequenza di risonanza. Gli autori hanno ottenuto un fascio limitato da diffrazione con impulsi di $33.6\ \mu\text{J}$ ed efficienza del 34%, e con lunghezza d'onda regolabile con continuità tra 570 e $670\ \text{nm}$ (0.45 - $0.52\ \text{PHz}$), ed eventualmente su tutto lo spettro visibile.



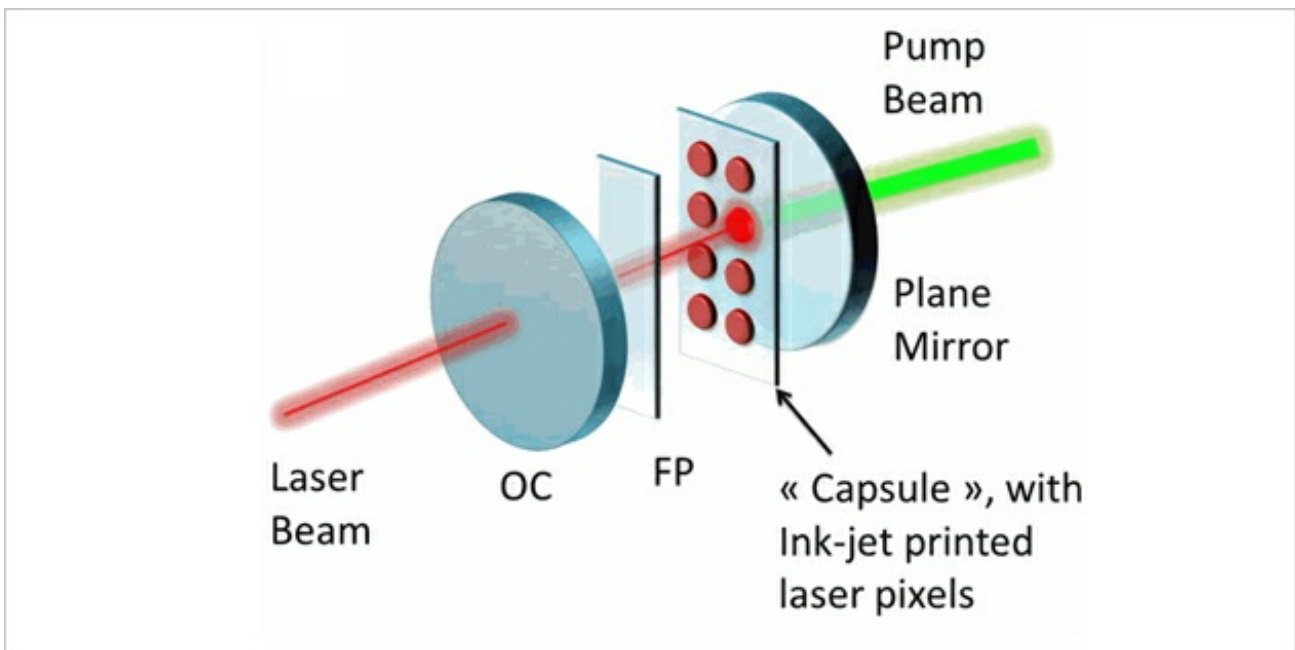
Principio di funzionamento di una lente GRIN.

La regione dello spettro elettromagnetico tra le microonde e l'infrarosso ha molto interesse sia scientifico sia pratico, ma difetta di strumentazione ottica. Un gruppo di ricercatori americani ha ora realizzato una lente a frequenze del THz. La lente è a gradazione dell'indice di rifrazione (GRIN). Funzione di ogni lente è trasformare un fronte d'onda sferico in entrata in un fronte d'onda in uscita ancora sferico, ma con una diversa curvatura. In una comune lente, che ha un indice di rifrazione sostanzialmente diverso dall'aria in cui è immersa, ciò si realizza con una curvatura appropriata delle sue superfici, che fanno variare lo spessore proporzionalmente al quadrato della distanza dall'asse (idealmente). In una GRIN è l'indice che varia con la posizione. La natura lo utilizza negli occhi composti di animali sottomarini (come per esempio i granchi reali) dove la differenza di indice di rifrazione è troppo piccola perché la curvatura sia utilizzabile.

La lente tridimensionale realizzata dagli autori ha uno spessore e un diametro di circa 4 mm. Progettata con un indice variabile con la posizione tra 1.1 e 1.64, produce immagini quasi limitate da diffrazione tra 0.4 e 0.6 THz. Il metamateriale è stato realizzato costruendo celle elementari cubiche di 85.2 μm di lato. Le celle contengono parallelepipedi di polimero di dimensioni un ordine di grandezza inferiori alla lunghezza d'onda (per garantire l'omogeneità ottica) e spazi vuoti, in modo che l'indice complessivo ("pieno più vuoto") abbia il valore di progetto. Gli autori hanno sviluppato un'evoluzione della stampa 3D, che chiamano microstereolitografia per proiezione, e che fornisce la necessaria risoluzione sub-wavelength.

Scopri di più: 1, 2

Printing optics: from terahertz to petahertz

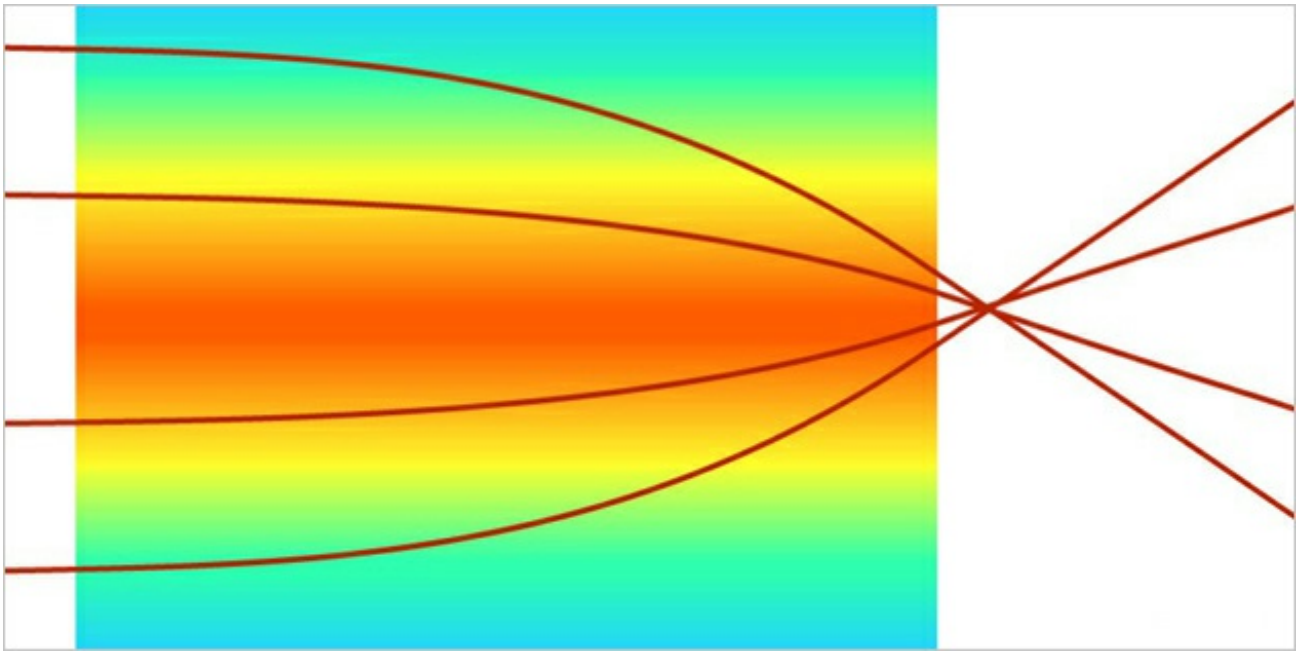


Optical laser chip.

Three-D printers, and common inkjet printers as well, are usefully employed by research groups to produce novel optical components.

An inkjet printer is able to produce $30\ \mu\text{m}$ diameter droplets and to position them with micrometric precision. A group of French and Hungarian researchers has employed a commercial printer to produce a vertical organic dye laser, with a cost of a few cents. The pump source is a frequency-doubled Nd:YAG laser providing $532\ \text{nm}$ wavelength pulses $20\ \text{ns}$ long. The “capsule”, as the laser medium is called, was inkjet-printed onto a transparent substrate (a microscope slide) and placed between two dielectric mirrors with suited coating to form the resonant cavity. The authors used a commercial ink, doped with standard laser dyes obtaining a high optical quality film of $20\ \mu\text{m}$ thickness. A Fabry-Pérot etalon consisting of a $2\ \mu\text{m}$ thick transparent polymer was added inside the cavity to perform continuous tunability upon rotation. The authors obtained a diffraction limited output beam with output energy of $33.6\ \mu\text{J}$ and an efficiency of 34%, continuously tuneable from 570 to $670\ \text{nm}$ (0.45 - $0.52\ \text{PHz}$), and extension to the whole visible spectrum with no problem.

The electromagnetic spectral region between infrared and microwaves is very interesting both scientifically and practically, but is somewhat lacking in optical instrumentation. A group of US researchers has now produced an almost diffraction limited lens in the THz frequency range. It is a graded index (GRIN) lens. The function of every lens is to transform a spherical incoming wave front in outgoing spherical front of a different curvature. A common lens, whose index is quite different from that of air in which it is immersed, achieves the scope with the curvature of its surfaces that make its thickness vary proportionally (in principle) to the distance from axis. In a GRIN it is the index, rather than the thickness, to vary with position. Nature employs the method in the composite eyes of submarine animals (such as the horseshoe crabs), where the index difference is too small for curvature to be efficient.



Principle of operation of a GRIN lens.

The authors have built a 3D lens of about 4 mm thickness and diameter, designed with a position dependent index between 1.1 and 1.64, producing almost diffraction limited images for frequencies between 0.4 and 0.6 THz. The metamaterial is built starting from cubic cells of 85.2 μm side, which contain polymer rods (one order of magnitude smaller than the wavelength in order to guarantee optical homogeneity) and empty spaces between them, arranged to have the resulting index (empty plus full) of the design value. The authors developed a technique, an evolution of the 3D printing, which they call projection microstereolithography, with the necessary sub-wavelength resolution.

More about: 1, 2