

Llum, pinces òptiques... acció.

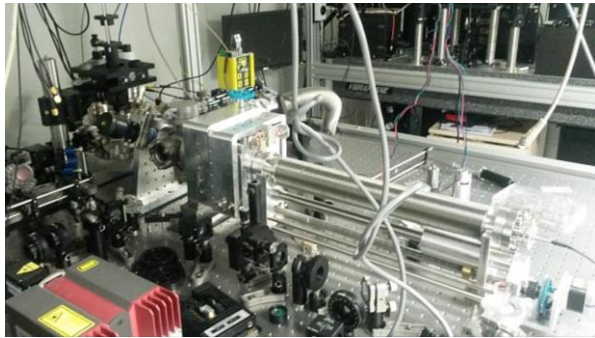
Captura òptica i estudi de les propietats de nanopartícules de quatre materials.

Cinta Gomis López

<https://sites.google.com/site/pincesoptiques/>

Introducció

Aprofitant les propietats dels làsers, les **pinces òptiques** tenen la capacitat de moure objectes microscòpics sense tocar-los físicament. Mitjançant la llum generen forces que permeten subjectar i manipular cossos com ara partícules col·loïdals i cèl·lules vives.



Quan es treballa amb pinces òptiques, el material més utilitzat és el diòxid de silici (SiO_2). Ara bé, existeixen materials que presentin característiques més òptimes per ser atrapats? La **hipòtesi** defensa que és possible atrapar partícules de mida comparable d'altres materials i que, en determinades condicions, certs cossos oferiran millors prestacions que el SiO_2 .

Aquesta investigació pretén estudiar les propietats de nanopartícules de materials diferents centrant-se en tres aspectes: la **polaritzabilitat** a partir de la permitivitat (tendència a polaritzar-se), que permet entendre les interaccions entre el cos i un camp elèctric, la seva **frequència en la màxima oscil·lació**, ja que la partícula es comporta com un oscil·lador harmònic, i la **constant elàstica**, relacionada amb la força restauradora que manté l'objecte atrapat.

Materials i mètodes (I)

En la investigació prenen part partícules de quatre materials diferents: diòxid de silici de 73,5nm de radi, òxid d'alumini (Al_2O_3) de 67,5nm de radi, diòxid de titani (TiO_2) de 50nm de radi i diòxid d'hafni (HfO_2) amb un radi oscil·lant considerat de 35,25nm.

L'estudi de la **polaritzabilitat** es duu a terme a partir de la següent fórmula teòrica:

$$\alpha = 3V\epsilon_0 \frac{(\epsilon_p - \epsilon_m)}{(2\epsilon_m + \epsilon_p)} \rightarrow \alpha = 3V \frac{4\pi}{9 \cdot 10^9} \frac{(n^2 - 1)}{(2 + n^2)}$$

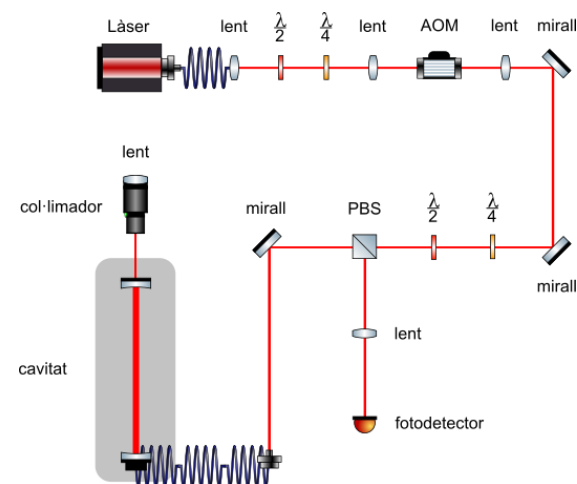
on V és el volum de la partícula, ϵ_0 és la permitivitat dielèctrica del buit, ϵ_m es correspon a la permitivitat relativa del medi i ϵ_p és la permitivitat relativa de la partícula, relacionada amb l'índex de refracció (n).

Bibliografia

Ashkin, A. (1970). *Acceleration and trapping of particles by radiation pressure*. Phys. Rev. Lett. 24, 156–159 / Padgett, M. J., Molloy, J. E. (2002). *Lights, action: optical tweezers*. / Padgett, M. J., Molloy, J. E., McGloin, D. (2010) *Optical Tweezers: Methods and Applications*, Taylor and Francis Group. / Mensa-Kwao, S., Tymofeyeva, E., (2009) *Optical Tweezers: The Power of Light*. / Petrov, D. (2011) *Lecture: Advanced Experimental Techniques in Biology*.

Materials i mètodes (II)

La freqüència i la constant elàstica s'obtenen de manera experimental emprant el següent sistema:

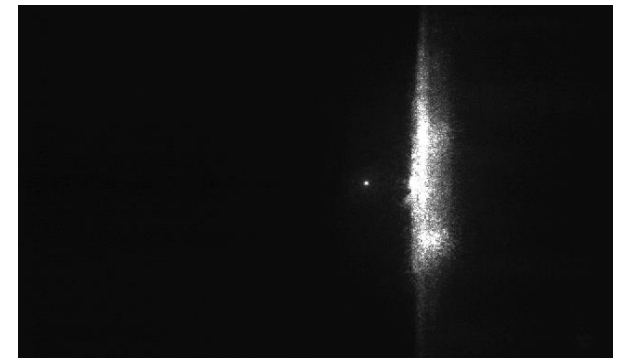


Per a la introducció la cavitat, les nanopartícules en pols es preparen en suspensió col·loïdal, es soniquen i es dilueixen en etanol. Dins de la cavitat hi ha una càmera que permet apreciar a simple vista la captura de la partícula. Els monitors connectats al fotodetector processen els gràfics que dibuixen el **senyal de les oscil·lacions** de la nanopartícula atrapaada i el seu **espectre de freqüències**, és a dir, quanta energia té la partícula a cada oscil·lació.

Així, es tracta d'obtenir tres valors diferents per a cadascun dels materials, tots tres proporcionals: el primer es correspon a la polaritzabilitat (α), el segon s'obté observant la freqüència de la partícula en la seva màxima oscil·lació (ν) i el darrer, la constant elàstica (k), s'obté veient que: $k = 4\pi^2 m \nu^2$.

Finalment, els tres paràmetres s'estandarditzen prenent com a referència els valors de la partícula de SiO_2 de 73,5nm de radi.

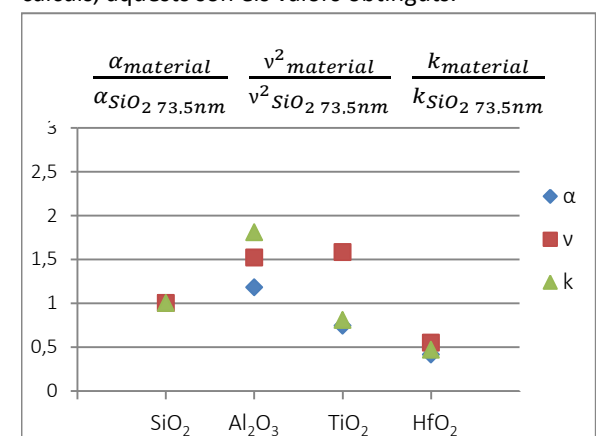
Resultats



La captura òptica ha estat possible per a tots els materials. A la imatge, una nanopartícula de SiO_2 .

| | α ($C \cdot m^2 \cdot V^{-1}$) | ν (KHz) | k (N/m) |
|-------------------------|---|-------------|---------------------------|
| SiO_2 | $1,874794 \cdot 10^{-30}$ | 67,7013 | $7,222975 \cdot 10^{-10}$ |
| Al_2O_3 | $2,211907 \cdot 10^{-30}$ | 83,4274 | $1,306182 \cdot 10^{-9}$ |
| TiO_2 | $1,389873 \cdot 10^{-30}$ | 85,0964 | $5,837742 \cdot 10^{-10}$ |
| HfO_2 | $7,735726 \cdot 10^{-31}$ | 50,2205 | $3,384236 \cdot 10^{-10}$ |

Una vegada interpretats els gràfics i realitzats els càlculs, aquests són els valors obtinguts.



Prenent com a referència el SiO_2 , els resultats s'han escalat per observar el rendiment de l'experiència.

Conclusions

En relacionar els paràmetres estudiats s'aprecien algunes variacions. Aquestes poden ser conseqüència d'irregularitats en la forma de les partícules, d'impureses en els materials, del fet que el TiO_2 pot presentar dues estructures cristal·lines i de la dispersió en la mida en el cas de l' HfO_2 . Per a obtenir uns resultats més ajustats a la realitat, caldria realitzar múltiples rèpliques de l'experiment amb un ampli ventall de mides per a cada material.

Definitivament, la hipòtesi es confirma: és possible atrapar nanopartícules de materials diferents de SiO_2 i de mida comparable i, a més, els altres materials poden resultar més interessants a l'hora de treballar amb les pinces òptiques. Si els resultats s'adapten a partícules hipotètiques de mida coincident, es conclou que:

- Les nanopartícules d' Al_2O_3 , d' TiO_2 i, especialment, d' HfO_2 tenen una polaritzabilitat major que les de SiO_2 .
- La freqüència del SiO_2 no és la que ofereix un valor màxim més elevat. De fet, el TiO_2 la supera amb escreix.
- La constant elàstica del material més utilitzat tampoc és la més gran. L' Al_2O_3 presenta una k força superior.

Tot això ens porta a determinar que, en principi, les partícules de SiO_2 no haurien de ser les més estables una vegada capturades. Ara bé, el fet que la majoria d'experiments es desenvolupin amb SiO_2 es deu a que aquest material és l'únic que realment permet obtenir partícules esfèriques i projecta el senyal de millor a qualitat.

Per poder aprofitar les característiques que ofereixen els altres materials, caldria aconseguir mostres més pures i totalment esfèriques, és a dir, perfeccionar el disseny de les nanopartícules. Això permetria, per exemple, treballar amb làsers d'intensitats menors o assolir una major estabilitat dins la cavitat.

Agraïments

He tingut el luxe de desenvolupar l'experiment a les instal·lacions de l'ICFO. Vull agrair al Pau Mestres tot el seu ajut i el suport del Jose Luis Touron, el meu tutor.

