

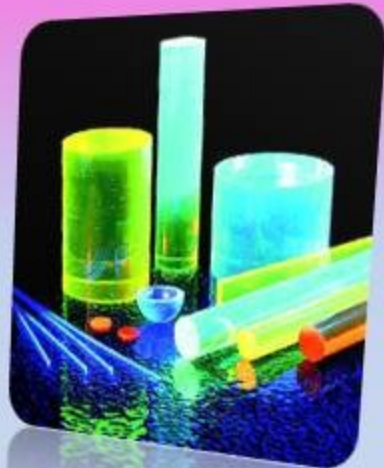
TALLERES EN LA BIBLIOTECA DE CIENCIAS

**DETECCIÓN DE LUZ ULTRAVIOLETA MEDIANTE CRISTALES
CENTELLEADORES**

Fecha : 3 de Noviembre de 2015

Horario: de 12 a 13h

Impartido por José Luis Plaza Canga-Argüelles (Profesor Titular del Departamento de Física de Materiales, UAM)



EVOLUCIÓN DE LA ILUMINACIÓN A LO LARGO DE LA HISTORIA

Fecha: 4 de noviembre de 2015

Horario: de 10.30 a 12 h.

Impartido por Francisco Jaque (Profesor Honorario , UAM) y

Angel García Cabañes

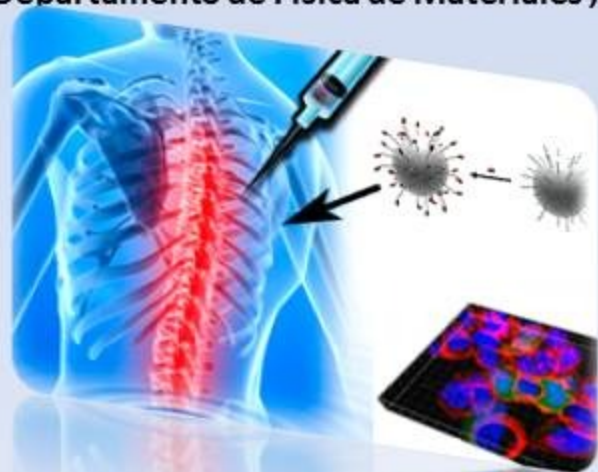
(Profesor Titular del Departamento de Física de Materiales , UAM)

**LA FLUORESCENCIA Y LA RADIACIÓN, CÓMPLICES
PARA NUEVOS DIAGNÓSTICOS**

Fecha: 5 de Noviembre 2015

Horario: de 10.30 a 12 h.

Impartido por Daniel Jaque García (Profesor Titular del Departamento de Física de Materiales , UAM)



Información y preinscripción en: semanaciencia.bibciencias@uam.es

Procesos No lineales de Conversión de Frecuencias:

Generación de Múltiples Armónicos

Mariola O Ramírez, Luis Mateos, Pablo Molina and Luisa E Bausá

Dpto. Física de Materiales & Instituto Nicolás Cabrera, Universidad Autónoma de Madrid. Spain



Telecomunicaciones

Dispositivos multicolor o multiplexadores

Óptica Cuántica

Pares de fotones con correlaciones cuánticas

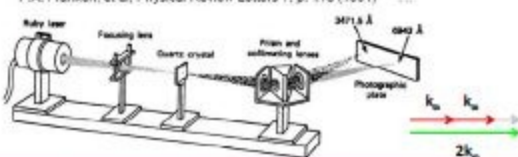
Dispositivos Control óptico

Interruptores y deflectores ópticos

❖ Generación de segundo armónico (SHG)

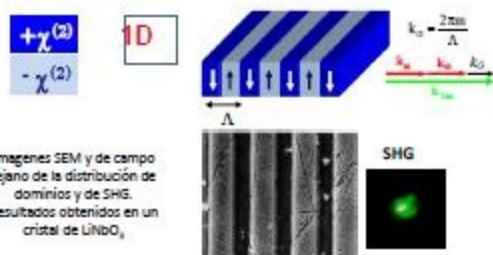
La generación de segundo armónico (SHG) es el proceso NL más simple e involucra la conversión de dos fotones de frecuencia ω en un único fotón de frecuencia 2ω . Para ello "solo" es necesario un medio no lineal y una fuente de luz intensa (láser). Sin embargo, la generación es ineficiente, ya que existe un desfase entre las ondas fundamental y de SHG () que da lugar a una interferencia destructiva. Dicho desfase puede compensarse mediante las técnicas de Ajuste de Fase Birrefringente (BPM) y Quasi-ajuste de Fases (QPM).

P.A. Franken, et al, Physical Review Letters 7, p. 118 (1961)

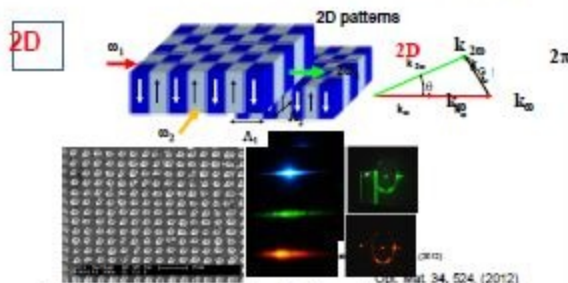


❖ Generación eficiente de SHG: Técnicas de Quasi-Ajuste de Fase (QPM)

El QPM se basa en una modulación periódica del signo del tensor susceptibilidad eléctrica de segundo orden $\chi^{(2)}$, de forma que esta modulación compense el desfase entre las ondas fundamental y de segundo armónico. La modulación en $\chi^{(2)}$ generalmente se obtiene mediante la ordenación periódica de dominios ferroeléctricos con polaridad opuesta la cual puede obtenerse en 1D o 2D. La extensión de las estructuras ferroeléctricas a 2D permite la generación de SHG en a múltiples frecuencias y múltiples direcciones.

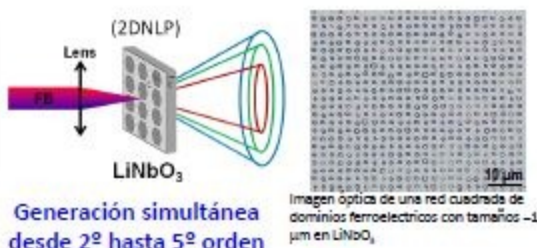


Una frecuencia & monodireccional

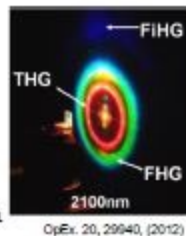


Múltiples frecuencias & direcciones

❖ Generación de Múltiples armónicos en configuración cónica: Procesos en cascada $\chi^{(2)}$



Generación simultánea desde 2º hasta 5º orden



Opt. Lett. 20, 29940, (2012)

En estructuras 2D con periodos $\sim 1\mu\text{m}$ la generación de SHG es eficiente de forma que puede sumarse de nuevo con un fotón de bombeo dando lugar a la generación de un haz de tercer armónico. Este a su vez vuelve a sumarse con otro fotón de bombeo dando lugar al cuarto armónico...etc De esta forma es posible obtener simultáneamente desde el 2º hasta el 5º armónico con un único cristal NL. (Ver foto izda).

Pinzas Fotovoltaicas: una nueva técnica para organizar micro- y nano-objetos con luz



M. Carrascosa, A. Garola, J.L. Bella*, L. Arizmendi, F. Aguiló-López I. Elvira, A. Rosado, J.F. Muñoz y H. Burgos
Grupo de Óptica No-Linear y Guías de Onda, Departamento de Física de Materiales, Universidad Autónoma de Madrid

* Departamento de Biología, Universidad Autónoma de Madrid

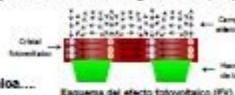


¿Qué son las Pinzas Fotovoltaicas?

Uno de los grandes desafíos de la nanociencia y la nanotecnología es la manipulación y organización de micro- y nano-objetos (partículas, ADN, bio-moléculas, virus...). Para ello existen diversos métodos y entre ellos se encuentran dos técnicas que utilizan como "herramienta" la luz: las Pinzas Ópticas convencionales y las recientemente propuestas Pinzas Fotovoltaicas.

Las Pinzas Fotovoltaicas (FV) aprovechan el efecto fotovoltaico de volumen que presentan algunos cristales ferroeléctricos (ej.: LiNbO_3 , LiTaO_3 , BBO ...) para atrapar y ordenar objetos. Mediante luz, se inducen grandes campos eléctricos dentro del cristal que se extienden hacia el exterior, atrayendo partículas cercanas y organizándolas sobre su superficie. Para intensidades de luz moderadas ($\sim \text{mW}/\text{cm}^2$) se consiguen campos eléctricos muy elevados (~ 10 - $100 \text{ kV}/\text{cm}$) y la elección de la imagen de luz (franjas, cuadrados, círculos...) define la organización de las partículas. Entre las ventajas que presenta esta técnica, se encuentran:

- Manipulación simultánea de un gran número de objetos
- Libre elección en la organización de los objetos
- Funcionamiento con bajas intensidades de luz
- Montaje experimental sencillo y de bajo coste



La investigación de esta técnica está en sus comienzos, pero se prevén múltiples aplicaciones en bio- y nano-tecnología, en fotónica...

¿Cómo funcionan las Pinzas Fotovoltaicas?

Este método para atrapar micro- y nano-objetos y organizarlos consta de dos etapas:

1) Iluminación del cristal: Con una fuente de luz adecuada (láser, luz del sol...) se inducen campos eléctricos en el interior y en la superficie del cristal.

2) Acercamiento de las partículas: Se depositan las partículas en la superficie del cristal desde una disolución o incluso desde el aire.

Las partículas quedan organizadas en la superficie del cristal



Patrón de iluminación



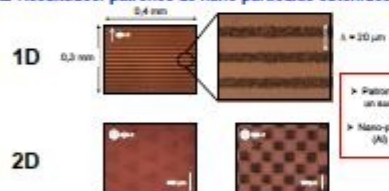
Patrón de nano-partículas de aluminio (Al) de diámetro $\sim 70 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 1/1000000000 \text{ m}$)

Pinzas FV: Actuando en nano-partículas metálicas

○ Fabricación de micro-estructuras de nano-partículas metálicas

- Es posible fabricar estructuras 1D y 2D de gran calidad, llegando a alcanzar períodos de $\lambda = 1 \mu\text{m}$
- Permite trabajar con partículas de diversas características:
 - Tamaños micro- y nano-métricos ($10^4 - 10^4 \text{ m}$)
 - Distinta naturaleza (metálicas/dieléctricas, cargadas/neutras)

○ Resultados: patrones de nano-partículas obtenidos



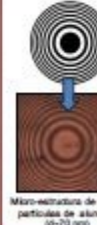
- Patrones periódicos sobre un sustrato de LiNbO_3/Fe
- Nano-partículas de aluminio (Al) diámetro $\sim 70 \text{ nm}$

○ Aplicación de las estructuras en dispositivos fotónicos

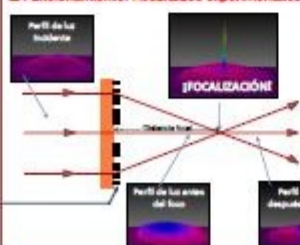
Ejemplo: fabricación de una lente de Fresnel por Pinzas Fotovoltaicas

○ Fabricación

Distribución de luz



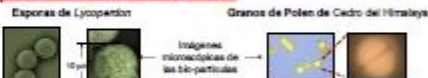
○ Funcionamiento: Resultados experimentales



Algunas artículos publicados por el grupo en esta tema

Pinzas PV: Manipulación y organización de bio-partículas

○ Bio-partículas micrométricas usadas



○ Resultados: Inmovilización y organización de esporas y polen



○ Resultados: fragmentos nanométricos de polen y esporas



Actuación de campos eléctricos en células

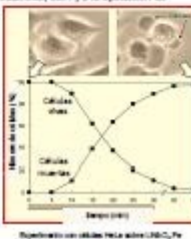
El efecto fotovoltaico es un método particularmente idóneo para aplicar campos eléctricos a material biológico (células, virus, ADN...) de manera muy precisa y selectiva mediante iluminación de los mismos.

○ Efecto en células cancerosas

Se ha analizado la respuesta de células cancerosas (HeLa, células, etc...) a la aplicación de campos muy intensos generados por el efecto fotovoltaico

- PROCEDIMIENTO**
- Inoculación de células: se coloca el cultivo sobre la placa de LiNbO_3/Fe (portadora del efecto fotovoltaico)
 - Generación del campo eléctrico: iluminación con luz en el infrarrojo (por ejemplo 1450 nm) de la placa con las células
- Redo potencia: 10 - 100 mW
Tiempo de iluminación: 5 - 60 min

MUERTE NECRÓTICA CELULAR
(Para más detalles ver referencia 2)



Experimento con células HeLa sobre LiNbO_3/Fe

F. Leerdry, M. Barawi, E. Flores, S. Yoda, J.M. Clamagrain, A. Galvis, J. Bodega, J.R. Ares, J.F. Fernández, I.J. Ferrer, C. Sánchez
Laboratorio de Materiales de Interés en Energías Renovables (MIRE)
Departamento de Física de Materiales, Universidad Autónoma de Madrid
www.uam.es/mire

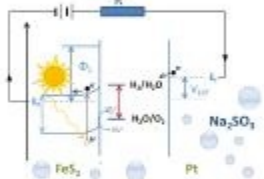
El Sistema Energético Solar-Hidrógeno



La implementación de los sistemas de producción de energía a partir de fuentes renovables, en particular de energía solar, requiere el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía a gran escala. El Hidrógeno se postula como vector energético capaz de almacenar dicha energía en los enlaces químicos de las moléculas. Así, una parte de la energía empleada en su obtención a partir de la disociación de agua (utilizando luz solar, por ejemplo), puede recuperarse mediante su combustión con el Oxígeno para formar de nuevo agua. Este esquema se conoce como **Sistema Energético Solar-Hidrógeno**.

Investigación en Física de Materiales

La fotodisociación del agua es una reacción heterogénea muy compleja que tiene lugar en la superficie de ciertos materiales, con propiedades bien definidas, al ser iluminados con luz solar. Para comprender y optimizar este proceso es necesario investigar las propiedades físicas de estos materiales. En el Laboratorio MIRE se investigan las propiedades fotocatalíticas de algunos semiconductores, principalmente calcogenuros metálicos, preparados y caracterizados en el Laboratorio a través de distintas técnicas.



Esquema de niveles de energía de los electrones durante la reacción de fotodisociación de agua, en una celda fotoelectroquímica con un cátodo de Pt y un ánodo de FeS₂.

Preparación y Caracterización de Materiales para la Fotodisociación de Agua

Preparación de Calcogenuros Metálicos

PdS, TlFeS₂, TiS₂... (lámina delgada y volumen)



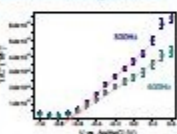
Imagen de una evaporación térmica para hacer láminas delgadas (superficie) y de una ampolla de sulfato antes y después de realizar un tratamiento térmico (volumen).



Determinación de las propiedades foto-electro-catalíticas de los Calcogenuros



Imagen de la celda fotoelectroquímica (superficie) y del sistema de análisis de gases mediante Espectrometría de Masas (volumen).



Determinación del potencial de banda plana mediante Espectroscopia de Impedancia Electroquímica

Caracterización estructural, morfológica, química y óptica (Difracción de Rayos-X, Microscopías óptica y electrónica, Espectroscopia Raman, de absorción óptica y de Reflectancia Difusa, ...)

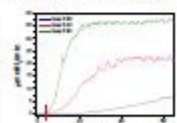


Modelos cristalográficos de PdS, PdS₂ y TiS₂. En amarillo las átomos de azufre, en azul los de metal correspondiente.

Determinación de la energía de banda prohibida de TiS₂, a partir de medidas de absorción y reflexión de la luz.



Imagen del electrodo de Pt durante la observación de la evolución de H₂ gaseoso.



Determinación del tipo de H₂ generado para distintos voltajes de polarización del fotocatalizador

- Bibliografía**
1. "Materiales energéticos Solar Hidrógeno: semiconductores para fotogeneración de hidrógeno", M. Barawi, J.M. Clamagrain, J.M. Ferrer, S. Yoda, J.R. Ares, J. Bodega, J.F. Fernández, I.J. Ferrer, C. Sánchez. *Revista de la Real Sociedad Española de Física*, 2020, 17, 20-47-56.
 2. "Optical properties of TiS₂ thin films", J.J. Ferrer, J.R. Ares, J.M. Clamagrain, M. Barawi, C. Sánchez. *Thin Solid Films*, 2020, 688, 425-430.
 3. "Materiales energéticos Solar Hidrógeno: semiconductores para fotogeneración de hidrógeno", M. Barawi, J.M. Clamagrain, J.M. Ferrer, S. Yoda, J.R. Ares, J. Bodega, J.F. Fernández, I.J. Ferrer, C. Sánchez. *Revista de la Real Sociedad Española de Física*, 2020, 17, 20-47-56.
 4. "TiS₂ thin films for photoelectrochemical water splitting", M. Barawi, J.M. Clamagrain, J.M. Ferrer, S. Yoda, J.R. Ares, J. Bodega, J.F. Fernández, I.J. Ferrer, C. Sánchez. *Thin Solid Films*, 2020, 688, 425-430.

Biblioteca de Ciencias

CRISTALES PARA SENSORES DE RADIACIÓN CENTELLEADORES

JOSE LUIS PLATA REVESTO GISEQUEL

LABORATORIO DE CRECIMIENTO DE CRISTALES, OPTO. FISICA DE MATERIALES
FACULTAD DE CIENCIAS, UAM

1. QUE SON Y EN QUE SE BASAN LOS CENTELLEADORES

LOS DETECTORES DE RADIACIÓN
FABRICADOS CON CRISTALES
CENTELLEADORES SE BASAN EN LAS
PROPIEDADES DE LUMINISCENCIA DE
CIERTOS CRISTALES PARA EMITIR LUZ
VISIBLE AL SER EXCITADOS CON
RADIACIÓN NO VISIBLE
(ULTRAVIOLETA, RAYOS X, RAYOS
GAMMA)

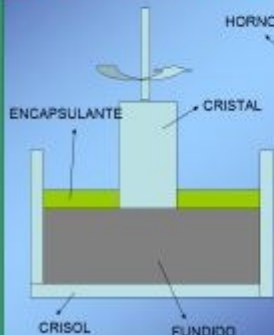
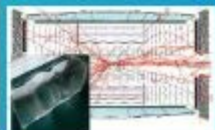


2. COMO SE FABRICAN LOS CRISTALES CENTELLEADORES MÁS COMUNES

ESQUEMA DE LA TÉCNICA
DE CRECIMIENTO CZOCHRALSKI



SISTEMA CZOCHRALSKI REAL
CON ATMÓSFERA CONTROLADA
(OPTO FISICA DE MATERIALES, UAM)



Más información:

<http://scidemat.net/>

<http://www.uam.es/opti/>

<http://www.uam.es/sensors/>

Guías de onda ópticas producidas por irradiación con iones de alta energía

V. Tormo¹, M. Juberá², J. Olivares^{1,3}, F. Aguiló-López², A. García-Cabañes² y M. Carrascosa²

¹Centro de Microanálisis de Materiales (CMAM), Universidad Autónoma de Madrid

²Grupo de Óptica No-Linear y Guías de Onda, Departamento de Física de Materiales, Universidad Autónoma de Madrid

³Instituto de Óptica, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, Spain.



¿Qué es una guía de onda óptica?

Una guía óptica es una capa o filamento de material transparente con mayor índice de refracción que el material circundante

Precisamente por tener mayor índice de refracción la luz queda confinada en la guía óptica por reflexión total y se propaga a lo largo de ella



Las guías se suelen hacer de espesor micrométrico porque así permiten fabricar dispositivos ópticos miniaturizados y confinar muy altas intensidades de luz

Fabricación de guías de onda ópticas.

Para modificar el índice de refracción de las capas que constituirán las guías ópticas se utilizan distintos métodos. Esencialmente:

- Procedimientos químicos (intercambio iónico...)
- Difusión de iones metálicos a alta temperatura
- Implantación con iones (H, He) de baja energía (< 1 MeV)
- Irradiación láser

Aplicaciones de las guías ópticas.

Las guías de onda permiten fabricar dispositivos ópticos integrados con diferentes funciones (láseres, moduladores, acopladores de frecuencias etc) o con una combinación de ellas en el mismo dispositivo

Nuestro trabajo de Investigación: Fabricación, caracterización y aplicaciones de guías de onda ópticas producidas por irradiación con iones de alta energía

Propuesta y demostración [1] de un nuevo método de fabricación: irradiación con iones de alta energía

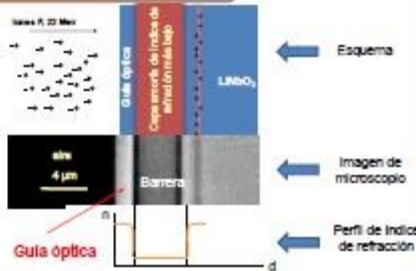


Acelerador Tandemron de 6 MV
Del Centro de Microanálisis de
Materiales (CMAM), UAM

Se realiza en el acelerador de la UAM con iones:

- De masa media (Si, Cl, F, O...)
- Alta energía (10-50 MeV)
- Bajas dosis. Son suficientes $10^{12} - 10^{14} \text{ cm}^{-2}$
- Sustratos: probado en LiNbO_3 , LiTaO_3 , BGO , KDW , SiO_2 ... aunque en principio funciona en la mayor parte de sustratos

Como consecuencia se genera una capa amorfa "enterrada" ancha con menor índice de refracción y, por tanto, una guía óptica en la superficie



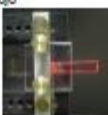
Características de las guías ópticas y ventajas respecto a otros métodos de fabricación

Ventajas del Nuevo método:

- Tempos de fabricación mucho menores que en la Implantación clásica (100-1000 menor)
- Excelente control de los parámetros de la guía. (anchura de la guía óptica y la barrera y valor del índice de refracción)

Caracterización y optimización de las guías obtenidas de LiNbO_3 . (Resultados de la investigación realizada)

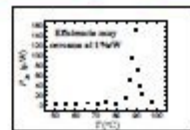
- Muy alto cambio de índice para las dos polarizaciones: ordinaria $\Delta n_o = 0.2$, extraordinaria $\Delta n_e = 0.1$ (más alto que el obtenido con otros métodos de fabricación).
- Bajas pérdidas de luz en la propagación (<0.5 dB), gracias a las altas anchuras de la capa amorfa (barrera), lo que permite su uso en el infrarrojo
- Muy buen comportamiento en óptica no lineal
- Bajo daño óptico (fotorefractivo) a alta intensidad de luz



Aplicaciones investigadas.

Doblado de frecuencia

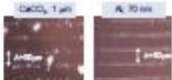
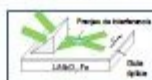
Luz incidente
444.000 nm → Verde
344.000 nm



Mediante ajuste birrefringente y sincronización con temperatura se ha conseguido una emisión de segundo armónico cercana a 1 mW.

Efecto fotorefractivo: redes de difracción, deflectores...

Fabricación de patrones de nanopartículas sobre las guías gracias a sus propiedades optoelectrónicas



(para detalles sobre el método ver poster (cerca fabricabilidad))

Algunos artículos publicados por el grupo en este tema

- 1.2 Olivares, G. García, A. García-Nieto, and F. Aguiló-López. "Generation of high-confinement optical waveguides in LiNbO_3 by swift heavy ion beam irradiation." *Appl. Phys. Lett.* 88 (2005).
- 2.1 Olivares, A. García-Nieto, G. García, A. Nieto, F. Aguiló-López, A. García-Cabañes, G. Carrascosa, and G. Carrascosa. "Nonlinear optical waveguides generated in lithium niobate by swift heavy ion beam irradiation." *Opt. Lett.* 32 (15): 2287 (2007).
3. J. Olivares, A. García-Nieto, F. Aguiló-López, G. García, A. García-Cabañes, and M. Carrascosa. "Power and wavevector optical waveguides by means of swift heavy ion beam irradiation." *Opt. Lett.* 32 (15): 2287 (2007).
- 4.0 Olivares, G. García, A. García-Nieto, M. Carrascosa, F. Aguiló-López, J. Olivares, M. Carrascosa, and J. Olivares. "Fabrication of optical waveguides in LiNbO_3 by swift heavy ion beam irradiation." *Appl. Phys. Lett.* 85: 435 (2004).
- 5.0 Olivares, J. Olivares, A. García-Cabañes, M. Carrascosa, J. Olivares, F. Aguiló-López, A. Nieto, and R. Nieto. "Changes and optimization of propagation losses in LiNbO_3 optical waveguides produced by swift heavy ion beam irradiation." *Appl. Phys. Lett.* 88: 151 (2006).
- 6.0 Olivares, J. Olivares, A. García-Cabañes, M. Carrascosa, J. Olivares, F. Aguiló-López, A. Nieto, and R. Nieto. "Changes and optimization of propagation losses in LiNbO_3 optical waveguides produced by swift heavy ion beam irradiation." *Appl. Phys. Lett.* 88: 151 (2006).
- 7.0 Olivares, A. García-Cabañes, J. Olivares, A. Nieto, and M. Carrascosa. "Optical trapping and absorption on the surface of LiNbO_3 by optical waveguides using photonic beam." *Opt. Lett.* 39 (2): 244 (2014).
- 8.0 Olivares, A. García-Cabañes, J. Olivares, A. Nieto, and M. Carrascosa. "Optical trapping and absorption on the surface of LiNbO_3 by optical waveguides using photonic beam." *Opt. Lett.* 39 (2): 244 (2014).

Nanopartículas luminiscentes: el futuro de la biomedicina ya está aquí

Desde hace unos muy pocos años, la medicina cuenta con una nueva herramienta que ofrece extraordinarias nuevas posibilidades, la Nanotecnología. Esta nueva rama de la ciencia permite fabricar materiales diminutos, entre 1-100 nm, (nanomateriales; 1 nm es la mil milésimésima parte de 1 m) de tamaños similares a por ejemplo, algunos virus, pero mucho menores que las células. Estos nanomateriales se comportan como minúsculos robots (nanorobots) capaces de fluir por el torrente sanguíneo y alojarse en lugares específicos para posibilitar la detección de tumores en las primeras etapas de formación e incluso llevar a cabo terapias específicas.

El grupo de Fluorescencia e Imagen, constituido por Biólogos, Químicos, Físicos y Físicos de la UAM, estudia el uso de diversos tipos de cristales de tamaños nanométricos que producen luz y/o calor (nanocristales luminiscentes) al ser a su vez convenientemente iluminados con luz láser. Esto ha permitido llevar a cabo imágenes de tumores incipientes en pequeños animales, eliminar tumores acortegnos mediante terapia fototérmica e incluso determinar variaciones de temperatura en un tumor.



Síntesis y funcionalización



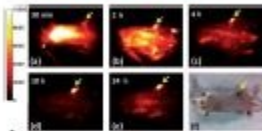
La **síntesis** de nanopartículas con tamaños homogéneos es una parte fundamental. El método general para conseguirlo consiste en mezclar los productos iniciales para que se formen pequeños cristales (nucleación) que, a continuación, se dejan crecer hasta el tamaño deseado (crecimiento).

Las moléculas presentes en la superficie de las nanopartículas hacen posible que estas desempeñen distintas **funciones**. Es importante la presencia de moléculas que proporcionen estabilidad en agua (hidrofobicidad), pero también pueden añadirse medicamentos anticancer, carbohidratos, fragmentos de ARN para terapia génica, marcadores tumorales...



Frontiers in Chemistry 2014, 2, 46

Identificación de tumores

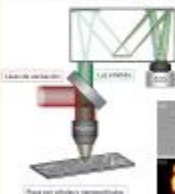


Imágenes de nanopartículas fluorescentes (Au_2S) inyectadas a diferentes tiempos tras inyectarlas por la cola del ratón en el tumor sangüneo. Nótese como después de 10 h las nanopartículas se han instalado en el tumor (indicado por una flecha), lo que permite una **fácil localización** del mismo. *Angew. Chem. Int. Ed.* 2012, 51 (29), 9018-9021.

Imágenes mediante fluorescencia

Imágenes celulares

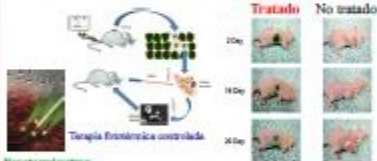
El láser barre toda la muestra y se registra la intensidad de luminiscencia con una cámara CCD. La intensidad de la señal se codifica en colores. Amarillo; más intenso Rojo; menos intenso.



Imágenes de animales



Tratamiento de tumores con Nanopartículas



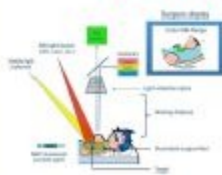
Nanotermómetros:
De la luz emitida se obtiene la temperatura celular

La **terapia fototérmica** cura al ratón tratado, mientras el ratón no tratado no se salva.

Acta Nano, 2009, 3, 3707-3713

La **terapia fototérmica** consiste en inyectar nanopartículas que liberan calor al ser iluminadas (ej: nanobiotículas de oro, ONs en la Figura superior). Tras iluminar el tumor durante pocos minutos, este comienza a disminuir. Es especialmente importante controlar la temperatura alcanzada por el tumor. El FPG ha desarrollado nuevos métodos para controlar también la temperatura del tumor durante la terapia. Para ello se inyectan nanopartículas luminiscentes capaces de medir la temperatura (Nanotermómetros; QDs en la Figura superior) junto con las nanopartículas calentadoras. El FPG ha incluso desarrollado nanopartículas que calientan y miden, al mismo tiempo, cantidad de nanocristales que incorporan altas concentraciones de iones Nd^{3+} .

Uso clínico de nanopartículas



Nat Rev Clin Oncol 2011, 10 (6), 307-318

El **uso clínico** de nanopartículas luminiscentes aparece como una prometedora herramienta gracias a nivel clínico. Pueden utilizarse como agentes de contraste en imágenes por fluorescencia que se realizan durante operaciones quirúrgicas. Así puede detectarse rápidamente si un tumor maligno ha sido completamente eliminado, sin necesidad de realizar una biopsia, con el consiguiente aumento del riesgo en la operación.

Grupo de Fluorescencia e Imagen



Director: Prof. Daniel Jaque García
<https://sites.google.com/site/fluorescenciainmaginagroup/>

Fotones Individuales

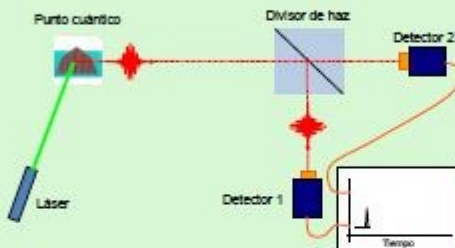
Aspectos de la Óptica Cuántica



Herko van der Meulen, Sočana Lazić, Ekaterina Chernysheva y José Manuel Calleja
 Depto. Física de Materiales, Grupo Semicuam, Universidad Autónoma de Madrid

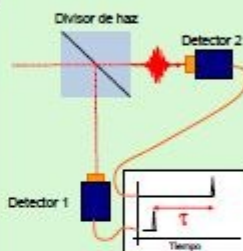
Emisión

Un punto cuántico de un material semiconductor emite fotones de uno en uno



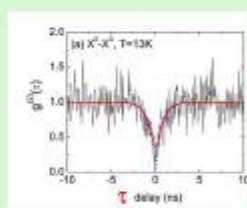
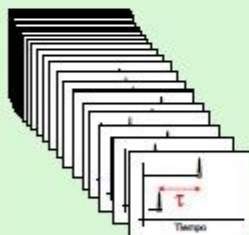
Detección

Un divisor de haz deja pasar el 50% de los fotones y refleja el otro 50%



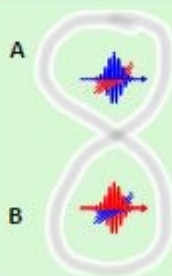
Correlación

Registrando para muchos fotones las veces que ocurren coincidencias a retrasos τ , se obtiene un mínimo a $\tau = 0$ en el número de coincidencias normalizado $g^{(2)}(\tau)$



Antibunching

El mínimo a $\tau = 0$ ocurre porque los fotones vienen de uno en uno (están cuantizados). No puede haber al mismo momento dos fotones. El efecto de no ir juntos se llama 'antibunching'



Entrelazamiento

El 'antibunching' es el principio de la investigación de estados cuánticos de la luz, un paso siguiente será de producir y medir fotones entrelazados, dos fotones que comparten un solo estado cuántico.

Los fotones A y B están en una superposición de estados de polarización:

A horizontal y B vertical
 A vertical y B horizontal

Empujando y atrapando con luz

Manuel I. Marqués y Juan José Sáenz

Dpto. de Física de Materiales, Dpto. de Física de la Materia Condensada

IFIMAC e Instituto Nicolás Cabrera, Facultad de Ciencias, UAM

¿Cómo empujar a un objeto?... Chocando fotones contra el objeto

En parte, es responsable de la curva que aparece en la cola de los cometas al pasar cerca del sol...



...y puede utilizarse para hacer velas solares que propulsen vehículos espaciales

¿Cómo atrapar un objeto?...Generando campos intensos cerca del objeto

Puede utilizarse como pinza óptica para manipular objetos nanométricos...



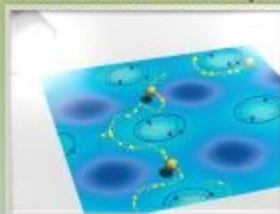
...y para atraer entre si a pequeñas partículas



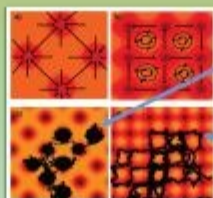
Nuestra investigación

Manipular la difusión de partículas

Dos rayos perpendiculares generan un patrón de interferencia en una superficie...

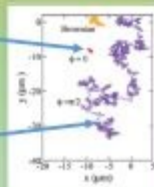


...donde las partículas pueden quedar atrapadas o acelerarse...



Partícula
atrapada

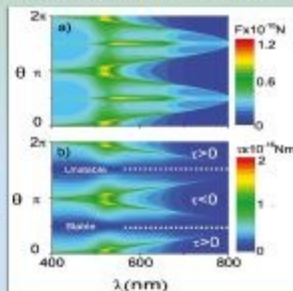
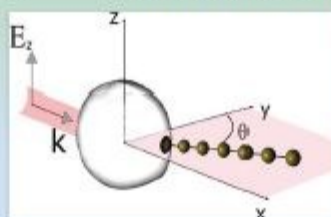
Partícula
acelerada



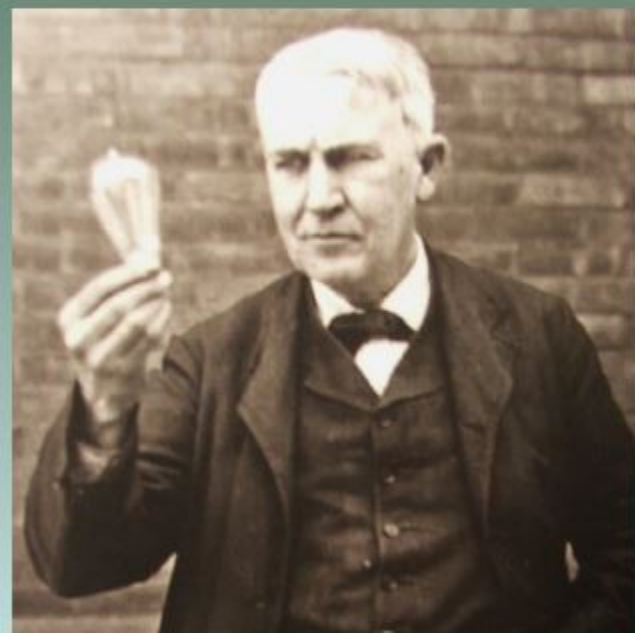
La vela óptica nanométrica

Una cadena de nanopartículas de oro se une a una célula transparente y se ilumina desde atrás...

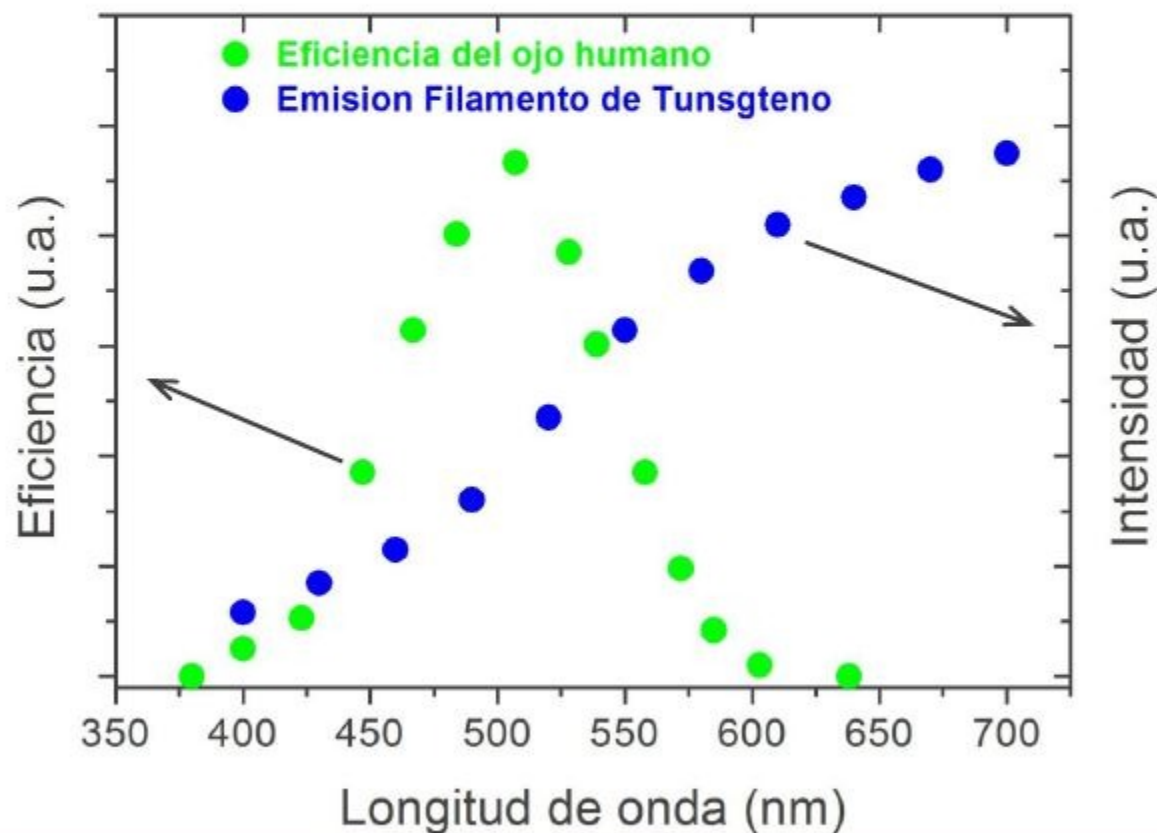
...la cadena de nanopartículas siente fuerzas y torques que dependen de su orientación con la luz



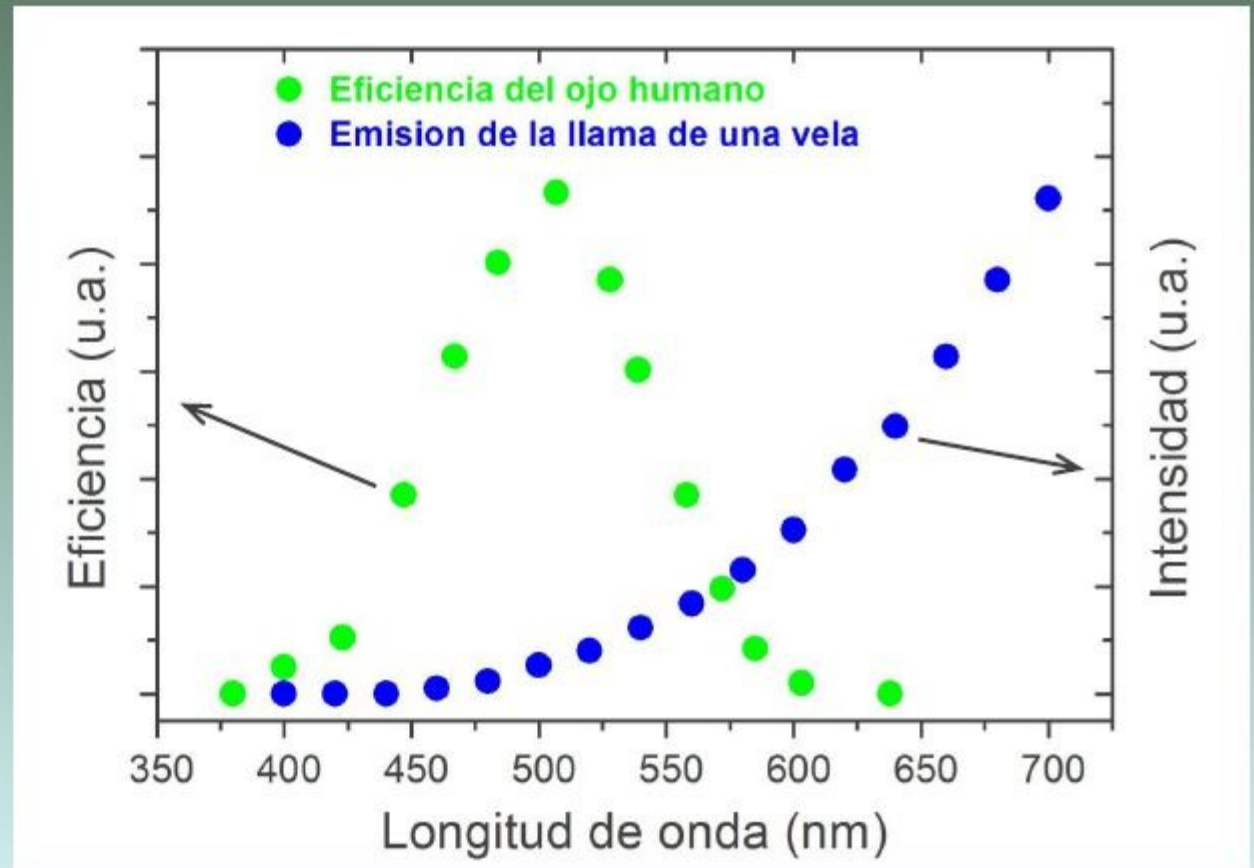
Espectros de Emisión de una Lámpara de Tungsteno y de la Eficiencia Luminosa del ojo humano



T. A. Edison (1878)



Espectros de Emisión de una Llama y de la Eficiencia Luminosa del ojo humano



INTERNATIONAL
YEAR OF LIGHT
2015