

Temas de Trabajo LOFT

Actualizado 02/10/25

Desarrollo de láseres estables (L67 / T)

Grupo I+D:: Franco Lucio Tambosco- Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

El objetivo de este trabajo es el desarrollo de un láser de diodo con control activo de temperatura y de corriente de forma tal que la potencia emitida del láser se mantenga estable. El proyecto abarca el diseño (tanto estructural como electrónico), montaje y caracterización de dicho láser. La estabilización propuesta permitirá reducir la incertidumbre asociada a la potencia del láser durante experimentos sensibles realizados en el laboratorio.

Tareas:

- Estabilización térmica mediante una celda Peltier y control de temperatura con lazo PID
 - Regulación de corriente con fuente de bajo ripple y protección contra fluctuaciones
 - Procedimientos de calibración y verificación del ruido y la estabilidad (ruido relativo, drift a largo plazo, respuesta a variaciones ambientales).
-

Desarrollo de nanomateriales para experimentos de interacción de la luz y la materia (L67)

Grupo I+D:: Andrea Florez Antelíz (LOFT)- Jorge Rocca (CSU)-Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

En el contexto actual, el avance de las tecnologías fotónicas va de la mano de la nanociencia y la nanotecnología, tanto desde el punto de vista del desarrollo de nuevos materiales (básicamente ligados a manipular la composición y la morfología en los nanómetros), como en la miniaturización de dispositivos. En particular, un área que ha cobrado importancia es la del desarrollo de fuentes (como LEDs y láseres) y sensores, para su futura integración en circuitos fotónicos. El dispositivo más sencillo es aquel formado por un único nanohilo conectado a un circuito micrométrico. Su implementación requiere del estudio de dos problemas: por un lado, elegir el material del nanohilo que cumpla la función deseada y por el otro su integración en un circuito. El desarrollo de dispositivos eficientes basados en nanoestructuras unidimensionales (nanohilos, nanobarras y nanotubos), las cuales están confinados en dos de sus dimensiones y, en consecuencia, permiten a los electrones propagarse libremente en la otra, podrían tener un impacto real en las tecnologías fotónicas y optoelectrónicas futuras.

Los nanohilos, nanobarras y nanotubos, tienen ciertas ventajas a la hora de desarrollar aplicaciones en optoelectrónica, como sensores y fuentes de luz. Dependiendo de sus características (tamaños típicos, material que lo conforme) pueden exhibir confinamiento cuántico, emisión de luz espontánea (LEDs), estimulada (láser), etc. En el caso de sensores, la relación de aspecto y área superficial grandes permiten que estos sean más

eficientes. Además, su superficie puede ser tratada para ligar y sensor moléculas específicas. La corriente eléctrica generada es transmitida por estos “cables” para ser detectada. Como ejemplo, los nanohilos constituidos por semiconductores inorgánicos han sido utilizados como detectores sensibles con aplicaciones en biología y química [1]. Se ha demostrado un sensor de gas de amoníaco utilizando nanohilos de PPy (Polypyrrole, un polímero conductor), fabricados por electrodeposición en membranas de alúmina porosa (AAO) [2]. Mediante el mismo método se fabricaron sensores de secuencias específicas de ADN. Estos sensores son una heterojuntura formada por nanohilos segmentados de CdTe–Au–CdTe, con un comportamiento tipo p en configuración de diodo Shottky, funcionalizados con tioles [3].

En todas las aplicaciones descriptas anteriormente, la fabricación de las nanoestructuras representa el primero, y uno de los más importantes desafíos para la realización de las mismas. Así, para mantener el ritmo de este permanente desarrollo es necesario crear técnicas y herramientas que permitan fabricar nanoestructuras de manera controlada. La electrodeposición en los poros de membranas de aluminio anodizado poroso (AAO anodized aluminum oxide template) permite el crecimiento de nanohilos de materiales conductores, como metales, aleaciones, semiconductores, polímeros conductores, óxidos.

Tareas:

- Fabricación de membranas porosas (alúmina anódica, polímeros u otros métodos según disponibilidad del laboratorio).
- Uso de las membranas como membranas para electrodeposición de nanoestructuras de Níquel, ZnO u otros materiales.
- Caracterización básica de las membranas y de los depósitos obtenidos mediante microscopía y análisis óptico desarrollando la técnica óptica para medir absorbancia empleando esfera integradora.

Bibliografía:

- [1] Kenry, C. T. Lim, Progress in Materials Science 58 (5) 705-748 (2013).
- [2] O. Lupana, V.V. Ursakic, G. Chaia, L. Chowa, et al. Sensors and Actuators B: Chemical 144 (1), 56–66 (2010).
- [3] D. J. Shirale, M. Bangar, N. V. Myung, et al. Advanced Materials Research 584, 224-228 (2012).

Propiedades ópticas fotoinducidas en nuevos materiales fotosensibles (L67/T)

Grupo I+D: Franco Lucio Tambosco, Silvia Ledesma, Florencia Di Salvo, María Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: INQUIMAE - Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

Los materiales basados en azobencenos despiertan hoy en día gran interés para el desarrollo de aplicaciones como memorias ópticas, comunicaciones, celdas solares, nuevas litografías y fotomecánica. Típicamente los efectos que se pueden foto inducir en estos materiales, son la anisotropía óptica y la migración o transporte de masa. Si bien es sabido que el transporte de masa se inicia con los ciclos de isomerización de los azobencenos, aún no se comprenden los mecanismos por los cuales la masa puede desplazarse en distancias del orden de los micrones, ni las fuerzas intervinientes en estos procesos. Además, en trabajos previos del grupo observamos que la inclusión de nanopartículas metálicas mejora las propiedades de transporte. El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar nuevos materiales basados en polímeros porosos, específicamente MetalOrganic Framework (MOF) y azobencenos, en búsqueda de obtener materiales con propiedades mejoradas en función de las posibles

aplicaciones. Se buscará dar lugar a la alteración de las interacciones intermoleculares y electrostáticas entre las diferentes especies, modificando el autoensamblado de los azopolímeros.

Tareas:

- Desarrollo de materiales fotosensibles basados en estructuras MOF (red de coordinación porosa con matriz de colorante activo)
- Utilizar algunos sistemas ópticos conocidos por el grupo y realizar un montaje óptico combinado con rayos x para determinar la cristianización del material.
- Caracterizar las muestras con diversas técnicas (microscopía de barrido electrónico, microscopías de barrido por sondas, espectrometría, rayos x) para estudiar, la topografía, orientación molecular y distribución de carga.

Bibliografía:

- [1] "Materiales fotosensibles basados en poliaminas" A. Agote, F. Tambosco, S. Ledesma, F. Di Salvo and MG. Capeluto, 108a Reunión de la Asociación Física Argentina. 19-22 de septiembre, Bahia Blanca (2023)
- [2] "Functional surfaces through the creation of adhesion and charged patterns on azopolymer surface relief gratings" M. G. Capeluto, R. Falcione, R. Fernández Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma. Optical Materials 90, 281-288 (2019).
- [3] "Azopolymer film as an actuator for organizing multiwall carbon nanotubes" M. G. Capeluto, R. Fernández Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma, Optical Materials 66, 247-252 (2017).
- [4] "Design of a compact device to generate and test beams with orbital angular momentum in the EUV" DO Pabon, SA Ledesma, GF Quinteiro, MG Capeluto. Applied optics 56 (29), 8048-8054 (2017)
- [5] "Increase of SRG modulation depth in azopolymers-nanoparticles hybrid materials". R. Falcione, M. V. Roldan, N. Pellegrini, S. Goyanes, S. Ledesma, M.G. Capeluto. Optical Materials 115, 111015 (2021)

Litografía vectorial en azopolímeros (L67 / T)

Grupo I+D: Franco Lucio Tambosco, Sebastián Bordakevich, Silvia Ledesma, Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

El plan de trabajo propuesto se enmarca en un proyecto cuyo objetivo general es el estudio de las propiedades fotoinducidas en materiales compuestos que incluyen derivados de azobencenos. La fotoisomerización de los grupos azo conduce a la inducción de birrefringencia y en algunos casos al transporte de masa. Estas propiedades hacen que los azopolímeros sean interesantes para crear dispositivos fotónicos como guías de onda, cristales fotónicos, canales fluídicos, memorias ópticas, etc. Entre la gran diversidad de propiedades fotoinducidas en estos materiales, la fotomigración (fenómeno por el cual el material adquiere relieves en su superficie) ha cobrado un creciente interés en aplicaciones como litografía. Este fenómeno, indudablemente impulsado por los ciclos de fotoisomerización, es aún debatido en la comunidad científica puesto que no hay un consenso sobre cuáles son los mecanismos que conducen a movimientos de masa en la mesoescala a partir de los pequeños movimientos de los azobencenos. En un trabajo de nuestro grupo demostramos que la fotomigración es un proceso complejo en el cual no solo se obtienen relieves superficiales de masa sino también distribuciones espaciales de ordenamiento molecular y carga eléctrica [1]. Así, la estructuración 3D de azopolímeros permite obtener superficies de gran complejidad ampliando las posibilidades en las aplicaciones, que van desde la tradicional litografía a la generación de superficies funcionales.

El transporte de masa en los azopolímeros es logrado mediante la iluminación con luz estructurada espacialmente: distintas porciones del frente de onda tienen distinta intensidad, fase, polarización, etc. Una forma de obtener iluminaciones de este tipo es modulando estas propiedades ópticas empleando moduladores espaciales de luz (SLM); un ejemplo de estos dispositivos son las pantallas de cristal líquido (LCD). Tras una rigurosa caracterización, estas pantallas pueden manipularse pixel a pixel para modular diferencialmente los distintos grados de libertad de la iluminación incidente. Además, se requiere optimizar el armado experimental en el que se las utiliza para que dichas modulaciones sean satisfactorias [5]. Entre las múltiples aplicaciones que permite su utilización, se encuentra la creación de máscaras, redes y hologramas, que pueden ser aprovechados tanto para la generación como para la detección de dichos frentes de onda estructurados.

Tareas:

- Preparación de láminas delgadas de polímeros con aditivos para mejorar la respuesta en transporte de masa
- Montar un sistema óptico para grabar nanoestructuras, empleando moduladores espaciales de luz, para controlar completamente la distribución espacial de iluminación (fase, intensidad y polarización). Estos moduladores permiten programar máscaras y hologramas de fase o amplitud.
- Caracterizar las muestras con diversas técnicas (microscopía de barrido electrónico, microscopías de barrido por sondas, espectrometría) para estudiar, la topografía, orientación molecular y distribución de carga.

Bibliografía:

- [1] "Functional surfaces through the creation of adhesion and charged patterns on azopolymer surface relief gratings" M. G. Capeluto, R. Falcione, R. Fernández Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma. Optical Materials 90, 281-288 (2019).
- [2] "Azopolymer film as an actuator for organizing multiwall carbon nanotubes" M. G. Capeluto, R. Fernández Salvador, A. Eceiza, S. Goyanes, S. A. Ledesma, Optical Materials 66, 247-252 (2017).
- [3] "Design of a compact device to generate and test beams with orbital angular momentum in the EUV" DO Pabon, SA Ledesma, GF Quinteiro, MG Capeluto. Applied optics 56 (29), 8048-8054 (2017)
- [4] "Increase of SRG modulation depth in azopolymers-nanoparticles hybrid materials". R. Falcione, M. V. Roldan, N. Pellegrini, S. Goyanes, S. Ledesma, M.G. Capeluto. Optical Materials 115, 111015 (2021)
- [5] "Optimization for maximum modulation of a double-pass twisted nematic liquid crystal display" S. Bordakevich, L. Rebón, S. A. Ledesma.

Técnicas ópticas de medición para emplear en sistemas de crecimiento de espejos multicapa de muy baja absorción.

Grupo I+D: Carmen Menoni (Colorado State University), Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

Las ondas gravitacionales se detectan mediante la medición de los cambios de distancia entre los espejos de un interferómetro de Michelson que tiene kilómetros de longitud. El ruido Browniano, generado por las vibraciones térmicas de los espejos, puede limitar la sensibilidad a los cambios de distancia entre los espejos y, por lo tanto, la capacidad de medir señales de ondas gravitacionales. Es por esto que es de gran importancia el desarrollo de recubrimientos altamente reflectantes con bajo ruido térmico, que al mismo tiempo cumplan con estrictos requisitos ópticos. Uno de los problemas que se presenta durante la fabricación de estos espejos es la presencia de partículas en los sistemas de fabricación. Es por esto que una de las propuestas está relacionada con

el desarrollo de un dispositivo óptico de detección de partículas, para ser instalado en uno de sistemas de alto vacío que se encuentran en CSU. La otra propuesta está relacionada con fabricar (en CSU) y caracterizar (en DF) estos espejos multicapa, para lo que se requiere construir un interferómetro de luz blanca, que permita medir rugosidad, efecto de lente térmica, y dispersión lineal.

Tareas:

- Desarrollar un interferómetro de Michelson de luz blanca
 - Desarrollar las técnicas para caracterizar las propiedades ópticas de los sustratos empleando dicho interferómetro.
-

Laboratorio en un teléfono (L67 / T)

Grupo I+D: Silvia Ledesma, Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

LabPhone (LABoratorio en el telePHONE) es un proyecto que propone realizar instrumental de medición empleando la tecnología avanzada de los celulares inteligentes modernos. Así como las computadoras personales revolucionaron la investigación científica a lo largo de las décadas recientes, el desarrollo tecnológico actual de los teléfonos inteligentes hace que tengan un gran potencial para ser empleados en investigación y el desarrollo de aplicaciones. La capacidad de conectividad y de almacenamiento y el contenido de sensores precisos, son los tres elementos que hacen a estos teléfonos especialmente interesantes para la creación de un “laboratorio en un teléfono”. Por un lado, son capaces de captar información y simultáneamente procesarla a grandes velocidades. Por otro lado, los teléfonos inteligentes no solo pueden ser conectados a otros equipos externos para la adquisición de datos mediante tecnologías Bluetooth, WiFi, USB, etc, sino que también alojan una gran variedad de sensores, por ejemplo, sensores de proximidad, acelerómetros, sensores de humedad, giróscopos y compases electromagnéticos, además de los sensores asociados con las pantallas táctiles y las cámaras.

La sensibilidad y precisión de estos sensores hoy en día es suficiente para obtener mediciones comparables con las obtenidas con instrumental de laboratorio[1], y se han logrado aplicar en una amplia gama de detección de muestras incluyendo biomarcadores, trazas de químicos en alimentos, trazas de contaminación e ingredientes en procesos industriales, entre otros[2–6]. En particular, la gran disponibilidad de teléfonos equipados con cámaras CMOS, abren oportunidades para la realización de mediciones fotométricas, con un instrumento portable y de bajo costo. Además, debido a la capacidad intrínseca de *networking*, los teléfonos inteligentes son candidatos obvios para su implementación como nodos dentro de las redes de “internet de las cosas” (The Internet of Things - IOF) para permitir la captura de grandes cantidades de datos con resolución espacial en una gran variedad de entornos. Un desarrollo sencillo, empleando elementos que hoy son de uso cotidiano, permitiría el fácil acceso a la comunidad general.

Dentro de la amplia variedad de instrumentos posibles, el proyecto de Laboratorio 6 y7 se centra en el desarrollo de un espectrómetro empleando el sensor CMOS del teléfono inteligente y tecnología

de impresión 3D, lo que hace estos diseños aún más accesibles a un público más general. Este espectrómetro podría ser una alternativa portable y de uso sencillo [7–9], a la instrumentación óptica tradicional, que suele ser voluminosa y costosa. Se ha informado su aplicación en el monitoreo biomédico, como la detección de secuencias específicas de ácidos nucleicos [10] y proteínas biomarcadoras [11].

Hoy en día contamos con un prototipo del instrumento en estado avanzado de desarrollo[12,13], pero hay que implementar varias mejoras relacionadas con la calibración de intensidades y el montaje experimental. Una vez logrado este objetivo, estaremos listos para empezar a realizar aplicaciones relacionadas con los problemas concretos de nuestro país, como ser, el estudio colorimétrico que se relaciona con la calidad de los vinos.

Tareas:

- incorporar funciones de calibración dentro del software diseñado por integrantes de grupos anteriores
- Desarrollar una aplicación

Bibliografía:

- [1] P. C. Biswas, S. Rani, M. A. Hossain, M. R. Islam, and J. Canning, "Recent Developments in Smartphone Spectrometer Sample Analysis," *IEEE J. Select. Topics Quantum Electron.* 27, 1–12 (2021).
- [2] S. Majumder and M. J. Deen, "Smartphone Sensors for Health Monitoring and Diagnosis," *Sensors* 19, 2164 (2019).
- [3] D. Zhang and Q. Liu, "Biosensors and bioelectronics on smartphone for portable biochemical detection," *Biosensors and Bioelectronics* 75, 273–284 (2016).
- [4] Z. S. Ballard, C. Brown, and A. Ozcan, "Mobile Technologies for the Discovery, Analysis, and Engineering of the Global Microbiome," *ACS Nano* 12, 3065–3082 (2018).
- [5] J. L. D. Nelis, A. S. Tsagkaris, M. J. Dillon, J. Hajslova, and C. T. Elliott, "Smartphone-based optical assays in the food safety field," *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 129, 115934 (2020).
- [6] V. Oncescu, D. O'Dell, and D. Erickson, "Smartphone based health accessory for colorimetric detection of biomarkers in sweat and saliva," *Lab Chip* 13, 3232 (2013).
- [7] U. Jarujareet, G. Pichayawaytin, P. Sripetch, N. Doljirapisit, S. Sumriddetchkajorn, P. Prempre, K. Chaitavon, P. Punpetch, and R. Amarit, "A Low-Cost Dual-Beam Smartphone Visible Spectrometer," *J. Chem. Educ.* 100, 546–553 (2023).
- [8] S. Srivastava and V. Sharma, "Ultra-portable, smartphone-based spectrometer for heavy metal concentration measurement in drinking water samples," *Appl Water Sci* 11, 177 (2021).
- [9] A. Scheeline, "Smartphone Technology – Instrumentation and Applications," in *Portable Spectroscopy and Spectrometry* (eds. R. Crocombe, P. Leary & B. Kammrath) 209–235 (Wiley, 2021). doi:10.1002/9781119636489.ch9.
- [10] H. Yu, Y. Tan, and B. T. Cunningham, "Smartphone Fluorescence Spectroscopy," *Anal. Chem.* 86, 8805–8813 (2014).
- [11] K. D. Long, H. Yu, and B. T. Cunningham, "Smartphone instrument for portable enzyme-linked immunosorbent assays," *Biomed. Opt. Express* 5, 3792 (2014).

- [12] I. Llorca, N. Roqueiro, T. Busto, S. A. Ledesma, and M. G. Capeluto, "Desarrollo de un método de calibración para un espectrómetro basado en un teléfono celular y su aplicación al estudio de la absorbancia de muestras líquidas," in 109a Reunión de la Asociación Física Argentina, San Luis. 17-20 de septiembre (2024). (2004).
- [13] F. Szlafsztein, I. Lopez, P. Águila, M. G. Capeluto, and S. A. Ledesma, "Desarrollo de espectrofotometría para dispositivos celulares Bariloche, Rio Negro, Argentina (2022)," in vol. AT8 (2022).
-

Mejorando la resolución con luz estructurada (L67 / T)

Grupo I+D: Silvia Ledesma, Gabriela Capeluto

Lugar de trabajo: Laboratorio de Óptica y Fotónica (DF)

Dentro de las aplicaciones de luz estructurada, las microscopías por iluminación con luz estructurada (SIM por sus siglas en inglés) han emergido como técnicas esenciales para adquirir imágenes tridimensionales (3D) de la topografía, imágenes de secciones ópticas en muestras transparentes, imágenes de fase e imágenes de fluorescencia en células vivas con super resolución (SR-SIM) [1]. Entre estas, SR-SIM es una de las técnicas revolucionarias de las últimas décadas habiendo permitido obtener información dinámica de estructuras macromoleculares y movimientos en escalas de 100 a 300 nm [4,5], con una resolución dos veces mayor que la predicha por el límite de difracción establecido por Abbe ($\sim \lambda/2NA$ en las dimensiones laterales, con λ la longitud de onda y NA la apertura numérica) [2]. A pesar de que la mejora en resolución es modesta en comparación con otras técnicas como PALM, STORM, STED y MINIFLUX; SIM es reconocida como la técnica más prometedora para comprender la dinámica de estructuras subcelulares en células vivas, debido a su gran eficiencia cuántica, fototoxicidad y foto blanqueo bajos y compatibilidad con la mayoría de los protocolos de marcado fluorescente [3].

La idea general de SR-SIM consiste en modular espacialmente la intensidad de la luz incidente, lo que tiene como consecuencia desplazar la información que se encuentra en frecuencias espaciales altas, normalmente recortadas por la función de transferencia óptica del sistema, a frecuencias espaciales más bajas, posibles de medir [1]. Dado que en este proceso se mezclan frecuencias, se necesitan algoritmos de postprocesado para desentrelazar la información y recuperar las componentes de frecuencia en el lugar apropiado del espacio de Fourier. Para implementar estos algoritmos se necesitan obtener varias imágenes provenientes de distintos patrones de iluminación desfasados. A pesar de los avances, obtener buena fidelidad y datos cuantificados de SR-SIM son frecuentemente desafíos que hay que enfrentar, debido a que las imágenes finales están sujetas, entre otros, a la aparición de artifacts en la reconstrucción [6] y aberraciones del sistema óptico [7] que deterioran la resolución.

Tareas

- Implementar la técnica de luz estructurada en escala macroscópica
- implementarla en un microscopio
- Caracterizar resolución

Referencias

- [1] M. Saxena, G. Eluru, and S. Siva Gorthi “Structured illumination microscopy” *Advances in Optics and Photonics* 7, 241–275 (2015)
- [2] Gustafsson, M. G. L. et al. Three-dimensional resolution doubling in wide-field fluorescence microscopy by structured illumination. *Biophys. J.* 94, 4957–4970 (2008).
- [3] G. Wen, S. Li, L. Wang, X. Chen, Z. Sun, Y. Liang, X. Jin, Y. Xing, Y. Jiu, Y. Tang and H. Li “High-fidelity structured illumination microscopy by point-spread-function engineering” *Light: Science & Applications* (2021) 10:70
- [4] Huang, X. S. et al. Fast, long-term, super-resolution imaging with Hessian structured illumination microscopy. *Nat. Biotechnol.* 36, 451–459 (2018).
- [5] Guo, Y. T. et al. Visualizing intracellular organelle and cytoskeletal interactions at nanoscale resolution on millisecond timescales. *Cell* 175, 1430–1442 (2018). e17.
- [6] Schaefer, L. H., Schuster, D. & Schaffer, J. Structured illumination microscopy: artefact analysis and reduction utilizing a parameter optimization approach. *J. Microsc.* 216, 165–174 (2004).
- [7] Y. Zheng, J. Chen, C. Wu, W. Gong, K. Si. “Adaptive optics for structured illumination microscopy based on deep learning” *Cytometry* 9 (2021) 622–631