

Cables más delgados

Físicos desarrollan fibras ópticas que podrán interconectar los circuitos de las computadoras del futuro

Marcos de Oliveira

Nadie lo nota y pocos lo saben, pero cualquier envío de correo electrónico hacia fuera del país, o el acceso a un sitio web norteamericano, por ejemplo, se efectúa vía cables de fibra óptica. Estos finos tubitos de sílice de arena purificada transportan la información de un lado a otro a través de la luz láser. Pero ahora, ese mismo principio está empezando a emplearse en la concepción de las computadoras del futuro, en lo que constituye una tendencia tecnológica que plantea el uso de circuitos totalmente hechos de luz. La idea es usar micro y nanofibra óptica para la interconexión de los circuitos computacionales que están por venir. Se trata de dispositivos que se estudian en Brasil y que ya han sido elaborados en el Laboratorio de Fibras Especiales (LaFE)

del Instituto de Física Gleb Wataghin (IFGW) de la Universidad de Campinas (Unicamp).

“Esas micro y pequeñas fibras podrán servir en el futuro para interconectar o funcionar como filtro en los circuitos de computadoras, en los que podrá emplearse luz láser en lugar de los chips actuales”, dice el profesor Cristiano Monteiro de Barros Cordeiro, coordinador del proyecto que integra el Centro de Investigación en Óptica y Fotónica (Cepof) de Campinas, encabezado por el profesor Hugo Fragnito y financiado por la FAPESP en el marco del Programa de Centros de Investigación, Innovación y Difusión (Cepids).

Las nuevas fibras pueden ser hasta quinientas veces más delgadas que un cabello: miden 500 nanómetros (1 nanómetro es igual a la millonésima parte de 1 milímetro). Las fibras comerciales

Pequeños tubos de vidrio que, una vez calentados, se transforman en fibras de vidrio



son mucho más gruesas, con diámetros de 125 micrones, por ende, algo mayores que un pelo. “El uso de las micro y nanofibras, por lo pronto, constituye un ejercicio de futurología, pero se trabaja con la perspectiva de que las actuales pistas metálicas de los chips, con paso de electrones, puedan ser reemplazadas por pistas de luz”, dice Cordeiro.

Pese a que por ahora son consideradas tan sólo una promesa, las micro y las nanofibras ofrecen la perspectiva de consumir menos energía y recalentar poco el sistema, una cualidad importante a la hora de pensar en la principal función que desempeñarían, que es la de interconectar los chips y los restantes circuitos situados dentro de una computadora. Algunas de las nuevas fibras tienen un diámetro de 1 micrón, por lo tanto, son menores que la longitud de onda de los haces de laser típicos de estos dispositivos, de 1,5 micrones, empleados en las comunicaciones ópticas actuales. De este modo, parte de la luz queda del lado de afuera de la pared de la fibra, pero la onda luminosa sigue acompañando la extensión del dispositivo. “Si esa parte de luz que permanece afuera ayuda u obstaculiza la interconexión óptica futura, eso sigue siendo una cuestión por zanjarse para todos los grupos mundiales que estudian estas fibras”, dice Cordeiro, quien se dedica al estudio de este tipo de fibra óptica desde 2009. Entre dichos grupos se encuentran la Universidad de Southampton, en el Reino Unido, y el OFS Laboratories, de Estados Unidos,

ligado a la empresa Furukawa, de Japón.

Otra función de las fibras es su uso como sensor óptico, que fue objeto de un depósito de patente en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI) a finales de 2011. El grupo produjo una fibra de una sensibilidad 50 veces mayor a la tracción mecánica que las existentes. Y puede usársela en la construcción civil, pegadas a lo largo de puentes, por ejemplo, para medir, mediante la alteración en la luz, la deformación de la estructura durante el paso de un camión.

El estudio y la concepción de las fibras ópticas y los restantes segmentos de las comunicaciones mediante el empleo de láser pueden ser considerados actualmente como una tradición en los laboratorios del IFGW de la Unicamp. Fue allí que surgieron, a finales de los años 1970, las primeras fibras ópticas de Brasil, que eran todavía una novedad incluso en los países más avanzados en lo que hace a tecnología. La primera surgió exactamente en 1977 y contó con el liderazgo de los profesores Rogério Cerqueira Leite, José Ripper Filho y Sergio Porto. Éstos, trabajaron como investigadores en Bell Labs, Estados Unidos, un centro de investigación responsable por la invención de los transistores y del láser, donde se realizaron los primeros ensayos con fibra óptica. Se percataron de la novedad que estaba cobrando forma en aquel centro de investigación con el uso de láser y fibras en telecomunicaciones y desembarcaron en la Unicamp con esa idea innovadora.

Las etapas siguientes de esos estudios contaron con la participación de los profesores Hugo Fragnito, Carlos Henrique de Brito Cruz, actual director científico de la FAPESP, y Carlos Lenz, investigadores que ya habían trabajado en Bell Labs. “Bell Labs era un ambiente donde se discutía mucho el futuro e indicaba lo que debíamos estudiar en ese momento y lo que sería importante durante las siguientes décadas”, dice Fragnito.

De este modo, la investigación en el IFGW relacionada con fibra óptica contemplaba varios segmentos, tales como el estudio de un tipo especial, que es la fibra de cristal fotónico. Esta fibra posee también la capacidad de confinar y llevar la luz de un extremo a otro. Pero no para grandes distancias, pues poseen en su interior una microestructura de agujeros de aire, múltiples núcleos y nuevos materiales que las orientan hacia otras aplicaciones, tales como su uso en equipamientos industriales, relojes de precisión, sensores, aparatos de diagnóstico médico o incluso integrando dispositivos electrónicos.

Las fibras de cristal fotónico, fabricadas por empresas en Europa, se usan por ejemplo en el interior de nuevas fuentes de luz, y en los amplificadores de comunicación óptica, para recuperar las señales en redes de transmisión. Los estudios del IFGW en el área de fibras microestructuradas comprenden la colaboración con la Universidad de Bath, en Inglaterra, donde surgió la primera fibra de cristal fotónico, la Universidad

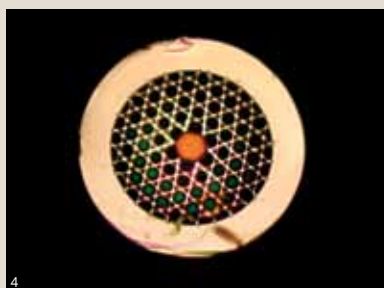
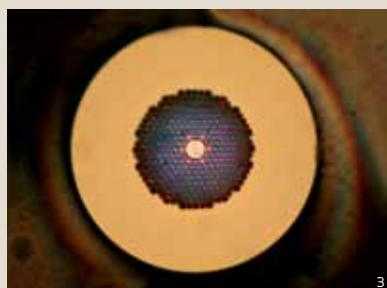
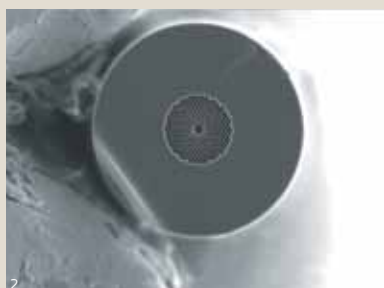
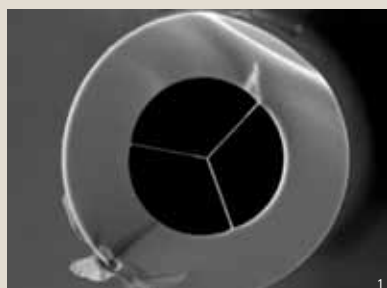


de Sídney, en Australia, y el Max Planck Institute for the Science of Light, en Erlangen, Alemania.

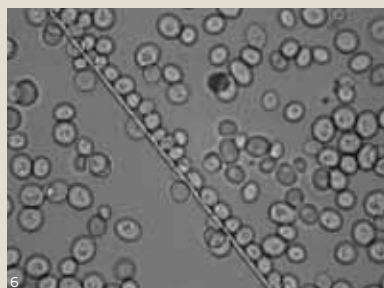
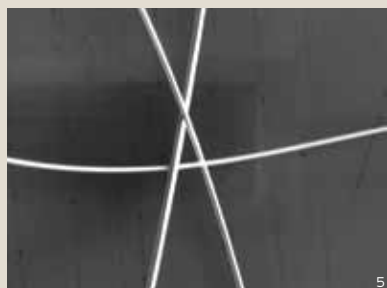
En 2007, investigadores de la Unicamp, en colaboración con colegas de otras instituciones, elaboraron y depositaron tres patentes relativas a las fibras de cristal fotónico. La primera se refiere a la estructura de esos delgados tubitos de vidrio. Con respecto a las tradicionales, éstas poseen ordenamientos de orificios internos que corren paralelos al eje de la fibra y por toda la longitud del dispositivo. Los microorificios permiten un control de la orientación de la luz de manera más eficiente, de acuerdo con las características que se pretende darle a la fibra.

Diversidad funcional

Las propiedades de las fibras varían de acuerdo con la forma



La cantidad de túneles existentes en las microestructuras regula el paso de la luz por las fibras de cristal fotónico



Las nanofibras experimentales (imagen 5) podrán servir para integrar chips de computadoras; algunas versiones incluyen el uso de bacterias (imagen 6)

Los investigadores de la Unicamp y del Laboratorio de Comunicación Óptica y Fotónica de la Universidad Presbiteriana Mackenzie de São Paulo aplicaron nuevos orificios alrededor del núcleo para una fibra que funcione como un sensor biológico o químico. De este modo, la luz recorre su camino tradicional y deja entrar por orificios laterales materiales tales como gases o líquidos, los cuales serán analizados. El análisis se efectúa con la difracción de parte de la luz que viaja desde el núcleo hacia la cubierta de la fibra y se encuentra con el material.

En la segunda patente, los investigadores de la Unicamp y de la Universidad de Sídney, Australia, efectuaron incisiones de varios centímetros a lo largo de la fibra en lugar de orificios. “Esa fibra es indicada para el monitoreo químico y la detección de escapes en industrias o derrames en pozos de petróleo”, dice Cordeiro, quien luego de doctorarse en la Unicamp, realizó un posdoctorado en el laboratorio del creador de las fibras de cristal fotónico, el británico Philip Russell, en la Universidad de Bath, Inglaterra. Russell trabaja actualmente en el Instituto Max Planck, en Alemania.

La tercera patente, también elaborada en colaboración con la Universidad Mackenzie, es sobre una fibra de cristal fotónico con núcleo y cubierta (la parte de la fibra que envuelve al núcleo) rellenos con diferentes líquidos, tales como agua y etanol. Los investigadores utilizaron agua en la cubierta y una mezcla de agua y glicerina en el núcleo sin que se mezclasen. El empleo de esa fibra se destina a las áreas de sondeo y de sensores; por ejemplo, para realizar el análisis espectroscópico de líquidos, para medir la emisión o absorción de radiaciones electromagnéticas de una sustancia.

Otra conquista en el ámbito de la investigación en transmisiones fotónicas fueron los experimentos de un amplificador para líneas de transmisión ópticas. En los últimos años, el grupo de Fragnito logró batir marcas mundiales –entre 2007 y 2009– respecto a la capacidad de ancho de banda de transmisión de un amplificador elaborado en la Unicamp. Logró recibir y transmitir varias señales de láser al mismo tiempo en un amplio espectro de ondas electromagnéticas destinadas

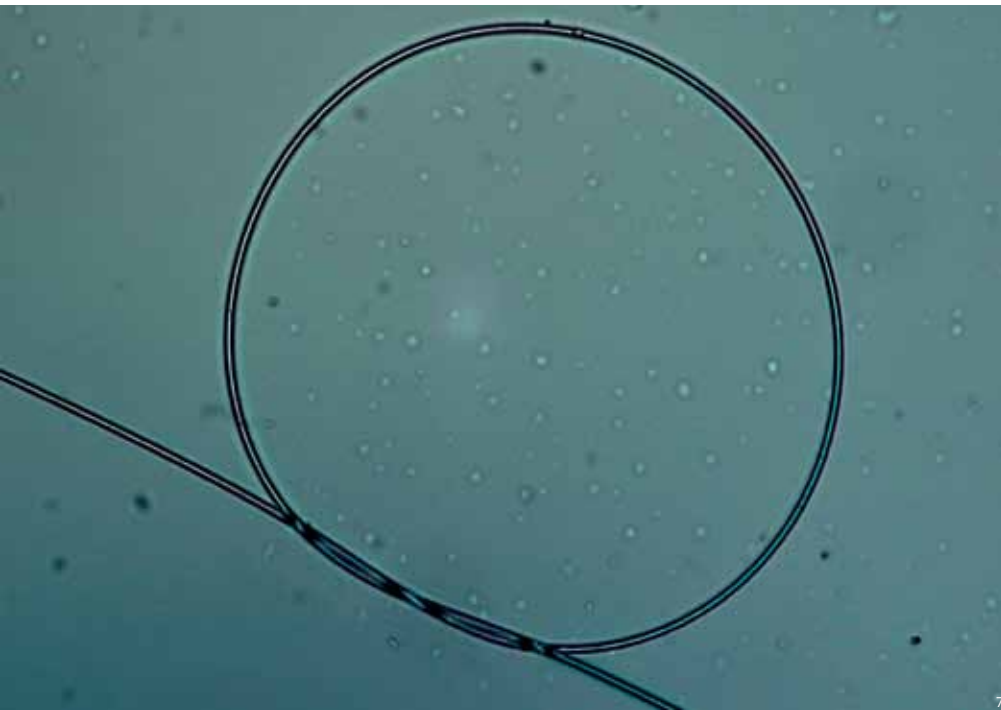


Imagen de una microfibras con un diámetro de 3 micrones obtenida por microscopía electrónica en la Unicamp

a la transmisión de datos y a la telefonía, cosa que no sucede con los equipamientos convencionales.

Estos amplificadores tienen la función de reforzar la señal de luz que recorre el interior de las fibras, fundamentalmente entre ciudades, y en las conexiones internacionales a lo largo de un trayecto de entre 20 y 100 kilómetros. Recuperan la onda lumínica, que pierde potencia a lo largo de la transmisión. El avance tecnológico de los nuevos amplificadores es imprescindible para incrementar la capacidad y la velocidad del sistema de telecomunicaciones y disminuir los costos de implantación de nuevas redes.

La nueva generación del amplificador óptico es denominada *Fiber Optic Parametric Amplifier* (Fopa), o amplificador paramétrico de fibra óptica, y se la estudia en la Unicamp, al igual que en otros centros tales como el Bell Labs, actualmente perteneciente a la empresa Alcatel-Lucent, y las universidades Stanford y Cornell, de Estados Unidos, y de Tecnología Chalmers, de Suecia, y también en compañías japonesas y francesas.

El conocimiento generado con el nuevo amplificador podrá evitar congestionamientos futuros en internet. Para Fragnito, nadie sabe a ciencia cierta qué aplicaciones serán necesarias en el fu-

turo. “Lo que sabemos es que habrá que pasar de manera rápida películas o televisión, con la mayor resolución posible. En ciertas situaciones, la capacidad de transmisión actual está llegando al límite. Una idea que circula en los estudios de comunicación óptica indica que cada fibra debe poseer más núcleos independientes, cada uno con varias longitudes de onda”, dice Fragnito, quien, aparte de hacer lo propio en el Cepof, coordina el Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología (INCT) de Fotónica de Comunicación Óptica (Fotonicom), que recibe financiación de la FAPESP y del Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).

“Con la tecnología actual es posible transmitir 40 canales de láser, y cada uno puede tener 100 gigabits por segundo (Gb/s), de lo que resulta en 4 terabits por segundo (Tb/s) en total. Utilizando los Fopas podríamos transmitir diez veces más, es decir, 40 Tb/s por fibra o, para dar una idea de lo que eso significa, prácticamente todo el tráfico de internet pasando por una sola fibra. En la actualidad eso parece demasiado, pero en pocos años será insuficiente para dar cuenta del crecimiento. Si en vez de un núcleo por fibra pudiésemos tener otros seis o siete sumando, la capacidad de transmisión sería de 280 Tb/s en una fibra óptica”, dice Fragnito.

Para el profesor, los grandes desafíos para permitir el crecimiento de internet durante los próximos 15 ó 20 años consisten en aumentar la capacidad de las redes por un factor entre 100 y 1.000, reduciendo el costo, el tamaño y el consumo energético de los equipos de red por el mismo factor. “Para ello, en el Fotonicom, además de los Fopas y de las fibras multinúcleos, apostamos a la óptica integrada, incorporando centenares de láseres, amplificadores, receptores y otros dispositivos en un pequeño chip del tamaño de unos pocos micrones.”

Las comunicaciones ópticas avanzan para dar soporte a los nuevos medios de comunicación y a internet. La conversión de las señales eléctricas en señales de luz es un camino sin retorno y recién quedará estructurado definitivamente cuando todas las transmisiones y los circuitos sean factibles vía fibras o nuevas guías ópticas. “Todavía tenemos problemas sumamente difíciles con relación a las fibras ópticas, los cuales para nosotros se transforman en retos científicos”, dice Fragnito. ■

Los proyectos

1. Centro de Investigación en Óptica y Fotónica (CePOF) de Campinas – nº 2005/ 51689-2 (2006-2012); **Modalidad** Centros de Investigación (Cepids); **Coordinador** Hugo Fragnito – Instituto de Física de la Unicamp; **Inversión** R\$ 1 millón por año para todo el Cepof.
2. Fotónica para comunicaciones ópticas nº 2008/ 57857-2 (INCT) (2009-2014); **Modalidad** Proyecto Temático; **Coordinador** Hugo Fragnito – Instituto de Física de la Unicamp; **Inversión** R\$ 2.950.799,01.

Artículos científicos

1. Chavez Boggio, J. M. *et al.* Spectrally flat and broadband double-pumped fiber optical parametric amplifiers. **Optics Express**. v. 15, n. 9, p. 5288-309, 2007.
2. Chesini, G. *et al.* Analysis and optimization of an all-fiber device based on photonic crystal fiber with integrated electrodes. **Optics Express**. v. 18, nº 3, p. 2842-48, 2010.

De nuestro archivo

Con la fuerza de la fibra, Edición nº 81 – noviembre de 2002; Luz en la medida justa, Edición nº 106 – diciembre de 2004; Filamentos versátiles, Edición nº 147 – mayo de 2008; Haces multiplicados, Edición nº 169 – marzo de 2010.