

La luz empieza a llegar a los “chips”

La optoelectrónica busca la difícil alianza entre los fotones y los electrones.

PHILIP BALL, Londres

Los electrones son los protagonistas de esta *era de la información*. Ahora, cada vez más, los electrones se están asociando con los fotones (partículas de luz) para llevar mensajes de un sitio a otro en la denominada optoelectrónica. Por el momento es una mezcla rara. El silicio, la superestrella de la tecnología de la información, es un don nadie en lo que se refiere a la producción de luz. Y si no se puede obtener una emisión de luz de un microprocesador de silicio, la optoelectrónica miniaturizada y eficiente no deja de ser un sueño. Algunos de estos problemas han empezado a resolverse. Si la investigación sigue progresando, la optoelectrónica contribuirá a que una nueva y racionalizada tecnología de la información alcance logros sorprendentes.

El mundo está cercado por la luz. Las fibras de cristal óptico transmiten ondas láser cargadas de información a través de miles de kilómetros en un abrir y cerrar de ojos. Las fibras ópticas pueden transmitir mucha más información que los cables de cobre. Y cada fibra viene a ser del grosor de un cabello humano, así que son mucho más ligeras: unos cuantos gramos de fibra óptica hacen el mismo trabajo que varias toneladas de cobre.

Mientras tanto, los láser miniaturizados de estado sólido, de materiales semiconductores, se utilizan para leer los discos compactos y en los prototipos de sistemas de almacenamiento de datos basados en la luz, como los discos óptico-magnéticos, que tienen potencialmente una capacidad de almacenamiento mayor que los discos duros magnéticos convencionales.

Por ahora, un mensaje electrónico, por ejemplo, se convierte primero de formato electrónico a fotónico antes de ser transmitido. Y la señal de luz que llega al otro lado se vuelve a convertir a formato electrónico antes de ser procesado por el ordenador del receptor. Los investigadores esperan hallar formas de procesar las señales codificadas en luz, en lugar de limitarse a transmitir las de esta forma, para que la tecnología fotónica pueda sustituir a la electrónica. Este sueño sigue estando lejano; el híbrido actual, la optoelectrónica, parece que durará.

Procesamiento y transmisión

La versión actual de la optoelectrónica es un matrimonio a la fuerza, en el que ninguna de las dos partes parece ser muy feliz. El procesamiento y la transmisión de la información basada en la luz necesita los láser y otras fuentes de luz, como los diodos emisores de luz. La industria de la microelectrónica, por otra parte, usa los transistores como aparatos de conmutación y fabrica sus componentes con silicio; nadie ha conseguido todavía fabricar un láser de silicio.

El silicio es un semiconductor, un material cuya conductividad eléctrica se puede ajustar con precisión. Los láser de los aparatos reproductores de discos compactos están hechos de distintos semiconductores, principalmente de

arseniuro de galio. Este fue el componente del primer láser semiconductor en estado sólido, construido en 1962. Desde entonces, la industria se ha quedado atascada.

Pero el arseniuro de galio y el silicio no se llevan bien. Ambos son cristalinos, sus átomos se distribuyen en filas regulares, como los huevos en una caja. Desgraciadamente, las cajas son de distintos tamaños: la distancia entre los átomos adyacentes en el silicio (la constante del entramado) es distinta de la del arseniuro de galio.

Por tanto, al intentar hacer crecer una capa de arseniuro de galio sobre una lámina de silicio se provoca el caos en un interfaz. Los átomos preferirían encajarse, y un material o el otro se estira o se encoge en su superficie, produciendo un efecto de cuarteado en la película de arseniuro de galio, lo que arruina sus propiedades de conductor eléctrico y lo declara inútil como láser en estado sólido. Lo mismo sucede con otros semiconductores que emiten luz.

Así pues, los láser miniatura no se pueden construir fácilmente sobre un microprocesador de silicio en un circuito microelectrónico. Para empeorar aún más las cosas, estos otros semiconductores cuestan más que el silicio.

Las cosas serían mucho más fáciles si el silicio se comportara como el arseniuro de galio, emitiendo luz cuando se le estimula electrónicamente. Pero no lo hace. Los científicos llevan más de una década intentando extraer luz del silicio para que la optoelectrónica se pueda basar en un solo material.

Una idea es drogar el silicio con átomos que son buenos emisores de luz, como los del metal erbio. Esto funciona, pero no tan bien como para hacer aparatos prácticos: el silicio *drogado* con erbio emite luz demasiado tenue.

Otra posibilidad es usar compuestos cristalinos de silicio emisores de luz y que asienten con comodidad sobre el silicio. Uno de ellos es el silicato de cerio: en 1999, Won Chel Choi y sus compañeros del Instituto Coreano de Ciencia y Tecnología de Seúl demostraron que este material puede crecer sobre el silicio y emite una luz azul y violeta cuando es estimulado por otro láser.

Pero una de las ideas más prometedoras es la de tallar el silicio en estructuras tan pequeñas que su comportamiento se altere por las leyes de la mecánica cuántica y así transformado de un mal emisor de luz en uno bueno.

Leig Canham, de la Agencia de Investigación de Defensa de Malvern (Reino Unido), descubrió en 1990 que el silicio tratado con un ácido fuerte se vuelve muy poroso, como una esponja. El silicio poroso está hecho de *alambres cuánticos* de sólo unos pocos nanómetros (millonésimas de milímetro) de espesor. Estos alambres brillan cuando son atravesados por una corriente.

Más aún, el color de este brillo se altera con el espesor de los alambres. Canham hizo primero silicio poroso que brillaba en rojo; luego se han hecho versiones en amarillo, verde y azul. Pero los alambres finos son muy frágiles.

En 1996, Philippe Fauchet y sus colegas de la Universidad de Rochester (Nueva York) demostraron que este método puede en realidad suministrar una *optoelectrónica integrada*. Hicieron un diodo de silicio poroso en un microprocesador que emitía luz (de un material llamado óxido de silicio rico en silicio). Estos diodos emisores de luz (LED) mejoran con rapidez, pero todavía son demasiado ineficaces a la hora de convertir la electricidad en luz para ser aparatos económicamente viables. Los diodos emisores de luz están muy bien, pero lo que la optoelectrónica necesita son láser. Canham dice: " Si se pudiera crear un láser

que fuera todo silicio revolucionaría el diseño de los superordenadores y conduciría a nuevos tipos de aparatos optoelectrónicos”.

El primer paso hacia un aparato de este tipo se anunció el pasado noviembre. Un equipo italiano encabezado por Lorenzo Pavesi, de la Universidad de Trento, consiguió extraer del silicio algo parecido a la luz láser aprovechando el truco de Canham. Pavesi hizo *motas cuánticas* (pequeños trozos de silicio de unos pocos nanómetros de ancho, cada uno con sólo 500 átomos) disparando un haz de iones hacia cuarzo, una forma natural del dióxido de silicio.

Estas motas cuánticas demostraron ser buenas emisoras de luz roja, pero fueron capaces de algo más. La luz láser surge cuando la emisión desde ciertas partes del material emisor estimula la emisión de otras partes. El grupo de Pavesi comprobó este proceso de *emisión estimulada* en su material. Cuando se enviaba a la muestra un rayo láser de *sondeo* del mismo color de la luz emitida aumentaba su brillo. Demostrar esta ganancia óptica, dice Canham, “ es un paso esencial hacia la fabricación de un láser de silicio, pero no es el final de la historia “. Hay todavía mucho trabajo por hacer antes que los *chips* de silicio empiecen a brillar con luz láser.

El pasado diciembre, unos investigadores suizos dirigidos por Ulf Gennser (Instituto Paul Scherrer de Villingen) exploraron una vía distinta haciendo un semiconductor láser a partir de múltiples capas muy finas y cuidadosamente elaboradas de silicio y germanio.

Láser cuánticos de cascada como éste se hicieron por primera vez en 1994 a partir de semiconductores emisores de luz tradicionales, como el arseniuro de indio galio. Pero todavía son demasiado ineficaces y costosos para ser elementos prácticos en la tecnología de la optoelectrónica del silicio.

El País, enero 2001