

Revista de divulgación científica y tecnológica
de la Universidad Autónoma de Nuevo León

<https://cienciauanl.uanl.mx/ojs/index.php>

El chip que quiere brillar, GaAs sobre silicio:
el camino hacia chips con luz integrada

The Chip That Wants to Shine GaAs on Silicon:
The Path Toward Light-Integrated Chips

Esteban Cruz-Hernández

<https://orcid.org/0000-0001-7004-7638>

Universidad Autónoma de San Luis Potosí,
San Luis Potosí, México

Editora: Melissa del Carmen Martínez Torres, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dirección de Investigación, Monterrey, Nuevo León, México.

Copyright: © Cruz Hernández, Esteban. This is an open-access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License [CCBY 4.0], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



DOI: <https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.538>

Recepción: 16/02/2026

Fecha aceptación: 24/06/2026

Email: esteban.cruz@uaslp.mx





El chip que quiere brillar, **GaAs** sobre silicio: el camino hacia chips con luz integrada

Esteban Cruz-Hernández*
ORCID: 0000-0001-7004-7638

El silicio es el rey de la electrónica, pero no nació para brillar. Cada vez que mandamos una foto, abrimos una videollamada o consultamos algo “en la nube”, millones de señales cruzan procesadores, memorias y servidores repartidos por el planeta, y todo ese trasiego utiliza energía: en 2024 los centros de datos del mundo consumieron cerca de 415 teravatios-hora de electricidad –alrededor del 1.5 % de toda la generada en el orbe–, una cifra que se proyecta duplicar con creces hacia 2030 (IEA, 2025). Pero lo más revelador aparece al hacer zoom hasta el interior del chip. Ahí, mover un bit de un punto a otro puede gastar más energía que la operación que se realiza con él, y traerlo desde la memoria externa genera un costo cientos de veces mayor que el cálculo en sí. En la electrónica moderna, transportar la información puede costar tanto o más que procesarla (Miller, 2017; Horowitz, 2014).

<https://doi.org/10.29105/cienciauanl.v29.139.569>

* Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México.
Contacto: esteban.cruz@uaslp.mx

Durante décadas, esas señales han viajado como corrientes eléctricas por autopistas metálicas. Funciona, pero a cada bit que se desplaza se le cobra un peaje en energía y calor, y este se vuelve prohibitivo cuando se exige más velocidad. De ahí una de las grandes apuestas de la tecnología actual: mover información con luz no solo en las fibras ópticas de larga distancia, sino dentro y entre los propios chips.

El obstáculo aparece al intentar llevar esa idea al corazón de la microelectrónica. El silicio fabrica transistores y circuitos a una escala industrial sin rival, pero no genera luz de forma eficiente. Para producir luz al interior de un chip hacen falta materiales con otra física, como el arseniuro de galio (GaAs), la estrella de los láseres, los diodos emisores y los fotodetectores. La pregunta suena sencilla y es de las más difíciles de la fotónica: ¿cómo lograr que la plataforma industrial del silicio y el talento óptico del GaAs trabajen en un solo chip, al igual que dos piezas de una misma máquina?

El objetivo de este artículo es explicar, desde una perspectiva divulgativa pero físicamente fundamentada, por qué la unión de GaAs sobre silicio representa una ruta atractiva hacia los chips con luz incorporada, qué incompatibilidades la dificultan y qué estrategias se han propuesto para acercar ambos materiales dentro de una misma arquitectura. El argumento central es que integrar no equivale a apilar: entre el GaAs y el silicio existe un conjunto de tensiones cristalinas, térmicas, químicas y electrónicas que deben resolverse antes de que el dispositivo final pueda emitir luz con la calidad que las aplicaciones exigen.

El artículo recorre ese problema en etapas. Comienza con el contexto energético y tecnológico que hace urgente la fotónica integrada; continúa con un examen de las fortalezas y limitaciones del silicio frente a las ventajas

ópticas del GaAs, y dedica su sección central a las tres incompatibilidades fundamentales entre ambos materiales: desajuste de red, expansión térmica diferencial y polaridad cristalina. A partir de ahí se presentan cuatro rutas de integración –capas de amortiguamiento, ingeniería de orientación y superficie, nanoestructuras y ensamblado híbrido– vinculadas cada una con los componentes ópticos que pueden habilitar. El artículo cierra con las aplicaciones potenciales y las conclusiones.

UN MUNDO QUE PIDE MÁS VELOCIDAD Y MENOS CALOR

La respuesta que persigue la industria es llevar la luz cada vez más cerca del chip. En las distancias largas hace décadas que confiamos en ella: la información que cruza océanos viaja a manera de pulsos de luz por fibras ópticas, no como electricidad por cables, porque la luz transporta enormes cantidades de datos con muy poca pérdida y casi sin calentarse. El reto actual es acercar esa ventaja al corazón del cómputo: entre servidores, entre tarjetas, entre procesadores e, idealmente, dentro de un mismo circuito.

Ese es el territorio de la fotónica integrada: fabricar sobre un chip los componentes capaces de generar, guiar, modular y detectar luz. En el fondo se trata de reconstruir en óptica un juego de herramientas igual que el que la electrónica ya domina, y hacen falta cuatro piezas: una fuente que produzca la luz –un láser o un diodo emisor–; guías de onda que la conduzcan por trayectorias grabadas en el propio material; moduladores que graben información sobre ella, variándola a gran velocidad y fotodetectores que la reciban y la traduzcan de vuelta a señales

eléctricas. De las cuatro, una se resiste: el silicio sabe guiar, modular y, hasta cierto punto, detectar luz; lo que no puede llevar a cabo bien es producirla. Y sin una fuente eficiente, las otras tres piezas se quedan sin nada que hacer. De ahí el interés en sumarle materiales del grupo III-V como el GaAs, que sí emiten luz de manera óptima (Liang y Bowers, 2010).

SILICIO: EL CAMPEÓN DEL COSTO, LA ESCALABILIDAD Y LA CONFIABILIDAD

El silicio hizo posible la era del microchip por una combinación casi irreplicable de virtudes. Es abundante hasta lo absurdo: se extrae de algo tan común como la arena y es el segundo elemento más frecuente de la corteza terrestre. Se purifica con un control extraordinario, grados de pureza que pocos materiales alcanzan. Forma de manera natural un óxido aislante casi perfecto –el SiO_2 –, una especie de superpoder discreto que simplificó enormemente la fabricación de transistores. Y, lo más importante, alrededor de él se construyó una infraestructura industrial colosal, capaz de generar millones de dispositivos idénticos con calidad uniforme y a costos cada vez menores. El silicio es, sin duda alguna, el componente de la producción masiva.

Pensemos en un chip optoelectrónico como un robot de dos partes. El silicio es el chasis: el cuerpo robusto que lo sostiene todo y que, lejos de ser pasivo, hace el trabajo pesado –la lógica, el cómputo, el control– a una escala que ningún otro elemento iguala. Es fiable, se fabrica en serie y se “repara” con procesos bien conocidos. Lo que le falta es la mano fina capaz de una operación muy específica: producir luz.

Y esa carencia no es un capricho de ingeniería, sino de física. El silicio es un semiconductor de banda prohibida indirecta. En la práctica, eso significa que cuando uno de sus electrones cede energía para “caer” a un nivel inferior, debe satisfacer dos condiciones a la vez –de energía y de momento– que casi nunca coinciden. La consecuencia es que esa energía tiende a escaparse en forma de calor, no de luz. El silicio puede manipular la luz que recibe, pero generarla por sí mismo le resulta antinatural. Por eso fabricar un láser hecho solo de silicio sigue siendo enormemente difícil, y por eso la búsqueda apunta hacia un material que aporte justo la función que le falta.

GaAs: EL ESPECIALISTA EN LUZ Y VELOCIDAD

Si el silicio falla justo donde se le pide luz, el arseniuro de galio brilla precisamente ahí. El GaAs pertenece a la familia de los semiconductores compuestos III-V, y su diferencia clave con el silicio está en un detalle de su estructura electrónica: tiene una banda prohibida directa. Es el reverso exacto del problema que vimos. En el GaAs, un electrón puede caer a un nivel de menor energía y entregarla como un fotón sin necesidad de que “encajen” a la vez energía y momento; la coincidencia que en el silicio es rarísima, en el GaAs es la regla. Por eso transforma electricidad en luz con gran eficiencia, lo cual lo convierte en el material natural de los láseres, los LEDs y los fotodetectores (Del Alamo, 2011).

A esa virtud óptica suma otra: en el GaAs los electrones se mueven con más soltura que en el silicio, lo que lo hace idóneo para dispositivos de muy alta frecuencia. Luz y velocidad: de ahí su fama de especialista. De hecho, el GaAs ya forma parte de la vida diaria aunque rara vez lo

notemos —está en los amplificadores de radiofrecuencia de la mayoría de los teléfonos celulares, en los láseres de los enlaces ópticos de los centros de datos y en las celdas solares de alta eficiencia de muchos satélites—.

Pero el especialista cobra caro. El GaAs no es abundante y barato como el silicio, tampoco se fabrica en obleas de gran tamaño ni con procesos tan maduros. Generar un chip entero de GaAs sería comparable a construirlo todo con piezas de relojería: exquisito y, a escala industrial, inviable. De ahí la estrategia que ha guiado al campo durante décadas: no sustituir al silicio, sino sumarle el GaAs solo donde de verdad es necesario: ¡la fuente de luz!

Esa es, en una sola imagen, la idea que ha movido a la fotónica integrada: el silicio como chasis robusto y barato que hace el trabajo pesado, y el GaAs a manera de módulo óptico de precisión montado sobre él, encargado de generar la luz (figura 1).



Figura 1. El chip optoelectrónico como un robot de dos partes: el silicio es el chasis —robusto, fabricable en serie, a cargo de la lógica, el control y el cómputo—, mientras que el GaAs es el módulo especializado que aporta la herramienta óptica: generar luz (láser/LED) para la comunicación óptica. La interfaz entre ambos simboliza el reto central: hacer convivir materiales con propiedades mecánicas, térmicas y electrónicas distintas dentro de una misma arquitectura.

POR QUÉ NO EMBONAN: TRES INCOMPATIBILIDADES DE RAÍZ

Montar el módulo de GaAs encima del chasis de silicio no es un “atornillar y listo”. El problema de fondo no es apilar un material sobre otro, sino lograr que dos cristales convivan pese a regirse por realidades internas distintas, como dos piezas fabricadas con especificaciones que nunca se pensó encajaran entre sí. La figura 2 reúne los tres choques que aparecen en esa unión: desajuste de red, expansión térmica y polaridad.

El desajuste de red: en un cristal, los átomos se ordenan formando una rejilla tridimensional regular. Para crecer bien un material sobre otro, ambas rejillas deberían tener espaciados casi idénticos. Los del silicio y el GaAs no lo son: difieren alrededor de un 4%. Suena a poco, pero a escala atómica es enorme. Significa que, más o menos cada 25 átomos, las dos rejillas dejan de coincidir por completo –parecido a dos peines de dientes ligeramente distintos que, tras un tramo corto, se desfazan–. Cuando una capa de GaAs intenta acomodarse sobre la del silicio, esa discrepancia genera tensión, y si esta se acumula, el cristal se relaja creando defectos, como dislocaciones, que degradan la emisión de luz y minan la confiabilidad del dispositivo (Li y Lau, 2017; Du *et al.*, 2022).

La expansión térmica: todos los materiales se dilatan con el calor y se contraen con el frío, pero no en igual proporción. El crecimiento de semiconductores ocurre a temperaturas altas; al enfriar la muestra, el GaAs y el silicio se contraen en medida diferente, lo que introduce esfuerzos en la interfaz, aunque las rejillas hubieran encajado a la perfección. Es el mismo principio del bimetálico de un termostato: dos láminas distintas unidas que, al variar la temperatura, se doblan porque cada una “quiere” cam-

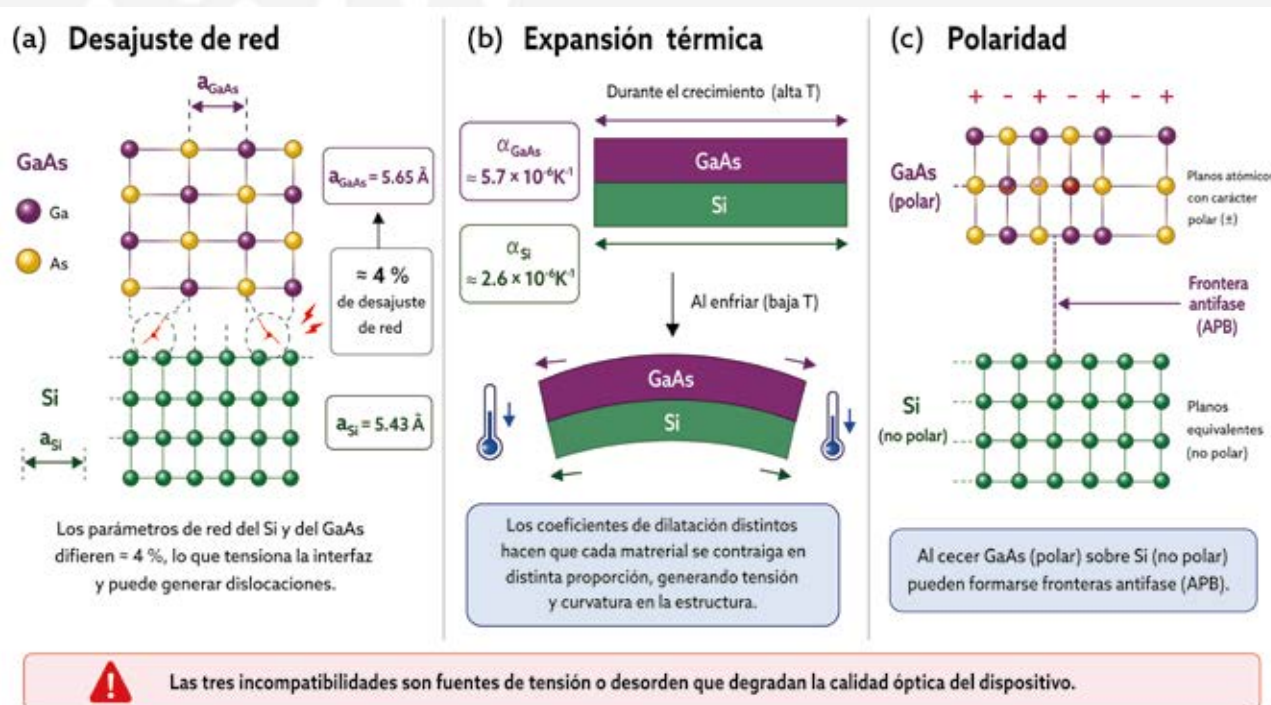


Figura 2. Las tres incompatibilidades entre GaAs y silicio. (a) Desajuste de red: los parámetros de red del Si y del GaAs (a_{Si} y a_{GaAs}) difieren alrededor de un 4%, lo que tensiona la interfaz y puede generar dislocaciones. (b) Expansión térmica: sus coeficientes de dilatación (α_{Si} y α_{GaAs}) son distintos, de modo que al enfriar tras el crecimiento cada material se contrae en distinta proporción. (c) Polaridad: al crecer GaAs (polar) sobre Si (no polar) pueden formarse fronteras antifase. Las tres son fuentes de tensión o desorden que degradan la calidad óptica del dispositivo.

biar de tamaño a su propio ritmo. En un chip, esa curvatura se traduce en grietas o en tensiones internas que se congelan en el material.

La polaridad: el GaAs está hecho de dos átomos diferentes –galio y arsénico– que no atraen a los electrones con la misma fuerza, así que la carga no se reparte de forma simétrica: el galio queda como un centro ligeramente positivo y, el arsénico, negativo. El silicio, formado por átomos todos iguales, no tiene esa alternancia: es no polar. El choque surge al crecer el GaAs, polar, encima del silicio, no polar. Conviene imaginar que el GaAs es un tablero de ajedrez en el que las divisiones deben intercalarse estrictamente galio-arsénico-galio-arsénico, colocado sobre un piso de silicio de casillas todas idénticas. Si en

alguna región el patrón arranca “con el pie cambiado”, dos zonas del tablero se encuentran fuera de fase, y en la costura aparece una frontera antifase: una línea donde la secuencia correcta se invierte. Esas fronteras actúan como defectos y estropean la emisión de luz y el transporte eléctrico. Por eso los primeros instantes del crecimiento –los primeros planos atómicos– son decisivos.

CUATRO MANERAS DE MONTAR EL MÓDULO SOBRE EL CHASIS

La integración GaAs/Si ha sido explorada por varias rutas que no compiten entre sí: cada una ataca un problema distinto. En el fondo hay dos filosofías: una insiste en hacer crecer el GaAs sobre el silicio pese a los tres choques –amortiguando la tensión, asentando bien la primera capa o encogiéndola hasta que se acomoden–; la otra renuncia al crecimiento y, sin más, monta encima del chasis un módulo óptico ya fabricado. La tabla I las resume y la figura 3 las ilustra.

Tabla I. Rutas de integración GaAs/Si y su relación con dispositivos ópticos en chip.

Ruta de integración	Analogía divulgativa	Qué problema intenta resolver	Componentes que puede habilitar u optimizar
Capas intermedias y <i>buffers</i> .	Un amortiguador entre dos rejillas rígidas.	Absorben la tensión del desajuste de red y atrapan dislocaciones antes de que lleguen a la región que emite luz.	Láseres, LEDs, fotodetectores y capas emisoras de mayor calidad cristalina.
Ingeniería de orientación y superficie.	Asentar bien la primera capa desde el primer contacto.	Controla los primeros planos atómicos, reduce defectos de interfaz y ayuda a domar la polaridad.	Plantillas más limpias para fuentes de luz, detectores y circuitos optoelectrónicos.
Nanohilos y nanoestructuras.	Piezas pequeñas que se acomodan mejor que una placa entera.	Su geometría reducida permite relajar la tensión sin generar tantos defectos como una capa plana extensa.	Nanoemisores, fotodetectores compactos, sensores ópticos y estructuras para fotónica integrada.
Integración híbrida o heterogénea.	Montar sobre el chasis de silicio un módulo óptico ya fabricado.	Evita exigir un crecimiento epitaxial perfecto sobre toda la oblea y aprovecha dispositivos III-V ya optimizados.	Láseres integrados, amplificadores ópticos, transceptores, peines de frecuencia y sistemas fotónicos para centros de datos o LiDAR.

La ruta híbrida tiene incluso fecha fundacional. En septiembre de 2006, un equipo de UCSB dirigido por John Bowers, junto con Intel, presentó el primer láser híbrido sobre silicio bombeado eléctricamente: en lugar de pelearse con el crecimiento cristalino, pegaron un emisor III-V –fosfuro de indio, primo cercano del GaAs– directamente en una guía de onda de silicio, de modo que la luz nacía en el III-V y se acoplaba al silicio. Aquella prueba de

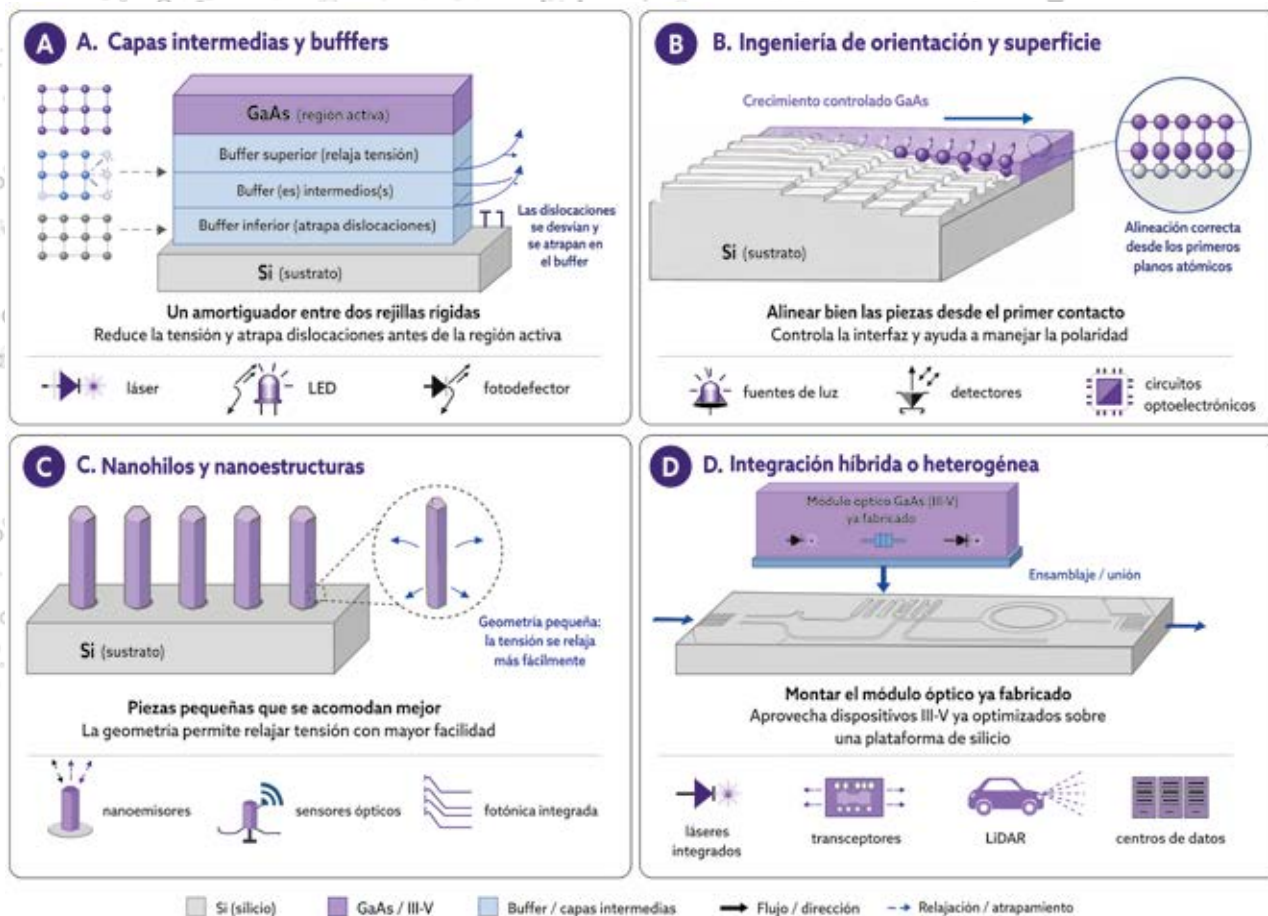


Figura 3. Rutas esquemáticas de integración GaAs/Si para dispositivos ópticos en chip. (A) Capas intermedias o buffers, que reducen la tensión y atrapan defectos; (B) ingeniería de orientación y superficie, que controla la interfaz y la polaridad; (C) nanohilos y nanoestructuras, que relajan la tensión mediante geometrías pequeñas, (D) integración híbrida o heterogénea, que monta módulos III-V ya fabricados sobre plataformas fotónicas de silicio.

concepto abrió la línea que hoy produce los dispositivos más avanzados del campo, a cambio de nuevos retos de alineación, empaquetado y manufactura (Roelkens *et al.*, 2010; Xiang *et al.*, 2022).

Más allá de la ruta elegida, todas chocan con la misma pregunta práctica: ¿cómo conseguir una región que emita luz con la calidad cristalina, la eficiencia y la confiabilidad suficientes para sobrevivir dentro de un sistema real?

¿QUÉ SE GANA SI LO LOGRAMOS?

La motivación no es solo abaratar. El silicio ya fabrica barato y a gran escala; lo que la integración con GaAs añade es desempeño: más ancho de banda, menos calor y energía por cada bit transmitido, dispositivos más pequeños y funciones ópticas nuevas dentro del propio chip. Es, en el fondo, atacar de frente el cuello de botella con que abrimos: si mover información por cobre cuesta caro en energía y calor, hacerlo con luz puede costar una fracción.

El terreno más inmediato son las comunicaciones ópticas. Una fuente de luz integrada permite construir transceptores compactos –los dispositivos que traducen señales eléctricas a ópticas y de vuelta– sobre la misma plataforma que ya realiza el cómputo. Aquí, los centros de datos son el caso estelar: enormes volúmenes de información que deben viajar entre servidores gastando la menor energía posible. En lugar de depender de láseres externos y módulos separados, la idea es acercar el láser, la guía de onda, el modulador y el detector a un mismo chip –e incluso al mismo encapsulado que el procesador–. En términos llanos: cambiar parte del tráfico eléctrico por carriles de luz, dentro y entre los chips.

El sensado es otro frente prometedor. Integrar óptica en silicio abre la puerta a la espectroscopía en chip: un laboratorio diminuto que ilumina una muestra y lee su "huella" óptica con el fin de identificarla. Las aplicaciones van de la salud –análisis de aliento o de sangre– al monitoreo ambiental, la industria química o la seguridad. Y en cómputo y tecnologías emergentes, la fotónica integrada se explora para interconexiones de baja pérdida, procesamiento óptico de señales, LiDAR miniaturizado –el "ojo" láser de los coches autónomos– y plataformas compatibles con las comunicaciones cuánticas.

CIERRE: NO BASTA CON ATORNILLAR EL MÓDULO; ES CIENCIA DE MATERIALES EN ACCIÓN

Integrar GaAs sobre silicio no es un mero reto de empaquetado. Es un problema de compatibilidad cristalina, térmica, química y electrónica a la vez: hay que convencer a dos materiales con reglas internas distintas de convivir en una misma arquitectura sin que los defectos arruinen la función óptica. Por eso no lo resuelve una sola disciplina, sino el cruce de varias –ciencia de materiales, física de semiconductores, epitaxia, nanofabricación, diseño fotónico y manufactura avanzada–.

Cada especialidad aporta una capa de comprensión distinta. La ciencia de materiales revela qué ocurre en la frontera entre ambos cristales: cómo se acumula la tensión, cómo se forman los defectos y qué condiciones favorecen una interfaz estable. La física de semiconductores explica por qué el silicio procesa información con enorme eficiencia, pero no emite luz de forma natural, mientras el GaAs sí convierte electricidad en fotones. La epitaxia desarrolla estrategias para hacer crecer capas cristalinas con

el mayor orden posible; la nanofabricación las transforma en dispositivos reales mediante patrones, contactos y estructuras de escala nanométrica. El diseño fotónico define cómo debe generarse, guiarse, modularse y detectarse la luz dentro del chip. La manufactura avanzada, finalmente, busca garantizar que todo eso no funcione solo en una muestra de laboratorio, sino en procesos reproducibles e integrables escala industrial.

La imagen del robot resume el desafío. El silicio es el chasis robusto que ya sostiene a la microelectrónica del planeta entero; el GaAs, el módulo de precisión capaz de generar luz con eficiencia. El arte completo radica en montar ese módulo sobre el chasis sin que se quiebre ni pierda su ventaja industrial. Si se consigue, los chips del futuro no solo procesarán información: también podrán comunicarla, medirla y manipularla con luz. No basta con atornillar el módulo al chasis: hay que entender, átomo por átomo, por qué se resisten a encajar.

CONCLUSIONES

El cuello de botella de las próximas décadas no será solo cuántos transistores caben en un chip, sino cómo construir arquitecturas híbridas que combinen cálculo, comunicación óptica, sensado y procesamiento de información sin desperdiciar energía ni generar calor. En ese escenario, casar electrónica y fotónica deja de ser una curiosidad de laboratorio para volverse una apuesta estratégica.

No hay una sola ruta ganadora; existe una familia de soluciones, y cada una responde a un problema distinto. Todas apuntan, sin embargo, a un horizonte semejante: chips más rápidos, eficientes y versátiles, capaces de brillar desde el corazón mismo de la tecnología de silicio.

REFERENCIAS

- Del Alamo, Jesús. (2011). Nanometre-scale electronics with III-V compound semiconductors, *Nature*, 479(7373), 317–323, <https://doi.org/10.1038/nature10677>
- Du, Yong, Xu, Buqing, Wang, Guilei, *et al.* (2022). Review of highly mismatched III-V heteroepitaxy growth on (001) silicon, *Nanomaterials*, 12(5), 741, <https://doi.org/10.3390/nano12050741>
- Fang, Alexander, Park, Hyundai, Cohen, Oded, *et al.* (2006). Electrically pumped hybrid AlGaInAs-silicon evanescent laser, *Optics Express*, 14(20), 9203–9210, <https://doi.org/10.1364/OE.14.009203>
- Gabbatiss, Josh. (2025, septiembre 15). AI: Five charts that put data-centre energy use and emissions into context, *Carbon Brief*, <https://www.carbonbrief.org/ai-five-charts-that-put-data-centre-energy-use-and-emissions-into-context/>
- Horowitz, Mark. (2014). Computing's energy problem (and what we can do about it), *2014 IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers*, 10–14. <https://doi.org/10.1109/ISSCC.2014.6757323>
- International Energy Agency. (2025). Energy and AI: World Energy Outlook Special Report, *International Energy Agency*, <https://www.iea.org/reports/energy-and-ai>
- Li, Qiang, Lau, Kei M. (2017). Epitaxial growth of highly mismatched III-V materials on (001) silicon for electronics and optoelectronics, *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, 63(4), 105–120, <https://doi.org/10.1016/j.pcrysgrow.2017.10.001>
- Liang, Di, Bowers, John. (2010). Recent progress in lasers on silicon, *Nature Photonics*, 4, 511–517, <https://doi.org/10.1038/nphoton.2010.167>
- Miller, David. (2017). Attojoule optoelectronics for low-energy information processing and communications, *Journal of Lightwave Technology*, 35(3), 346–396, <https://doi.org/10.1109/JLT.2017.2647779>
- Roelkens, Günther, Liu, Liu, Liang, Di, *et al.* (2010). III-V/silicon photonics for on-chip and intra-chip optical interconnects, *Laser & Photonics Reviews*, 4(6), 751–779, <https://doi.org/10.1002/lpor.200900033>
- Xiang, Chao, Jin, Warren, Huang, Duanni, *et al.* (2022). High-performance silicon photonics using heterogeneous integration, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 28(3), 8200515, <https://doi.org/10.1109/JSTQE.2021.3126124>

Recibido: 16/02/2026
Aceptado: 24/06/2026

Descarga aquí nuestra versión digital.



El chip que quiere brillar, GaAs sobre silicio: el camino hacia chips con luz integrada

RESUMEN

El silicio es el esqueleto de la microelectrónica moderna: abundante, económico y fabricable a escala industrial. Pero arrastra una limitación de origen: no emite luz de manera eficiente. El arseniuro de galio (GaAs), en cambio, posee una estructura electrónica que favorece la emisión óptica y permite construir láseres, diodos emisores de luz y otros dispositivos optoelectrónicos de alto desempeño. La fotónica integrada persigue un objetivo aparentemente sencillo: montar ese módulo que emite luz sobre el esqueleto de silicio, dentro de un mismo chip. La dificultad estriba en que ambos cristales se rigen por reglas internas distintas. Este artículo explica, mediante una analogía mecánica accesible y fundamentos físicos claros, por qué GaAs y silicio no embonan de forma natural –desajuste de red, diferencias de expansión térmica y polaridad del material– y revisa las principales rutas de integración (capas intermedias, ingeniería de orientación, nanoestructuras e integración híbrida) junto con los componentes ópticos que cada una habilita: láseres integrados, fotodetectores, guías de onda y transceptores. Lograr esta integración abriría la puerta a chips más rápidos y eficientes, capaces de comunicarse mediante luz, con impacto en centros de datos, comunicaciones, sensado y procesamiento de información.

Palabras clave: silicio, arseniuro de galio (GaAs), fotónica integrada, integración heterogénea, epitaxia III-V sobre silicio, láseres en silicio, optoelectrónica.

The Chip That Wants to Shine GaAs on Silicon: The Path Toward Light-Integrated Chips

ABSTRACT

Silicon is the backbone of modern microelectronics: abundant, inexpensive, and manufacturable at industrial scale. Yet it carries a built-in limitation: it does not emit light efficiently. Gallium arsenide (GaAs), by contrast, has an electronic structure that favors optical emission, enabling high-performance lasers, light-emitting diodes, and other optoelectronic devices. Integrated photonics pursues a deceptively simple goal: to mount that light-emitting module onto the silicon backbone within a single chip. The difficulty is that the two crystals obey different internal rules. Using an accessible mechanical analogy and clear physical foundations, this article explains why GaAs and silicon do not fit together naturally — lattice mismatch, thermal-expansion differences, and material polarity— and reviews the main integration routes (intermediate buffer layers, orientation engineering, nanostructures, and hybrid integration) together with the optical components each one enables: integrated lasers, photodetectors, waveguides, and transceivers. Achieving this integration would open the door to faster, more energy-efficient chips able to communicate with light, with impact on data centers, communications, sensing, and information processing.

Keywords: silicon, gallium arsenide (GaAs), integrated photonics, heterogeneous integration, III-V-on-silicon epitaxy, silicon lasers, optoelectronics.