ELEMENTOS ÓPTICOS HOLOGRÁFICOS DE ALTO RENDIMIENTO PARA GAFAS INTELIGENTES (SMART GLASSES) DE REALIDAD AUMENTADA

DADES DE CONTACTE:

Relaciones con la Empresa
Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación-OTRI
Universidad de Alicante
Tel.: +34 96 590 99 59
Email: areaempresas@ua.es
http://innoua.ua.es

RESUM

El grupo de investigación en *Holografía y Procesado Óptico (GHPO)* de la Universidad de Alicante ha desarrollado elementos ópticos holográficos de alto rendimiento para gafas inteligentes de realidad aumentada, capaces de dirigir la imagen de un miniproyector hacia el ojo del usuario manteniendo la lente transparente a la visión del entorno.

Mediante un software de diseño propio (HoloTraceX), la tecnología compensa desde la fase de diseño las principales fuentes de distorsión —el encogimiento del material, el desajuste de longitud de onda y la curvatura de la lente— e integra la graduación óptica de cada usuario en el propio holograma. Esto permite obtener imágenes nítidas y de bajo consumo sobre lentes curvas y personalizadas, y resulta compatible tanto con arquitecturas de espejo holográfico como de guía de onda.

La tecnología, protegida mediante dos solicitudes de patente y un software registrado por la Universidad de Alicante, se encuentra desarrollada a escala de laboratorio. Se buscan empresas interesadas en su desarrollo y explotación comercial.



INTRODUCCIÓ

La realidad aumentada (RA) está transformando la forma en que interactuamos con nuestro entorno: permite superponer información digital —un mapa, un dato, una imagen— sobre lo que vemos del mundo real. Las gafas inteligentes de tipo transparente (o s*ee-through*) son la puerta de entrada a esta tecnología, porque dejan ver la escena real y, al mismo tiempo, proyectan sobre ella los elementos virtuales.

Para conseguir este efecto, estas gafas utilizan unas piezas ópticas muy finas llamadas elementos ópticos holográficos. Funcionan como pequeños "puentes de luz": recogen la imagen que genera un miniproyector situado en la montura y la redirigen con precisión hacia el ojo del usuario, formando una imagen virtual superpuesta a la escena real. La lente permanece transparente al resto de la luz, de modo que el usuario sigue viendo el mundo con normalidad.

El reto aparece al llevar esta idea a un producto real. Lograr una imagen a todo color, brillante y nítida sobre una lente curva, y hacerlo con la máxima eficiencia energética, exige que el holograma aproveche la luz de forma óptima. Y es justo ahí donde aparecen tres obstáculos que, hasta ahora, ninguna solución del mercado resolvía de forma conjunta:

1. **El desajuste de color**. El holograma se "graba" en fábrica con un color de luz láser, pero luego el proyector de las gafas usa un color ligeramente distinto. Esa diferencia hace que la imagen pierda brillo y nitidez.

2. **El encogimiento del material**. Durante su fabricación, el material del holograma se contrae ligeramente al registrarse y al blanquearse, lo que deforma su estructura interna y desplaza su punto de máxima eficiencia, degradando el rendimiento.

3. **La curvatura de la lente**. Unas gafas reales no son planas: la lente es curva. Al adaptar el holograma a esa superficie curva, su comportamiento óptico se altera y aparecen distorsiones en la imagen.

Las soluciones existentes abordan estos problemas por separado y de forma parcial —corrigen uno pero descuidan los demás—, por lo que la imagen sigue perdiendo calidad y la fabricación resulta difícil de reproducir en condiciones reales de uso. Existe, por tanto, una necesidad clara y aún no resuelta: un enfoque que corrija todos estos factores a la vez, desde el propio diseño, capaz además de adaptar cada lente a la graduación visual de su usuario y de mantener una alta eficiencia energética, y que resulte fabricable de forma reproducible.

DESCRIPCIÓ TÈCNICA

El grupo de investigación en Holografía y Procesado Óptico (GHPO) de la Universidad de Alicante ha desarrollado elementos ópticos holográficos de alta eficiencia —pequeñas piezas que dirigen la luz y forman la imagen— diseñados específicamente para integrarse en gafas inteligentes (*smart glasses*). Se trata de una tecnología versátil, compatible tanto con gafas basadas en espejos holográficos como con las que emplean guías de onda (la fina lámina que conduce la luz por el interior de la lente), los dos grandes enfoques del mercado actual.

La clave está en un **software propio, HoloTraceX, registrado por la Universidad de Alicante**, que diseña y optimiza cada holograma a medida. Gracias a él, la tecnología consigue:

- **Imagen nítida y en color**: minimiza las aberraciones ópticas y cromáticas (las distorsiones que emborronan la imagen o descuadran los colores).
- **Personalización para cada usuario**: adapta el holograma a la graduación de cada persona (miopía, astigmatismo o hipermetropía) y a la curvatura concreta de su lente.
- **Bajo consumo**: al optimizar la eficiencia con que el holograma desvía la luz, reduce de forma notable la energía que necesita el dispositivo.

Fabricación e integración

Los hologramas se graban sobre fotopolímeros (materiales sensibles a la luz) y pueden laminarse directamente sobre la lente de las gafas o fabricarse por separado para adherirlos después. Una vez procesados y "blanqueados" —un tratamiento que fija el holograma y lo deja completamente transparente para que ya no reaccione con la luz—, dejan de interferir en la visión: el usuario ve la información digital superpuesta con nitidez y, al mismo tiempo, el mundo real con total claridad. La imagen procede de miniproyectores (monocromáticos o RGB) situados en la patilla o en el puente central de la montura, y el holograma la guía hacia el ojo aprovechando al máximo la luz.

Proceso de fabricación, paso a paso:

1. **Datos de partida**: se define el ángulo de entrada de la luz (según dónde se coloque el miniproyector), las longitudes de onda de trabajo, cuánto encoge el fotopolímero y la curvatura de la lente.

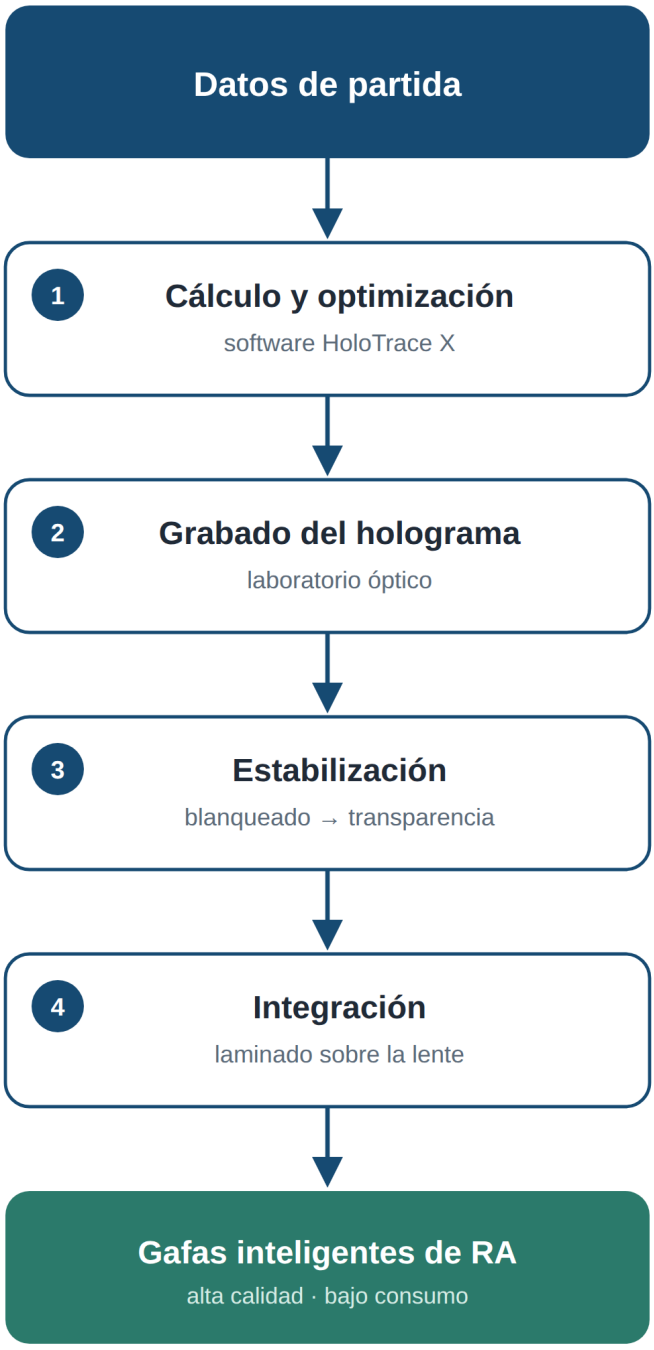
2. **Cálculo y optimización**: el software HoloTraceX procesa esos datos y calcula la geometría óptica que reduce las aberraciones y minimiza el consumo.

3. **Grabado del holograma**: se fabrica a medida en un laboratorio óptico en condiciones muy estables (mesas antivibración).

4. **Estabilización**: el blanqueado fija el registro y garantiza la máxima transparencia.

5. **Integración**: se adhiere a la lente aprovechando que el propio fotopolímero es autoadhesivo.

Proceso de fabricación e integración



El resultado son unas gafas inteligentes listas para ofrecer realidad aumentada de alta calidad y bajo consumo.

AVANTATGES I ASPECTES INNOVADORS

VENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA

La tecnología ofrece las siguientes ventajas diferenciales frente a las soluciones actuales:

- **Alta eficiencia óptica**: optimiza el rendimiento en difracción del holograma, aprovechando al máximo la luz del miniproyector para lograr una imagen más brillante.
- **Imagen nítida y estable**: corrige desde el propio diseño las distorsiones geométricas y cromáticas causadas por el desajuste de longitud de onda, el encogimiento del material y la curvatura de la lente.
- **Graduación integrada**: incorpora la corrección visual del usuario (miopía, astigmatismo o hipermetropía) en la propia lente, sin necesidad de lentes correctoras añadidas.
- **Diseño ligero y discreto**: se integra sobre lentes curvas de aspecto convencional, haciendo viables gafas de RA discretas en lugar de dispositivos voluminosos.
- **Versatilidad de integración**: válida tanto para gafas de espejo holográfico como de guía de onda, los dos grandes enfoques

del mercado.

• **Bajo consumo**: la elevada eficiencia óptica reduce la potencia que necesita el miniproyector y prolonga la autonomía de la batería.

• **Software propio de diseño (HoloTraceX)**: de titularidad de la Universidad de Alicante, optimiza cada holograma resolviendo de forma conjunta el encogimiento, el desajuste de longitud de onda y la curvatura.

• **Integración sencilla y transparente**: los hologramas se laminan directamente sobre la lente gracias al fotopolímero autoadhesivo y quedan completamente transparentes tras el blanqueado.

• **Acceso a un mercado mucho mayor**: la graduación integrada abre la RA al enorme colectivo de personas con prescripción óptica, hoy mal atendido por las gafas de RA convencionales.

• **Menor coste y tiempo de desarrollo**: al compensar las distorsiones desde el diseño, se reducen las iteraciones y los prototipos físicos, acelerando la industrialización.

• **Menor huella energética en uso**: el bajo consumo reduce la energía que demanda el dispositivo y puede permitir baterías más pequeñas, con menos materiales.

• **Inclusión y accesibilidad visual**: permite que personas con defectos refractivos usen gafas de RA sin adaptadores incómodos ni dobles gafas, incorporando una dimensión inclusiva a la tecnología.

• **Mayor confort visual**: una imagen mejor corregida, con menos aberraciones, podría reducir la fatiga visual en usos prolongados.

ASPECTOS INNOVADORES DE LA TECNOLOGÍA

Los principales aspectos innovadores de esta tecnología son la **compensación conjunta de todas las fuentes de distorsión desde la propia fase de diseño** y la **codificación de la graduación óptica del usuario dentro del holograma sobre lentes curvas**. Ambos constituyen el fundamento técnico que hace posibles las ventajas descritas y que, hasta la fecha, no se abordaba de forma integral en el estado de la técnica.

El primero reside en el método de diseño computacional (software HoloTraceX). En lugar de corregir cada defecto por separado o mediante ajustes posteriores a la fabricación —como hacen las soluciones conocidas—, el sistema calcula en un único paso la microestructura exacta que contrarresta de forma simultánea los tres efectos físicos que degradan el holograma en condiciones reales de uso: el encogimiento del material, la diferencia entre la longitud de onda de grabado y la de reconstrucción, y la deformación introducida por la curvatura de la lente. Este tratamiento unificado y anticipado de factores que tradicionalmente se consideraban de forma aislada es lo técnicamente novedoso frente a los métodos de pre-compensación parcial existentes.

El segundo consiste en incorporar la prescripción óptica individual del usuario (miopía, astigmatismo o hipermetropía) directamente en la microestructura del holograma, registrada sobre un sustrato curvo. De este modo, un mismo elemento óptico desempeña a la vez dos funciones que hasta ahora exigían soluciones independientes: combinar la imagen virtual de realidad aumentada y corregir la visión del usuario. Es precisamente esa adaptación conjunta de curvatura y graduación en el propio holograma la que no resolvían las técnicas previas, centradas en superficies planas y sin personalización refractiva.

ESTAT ACTUAL

La tecnología se encuentra desarrollada a escala de laboratorio (**TRL 4/5**).

APLICACIONS DE L'OFERTA

La tecnología está orientada a la fabricación de elementos ópticos holográficos para gafas inteligentes de realidad aumentada, con aplicación directa en:

• **Electrónica de consumo**: gafas inteligentes de RA para uso cotidiano.

• **Óptica oftálmica y eyewear**: gafas de RA con la graduación del usuario integrada en la propia lente.

• **Realidad aumentada industrial y profesional**: información superpuesta manos libres en fabricación, logística o mantenimiento.

Usos potenciales adicionales:

• **Sanidad y RA clínica**: visualización superpuesta como apoyo en cirugía o asistencia médica.

• **Automoción y transporte**: combinadores holográficos transparentes tipo head-up display (HUD).

• **Defensa y aeronáutica**: visores y cascos con visualización integrada (head-mounted displays).

• **Deportes**: los deportistas pueden visualizar datos biomédicos en sus gafas, pulsaciones, vatios, etc.

COL·LABORACIÓ BUSCADA

La Universidad de Alicante busca empresas interesadas en incorporar esta tecnología a sus productos y explotarla comercialmente. Las vías de colaboración incluyen:

- Acuerdos de licencia de la patente y del software HoloTraceX para su desarrollo industrial y comercialización.
- Colaboración en I+D para la adaptación y el desarrollo de la tecnología hasta su validación en prototipo y su integración en producto.
- Asesoramiento científico-técnico por parte del equipo investigador.

En particular, se valorarán colaboraciones con:

- Fabricantes de gafas inteligentes y dispositivos de realidad aumentada.
- Empresas del sector óptico-oftálmico y de *eyewear*.
- Fabricantes de componentes ópticos y elementos holográficos.
- Integradores de soluciones de realidad aumentada para entornos industriales y profesionales.

DRETS DE PROPIETAT INTEL·LECTUAL

Esta tecnología se encuentra protegida mediante **dos solicitudes de patente** y un **registro de software**:

- *Título de la solicitud de patente 1: "Sistema de visualización RGB en guía de onda con hologramas multiplexados".*
- *Número de solicitud 1: P202630910*
- *Fecha de solicitud 1: 23 junio 2026*

- *Título de la solicitud de patente 2: "Elemento óptico holográfico compensado para realidad aumentada en sustratos curvos".*
- *Número de solicitud 2: P202630930*
- *Fecha de solicitud 2: 26 junio 2026*

- *Nombre del Software: HoloTraceX*
- *Número de registro: RUA 162649*
- *Fecha de registro: 3 de febrero de 2026*

SECTORS D'APLICACIÓ (1)

Farmacéutica, Cosmética y Oftalmológica