

So funktionieren AR-Brillengläser – April 11, 2023

11. April 2023, 10:58 Uhr | [Heinz Arnold](#)

Error! Filename not specified. VR-Brillengläser auf Basis eines Wafers aus »Real-View«-Glas von Schott, nachdem sie aus dem Wafer mithilfe einer Laserschneide-Maschine von 3D-Micromac vom Wafer getrennt wurden. 600 AR-Gläser können so pro Stunde produziert werden.

Damit AR-Brillen funktionieren können, müssen auf ihren Gläsern Ein- und Auskoppelstrukturen, sogenannte Waveguides, strukturiert werden. Was steckt hinter dieser Technik?

Die virtuellen Bilder zu erzeugen, die schließlich dem Bild der realen Welt zu überblenden, um dem Träger der AR-Brille zusätzliche Informationen live zu liefern, ist das eine. Sie über die Brillengläser so aufzubereiten, dass der Betrachter sie wie gewünscht sieht, das andere. Dies geschieht über Nanostrukturen, die auf die Brillengläser aufgebracht oder in das Glas geätzt werden. Auf den Gläsern müssen Ein- und Auskoppelstrukturen aufgebracht werden. Das Glas selber fungiert dann als Waveguide und leitet das Bild zur jeweils nächsten Struktur. Als »Waveguide« oder »Combiner« wird üblicherweise die Gesamtkomponente »strukturiertes Glas« bezeichnet.

Ein Waveguide besteht also aus dem Glas selber und einigen Polymer-Schichten, die auf einem Glas-Wafer abgeschieden und strukturiert werden. Dann werden die Brillengläser aus dem Wafer ausgeschnitten – je größer der Wafer, umso mehr Waveguides können parallel gefertigt werden. So sehen die Waveguides aus: In ein kleines rechteckiges Feld in der Nähe des Brillenbügels wird das Licht des virtuellen Bildes eingekoppelt. Lichtwellenleiter sorgen über interne Reflexionen dafür, dass das Licht auf ein großes rechteckiges Feld in der Mitte des Brillenglases aufgefächert wird. Dieses Feld lenkt das virtuelle Bild schließlich ins Auge des Betrachters. Sie bringen die virtuelle und die reale Welt zusammen, die Waveguides bestimmen schlussendlich oft das gesamte Produkt.

Die Display- und LSB-Hersteller (Laser-Beam-Scanner) müssen genau verstehen, welche unterschiedlichen Typen von Waveguides es gibt und wie sie sich verhalten, um ihre Techniken wiederum optimal darauf anpassen zu können. So haben sowohl OQmented als auch TriLite ihre LBS-Module so ausgelegt, dass sich der Laserstrahl direkt in die Waveguides einkoppeln lässt – ohne eine zusätzliche Optik, die dazwischengeschaltet werden muss. Das führt zu weiter reduziertem Platzbedarf, sodass die Projektionsmodule in den Bügeln der VR-Brillen noch unauffälliger untergebracht werden können, zusätzliche Komponenten entfallen, die Systeme vereinfachen sich und die Systemkosten sinken.

Grundsätzlich lassen sich drei Waveguide-Typen unterscheiden: diffraktive, reflektive und holografische Waveguides. Derzeit befinden sich die reflektiven Typen genauso wie die holografischen noch in der Entwicklung. Die diffraktiven Typen beruhen auf der Lichtbeugung, wozu die entsprechenden Gitter auf den Brillengläsern strukturiert werden müssen.

»Derzeit sind die diffraktiven Typen der heißeste Kandidat, um kostengünstige Waveguides zu realisieren«, sagt Ulrich Hofmann, CEO von OQmented. Einer ihrer großen Vorteile: Die sogenannte Eyebox ist groß. Das bedeutet, dass die Augen bewegt werden können, ohne dass das virtuelle Bild verloren geht. »Außerdem sind sie für die Massenfertigung geeignet, das Ökosystem dafür ist vorhanden. Das ist zwar nicht ganz billig, aber die Kosten sind akzeptabel«, so Hofmann. Außerdem weist er auf einen weiteren Vorteil hin: Diese AR-Brillen sind auch für die Mitmenschen transparent, sie können also die Augen derjenigen, die die Brille tragen, gut sehen. Dieser Augenkontakt wiederum ist für die Kommunikation der Menschen untereinander und damit für die Akzeptanz der Technik insgesamt sehr wichtig.

Zu den Nachteilen der diffraktiven Technik zählt ihre geringe Effizienz: Nur ein kleiner Teil des Lichts gelangt zum Auge, das meiste geht auf dem Weg verloren. Dieses Problem haben die reflektiven Waveguides nicht. Sie sind aus halbdurchlässigen Spiegeln aufgebaut, und das führt zu einer weit höheren Effizienz; auch die Farbechtheit ist besser als bei den diffraktiven Typen. Allerdings ist ihre Produktion auch deutlich komplexer und damit teuer.



Vijay Ramya Kolli, Süss MicroTec: »Die verschiedenen Projektionstechniken und die verschiedenen Waveguide-Typen für AR-Brillen haben jeweils ihre bestimmten Vor- und Nachteile. Bisher suchen alle Beteiligten nach der optimalen Kombination.«



Andrea Kneidinger, EVG: »Es kommt darauf an, mit den Herstellern der Resists, mit den Herstellern von Glassubstraten sowie den Anwendern, die die Waveguides schlussendlich fertigen wollen, in enger Kooperation zusammenzuarbeiten.«

Die holografischen Combiner stehen in direktem Wettbewerb zu den diffraktiven Waveguides. Hier wird eine Folie belichtet, die das Gitter in das Volumen projiziert. Die Folien sind viel einfacher herzustellen, versprechen also die kostengünstige Massenproduktion und bieten außerdem eine hohe Effizienz und volle Transparenz. Die Mitmenschen können also die Augen der Benutzer ungestört sehen. Nachteile sind eine sehr kleine Eyebow und ein teilweise kleines Field of View sowie geringere Farbhomogenität und eine Auflösungsreduktion. Doch diese Probleme können voraussichtlich gelöst werden.

Denn noch stehen die holografischen Combiner noch ganz am Anfang ihrer Entwicklung. »Derzeit besteht kein Ökosystem rund um diese Technik, wie es etwa bei der diffraktiven, auf Imprint setzenden Technik heute bereits der Fall ist«, sagt Dr. Karl Bitzer, Geschäftsführer von Delo. Auch Ulrich Hofmann

von OQmented ist dieser Ansicht: »Die holografischen Combiner sind sehr vielversprechend – allerdings für die Zukunft«; auf absehbare Zeit liegen wie gesagt die diffraktiven Typen vorne.

Doch wie werden die Waveguides auf den Brillen hergestellt? Diese Gitter bestehen aus komplexen Strukturen mit vorgegebenen Neigungswinkeln, Höhen und Vertiefungen, die herzustellen die herkömmliche optische Lithografiegeräte überfordert. Sie werden gefertigt, indem bestimmte Polymere über Spincoating oder im Inkjet-Verfahren aufgebracht werden. Die Strukturen werden dann zumeist mithilfe von Nanoimprint-Verfahren in das Resist eingebracht. Wie die Nanostrukturen genau aussehen müssen, damit ein schönes Bild beim Betrachter ankommt, ist wiederum eine Wissenschaft für sich.

Ein Unternehmen, das sich damit beschäftigt, wie die Strukturen von diffraktiven Waveguides aussehen müssen, ist die finnische Dispelix. Sie hat die Software entwickelt, mit deren Hilfe der Aufbau der Strukturen berechnet wird. Dabei arbeitet Dispelix eng mit Partnern zusammen, beispielsweise Applied Materials, die die Waveguides herstellen, und liefert ihnen auch die Messtechnologien, die an der Fertigungslinie erforderlich sind. Dabei arbeitet Dispelix mit allen gängigen Technologien für die Bilderzeugung, egal ob sie auf Basis von OLEDs, LCoS oder LBS arbeiten.

Dass das Unternehmen die LBS-Technik für vielversprechend hält, zeigt schon, dass das Unternehmen zu den Gründungsmitgliedern der LaSAR-Alliance (Laser Scanning for Augmented Reality) gehört. Außerdem ist Dispelix im Oktober 2022 mit ColorChip und mit Maradin, Hersteller von MEMS-Spiegeln und deren Steuerungselektronik, eine Partnerschaft eingegangen, ebenfalls mit dem Ziel, Consumer-AR-Brillen auf Basis von LBS-Modulen zu realisieren, in die die Technik der drei Partner einfließt.

Ein Unternehmen, das Materialien für die Fertigung von Waveguides liefert, ist der in Windach bei Landsberg/Lech ansässige Spezialchemie-Hersteller Delo. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung von Klebstoffen spezialisiert, die unter anderem in weiten Teilen der Elektronik zum Einsatz kommen. Diese Materialien lassen sich aber auch dazu nutzen, Waveguides für AR, VR- und MR-Brillen zu fertigen – ein Gebiet, dem Delo große Zukunftschancen einräumt.

Das gilt für jeden Waveguide-Typ, unabhängig davon, ob es sich um diffraktive, reflektive oder holografische handelt. »Dem Polymer ist es grundsätzlich egal, um welchen Waveguide-Typ es sich handelt. Unsere Klebstoffe sind – selbstverständlich abgestimmt auf die jeweiligen Anforderungen – immer dabei«, sagt Dr. Karl Bitzer. »Zudem liefern wir die Materialien, die zum Schluss für die Integration der Waveguides in die Brille verwendet werden.«

Damit dürfte Delo nach seiner Einschätzung die Firma sein, die die breiteste Palette an Materialien für den Einsatz in AR-Brillen bietet, von den Kameras über die Lautsprecher und Sensoren bis zu den Projektionssystemen: »Da können wir die vielen Jahre Erfahrung einbringen, die wir auf dem Gebiet der Smartphones gesammelt haben, für deren Komponenten wir ebenfalls Klebstoffe, Vergussmassen oder optische Materialien entwickeln und liefern.

Die Hersteller kooperieren eng miteinander

Die Hersteller der Materialien wiederum kooperieren eng mit den Herstellern der Maschinen, die erforderlich sind, um die Waveguides zu strukturieren. Zu den Unternehmen, die Maschinen entwickeln, die für die Fertigung von Waveguides geeignet sind, gehören die österreichische EV Group sowie [Süss MicroTec](#) in Garching bei München. Dr. Vijay Ramya Kolli, Program Manager Imprint Technologies von Süss MicroTec, sieht das Surface-Relief-Grating (SRG) als vielversprechend an, nicht nur für die Strukturierung von Waveguides, sondern auch von weiteren diffraktiven optischen Elementen, von denen es in einer AR-Brille mindestens zwölf gibt.

SRGs bestehen aus Vertiefungen und Erhebungen im Bereich von Nanometern. Mit diesen Nanostrukturen werden die Polymere versehen, die zuvor auf Glaswafern abgeschieden wurden. Auf diesen Glaswafern mit einem Durchmesser bis 300 mm entstehen die Brillengläser. Die einfachste

Methode, die Polymere aufzubringen, ist das Spin-Coating. Die komplexe optische Struktur von Waveguides erfordert es allerdings, dass die Polymere in verschiedenen Bereichen in unterschiedlicher Dicke aufgebracht werden müssen.

Deshalb ist es oft vorteilhafter, die Polymere über Ink-Jet-Prozesse selektiv aufzubringen. So kann die Polymerschicht exakt die richtige Dicke über der gesamten Fläche eines Wafers einhalten. Das ist wichtig, weil Abweichungen in der Schichtdicke zu optischen Verlusten führen, die so gering wie möglich sein sollten, um ein helles Bild und ein weites Sichtfeld zu ermöglichen. »Daher werden wir künftig sowohl die Ink-Jet-Technik als auch die Nanoimprint-Lithografie auf einer Plattform kombinieren«, sagt Vijay Ramya Kolli. »Das ist einzigartig.«

Süss MicroTec bietet beispielsweise den Tintenstrahldrucker LP50 im Desktop-Format an, der speziell für Forschung und Entwicklung von Tintenstrahlprozessen konzipiert wurde. »Sehr viele Unternehmen, die in die Fertigung von Waveguides und anderen diffraktiven optischen Elementen einsteigen wollen, entwickeln Prozesse mithilfe dieses Desktop-Tintenstrahldruckers«, sagt Kolli. »Für die Ink-Jet- wie für die Nanoimprint-Technik gilt: Wer die Prozesse entwickelt hat und in die Stückzahlfertigung einsteigen will, kann ohne Schwierigkeiten auf unsere Hochvolumen-Maschinen wechseln, weil sie modular und skalierbar sind.«

Dabei kommt es darauf an, sehr eng sowohl mit den Herstellern der Polymere und Glassubstrate als auch mit den Kunden zusammenzuarbeiten, die die Waveguides fertigen. Denn die Maschinen, die Materialien und die Prozesse müssen genau auf die Waveguide-Typen und die Projektionstechniken zugeschnitten sein, die die jeweiligen Kunden einsetzen wollen. »Wir sehen uns hier nicht mehr einfach als Lieferant von Maschinen für die Fertigung, wir stellen das gesamte Ökosystem für die jeweiligen Produktionsumgebungen zur Verfügung«, erklärt Kolli.

Ganz vorne auf diesem Weg sieht Andrea Kneidinger die [EV Group](#) (EVG), deren Business Development Manager sie ist, mit der »Nanoimprint Lithography« (NIL): »Schon 2014 haben wir das »NIL Photonics Competence Center« ins Leben gerufen. Auf über 1300 m² können EVG und die Kunden hier mit den NIL-Maschinen, speziellen Metrology-Tools, Materialien, Substraten die entsprechenden Prozesse auf Wunsch der Kunden aufsetzen, optimieren und bis Hochvolumen hochskalieren. Somit erhält der Kunde einen auf Serienfertigung optimierten Prozess Hand in Hand mit dem Equipment, womit EVG eine einzigartige, schnelle und auf den Kunden und die Applikation abgestimmte Produktionsumgebung liefert.«

Auch Kneidinger ist der Meinung, dass es darauf ankommt, mit den Herstellern der Resists – beispielsweise Delo und Inkron –, mit den Herstellern von Glassubstraten wie Schott und Corning sowie den Anwendern, die die Waveguides schlussendlich fertigen wollen, in enger Kooperation zusammenzuarbeiten, »das NIL Photonics Competence Center ist dabei Gold wert«. In einer solchen Kooperation hat EVG einen Prozess zusammen mit der damaligen Startup-Firma WaveOptics sowie Schott und Inkron entwickelt. Im Fokus der Entwicklung standen Gratings für die AR-Gläser. Im Mai 2021 hatte Snap WaveOptics für 500 Mio. Dollar übernommen. »Von einem Startup zum großen Unternehmen – das ist eine herausragende NIL-Success-Story für uns«, freut sich Kneidinger.

Wie Vijay Ramya Kolli sieht auch Andrea Kneidinger Coating und die Nanoimprint-Lithografie als die wesentlichen Prozesstechniken an, die für die Strukturierung von Waveguides herangezogen werden müssen. Das Hochvolumen-Tool »Hercules NIL« sei dazu sehr flexibel einsetzbar, weil es sich um ein modulares System handelt, das Wafergrößen bis 300 mm und sogar Panels verarbeiten kann.

Als besonders interessant für die Zukunft sieht sie Metalinsen, weil sich damit die optischen Elemente und Module weiter miniaturisieren lassen. Hier ist NIL die perfekte Technologie zur Herstellung der Metalinsen; selbst komplexe Strukturen kombiniert mit hoher Auflösung lassen sich mittels NIL in einem einzigen Schritt herstellen. Dasselbe gilt für die microLEDs in den AR-Brillen, sodass diese künftig noch platzsparender und leichter aufgebaut werden können.

Eine bestimmte optimale Projektionstechnik oder ein bestimmter Waveguide-Typ für AR-Brillen hat sich nach der Beobachtung von Andrea Keidinger und Vijay Ramya Kolli bisher noch nicht herauskristallisiert: »Jede Technik hat ihre Vor- und Nachteile, bisher suchen alle nach der optimalen Kombination«, so Kolli. Das Schöne für Süss MicroTec: Unabhängig davon, welche Prozesse und Techniken sich durchsetzen werden, das Unternehmen könne mit den eigenen Maschinen und den darauf basierenden Ökosystemen immer dabei sein.

So sieht es auch Andrea Kneidinger: »Unsere Techniken für die Strukturierung der Waveguides werden unabhängig davon benötigt, welche Projektionstechniken und Waveguide-Designs gewählt werden. Die NIL-Technologie und unsere Anlagen sind flexibel und werden je nach Kundenwunsch angepasst, quasi kein Equipment aus dem Katalog. Es kommt darauf an, dass wir mit den beteiligten Material- und Substrat-Herstellern die Maschinen und Prozesse auf die jeweiligen Anforderungen der Kunden zuschneiden, was wir in unserem NIL Photonics Competence Center tun. Wir sehen uns als technologischer Enabler. Die Form der Zusammenarbeit wählt der Kunde und wir können von Demos bis hin zu Co-Entwicklung mit den Kunden in gemeinsamen Entwicklungslaboren bei EVG jede Form der Zusammenarbeit realisieren. Wir sind hier ein Inkubator für neue, innovative Lösungen. Im Vordergrund steht jedoch immer die Entwicklung und Umsetzung der Prozesse bis hin zu Hochvolumentauglichkeit. Die eigentliche Volumenfertigung findet dann beim Kunden statt.«

<https://www.elektroniknet.de/optoelektronik/so-funktionieren-ar-brillenglaeser.203331.html>