

Hace 25 años, el álbum “The Visitors” fue el primer CD del mundo fabricado con Makrolon



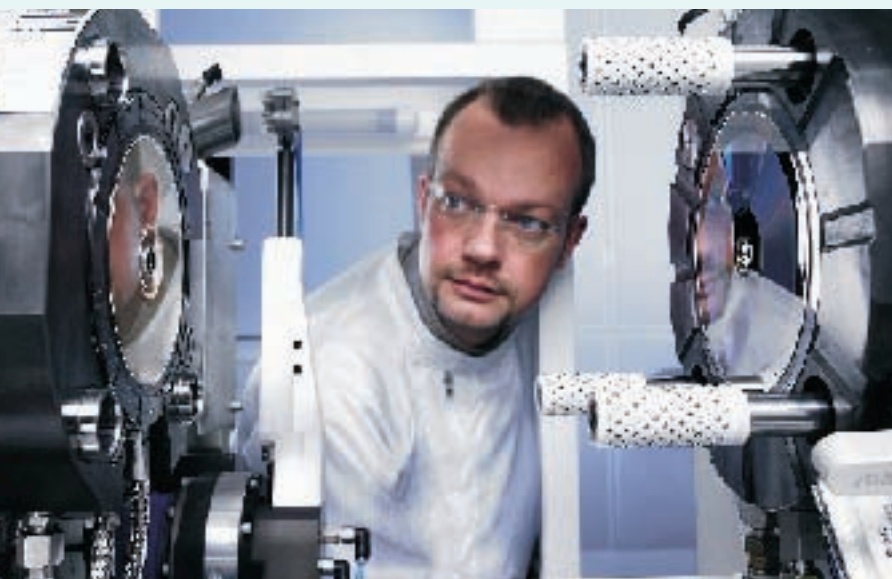
Todo empezó con ABBA

El futuro está en la holografía

Es pequeño y redondo y ofrece un sonido nítido y cristalino sin ruidos de fondo. Hace 25 años desencadenó una revolución acústica. En 1982 salió al mercado el álbum de ABBA “The Visitors”, el primer CD de música pop fabricado con el material de alta tecnología de Bayer Makrolon. Aquel disco compacto reproducía las canciones del famoso grupo sueco con una calidad de sonido nunca vista hasta entonces, y cambió de modo radical e irreversible la industria discográfica internacional y las costumbres de audición del público. Para siempre. No sólo eso, sino que supuso el comienzo de la brillante carrera del almacenamiento óptico de datos en todo el mundo.



Había empezado la era del disco compacto: en los años siguientes, los brillantes CD fueron desplazando poco a poco a las tecnologías de grabación analógicas: el disco de vinilo y las cintas magnéticas. En 1996 le siguió el DVD. Actualmente ya están en los comercios los primeros discos HD-DVD y Blu-ray, con una capacidad hasta 80 veces superior a la de un CD, que permiten disfrutar en los televisores panorámicos domésticos de unas imágenes con una nitidez y calidad nunca vistas. Las constantes mejoras en los materiales y las tecnologías permiten almacenar cada vez más datos. El futuro es el almacenamiento holográfico, con un volumen de datos de varios cientos de *gigabytes*. Y, ahora como antes, los materiales de Bayer MaterialScience están a la vanguardia.



Philips y Bayer revolucionaron el almacenamiento de datos



El CD de audio: punta de lanza para el almacenamiento óptico de datos

Desde hace un cuarto de siglo, el material de base en el que se almacena la información en los CD y dispositivos análogos es el plástico de alta tecnología Makrolon de Bayer. Junto con Philips y PolyGram, la empresa desarrolló en Europa la tecnología para el *Compact Disc* (disco compacto) o CD a comienzos de la década de 1980. La producción de estos discos de color plateado se basaba en un tipo de policarbonato especialmente desarrollado, que sigue utilizándose hasta ahora, con numerosas modificaciones, como material para numerosos soportes de datos ópticos. “Todavía recuerdo cuando la gente de Philips acudió a nosotros con un disco metálico brillante y anunció: ‘Muy pronto almacenaremos música aquí’.

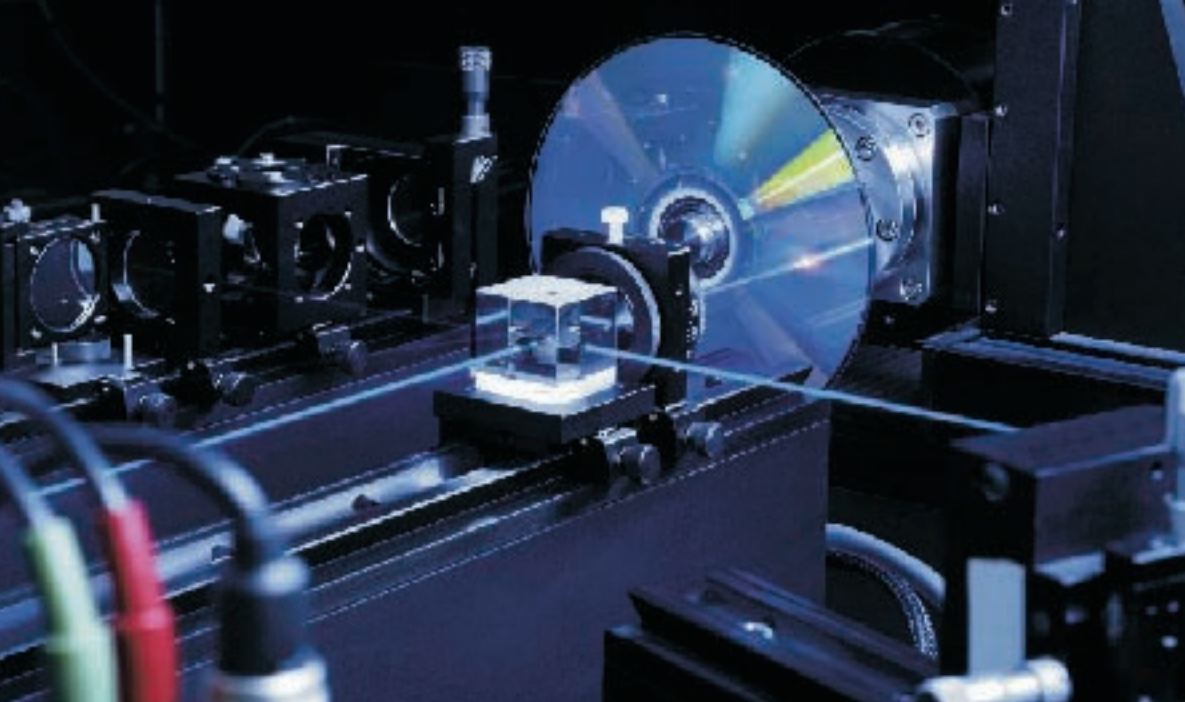
Comprendimos rápidamente que estábamos colaborando en una tecnología absolutamente novedosa, pero no podíamos imaginar hasta qué punto cambiaría el mundo aquel pequeño disco”, recuerda el Dr. Hartmut Löwer, que hoy es jefe de Innovaciones Internacionales en la unidad de negocio Policarbonatos (PCS) de Bayer MaterialScience.

Los investigadores de Bayer denominaron a su plástico Makrolon y lograron modificarlo para adaptarlo a los procesos de producción específicos de la industria discográfica. El objetivo era lograr la máxima calidad óptica y transparencia del material de soporte para que el láser pudiera leer sin errores el código digital del CD. Entre los pioneros del primer momento figuraba el Dr. Dieter Freitag, ex director del área centralizada de investigación de materiales del Grupo Bayer, que ya había desarrollado policarbonatos con unas extraordinarias propiedades de fluidez. Esto es decisivo para la producción de CD,

ya que el plástico debe distribuirse de modo rápido y uniforme en el molde de prensado. “Sin embargo, no era consciente de que con nuestro producto podríamos descomponer una sinfonía de Beethoven en 4,000 millones de minúsculas depresiones y prensarla sobre un disco de doce centímetros de diámetro”. Hoy sabe que, con Makrolon, Bayer MaterialScience aportó a la industria un material a medida que cumplía y sigue cumpliendo las más elevadas exigencias en cuanto a capacidad de almacenamiento, legibilidad de datos y resistencia. El Dr. Freitag lo resume así: “La fábrica de Bayer en Krefeld-Uerdingen fue la cuna de la producción masiva de discos CD. Y nosotros fuimos las comadronas de aquella criatura digital”.

Herbert von Karajan marca la pauta

¿Llevan música por las dos caras? Esta es una de las exclamaciones de sorpresa de los hijos cuando el padre saca el tocadiscos en un ataque de nostalgia y coloca un disco de vinilo, una auténtica pieza de museo en la actualidad. Pero antes de que el cristalino Makrolon pudiera sustituir al negro vinilo e iniciar así la revolución de la música digital, los “grandes” tuvieron que ponerse de acuerdo en normas comunes para el CD. ¿Qué duración – es decir, qué capacidad de almacenamiento – y qué diámetro debía tener el nuevo dispositivo? Se equivocan si piensan que esta era una pregunta exclusivamente técnica. Con una gran visión de futuro, el director estrella y genio de la música clásica Herbert von Karajan se dio cuenta enseguida de las posibilidades digitales del disco compacto, en el que vio la posibilidad de conservar su obra vital para la posteridad. ➔



De modo que fue él quien marcó la pauta en el nuevo soporte de audio. El criterio era que su pieza favorita, la Novena Sinfonía de Beethoven, tenía que caber en un único disco. Había hablado el maestro. Michael Lang, director gerente de Deutsche Grammophon, afirma al respecto: “En este ejemplo puede verse cómo la música clásica influyó en el nacimiento del CD. Naturalmente, también la música se benefició enormemente del CD, con su sonido brillante y su facilidad de conservación y manejo, sin los arañazos y alabeos de los discos de vinilo. Pero puede que uno de los alicientes para el maestro Karajan fuera también el no tener que levantarse cada 15 minutos para dar la vuelta al disco”.

Según otras fuentes, fue la mujer de Akio Morita – el entonces presidente de Sony – quien determinó la capacidad de almacenamiento. Sea como fuere, el CD tiene un diámetro de 12 centímetros y ofrece capacidad para 74 minutos de música. Los holandeses de Philips se impusieron en cuanto al tamaño del orificio circular central: sus 15 milímetros de diámetro, que se han mantenido hasta la actualidad, se basan en la que entonces era la moneda más pequeña del mundo, la pieza de diez céntimos holandesa.

Evolución vertiginosa

La brillante calidad de sonido y las magníficas cualidades de conservación del nuevo CD de audio marcaron un cambio de paradigma en la tecnología de reproducción musical. Desde el primer día de su comercialización, el disco plateado experimentó una verdadera explosión. Y es que la digitalización del sonido garantizaba un placer acústico perfecto sin salir de casa. En la actualidad se consumen en todo el mundo más de 900,000 toneladas de policarbonato para la fabricación de soportes de datos ópticos. El Dr. Löwer explica: “Estos grandes volúmenes, junto con el constante aumento de la densidad de información, precisan tiempos de producción más cortos que plantean exigencias cada vez mayores al material. Si en 1982 hacían falta 27 segundos para producir un CD, en la actualidad bastan menos de tres segundos”.

Registro de datos: cada vez más denso, cada vez más rápido

A lo largo de estos 25 años, el almacenamiento óptico de datos ha experimentado un avance continuo. Para ello, Bayer MaterialScience también ha colaborado con Sony. El primer CD-ROM salió al mercado en 1992, con una capacidad de almacenamiento superior a la de 450 disquetes. Desde ese momento pasó a existir la posibilidad de almacenar sin problema bases de datos científicas u obras de referencia completas y acceder a las mismas tantas veces como se quisiera. Sólo dos años después, los usuarios de computadoras ya podían grabar y archivar en casa sus documentos con ayuda de discos grabables (CD/R, *recordable*) o regrabables (CD/RW, *rewritable*).

El DVD (*Digital Versatile Disc*, “disco digital versátil”), un soporte de datos óptico con una capacidad de almacenamiento muy superior al de un CD (4,7 *gigabytes*), fue el siguiente paso lógico. Catorce años después del lanzamiento del CD, el DVD conquistó los hogares en 1996, seguido al poco tiempo –como en el caso del CD– por sus versiones grabables.

En la actualidad, el uso de láser de luz azul, con una longitud de onda más corta que la luz roja, permite aumentar aún más la densidad de información de los discos. Esta nueva tecnología láser se utiliza en los discos HD-DVD y Blu-ray, con capacidades de almacenamiento que van desde 15 hasta más de 100 *gigabytes*. Sólo con estos discos es posible almacenar todos los datos necesarios para la televisión de alta definición.

Pero los investigadores de Bayer MaterialScience ya están trabajando con socios como la estadounidense InPhase Technologies en los llamados soportes holográficos (socio de producción: Maxell), que continuarán la revolución iniciada por el disco digital. El nuevo disco, denominado *Tapestry*, tiene una capacidad de 300 *gigabytes* y se encuentra actualmente en fase de pruebas. A diferencia de un CD o DVD convencionales, los datos ya no se graban y leen bit a bit, sino en forma de hologramas que corresponden a bloques enteros de datos. Esto permite multiplicar varias veces la velocidad de los procesos de lectura y escritura. ⊕

El polifacético Makrolon

Gracias a sus otras cualidades y a las modificaciones en su formulación, Makrolon posee una cuota de mercado mundial del 30% y es uno de los productos de mayor venta del Grupo Bayer. Desde el comienzo de la producción en 1982 hasta el año 2006 se han fabricado con este plástico más de 90,000 millones de soportes de datos ópticos. En la actualidad, casi todo se graba en discos CD o análogos, ya sea música, fotos, vídeos, juegos o programas informáticos.

Pero eso no es todo: el versátil material no sólo hace furor como soporte de datos, sino también en los sectores de la electrónica y la construcción, en la industria automovilística, en los sectores de deporte y ocio o en la tecnología médica, gracias a muchos resultados obtenidos durante el uso de *Makrolon* en la fabricación de CD que posteriormente han podido utilizarse en otras aplicaciones. "El ejemplo del CD muestra que la colaboración entre los socios adecuados permite no sólo pequeños avances, sino también grandes revoluciones. Philips sustituyó la tecnología analógica por la digital, y Bayer el vinilo por Makrolon. Esto permitió hacer realidad una visión. Y seguimos trabajando duro en otras pequeñas revoluciones", asegura el Dr. Löwer.



El mundo es un disco



1982: CD - Audio
 Bayer ha contribuido de manera única con los productos PH Plus y AudioStar, a la evolución de los discos de alta tecnología hacia el disco compacto. La producción del pequeño disco de 12 cm de diámetro y 74 minutos de capacidad de almacenamiento que revolucionó el mundo de la música, sirvió como material para muchos deportes de cables ópticos. La columna vertebral de sonido y la capacidad de almacenamiento de datos de 650 MB.
Capacidad: 650 MB



1996: DVD
 El mundo se convirtió de nuevo en un disco compacto con los discos DVD (Digital Versatile Disc). El soporte de datos óptico no sólo tiene una memoria mucho más grande que el CD - Audio, sino también la capacidad de almacenar imágenes y películas.
Capacidad: 4.7 gigabytes



2002: HD-DVD y Disco Blu-ray
 Los gigantes de la tecnología de los discos HD-DVD y Blu-ray abren nuevos horizontes. Esto es posible gracias al mejoramiento del color de los discos para alcanzar 48 bits por píxel de resolución de color y 100 gigabytes de almacenamiento de datos. El Blu-ray (BD) y el HD-DVD ofrecen imágenes más claras.
Capacidad: desde 15 hasta más de 100 gigabytes



“¡Mira! Es el disco de larga duración del mañana”

Se trata del “súper-disco” y el “*shrinking disc*”, algunos ya lo festejan como el “sistema del futuro”, las voces de los medios cambian bruscamente cuando a principios de los años ochenta llega al mercado el primer CD de audio. El pequeño objeto plateado es de plástico, doce centímetros de diámetro, liso como un espejo, revestido por un lado con una capa metálica, por el otro chispea con todos los colores del espectro. La “música del platillo” no sólo maravilla al mundo especializado. “Se acabó el surco, láser se llama el nuevo rumbo de los discos”, decía un encabezado en el periódico. Pero muchos no lo imaginaron: con el *Compact Disc* se inicia una era de nuevos medios de almacenamiento digital. ¿Cómo era entonces cuando Philips y Sony presentaron al público los primeros CDs? ¿Qué revolución técnica había detrás?

El Dr. Dieter Freitag, ex director de Investigación Central de Materiales de Bayer y el Dr. Hartmut Löwer, director de Global Innovations dentro del campo comercial de policarbonatos en Bayer MaterialScience, son hombres de primera hora. Los dos químicos tienen el objetivo, uno en la investigación, el otro en la técnica de aplicación, de hacer utilizable el Makrolon como material portador para el disco compacto. Su trabajo colocó la primera piedra para la historia exitosa única de “una obra maestra de la tecnología”.



Dr. Löwer, en una presentación del *Compact Disc* en Salzburgo, el fundador de Sony, Akio Morita, recomendó a los presentes tirar todos sus discos de acetato. ¿Siguió usted su consejo y arrojó sus discos vinílicos al basurero?

Dr. Hartmut Löwer: No, el CD no sustituyó tan rápidamente al LP. Eso pasó después. Pero la diferencia entre un tocadiscos antiguo y el primer CD-player sí fue magnífica. Todavía me acuerdo: si se tenía uno junto al otro y se alternaba entre dos piezas musicales, estaba claro: el CD de audio es un avance hacia una dimensión totalmente nueva del disfrute de la música.

Junto con Philips y PolyGram, Bayer anunció con campañas a principios de los ochentas la era del *Compact Disc*. ¿Estaba usted consciente de que se trataba de una pequeña revolución?

Dr. Hartmut Löwer: Todo el que se ocupaba en ese entonces del tema sabía que el CD de audio era una piedra miliar en la reproducción de música. Para mí fue particularmente interesante, pues como químico joven recién graduado venía directamente de la escuela superior. Tuve la suerte de poder cuidar de una nueva clase de material que venía de la investigación central de plásticos. Eran policarbonatos con una nueva modificación de grupos terminales que tenían el objetivo de garantizar una mejor fluidez manteniendo a su vez las propiedades mecánicas. En ese tiempo vino a verme un asesor de Philips y me trajo un disco plateado: “¡Mira! Es el disco de larga duración del mañana”. Sony y Philips ya habían desarrollado la tecnología para digitalizar la música. Sólo faltaba un material portador adecuado. Rápidamente quedó claro: nuestro policarbonato, un tipo de Makrolon, era el candidato adecuado. Dieter Freitag lo tenía ya casi en el cajón, desarrollado para fines totalmente distintos. Y con ésto se acordaba la colaboración.





Dr. Freitag, ¿Estaba usted tan adelantado a su tiempo?

Dr. Dieter Freitag: Cuando me ocupé de este tipo especial de Makrolon buscaba sobre todo que el material se pudiera desmoldar mejor en su procesamiento, es decir, que se desprendiera bien del molde de inyección. En ello descubrí en el laboratorio que también fluye a mayor velocidad que el Makrolon original. Este efecto secundario positivo es de relevancia decisiva para la producción de CDs, pues, entre otras cosas, reduce la doble refracción de la luz y, con ello, mejora la lectura de datos del rayo láser. Pero de ello no tenía idea en ese momento. No sabía ni siquiera lo que era un CD o para qué se podía utilizar. Nunca soñé con que una sinfonía de Beethoven se podía dividir en cuatro mil millones de perforaciones y almacenar en un disco de doce centímetros de diámetro. Ni hablar de la brillante calidad de sonido.

Es decir, ¿Hay que agradecerle a Makrolon que la novena de Beethoven ya no truene y cruja en nuestros oídos?

Dr. Hartmut Löwer: Makrolon es el material portador de base que hizo posible el CD de audio en su producción en serie. Pero el plástico se ve hoy totalmente diferente y debe tener otras propiedades que hace 25 años. Por ejemplo, un grado de pureza mejorado del material favorece la capacidad de almacenar cada vez más datos. En este contexto hemos medido, por ejemplo, cada vez granos individuales: longitud, espesor y ancho del granulado deben ser constantes para poder hacer seguro y eficiente el sensible proceso del moldeo por inyección. Esto produjo que el proceso de granulación se bordeara. Sobre todo en la producción se hizo mucho. Cuando PolyGram empezó en 1982 con la producción en serie, se tardaba 27 segundos para producir un CD de policarbonato fundido y sacarlo del molde de inyección. Entretanto, la pieza en bruto se obtiene hoy en menos de tres segundos.

Desde el CD de audio, pasando por el DVD hasta el Blu-ray Disc y HD-DVD, en este tiempo han pasado muchas cosas. ¿Cuándo se agotará la capacidad de almacenamiento de los pequeños discos?

Dr. Dieter Freitag: No se puede prever un final. En ocasiones me parecen incluso ahora totalmente incomprensibles las grandiosas posibilidades de aplicación que nos ofrecen los medios de almacenamiento ópticos modernos. No podíamos prever el salto cuántico del primer CD a ahora. Hay que visualizar esto: un DVD tiene una capacidad de almacenamiento de 4.7 *gigabytes*; es espacio suficiente para dos millones de páginas formato A4, lo cual equivale aproximadamente a diez toneladas de papel. Y esto es sólo el principio. La generación de portadores de datos del futuro, los medios de almacenamiento holográficos, abarca incluso 120 millones de páginas en un disco. En la actualidad copiamos en pocos segundos estas cantidades de información. Todo esto modificará esencialmente nuestra vida diaria.

Es decir, ¿Bayer MaterialScience ya tiene un “pie en la puerta” también para el futuro?

Dr. Hartmut Löwer: Sí, pues al igual que en el desarrollo del CD de audio, seguimos apostando por la cooperación estrecha con otras empresas. Por ejemplo, en los EE.UU. trabajamos actualmente junto con InPhase Technologies, una empresa *start-up* en Colorado, que desarrolló un disco con 300 *gigabytes* de capacidad. A diferencia del CD o DVD convencional, la información ya no se escribe y lee bit por bit, sino en bloques de datos de una vez. Es decir, el rayo láser no quema los datos en forma de cavidades en la capa del almacenador, sino que se encarga de la modificación química de una sustancia de actividad óptica. Esto tiene como consecuencia que también se pueda utilizar para almacenar la tercera dimensión, es decir, casi todo el espesor del disco. La matriz en la que está empotrada la sustancia ópticamente activa consta de un material especial. Y esto fue desarrollado por investigadores en Bayer MaterialScience. Como ve, estamos muy bien equipados. El futuro puede venir.

Ustedes dos fueron testigos de un desarrollo que cambió al mundo. ¿Es un poco de suerte?

Dr. Hartmut Löwer: Estar ahí personalmente, sí. Pero el ejemplo del CD también muestra que no sólo son posibles pasos de desarrollo, sino revoluciones si colaboran los socios adecuados: Philips y Sony reemplazan la tecnología analógica por la digital; Bayer, el vinilo por Makrolon. Así se pudo hacer realidad una visión. Y así será también en el futuro. Pues con nuestro *know-how* y nuestros materiales innovadores también en el futuro seremos impulsores de la tecnología en muchas áreas. ⊕

Avance hacia nuevas dimensiones

Materiales de Bayer MaterialScience ponen en forma a los portadores de datos ópticos, con mira al futuro

Existe un lugar en el que los nuevos sistemas como High-Definition-DVDs y Blu-ray Discs ya son “nieve de ayer”. En los laboratorios de Uerdingen, Alemania, de Bayer MaterialScience, los científicos trabajan a alta presión para seguir desarrollando los pequeños discos centelleantes. La base la proporciona el plástico Makrolon. Sus sobresalientes propiedades son perfectamente adecuadas para alojar más *bits* y *bytes* en los doce centímetros de diámetro del material. El objetivo de la empresa de Leverkusen es, como socios importantes de la industria de producción, seguir optimizando los portadores de datos ópticos con nuevas ideas y tecnologías.

Desde la introducción del primer CD de audio de Makrolon en 1982, los investigadores del consorcio mundial han logrado muchas cosas: el volumen de almacenamiento de un Blu-ray Disc es actualmente casi 80 veces el de un disco compacto (650 *megabytes*). Esto fue posible gracias a una optimización del policarbonato así como a una reducción de la longitud de onda del rayo láser con el que se leen y escriben los datos, desde la luz infrarroja (CD), pasando por la roja (DVD), hasta la luz azul (Blu-ray Disc, HD-DVD). El láser azul tiene una longitud de onda considerablemente menor que sus parejas rojas o verdes y, por lo tanto, se puede enfocar aún más. Por ello, con él se pueden escribir y leer los datos mucho más juntos.

En las décadas pasadas también se ha reducido el tamaño de los pits, es decir, de aquellas cavidades que contienen la información. En el Blu-ray Disc, la extensión mínima posible es ya únicamente de una quinta parte de un pit en un disco compacto. Además se redujo en alrededor del 80% la distancia de las pistas de datos.

Pero incluso lo anterior no es suficiente para los técnicos. “Actualmente la investigación se concentra sobre todo en el lente objetivo con el que se dirige el rayo láser al disco”, explica el Dr. Konstantinos Douzinas, director de Física de Polímeros en el área policarbonatos en Bayer Material-Science. “Finalmente se trata de enfocar el rayo de luz en una superficie cada vez menor”. En lo anterior, los nuevos sistemas de lentes establecen también siempre requisitos más elevados para el material portador. Los investigadores de Bayer trabajan estrechamente con Sony en Japón para poner en forma desde hoy al Makrolon para las generaciones de portadores de datos de mañana. En el futuro, el lente estará a una distancia de la superficie, en lugar de un milímetro, de únicamente 20 nanómetros. “Imagínese un jet que vuela sobre un área de pasto podado, y eso a sólo cuatro milímetros de las puntas”, ilustra el Dr. Douzinas la distancia en el futuro entre la óptica de escritura y lectura y el portador de datos. En experimentos, los investigadores de Bayer ya han logrado incrementar de tal modo la rigidez del Makrolon, que las oscilaciones propias del disco se amortiguan suficientemente al rotar.

Sin embargo, los reproductores del futuro no sólo establecen nuevos requisitos para el material portador. Para que el rayo láser pueda leer sin errores las pistas de datos almacenadas, el revestimiento debe presentar un índice de refracción óptica considerablemente mayor que los CDs convencionales. También aquí han tenido éxito ya los experimentos del equipo de Uerdingen: “Junto con Sony hemos desarrollado un





revestimiento que posee un índice de refracción de más de 1.84, lo cual es un récord mundial”, indica el Dr. Douzinas orgullosamente. Además, el sellado recién desarrollado es especialmente resistente a los rayones y ofrece potencial suficiente para alojar ahí en el futuro incluso datos de más de 100 *gigabytes*.

“En principio es siempre el factor cinco de capacidad de almacenamiento adicional el que se genera con cada nueva generación”, explica el Dr. Hartmut Löwer, director de Global Innovations dentro del área de policarbonatos. “Por ello, en la línea de desarrollo aún se encuentran muchas cosas”. Actualmente, Bayer MaterialScience trabaja en formatos totalmente nuevos con números de tres dígitos de *gigabytes*. Los primeros ensayos están en marcha en el área de holografía con el start-up InPhase Technologies en el estado de Colorado en los EE.UU. La joven empresa desarrolló un sistema con el que los datos se depositan en el material del disco en forma de hologramas, a saber, en bloques enteros. El resultado es una mayor densidad de almacenamiento y una posibilidad de escritura y lectura más rápida de los datos.

Otra diferencia es que, a diferencia de los sistemas de hasta la fecha, el rayo láser no quema los datos en las cavidades de la capa de almacenamiento, sino que modifica la sustancia ópticamente activa y de ese modo permite que también se pueda aprovechar la tercera dimensión. En cuanto al material portador de estos primeros holodiscos, los norteamericanos recorren nuevos caminos. Consta de un material desarrollado por Bayer MaterialScience. Con ello alcanzan una capacidad de 300 *gigabytes*. En la fase de ensayo, InPhase trata de seducir con la nueva tecnología principalmente a usuarios con archivos de datos institucionales, tales como emisoras de televisión, editoriales u hospitales. Sin embargo, esto es sólo el principio. Ya ahora, los desarrolladores tienen la mirada puesta en discos de 800 a 1,600 *gigabytes*. El Dr. Löwer asevera: “Estoy seguro de que estas capacidades también se aprovecharán en cuanto se haya despertado la necesidad de las mismas. Habrá entonces otra vez un avance hacia dimensiones totalmente nuevas”. ☉