



El vidrio láser está adquiriendo una importancia creciente como amplificador para el resonador y para aplicaciones de potencia ultraalta. SCHOTT ofrece una amplia gama de vidrios láser con las aplicaciones más variadas.

O vidro laser está tornando-se incrivelmente importante para uso tanto como meio de ganho para o ressonador, quanto como um amplificador para aplicações de altíssima performance. A SCHOTT oferece uma ampla gama de vidros laser para muitas e diferentes aplicações.

# UN MATERIAL CON GRAN FUTURO

## MATERIAL COM UM GRANDE FUTURO

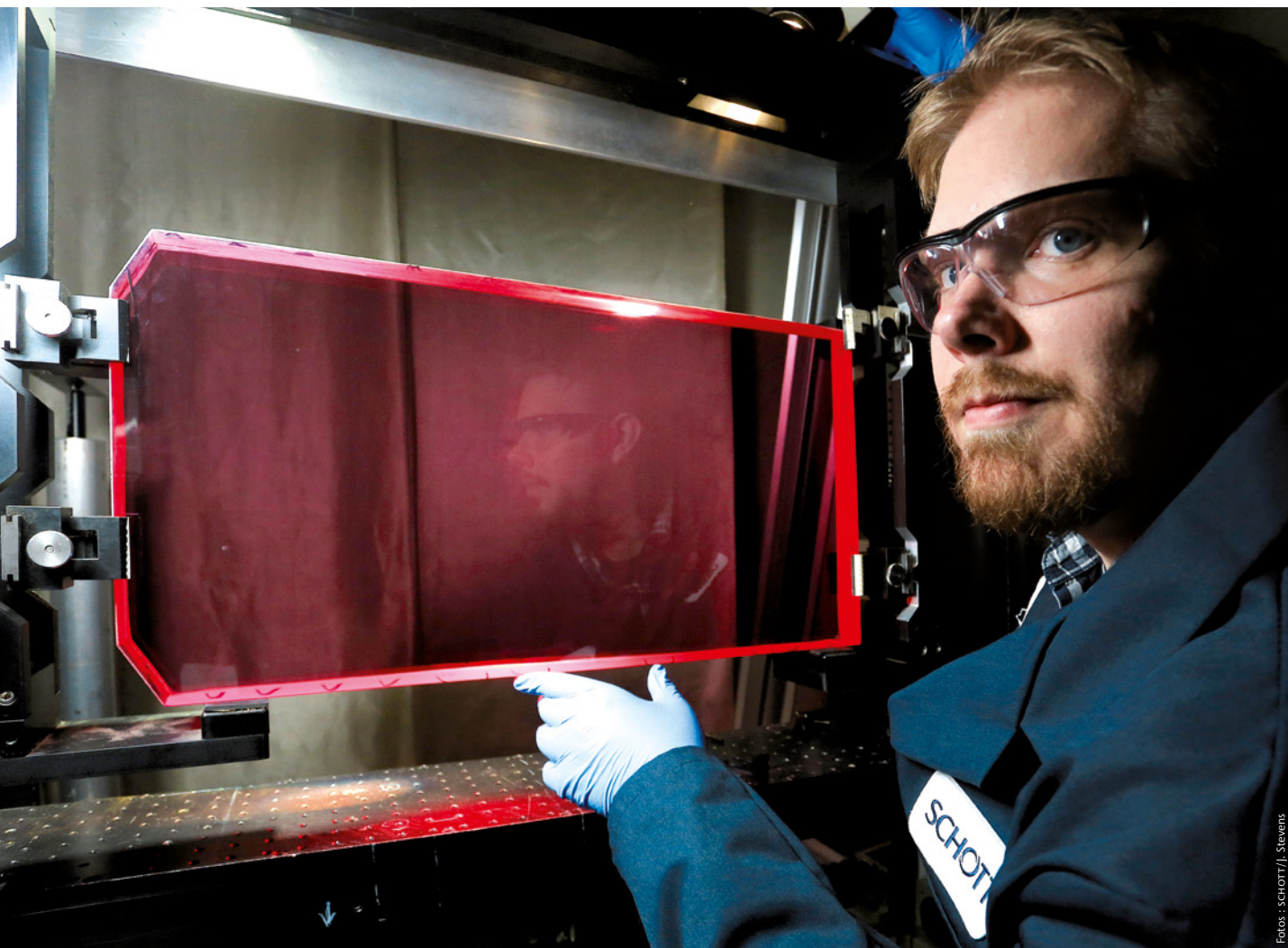
SCHOTT se cuenta entre los principales proveedores mundiales de vidrio láser para la industria, las universidades y las instituciones públicas. La estrecha colaboración con los clientes y una labor de I+D intensiva, seguirán generando en el futuro expectativas prometedoras para el vidrio láser como medio.

A SCHOTT está entre os principais fornecedores mundiais de vidro laser para uso na indústria, em universidades e instituições públicas. Estreita colaboração com os clientes e intensivas pesquisas e desenvolvimento abrirão promissoras perspectivas para que o vidro laser seja um caminho no futuro.

DR. GREGORY FLINN

Ya a principios de los 60, poco después del descubrimiento del láser, Elias Snitzer, pionero investigador del vidrio láser (American Optical Company, ver Pág. 8), señaló que determinadas combinaciones de vidrio y metales de tierras raras, como neodimio, erbio e iterbio, representan un material excepcional para la generación de luz láser, debido a los amplios perfiles de absorción y emisión espectral de los vidrios dopados, que permiten un bombeo eficiente con el uso de lámparas de descarga de banda ancha. Además, la elevada solubilidad de las sustancias dopantes en el vidrio y las grandes secciones efectivas durante la emisión, favorecen el

A constatação de que certas combinações de vidro e dopantes de terras raras, como neodímio, érbio e itérbio também representam um excepcional ganho para a luz a laser foi feita no início dos anos 1960 por Elias Snitzer, cientista pioneiro na área de pesquisas sobre vidro laser na American Optical Company, logo após o advento do laser. As principais razões para isso são o amplo perfil espectral de absorção/emissão dos dopantes no vidro, o que permite o bombeamento eficiente com o uso de lâmpadas de descarga de banda larga. A alta solubilidade dos dopantes e os cortes transversais de larga emissão também indicam que a ação pulsátil do laser é



Fotos: SCHOTT | Stevens

cumplimiento de las exigencias impuestas a un material para el régimen láser pulsado. El vidrio presenta una gran adaptabilidad a nivel de composición química y, con ello, de sus propiedades espectrales y físicas para cada aplicación. “Todo ello ha alimentado un interés creciente por el vidrio láser, ya sea como amplificador para el resonador o para aplicaciones de potencia ultraalta”, comenta la Dra. Simi George, experta de SCHOTT Research & Development (R&D) en Norteamérica.

#### Un know how de muchos años

Tras más de 40 años de investigación, SCHOTT es hoy en día una referencia en vidrio láser. Los vidrios dopados con neodimio, como los empleados para los sistemas amplificadores de láser, son las estrellas dentro de la gama de productos de vidrio láser de la Unidad de Negocio SCHOTT Advanced Optics. Actualmente hay tres tipos principales de vidrios láser de base fosfato apropiados para láseres de alta potencia, alta energía y pulsos ultracortos. Entre los más novedosos están los vidrios láser ‘seguros para la vista’, con longitudes de onda de aprox.  $1,5 \mu\text{m}$ , adecuados para aplicaciones médicas y cosméticas, así como para la medición de distancias. Además,

relativamente fácil de ser alcanzada, e que a composição química variável do vidro permite a adaptação das propriedades físicas e espectrais para melhor adequar-se à aplicação. “Estes fatores têm ajudado a alimentar um crescente interesse pelo vidro laser, tanto como um meio vantajoso para o próprio ressonador, quanto como um amplificador para as aplicações de energia de altíssimos picos”, explica o especialista em vidro laser Dr. Simi George, da SCHOTT Pesquisa & Desenvolvimento (P&D), nos Estados Unidos.

#### Muitos anos de expertise

Considerando-se os mais 40 anos de P&D, a experiência da SCHOTT na área do vidro laser é hoje inigualável. Vidros dopados com neodímio, como os usados para sistemas de amplificação de laser, têm sido o produto predominante no portfólio de vidro laser da Unidade de Negócios SCHOTT Ópticos Avançados. Atualmente, são três os principais tipos de vidros laser com base em fosfato disponíveis, adaptáveis a aplicações para rede alta, alta potência e de pulso ultra-curto. Os mais recentes desenvolvimentos incluem vidros laser “eye-safe” para tecnologia médica, análise por telemetria celeste/terrestre e aplicações médicas/cosméticas em



## El Premio Otto Schott a la Investigación, concedido a pioneros del vidrio láser Prêmio Otto Schott vai para os pioneiros do vidro laser

En 1999, el Fondo Ernst Abbe concedió el prestigioso Premio Otto Schott a la Investigación, a John H. Campbell (Universidad de California, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL)) y a Elias Snitzer (Rutgers University, Piscataway, Nueva Jersey). Este premio se concede como reconocimiento a contribuciones destacadas en el campo de las ciencias del vidrio y la vitrocerámica. Campbell (Izda.) recibió el premio por sus aportaciones al conocimiento de las propiedades fundamentales del vidrio, especialmente en el campo de los vidrios fosfato complejos. Snitzer (Dcha.) ha desarrollado una labor pionera en el campo del vidrio láser y los vidrios fibroópticos. Su visión de futuro y sus contribuciones a la primera actividad láser observada en un vidrio, condujeron a la invención de los vidrios láser, dopados tanto con neodimio, como con erbio y al desarrollo del primer amplificador fibroóptico por parte de Snitzer. <



Em 1999, a Fundação Ernest Abbe concedeu o renomado Prêmio de Pesquisa Otto Schott ao Dr. John H. Campbell (Universidade da Califórnia, Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), Livermore, CA) e ao Prof. Elias Snitzer (Universidade Rutgers, Piscataway, Nova Jersey, EUA). O prêmio foi conferido em reconhecimento às excepcionais contribuições na área de vidro e vitrocerâmicos. O Prof. Campbell (esq.) recebeu o prêmio por suas

conquistas no estabelecimento de uma compreensão básica sobre as propriedades do vidro, especialmente no campo de vidros fosfato com vários componentes. O Dr. Snitzer (dir.) deu contribuições de vanguarda ao vidro, particularmente na área de laser vidro e vidros de fibra óptica. Sua visão futurista e as contribuições à primeira ação observada do laser no vidro o levou à descoberta dos vidros laser dopados com neodímio e érbio, e ao seu desenvolvimento do primeiro amplificador de fibra. <

SCHOTT ofrece una variante de base silicato para láseres pulsados de estado sólido con altas tasas de repetición, así como vidrios con base tanto fosfato como silicato, para la fabricación de estructuras activas en aplicaciones ópticas integradas. Aparte de Maguncia, SCHOTT Advanced Optics fabrica la mayoría de sus vidrios láser en Duryea, Pennsylvania (EE.UU.), donde también se encuentra el Centro de I+D para estos productos. Prestigiosos expertos en vidrio investigan en Duryea. El Dr. Hayden, experto en vidrios láser de fama internacional, se incorporó en 1985 a SCHOTT, donde su labor científica acerca de las alteraciones de la composición del vidrio y la identificación de métodos de postprocesado, ha resultado decisiva para ampliar el campo de aplicaciones de los vidrios láser. Actualmente trabaja como Research Fellow en Duryea. En julio de 2014 le fue concedido por la American Ceramic Society (ACers) el Stookey Award en reconocimiento a sus contribuciones en el campo del vidrio y las vitrocerámicas. En el acto de entrega del premio, Hayden rindió homenaje “a los muchos científicos, ingenieros y técnicos que han contribuido al progreso en este campo” y destacó el continuo apoyo técnico y financiero de John H. Campbell y de otros investigadores del Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL).

“Gracias a los grandes proyectos con láser en todo el mundo, se ha dado el impulso necesario al desarrollo de materiales de vidrio

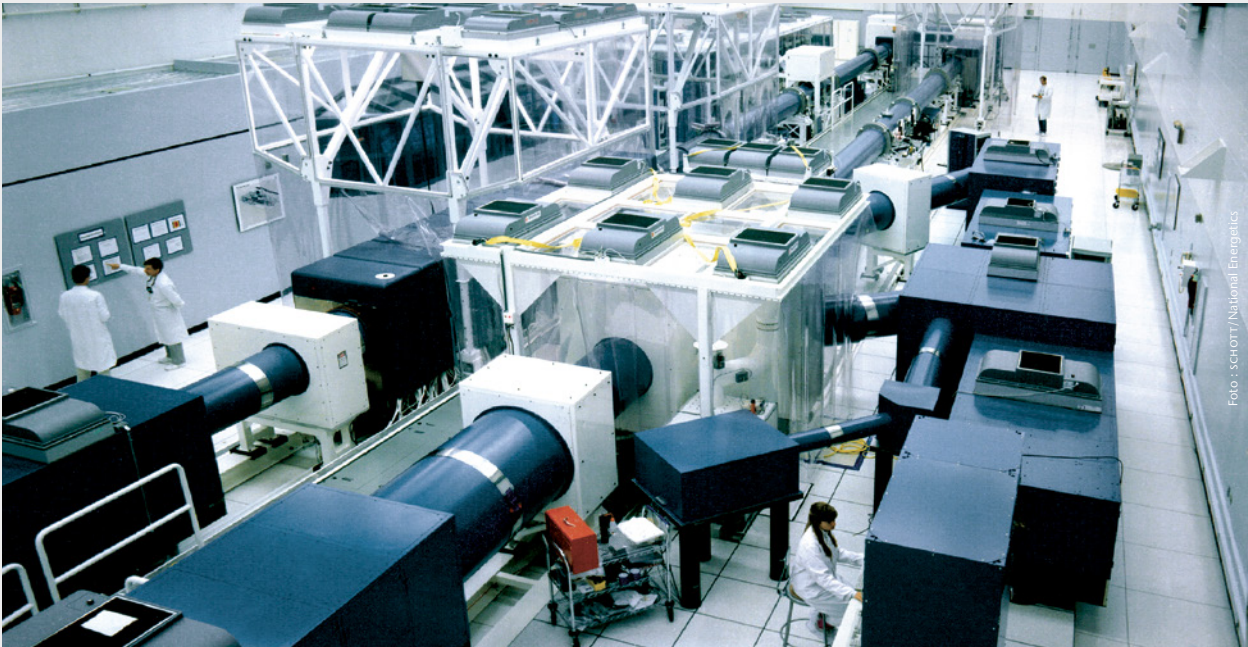
comprimento de ondas em torno de 1,5  $\mu\text{m}$ . Além destas tradicionais categorias de vidro laser, a SCHOTT também oferece vidro laser a base de silicato para alta taxa de repetição, aplicações de laser em estados sólidos, como também os vidros baseados em fosfato e silicato otimizados para fabricação de estruturas de condução ativas em aplicações ópticas integradas.

Mesmo com a produção em Mainz, Alemanha, a SCHOTT Ópticos Avançados fabrica a maioria de seus vidros laser em Duryea, Pensilvânia, EUA. O centro de Pesquisa & Desenvolvimento para esses produtos também está sediado lá. Renomados especialistas em vidro, como o Dr. Joseph S. Hayden, que tem oferecido uma significativa contribuição à posição de líder de mercado da SCHOTT, também pesquisam o vidro e suas propriedades em Duryea. Dr. Hayden, expert em vidro e internacionalmente reconhecido, juntou-se à SCHOTT em 1985, onde seu trabalho sobre modificações de composição e a identificação de tratamentos especiais de pós-processamento foram cruciais para a expansão da janela operacional para vidros laser. Mas o sucesso da companhia na área também foi influenciado por outros fatores, como o próprio Hayden reconhece. Atualmente um Research Fellow em Duryea, ele foi agraciado com o Prêmio Stookey da Sociedade Americana de Cerâmica (ACers) pelas contribuições de uma vida inteira no campo de vidro e vitrocerâmicos. Em seu discurso, Hayden rendeu tributo “aos muitos

láser”, señala la Dra. Simi George, experta en vidrio láser. SCHOTT participa en muchos de ellos como colaborador responsable del desarrollo de los componentes de vidrio láser, p. ej. para el LLNL y el Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) francés. “SCHOTT participa también en la planificación de proyectos que rebasan el nivel de los PW (petavatios),” añade George, “pero aquí no sólo nos enfrentamos al reto de suministrar componentes más grandes y mejores. El vidrio láser ha de amplificar también la luz sobre un intervalo espectral más amplio, que cubra los pulsos

cientistas, engenheiros e técnicos envolvidos nestes trabalhos que, individual e coletivamente, contribuíram para os progressos nesse campo”. Salientou particularmente o apoio técnico e financeiro constante de John H. Campbell (veja à p. 8) e outros pesquisadores do Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL).

O especialista em vidro, Simi George, afirmou: “devemos agradecer aos muitos empreendimentos sobre projetos de laser em grande escala em todo o mundo pelo necessário impulso para continuarmos a desenvolver materiais de vidro laser”. A SCHOTT



Como partner en el desarrollo de componentes de vidrio láser, SCHOTT Advanced Optics participa en grandes proyectos, por ejemplo, para el Lawrence Livermore National Laboratory (arriba) o en el diseño de láseres de petavatios a nivel europeo (abajo).

Como parceira no desenvolvimento de componentes vidro laser, a SCHOTT Ópticos Avançados está envolvida em grandes projetos, como o que o Lawrence Livermore National Laboratory (acima) está trabalhando e o planejamento de lasers petawatt, na Europa (abaixo).



extremadamente cortos que se dan. Vamos a tener que crear vidrios completamente nuevos.” Se ha concedido a un consorcio de empresas liderado por National Energetics, Inc., conjuntamente con Ekspla UAB, un contrato por más de 40 millones de dólares US para desarrollar e instalar cerca de Praga, un sistema láser de potencia ultraalta para el proyecto Extreme Light Infrastructure (ELI) de la Unión Europea, el cual generará energías de pulso de más de 1,5 kJ y pulsos de aprox. 150 fs de duración, con una tasa de repetición de

“Gracias a los grandes proyectos con láser en el mundo, se ha dado el impulso necesario al desarrollo de materiales de vidrio láser.”

“Devemos agradecer aos muitos projetos internacionais a laser em larga escala em todo o mundo por oferecer o impulso necessário para continuarmos a desenvolver materiais de vidro laser.”

Dr. Simi George, SCHOTT R&D North America

1/min. SCHOTT suministrará vidrio láser para los amplificadores láser de gran diámetro. Hasta ahora, para el desarrollo de nuevos vidrios láser eran necesarias laboriosas pruebas de fusión. Ahora existen herramientas predictivas fiables, que aceleran la identificación de composiciones de vidrio adecuadas. Por una parte se ha estudiado la influencia de la composición del vidrio sobre las propiedades del láser, de forma que se pueden determinar rápidamente las propiedades del vidrio optimizadas para cada nuevo diseño. Por otra parte, se puede estimar la idoneidad de un vidrio láser nuevo o existente, para una aplicación determinada mediante la representación conjunta de las propiedades ópticas y termodinámicas

está involucrada en la mayoría de ellos como socia, a exemplo dos que acontecem no LLNL e no Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA). “A SCHOTT também toma parte ativamente no planejamento de projetos que excedem o PW (petawatt)”, continua o Dr. George, “mas, nestes, não estamos apenas diante do desafio de produzir o 'maior e melhor' vidro. Em vez disso, o vidro laser precisa oferecer um ganho suficiente de largura para os pulsos incrivelmente curtos. Teremos de inventar novos vidros!”

Posteriormente, um consórcio liderado pela National Energetics Inc. em parceria com a Ekspla UAB, foi premiado com um contrato avaliado em mais de 40 milhões de dólares para desenvolver e instalar um sistema a laser ultra-intenso para a European Union's Extreme Light Infrastructure (ELI), instalação perto de Praga, República Tcheca. O sistema a laser irá gerar energias de impulso superiores a 1,5 kJ e larguras de impulso de aproximadamente 150 fs (deslocamento de frequência), entregues a uma taxa de repetição de um tiro por segundo. A SCHOTT irá fornecer o vidro laser para uso em amplificadores laser de grande abertura.

O desenvolvimento de novos vidros laser já havia consumido tempo no passado, com reiteradas abordagens ‘fusão e testes’. Felizmente, existem novas ferramentas de previsão que aceleram drasticamente a identificação de composições de vidro adequadas. Primeiramente, a influência da variada composição do vidro sobre as propriedades do laser tem sido estudada tão sistematicamente, que a otimização das propriedades do vidro para qualquer novo projeto laser já pode ser determinada rapidamente. Em segundo lugar, ao juntar os parâmetros de materiais do laser e termomecânicos em uma abordagem de “coeficiente de mérito”, a adequação de um vidro laser novo ou existente para qualquer aplicação pode ser mais bem avaliada. Finalmente, ferramentas estatísticas podem ser usadas para mapear o correspondente espaço de composição com um mínimo de testes experimentais. Tomados em conjunto com os avanços nos processos de produção, vidros laser já podem ser concretizados, o que, de outra forma,

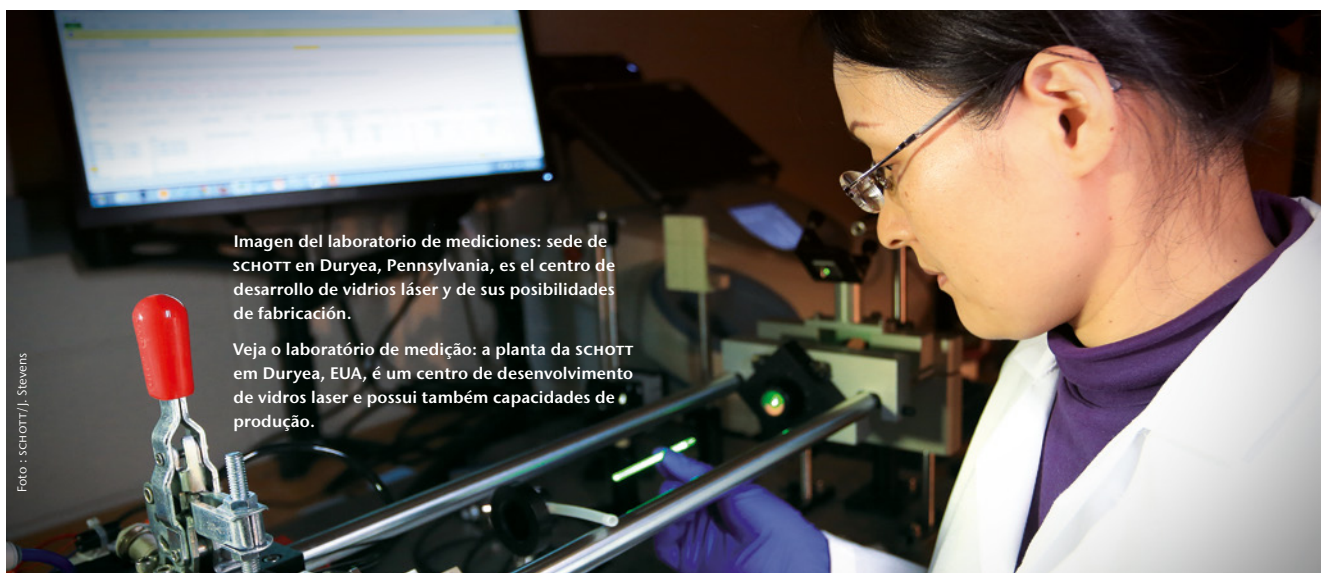


Imagen del laboratorio de mediciones: sede de SCHOTT en Duryea, Pennsylvania, es el centro de desarrollo de vidrios láser y de sus posibilidades de fabricación.

Veja o laboratório de medição: a planta da SCHOTT em Duryea, EUA, é um centro de desenvolvimento de vidros laser e possui também capacidades de produção.

## UN EFECTO LÁSER MÁS INTENSO

En los sistemas láser más grandes y potentes se utilizan vidrios fosfato de alta calidad óptica dopados con neodimio para amplificar la energía del láser. Estos vidrios son extraordinariamente homogéneos y contienen muy pocos defectos, tales como inclusiones de platino, susceptibles de explotar y de provocar una fractura del vidrio bajo el efecto de una irradiación intensa. Durante el uso se eleva el nivel energético de los electrones de los átomos de neodimio con ayuda de lámparas de destellos enfocadas sobre el vidrio láser. Por medio de un proceso conocido como emisión estimulada, a medida que los electrones caen nuevamente a niveles energéticos más bajos, emiten fotones con la misma longitud de onda, fase y dirección de propagación. Como resultado de ello se genera en el resonador láser un rayo de luz colimada de gran intensidad. <

## MÁXIMO EFEITO LASER

Na maioria dos casos, os maiores e mais poderosos sistemas laser incorporam o vidro de fosfato dopado com neodímio em sua alta qualidade óptica para amplificar a energia laser. Estes vidros são extremamente homogêneos e contêm pouquíssimos defeitos, como inclusões de platina que poderiam explodir e causar o estouro do vidro sob intensa irradiação. Durante o uso, os elétrons dentro dos átomos de neodímio são elevados ao mais alto nível de energia com a ajuda de lâmpadas piscantes que estão focadas sobre o vidro laser. Através de um processo conhecido como emissão estimulada, uma vez que estes elétrons voltam aos mais baixos níveis de energia, eles o fazem via emissão de fótons no mesmo comprimento de onda, fase e direção de propagação. Assim, emerge um feixe de luz colimada e intensa da cavidade do laser. <

micas del material, con un índice conocido como ‘Valor de mérito’. Finalmente se pueden utilizar herramientas estadísticas para restringir los límites composicionales del vidrio con un mínimo de ensayos. Esto, sumado a los avances en tecnología de fabricación, permite ofrecer ahora vidrios láser cuyo desarrollo hubiera resultado muy costoso, dadas las pequeñas cantidades precisadas.

### Perspectivas de futuro del vidrio láser

Atualmente, aparte de los grandes proyectos, los impulsos al desarrollo proceden especialmente de la tecnología médica y cosmética, y de la industria de defensa. Para estas y otras aplicaciones existe una demanda creciente de láseres en formatos prácticos y fiables, también sistemas ligeros, portátiles y de fácil manejo, con longitudes de onda novedosas. Todo ello determina directamente las características y la potencia del medio amplificador. Al desarrollar nuevos vidrios láser no es imperativo reproducir exactamente los parámetros ópticos y de material requeridos. A menudo basta con determinar un perfil de prestaciones con ayuda de las herramientas citadas. Con este enfoque, ya es posible realizar materiales ópticos activos que p. ej. posibiliten las altas tasas de repetición, corrientes en muchos de los sistemas láser de pulsos ultracortos, de picosegundos y femtosegundos, cada vez más frecuentes en la industria. Un problema que se da al reducir progresivamente la duración de los pulsos en los sistemas láser es el fenómeno “gain narrowing”, consistente en que, cuanto más corto es el pulso láser, más frecuencias adyacentes hay que amplificar en el láser. Suelen ser necesarios diferentes materiales láser para cubrir el ancho de banda requerido. SCHOTT estudia actualmente opciones para resolver esto, con un único medio amplificador. Dr. William James, Desarrollador de Materiales en SCHOTT R&D en Norteamérica: “El vidrio es posiblemente el único material con la flexibilidad necesaria para conseguirlo, es decir, que permite variar la composición, las propiedades físicas y el proceso de fabricación de tal modo, que se pueda alcanzar el objetivo deseado.” <

[roland.langfeld@schott.com](mailto:roland.langfeld@schott.com)

teria custos altíssimos para chegar a desenvolver os volumes necessários.

### Perspectivas do vidro laser

Atualmente, e independente dos projetos de larga escala, muito da demanda por desenvolvimento vem da defesa e dos mercados de tecnologia médica/cosmética. A penetração da tecnologia a laser para estas e outras aplicações, a demanda por novos comprimentos de onda do laser em formatos práticos e confiáveis, tendências como a redução de peso e a transportabilidade, bem como o desejo por sistemas mais simples, têm todos uma influência direta sobre o desempenho e o tamanho das exigências com o ganho desse meio. Fundamentalmente, no desenvolvimento de um novo vidro laser, não é importante reproduzir exatamente os parâmetros ópticos e materiais favoráveis encontrados, como por exemplo o meio ganho. Em vez disso, é necessário apenas chegar a um invólucro com desempenho adequado usando as ferramentas já descritas. Com este tipo de abordagem, agora é possível realizar um ganho que permita, por exemplo, as altas taxas de repetição comuns a muitos dos sistemas a laser (baseados em cristais) de pulso ultra-curto de picossegundos e femtosegundos, que atualmente estão ganhando rápido reconhecimento em aplicações de processamento industrial. De maneira mais acentuada, tendo em vista que os comprimentos de pulso em sistemas a laser de pulsos ultra-curtos são reduzidos, há a necessidade de evitar um problema chamado “ganho de estreitamento”, ou seja, que o perfil de emissões disponíveis não ofereça um ganho adequado através de todo o espectro de um pulso ultra-curto. Neste momento, a SCHOTT está buscando opções para realizar isso em um único meio de ganho. O Dr. William James, supervisor de Desenvolvimento de Materiais na SCHOTT R&D América do Norte explica: “provavelmente, o vidro é o único material que oferece a flexibilidade necessária para chegar a esse ponto – isto é, sermos capazes de variar a composição, o formato físico e os processos de produção no sentido de alcançar o objetivo desejado”. <  
<[roland.langfeld@schott.com](mailto:roland.langfeld@schott.com)