

# 70 filtros para obtener un mapa en 3D del universo

## 70 filtros para produzir o mapa 3D do Universo



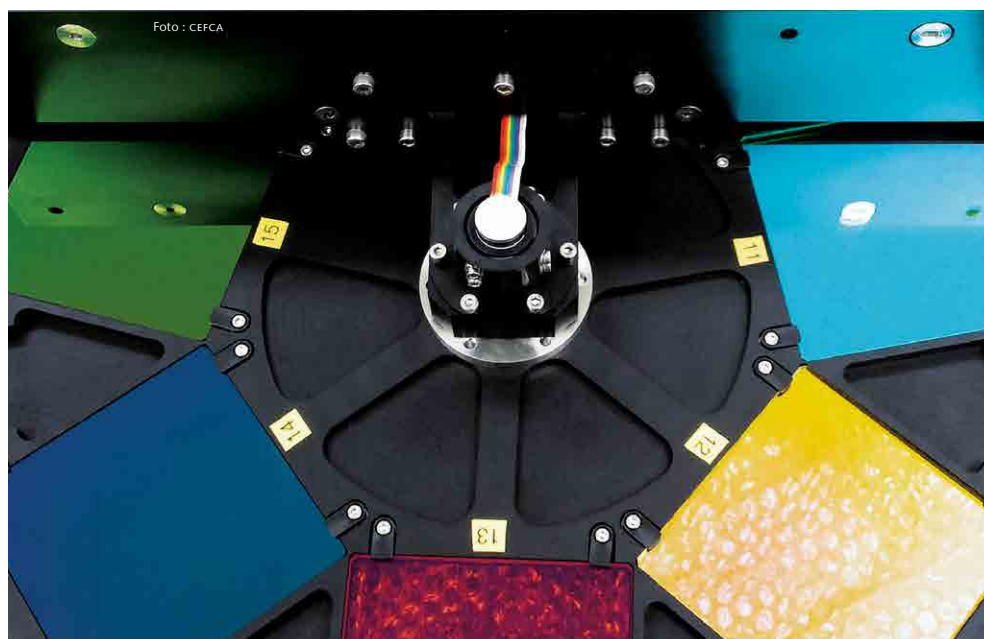
Los telescopios de Javalambre, en la provincia de Teruel, harán posible por vez primera seguir las posiciones de cientos de millones de galaxias y cómo evolucionan. SCHOTT ha suministrado varios juegos de filtros de paso de banda con bordes abruptos y de banda estrecha que permitirán analizar los rangos de longitud de onda estrechos de la luz estelar.

Os telescópios Javalambre, que ficam em Teruel, Espanha, possibilitarão o primeiro rastreamento das posições de centenas de milhões de galáxias e como elas se desenvolvem. A SCHOTT forneceu vários jogos de filtros steep-edge e bandpass de banda estreita, que analisarão as luzes das estrelas com comprimentos de onda estreitos.

BERNHARD GERL

A los dos nuevos telescopios en la cima del Pico del Buitre, de 1.956 m de altura, en la Sierra de Javalambre, sólo se puede acceder por una pista polvorienta. Este observatorio de alta tecnología contribuye al desarrollo económico de la zona, pero para los investigadores del CEFCa (Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón) representa un hito científico, que quizá conduzca a avances decisivos en la búsqueda de la energía oscura, la misteriosa materia que sostiene casi el 70% de la masa del universo y de cuyas propiedades prácticamente no sabemos nada. Los cosmólogos sospechan que hoy en día todavía se pueden apreciar en la distribución de las galaxias en el Universo las minúsculas variaciones de la energía oscura que se dieron poco después del Big Bang. Sin embargo, todavía no se ha realizado una cartografía en 3D precisa de todas las galaxias. Se espera que los telescopios de Javalambre y el proyecto

Apenas uma estrada de terra empoeirada através da serra de Javalambre leva aos dois telescópios que ficam no topo do Pico del Buitre, a 1.956 metros de altura, na província de Teruel, localizada na pobre região de Aragão, Espanha. O observatório também contribui para o desenvolvimento econômico ali. Mas, para os pesquisadores do CEFCa (Centro de Estudios de Física del Cosmos de Aragón) isso significa um marco científico que talvez traga um progresso decisivo na busca da energia escura, a misteriosa substância que tem quase 70% da massa do Universo e sobre cujas propriedades sabemos praticamente nada. Cosmólogos suspeitam que pequenas variações na distribuição da energia escura logo após o Bing Bang podem ser vistas ainda hoje na forma como as galáxias estão distribuídas pelo Universo. Porém, um exato mapeamento 3D de todas as galáxias ainda não foi feito. Felizmente, os telescópios



El acabado y el control de calidad de los filtros de vidrio (arriba) se realizaron en el Centro de competencia para Componentes y recubrimientos ópticos de alta precisión de SCHOTT en la ciudad suiza de Yverdon. Estos componentes se utilizan en una rueda de filtros (abajo). Esto permite recopilar muchos parámetros importantes sobre la formación de las galaxias.

O processamento e o controle de qualidade dos filtros de vidro (acima) são realizados no centro de competência para componentes e revestimentos ópticos de alta precisão da SCHOTT em Yverdon, Suíça. Estes componentes são usados em um filtro circular (abaixo). Isso permite a coleta de muitos parâmetros que são importantes para o desenvolvimento das galáxias.

J-PAS (Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey) ayudarán a la consecución de este objetivo.

“El innovador diseño de la cámara y del sistema de filtros J-PAS permitirá determinar por vez primera las posiciones en el cielo de cientos de millones de galaxias, lo cual nos proporcionará el primer mapa 3D completo del Universo”, explica el Dr. Antonio Marín-Franch, investigador del centro y responsable del Instrumentation Projects Group del CEFGA. La distancia a la que realmente se encuentran los objetos astronómicos se puede determinar midiendo el desplazamiento del rojo de la luz que emiten. SCHOTT ha desarrollado junto con los científicos del CEFGA juegos de filtros específicos

Javalambre e o projeto J-PAS (Javalambre Physics of the Accelerating Universe Astrophysical Survey) darão uma significativa contribuição para alcançar este objetivo.

“O inovador design da câmera e o sistema de filtro do J-PAS tornarão possível determinar, pela primeira vez, as posições de centenas de milhões de galáxias no céu, o que nos dará o primeiro mapa completo do Universo em 3D”, explica o Dr. Antonio Marín-Franch, membro da equipe e responsável pelo grupo de instrumentação do CEFGA. A real distância dos objetos astronômicos pode ser determinada através da medição do deslocamento para o vermelho da luz emitida por eles. A SCHOTT, em conjunto com os cientistas do

para los telescopios de Javalambre, que hacen posible esta medición y que son capaces de muchas cosas más.

“Con este sistema de filtros podremos medir muchos parámetros importantes en la formación de las galaxias, como las temperaturas de las estrellas, su masa, la distribución de sus edades y su contenido de metales”, explica el Dr. Antonio Marín-Franch. Se han fabricado 12 filtros astronómicos distintos para el más pequeño de los dos telescopios, el JAST/T80, que incorpora una base de espejo de vitrocerámica ZERODUR® de 80 cm de diámetro. El telescopio más grande, el JAST/T250, lleva una base de espejo de vitrocerámica ZERODUR® de 250 cm de diámetro. Para este telescopio los expertos

CEFCA, desenvolveu conjuntos de filtros especificamente para os telescópios Javalambre que tornam possível esta medição, e que podem fazer muito mais que isso.

“Com esse sistema de filtro, vamos conseguir medir muitos parâmetros importantes para a formação das galáxias, como a temperatura das estrelas, sua massa, a distribuição de suas eras e o metal nelas contido”, revela o Dr. Antonio Marín-Franch. Para executar estas tarefas, 12 diferentes filtros astronômicos foram produzidos para o menor dos dois telescópios, o JAST/T80, que possui um substrato de espelho feito com o vitrocerâmico ZERODUR®, medindo 80 centímetros de diâmetro. O maior, JAST/T250, também tem um substrato de espelho ZERODUR®, porém com 250 centímetros de diâmetro. Na verdade, os especialistas desenvolveram ainda 70 diferentes filtros astronômicos para esse telescópio. Apenas dois filtros, conhecidos por suas excelentes propriedades ópticas e mecânicas, foram fabricados em cada um desses projetos.

“Con este sistema de filtros seremos capaces de medir muchos parámetros importantes en la formación de las galaxias, por ejemplo, las temperaturas de las estrellas, su masa, la distribución de sus edades y su contenido de metales.”

“Com esse sistema de filtro, conseguiremos medir muitos parâmetros que são importantes para a formação das galaxias, como as temperaturas das, estrelas, sua massa, a distribuição de suas eras e o metal que contém.”

Dr. Antonio Marín-Franch, Responsable del Grupo de Instrumentación en CEFCA

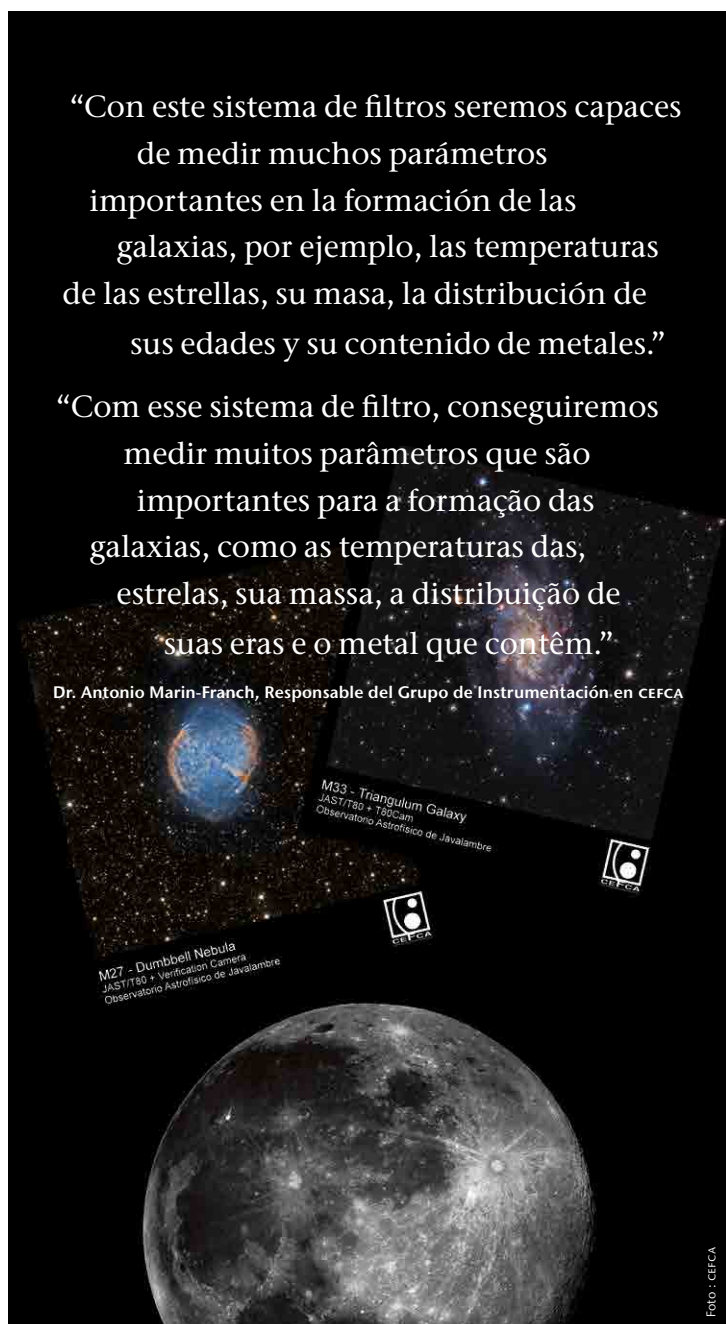


Foto: CEFCA

Metrologia desenvolvida especificamente para filtros ópticos

O que é tão único sobre esses filtros steep-edge de banda estreita é que eles permitem uma luz incidente que transpassa, mas apenas na faixa de 10 a 20 nanômetros de comprimento de onda larga, com uma variação de transmissão de apenas 0,06% – e, ainda assim, bloqueiam todos os comprimentos de onda superiores e inferiores a partir do IV até o UV ( $T < 10^{-5}$ ). Isto foi possível com o uso de uma combinação de filtro de vidro colorido para bloquear todos os comprimentos de onda acima de um determinado limiar, e de um filtro de interferência.

A SCHOTT fabrica filtros de interferência desde os anos 1940, e continua a fazê-lo ainda hoje principalmente em sua planta localizada em Yverdon (Suíça), onde o know-how e a extensa gama de instrumentos para pulverização catódica e feixe de íons, por exemplo, está disponível. O trabalhoso cálculo da sequência das camadas é feito por computador. Em seguida, o conhecimento dos especialistas é necessário para determinar quais das várias estruturas de camadas possíveis de serem convertidas são soluções tecnicamente viáveis.

Para atender às inúmeras demandas específicas definidas pelos cientistas do CEFCA, a SCHOTT desenvolveu sua própria metrologia. A refração da frente de ondas, por exemplo, através de toda a superfície do filtro de 106 vezes 106 milímetros não pode ser maior que  $\lambda/2$  (melhor que  $\lambda/4$  que havia sido alcançada). Para fazer a verificação disso, um sensor especial de frente de ondas de banda larga Shack-Kartmann foi desenvolvido para a SCHOTT, porque o padrão desses sensores mede 633 nanômetros, ou seja, onde os filtros astronômicos bloqueiam a luz.

Uma vez que os espessos filtros de oito milímetros ficam diretamente no caminho óptico do telescópio, eles também afetam suas propriedades de imagem. Por esta razão, os pesquisadores do CEFCA precisam saber o índice de refração dos filtros de vidro. “Mas, nossos filtros ficaram geralmente opacos aos comprimentos de ondas nos quais o índice de refração é normalmente medido”, explica o Dr.-Ing. Ralf Biertümpfel, gerente de Produtos na SCHOTT Ópticos

desarrollaron hasta 70 filtros astronómicos distintos. De cada uno de estos diseños se han fabricado sólo 2 filtros, que han destacado por sus excelentes propiedades ópticas y mecánicas.

### Metrología adicional desarrollada para filtros ópticos

Lo especial de estos filtros de banda estrecha con borde abrupto es que permiten el paso de la luz incidente, pero sólo dentro de un intervalo de longitudes de onda de 10 a 20 nm, con una variación de la transmitancia de sólo el 0,06%, y bloquean todas las frecuencias superiores e inferiores del espectro cercano al IR hasta UV ( $T < 10^{-5}$ ). Esto se ha conseguido utilizando una combinación de filtro de vidrio de color, para bloquear todas las longitudes de onda por encima de un cierto umbral, con un filtro de interferencia.

SCHOTT lleva fabricando filtros de interferencia desde los años 1940, principalmente en su fábrica de Yverdon (Suiza), donde se dispone del know how y de una amplia variedad de equipos, por ejemplo para la pulverización catódica con magnetrón o con haces de iones. Aunque el laborioso cálculo de las secuencias de capas se realiza por ordenador, para determinar cuál de ellas es técnicamente viable para la fabricación se necesita a un experto.

SCHOTT incluso tuvo que desarrollar su propia metrología para poder garantizar y verificar las muy exigentes especificaciones definidas por los científicos del CEFGA. La aberración del frente de onda a lo largo de toda la superficie del filtro, de 106 x 106 mm, por ejemplo, no debía superar  $\lambda/2$  (se consiguió incluso obtener mejor que  $\lambda/4$ ). Para verificarlo se desarrolló para SCHOTT un sensor de frente de onda Shack-Hartmann especial de banda ancha, porque los sensores de frente de onda estándar miden a 633 nm, es decir, allí donde los filtros astronómicos bloquean la luz.

Como los filtros de 8 mm de espesor están situados directamente en la trayectoria de los rayos en el telescopio, afectan también a sus propiedades de formación de imagen. Por esta razón, los investigadores del CEFGA necesitaban conocer el índice de refracción de los filtros de vidrio. “Sin embargo, nuestros filtros eran normalmente opacos a las longitudes de onda a las que habitualmente se mide el índice de refracción del vidrio”, explica el Dr.-Ing. Ralf Biertümpfel, Product Manager en SCHOTT Advanced Optics. “Esta es la razón por la que necesitábamos un dispositivo de medición que nos permitiera determinar las propiedades reflectantes del vidrio.” SCHOTT desarrolló también este aparato de medida.

Gracias a este proyecto, la empresa ha adquirido una ventaja tecnológica en combinación de materiales, caracterización de los mismos, fabricación, know how en recubrimiento y tecnología de medición que abrirá nuevos mercados. Los filtros de banda estrecha se pueden utilizar también para otros fines aparte de los telescopios astronómicos. Los elementos que permiten apilar múltiples filtros de paso de banda sobre un mismo sustrato se utilizan en los satélites para observar la Tierra dentro de intervalos espectrales estrechos. Gracias a la experiencia acumulada, estos filtros se pueden emplear también en espectroscopia y se pueden desarrollar y fabricar ahora muy rápidamente a medida para nuestros clientes. < [oliver.hart@schott.com](mailto:oliver.hart@schott.com)



En el Telescopio JAST/T80 se emplean 12 filtros ópticos de vidrio distintos (arriba). En el JAST/T250, de mayor tamaño, incluso se utilizan 70 filtros de banda estrecha de bordes abruptos distintos. Dadas las especificaciones tan exigentes, SCHOTT desarrolló una metrología específica para este proyecto astronómico.

12 diferentes filtros de vidro óptico foram usados no telescópio JAST/T80 (acima). 70 diferentes filtros steep-edge de banda estreita estão no telescópio maior, JAST/T250. Diante das muitas exigências específicas, a SCHOTT desenvolveu uma tecnologia especial de medição para esse projeto de astronomia.

Avançados. “Justamente por isso precisávamos de dispositivos de medição que nos permitissem determinar as propriedades reflexivas do vidro.” Assim, a SCHOTT desenvolveu seus próprios aparatos de medição.

Através deste projeto, a SCHOTT alcançou uma vantagem tecnológica que abrirá as portas de novos mercados com a combinação de materiais, caracterização material, produção, expertise em revestimento e tecnologia de medição disponível. E, melhor ainda, os filtros bandpass de banda estreita podem ser usados para outros fins além de telescópios. Elementos de cimento, nos quais múltiplos filtros bandpass podem ser montados em um único sustrato, são usados em satélites para observação da Terra em faixas espectrais estreitas. Graças à experiência adquirida, esses filtros também podem ser usados em espectroscopia e com outra vantagem adicional: podem ser customizados, desenvolvidos e fabricados com grande rapidez para nossos clientes. < [oliver.hart@schott.com](mailto:oliver.hart@schott.com)