



Con el DKIST será posible recopilar datos polarimétricos precisos, siguiendo la cadencia temporal necesaria, para captar la evolución de la estructura fina de las manchas solares (ver imagen) y finalmente entender su origen físico.

Somente com o DKIST será possível coletar dados polarimétricos precisos com o ritmo temporal necessário para capturar a evolução da estrutura fina das manchas solares (foto) e, finalmente, compreender sua origem física.

Fuente: Fondo: NASA/JPL/ASIPP/ Rimmel

El sol en el punto de mira

De olho no Sol

SCHOTT ha fabricado una base de espejo hecha de vitrocerámica ZERODUR®, un material de alta tecnología, para el telescopio solar más grande del mundo, el DKIST (Daniel K. Inouye Solar Telescope). La "mirada ardiente" sobre nuestra estrella central plantea retos especiales.

O maior telescópio solar do mundo, o DKIST (Daniel K. Inouye Solar Telescope), é equipado com o vitrocerâmico da SCHOTT, ZERODUR®. Um "olhar quente" para nossa estrela central apresenta desafios muito especiais.

BERNHARD GERL

Toda la vida sobre la Tierra debe su existencia al sol. Pero, aparte de suministrarnos luz y calor, el sol lanza también contra la Tierra intensas lluvias de partículas, que amenazan a nuestros sensibles circuitos electrónicos y satélites e, incluso, a nuestras redes eléctricas. Por esta razón, los científicos quieren comprender mejor los complejos procesos que se operan sobre su superficie. Con este fin va a entrar en servicio en 2019 sobre el Haleakalā, una montaña de 3.000 m de altura en la isla hawaiana de Maui, el Daniel K. Inouye

Toda vida na Terra deve sua existência ao Sol. Mas, além de nos dar luz e calor, o Sol às vezes faz chover partículas pesadas em direção à Terra, junto com os ventos solares, que ameaçam nossos eletrônicos mais sensíveis, satélites e até mesmo as redes elétricas. É por isso que os cientistas procuram compreender melhor os complexos processos que se dão em sua superfície. Para isso, o telescópio de 300 milhões de dólares Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST, antes conhecido como ATST) entrará em operação em 2019,



Solar Telescope (DKIST, conocido antiguamente como ATST), que ha tenido un coste de 300 millones de dólares US. Responsable de las investigaciones es el National Solar Observatory, operado por la organización paraguas estadounidense AURA (Association of Universities for Research in Astronomy, Inc.).

Un telescopio solar superlativo

Su espejo monolítico de 4,26 m, fabricado en vitrocerámica ZERODUR®, convertirá a este telescopio en el mayor de su tipo. El enorme diámetro del espejo permitirá observar estructuras de 25 km de tamaño en el sol, que se encuentra a casi 150 millones de km. Esto equivale a distinguir un guisante a una distancia de 30 km. Su resolución es superior en un factor de 2,6 a la alcanzada por el hasta ahora mayor telescopio solar, el del Big Bear Solar Observatory, cerca de Los Ángeles (ver solutions 2/2007, página 31 y siguientes). Los investigadores están sobre todo interesados en los

sobre la montaña Haleakalā, a 3 mil metros de altura, en la isla havaiana de Maui. O Observatório Solar Nacional é responsável pela pesquisa que a AURA (Associação de Universidades para Pesquisa em Astronomia) está conduzindo, e que é apoiada por 22 institutos de pesquisa de vários e diferentes países.

Telescópio solar: tudo é superlativo

A peça única de 4,26 metros de espelho feita com o vitrocerâmico ZERODUR® o tornará o maior telescópio deste tipo. O imenso diâmetro permitirá que estruturas a 25 quilômetros sejam observadas no Sol, que está a quase 150 milhões de quilômetros de distância. Isto pode ser comparado a visualizar uma ervilha a 30 quilômetros. A resolução tem o fator 2,6, mais alto que a alcançada pelo maior telescópio do Observatório Solar Big Bear, perto de Los Angeles, (ver solutions 2/2007; p. 31). Os pesquisadores estão especialmente interessados nos processos que ocorrem no Sol e resultam em chamadas



Fuente Fuente : LeEllen Phelps/NSO/AURA/NSF

El DKIST – aquí en una vista en sección – dispone de una gran apertura de espejo, que permite una mejor resolución temporal y la observación de las regiones espectrales estrechas, en especial dentro del espectro infrarrojo.

O DKIST – aqui em uma ilustração – tem um espelho de grande abertura que permite melhor resolução espacial e a observância de regiões espectrais estreitas, particularmente na faixa do infravermelho.

Está previsto que el telescopio solar más grande del mundo entre en servicio en 2019 sobre el Haleakalā, una montaña de 3.000 m de altura en la isla hawaiana de Maui.

O maior telescópio solar do mundo deverá entrar em operação em 2019 na montanha Haleakalā, a 3 mil metros de altura, na ilha havaiana de Maui.

procesos que se operan en el sol. Adicionalmente desean desarrollar capacidades para predecir el viento solar. Esperan que les proporcionen conocimientos que puedan también aprovecharse para las reacciones de fusión en la Tierra. La gran apertura del espejo permite asimismo una mejor resolución temporal y la observación de regiones espectrales estrechas, especialmente dentro del rango infrarrojo del espectro solar, que ha sido apenas investigado hasta la fecha.

A diferencia de los telescopios nocturnos, que captan avariciosamente cada fotón, los telescopios solares persiguen lo contrario. Cuando observas el sol, todo se calienta mucho. Para asegurarse de que las características de reproducción de imagen del espejo central no se verán alteradas, se fabrica el mismo en vitrocerámica ZERODUR® de SCHOTT, que presenta una dilatación térmica extraordinariamente baja. “Prosigue la marcha triunfal de este material, porque si sumamos el Swedish Solar Telescope (diámetro de espejo 1 m) en la isla de La Palma, el New Solar Telescope junto al lago Big Bear, en California (1,6 m), el “Sunrise”, que es transportado

e ejeção de massa da coroa solar. Além disso, eles querem desenvolver capacidades para previsões do tempo no espaço. Eles esperam que esses processos trarão conhecimentos que podem também ser usados em reações de fusão aqui na Terra. A grande abertura do espejo permite inclusive uma resolução atemporal e a observação de regiões espectrais estreitas, especialmente da gama de infravermelhos do espectro solar, o que quase não foi pesquisado até agora. Ao contrário dos telescópios noturnos, que recolhem avidamente cada fóton, os solares lutam com o oposto, uma vez que ele fica muito quente quando olha para o sol. Para assegurar que as características de imagem no centro do espelho não se modifiquem, ele é feito com o vitrocerâmico ZERODUR® da SCHOTT, que possui baixíssima expansão térmica. “O sucesso deste material continua, porque com o Telescópio Solar Sueco em La Palma (diámetro de espejo de 1 m), o Novo Telescópio Solar no Lago Big Bear na Califórnia (1,6 m), o “Sunrise” (1,1 m), que é levado por um balão, e o Telescópio Alemão GREGOR, em Tenerife (1,5 m), todos os maiores e mais

por un globo (1,1 m) y el telescopio alemán GREGOR, en la isla de Tenerife (1,5 m), los observatorios solares más grandes y modernos del mundo están equipados con bases de espejo de vitrocerámica ZERODUR®”, explica el Dr. Thomas Westerhoff, Senior Manager Strategic Marketing para el grupo de productos ZERODUR®.

Los científicos deseaban alcanzar coeficientes de dilatación en el ámbito de $\pm 30 \cdot 10^{-9}$ por Kelvin, pero SCHOTT ha alcanzado incluso $+6 \cdot 10^{-9}$ por Kelvin, con una desviación de sólo $3 \cdot 10^{-9}$ para todo el material. Si se aumentara su temperatura 10 Kelvin, un tramo de vitrocerámica ZERODUR® de 100 m de longitud se dilataría tan solo 0,6 mm.

Los espejos de los telescopios solares han de satisfacer exigencias mecánicas especialmente grandes, porque observan el sol cuando sale y deben estar perpendiculares con respecto al mismo. El espejo DKIST tiene un espesor de tan solo 7,5 cm, para facilitar su refrigeración desde atrás, pero aun así su peso propio es de casi 3 t, que debe soportar sin deformarse. Le ayudan 120 actuadores traseros, que contrarrestan la flecha que inevitablemente se produce.

Las propiedades de la vitrocerámica ZERODUR® son sólo un aspecto; las especificaciones fijadas por los científicos para el material del espejo han representado también un verdadero reto. “Desde el proyecto de 8 m, que requirió la fabricación de cuatro espejos primarios de 8,2 m de diámetro, que eran las bases de espejo monolíticas más grandes jamás coladas, ningún otro encargo nos ha exigido y nos ha ayudado a avanzar más en términos de tecnología. Podremos aprovechar de forma intensiva las tecnologías que hemos desarrollado para satisfacer otras solicitudes de clientes”, explica Thomas Werner, Director del Proyecto en SCHOTT. La vitrocerámica ha de ser extraordinariamente homogénea, porque los bullones y las inclusiones provocarían la dispersión de la luz, reduciendo el contraste. SCHOTT ha conseguido fabricar una base de espejo en la que el número máximo de bullones por unidad de volumen es un orden de magnitud menor y el tamaño de bullón admitido en la capa crítica ha sido reducido en un factor de 2,5.

El diseño especial del telescopio también ha tenido consecuencias para el espejo. Como no debía haber más espejos secundarios proyectando sombras en el camino óptico del telescopio, ha sido necesario tallar el espejo con la forma de un elemento esférico fuera de eje, lo cual significa que la superficie tiene un radio de curvatura distinto en el centro que a lo largo de los bordes exteriores y que, además, este “centro” no se encuentra en el centro geométrico del espejo. Como consecuencia de esta talla la luz es reflejada hacia un lado. La consecución de esta forma poco corriente ha supuesto un esfuerzo fuera de lo común. Sin embargo, ha valido la pena, vista la satisfacción del cliente. Joseph McMullin, Responsable del Proyecto DKIST: “Fabricar una base de espejo según las especificaciones requeridas ha sido, sin duda, un gran reto tecnológico. SCHOTT ha demostrado ser el partner perfecto para nuestro proyecto. Realmente ha hecho una gran labor”.

El espejo inició a finales de enero un viaje en un transporte pesado de unas seis semanas de duración, que le llevaría desde Maguncia a Bremerhaven, después en barco a través del Atlántico y por el canal de Panamá y, desde allí, a Los Ángeles. Para resistir

modernos observatorios solares del mundo están equipados con substratos de espejos hechos con o vitrocerámico ZERODUR®”, explica el Dr. Thomas Westerhoff, gerente sênior de Marketing Estratégico do grupo de produtos ZERODUR®.

Os cientistas esperavam alcançar um coeficiente de expansão no intervalo de $\pm 30 \cdot 10^{-9}$ por Kelvin. Entretanto, a SCHOTT conseguiu um nível de $+6 \cdot 10^{-9}$ por Kelvin, com desvio de apenas



Fotos : SCHOTT / C. Costard



La fabricación de la base de espejo ha representado un reto especial para los ingenieros de SCHOTT, tanto por las extraordinarias exigencias planteadas a su colada (ver la fotografía de arriba) como por el procesado del mismo en forma de elemento esférico fuera de eje.

A fabricação do substrato de vidro foi o maior desafio dos engenheiros da SCHOTT, tanto pelas demandas extremas do derretimento (veja foto acima), quanto pelo processamento da forma esférica sem eixo.

el a menudo fuerte oleaje del Atlántico y el posterior viaje por carretera hasta Tucson, Arizona, fue depositado sobre un sistema amortiguador especial. Con arreglo al plan, una vez haya sido pulido y montado exitosamente, el espejo comenzará a reflejar la primera luz en 2019, para así poder observar con precisión nuestro sol.

<
thea.marcoux@schott.com



Gracias a la base de espejo de 4,26 m, realizada en vitrocerámica ZERODUR®, el DKIST será el mayor telescopio solar del mundo. El monolito, que pesa casi 3 toneladas, tiene un espesor de tan solo 7,5 cm (ver la fotografía de arriba).

Graças ao substrato de espelho de 4,26 metros, feito com o vitrocerâmico ZERODUR®, o DKIST será o maior telescópio solar do mundo. Esta peça única pesa cerca de 3 toneladas e tem apenas 7,5 centímetros de espessura (veja foto acima).

$3 \cdot 10^{-9}$ por Kelvin para todo o material. Uma peça de 100 quilômetros de comprimento só se expandiria até 0,6 milímetros se a temperatura aumentasse em 100 Kelvin. Os espelhos usados em telescópios solares devem atender a demandas extremamente elevadas porque olham diretamente para o sol nascente e, portanto, devem ser verticais. O espelho do DKIST tem apenas 7,5 centímetros de espessura, de forma que é fácil resfriá-lo por trás, e ainda carrega três toneladas de peso sem alterar sua forma. É apoiado por 120 acionadores traseiros que compensam o inevitável desvio. As propriedades do vitrocerâmico ZERODUR® são apenas um aspecto; as especificações que os cientistas estabeleceram para o material do espelho foram um grande desafio. “Desde o projeto de oito metros, que exigiu a fabricação de quatro espelhos primários com 8,2 metros de diâmetro, os maiores substratos de espelho já produzidos, nenhum outro trabalho nos desafiou e ajudou a conseguir avanços tecnológicos quanto este. Estaremos prontos para usar as tecnologias que desenvolvemos e atender muitas outras solicitações dos clientes”, garante o chefe do Projeto na SCHOTT, Thomas Werner. O vitrocerâmico precisa ser extremamente homogêneo, porque bolhas e inclusões resultariam em dispersão de luz, o que reduz o contraste. A SCHOTT foi bem sucedida na fabricação de um substrato de espelho em que o número máximo de bolhas por unidade de volume é inferior e o tamanho máximo permitido na camada crítica foi reduzido ao fator de 2,5.

O design especial do telescópio também trouxe consequências para o espelho. Na ausência de outros espelhos secundários que emitissem sombras no caminho óptico do telescópio, o espelho teve de ser moído na forma a esférica sem eixo, o que significa que a superfície do meio tem um raio de curvatura diferente das bordas exteriores, e que este “centro” não fica no centro geométrico do espelho. Como consequência desta trituração, o ponto focal não se encontra acima do espelho, e a luz é refletida para o lado. Chegar a esta forma inusitada exigiu um grande esforço. Mas valeu a pena, considerando-se o grau de satisfação do cliente. Como diz o gerente do Projeto DKIST, Joseph McMullin, “fabricar um substrato de espelho com as especificações necessárias foi um enorme desafio tecnológico. Neste sentido, a SCHOTT provou ser o parceiro perfeito para nosso projeto. Eles realmente fizeram um grande trabalho!”

E foi assim que o espelho saiu de Mainz em uma viagem de seis semanas até Bremerhaven, como um carregamento de carga pesada, no fim de janeiro. Dali, cruzou o Atlântico, chegou ao Canal do Panamá e, de lá, para Los Angeles. Para sobreviver às ondas e ao caminho até Tucson, Arizona (EUA), um sistema de absorção de choque foi preparado. De acordo com o planejamento, assim que estiver polido e instalado com êxito, o espelho começará a refletir sua primeira luz para os instrumentos em 2019, quando o Sol poderá ser observado mais de perto.

<
thea.marcoux@schott.com