



Photo | Foto: Sony

## Close to the Action Hautnah dabei

High definition TV (HDTV) is the television of the future. Special optical materials in the form of calcium fluoride crystals provide the higher resolution that modern cameras require.

Die Zukunft des Fernsehens heißt High Definition TV (HDTV). Spezielle optische Materialien ermöglichen die dazu nötige hohe Auflösung in den modernen Kameras: Calciumfluoride.

KATRIN STRIEGEL

By the Soccer World Cup 2006 in Germany at the very latest, consumers have become accustomed to being extremely close to the action with five times more image data in 16:9 format. Even when the action on the field is actually taking place far away from the fans inside the stadium and the players appear as if they are only a few inches tall, television viewers at home experience every bead of sweat, thanks to HDTV. Nevertheless, larger and larger televisions require significantly higher resolution. Modern HDTV cameras that are capable of capturing distant images without any distortion or deviation are responsible for delivering these incredible zoom results. Here, however, the problem that results when color aberration occurs

Spätestens seit der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland hat man sich daran gewöhnt: Im 16:9-Breitbild-Format und mit fünfmal mehr Bildinformation ist man hautnah dabei. Auch wenn das Geschehen für die Fans im Stadion weit weg ist und die Spieler nur wenige Zentimeter groß erscheinen, erlebt der Zuschauer am Bildschirm dank HDTV jede Schweißperle mit. Immer größere Fernseher und genauere Detailaufnah-

men fordern jedoch eine immer bessere Auflösung der TV-Kameraobjekte. Unverzichtbar für diese enormen Zoom-Ergebnisse sind daher moderne HDTV-Kameras, die über weite Entfernungen Bilder ohne Verzerrungen und Abweichungen heranholen können. Hierzu musste unter anderem die Problematik der Farbkorrektur gelöst werden, da sich bei vielen, hintereinander angeordneten Linsen in optischen Systemen Farbfehler er-



Photo | Foto: SCHOTT

Ever larger television displays require modern HDTV cameras (left) that are capable of zooming in on distant images without causing distortion. When used as an optical lens material (right), calcium fluoride helps avoid color aberration.

Immer größere Fernsehbildschirme erfordern moderne HDTV-Kameras (links), die auch entfernte Bilder verzerrungsfrei heranzoomen können. Dabei hilft Calciumfluorid als optisches Linsenmaterial (rechts) Farbfehler zu vermeiden.

and many different lenses are placed behind each other had to be resolved. These aberrations occur because the transitory light beams are refracted to different degrees by a lens, depending on their wavelength, and therefore do not arrive at exactly the same point on the image plane. Fuzziness and color errors, or so-called chromatic aberrations, result. This undesirable effect can be corrected, however, by adding a second lens or optical material that behaves in exactly the opposite manner. This is where calcium fluoride crystals come into play.

### Color correction in lens systems

Basically, this involves leveraging a long-known property of certain types of crystals. Even back in 1886, the optics pioneer from Jena, Professor Ernst Abbe, recognized that calcium fluoride crystals were uniquely suited for correcting colors in lenses and went on to develop the concept of apochromatic correction. Apochromatic corrected lens systems refract light in an entirely different manner and, thus, achieve very precise overlapping of the red, green and blue rays of light. The result is that no more chromatic aberrations occur. In the field of photography, the abbreviation APO is frequently used to refer to apochromatic lenses. Thus far, mainly higher quality, light-intensive telephoto lenses have been introduced as double lenses. But, now that HDTV technology has become popular, lenses for television cameras have become yet another market for calcium fluoride crystals.

“In color viewing systems, it really depends how cleverly highly refractive and low-refractive glasses are combined. Here, the objective is to retain the refraction that is needed to either increase or decrease the size of an object and, on the other hand, correct the color aberrations that occur. Here, calcium fluoride crystals, such as those produced in entirely new sizes and

geben. Diese treten auf, weil die durchlaufenden Lichtstrahlen abhängig von ihrer Wellenlänge unterschiedlich stark von einer Linse gebrochen werden und somit nicht genau auf demselben Punkt der Bildebene auftreffen. Es entstehen Unschärfen und Farbsäume, die sogenannte chromatische Aberration. Dieser unerwünschte Effekt lässt sich korrigieren, indem man eine zweite Linse beziehungsweise ein optisches Material verwendet, das sich genau entgegengesetzt verhält – und hier kommen Calciumfluorid-Kristalle zum Zug.

### Farbkorrektur in Linsensystemen

Im Grunde wird damit eine schon lange bekannte Eigenheit bestimmter Kristalle genutzt. Denn bereits im Jahre 1886 erkannte der Jenaer Optikpionier Prof. Dr. Ernst Abbe die einzigartige Eignung von Calciumfluorid-Kristallen zur Farbkorrektur in Objektiven und entwickelte die apochromatische Korrektur. Solcherart korrigierte Linsensysteme brechen das Licht auf eine ganz bestimmte Art

und Weise und erzielen eine punktgenaue Überlagerung der roten, grünen und blauen Lichtstrahlen. Die Folge ist, dass keine chromatischen Aberrationen, also Farbabweichungen, entstehen. In der Fotografie werden apochromatische Objektive häufig mit der Abkürzung APO gekennzeichnet. Bislang wurden vor allem höherwertige, lichtstarke Teleobjektive als Apochromaten ausgeführt. Mit dem Durchsetzen der HDTV-Technologie eröffnet sich nun in Linsen für Fernsehkameras ein weiterer Markt für Calciumfluorid-Kristalle.

„In farbig abbildenden Systemen kommt es darauf an, wie geschickt hochbrechende und niedrigbrechende Gläser kombiniert werden. Ziel ist, einerseits die Brechung zu erhalten, die benötigt wird, um etwas zu vergrößern oder zu verkleinern, und andererseits die Farbfehler, die dabei auftreten, zu korrigieren. Calciumfluorid-Kristalle, wie sie SCHOTT Lithotec herstellt und die heute in ganz neuen Abmaßen und Mengen zur Verfügung stehen, bieten sich hier an, weil sie im Vergleich zu optischen Gläsern eine extrem geringe Brechzahl und sehr

## GROWING OF MONOCRYSTALS IS UNIQUE

Calcium fluoride blanks are made from fine powder that needs to be as pure as possible. The first step calls for this powder to be melted down so that the crystallization process can begin. In order to reduce the tension that results from the extreme differences in temperature as much as possible, the temperature has to be lowered extremely slowly.

This is why the crystal growing facilities at SCHOTT operate under a high vacuum using a highly sophisticated temperature program that enables extremely slow, yet disturbance-free growth of the crystals by only a few centimeters per day. The grown crystals that often weigh

100 kilograms are then removed after a few weeks. These have a diameter of up to 350 millimeters and a thickness of at least 150 millimeters. During the next stage of production, the two end regions are cut off perfectly parallel to the growth region and this results in the final blanks. Despite the considerable dimensions that were never possible before, the atomic structure is completely identical. This is also why they are referred to as monocrystals. SCHOTT is the only vendor in the world that is capable of producing crystals with such diameters in incomparable purity and has access to the world's largest manufacturing capacity. <|



A complex manufacturing process: the final disks of the highest purity are made from calcium fluoride crystals that often weigh 100 kilograms.

Ein komplexer Fertigungsprozess: Aus oft 100 Kilogramm schweren Calciumfluorid-Kristallen entstehen fertige Scheiben reinster Zusammensetzung.

Photo | Foto: SCHOTT

## EINZIGARTIGE ZUCHT VON EINKRISTALLEN

Calciumfluorid-Rohlinge werden aus einem feinen Pulver hergestellt, das so rein wie möglich sein muss. In einem ersten Schritt wird das Pulver geschmolzen, dann beginnt der Kristallisationsprozess. Um die durch die hohen Temperaturdifferenzen entstehenden Spannungen möglichst gering zu halten, muss die Temperaturabsenkung sehr langsam erfolgen.

Die Kristallzuchtanlagen bei SCHOTT Lithotec arbeiten daher im Hochvakuum mit einem ausgeklügelten Temperaturprogramm, das ein extrem langsames, aber störungsfreies Wachstum der Kristalle von wenigen Zentimetern pro Tag ermöglicht. Nach mehreren Wochen

werden die fertigen, oft 100 Kilogramm schweren Kristalle entnommen. Diese sogenannten Rohkristalle besitzen einen Durchmesser von bis zu 350 Millimetern und eine Dicke von mindestens 150 Millimetern. In einer nächsten Fertigungsstufe werden die beiden Endzonen exakt parallel zur Wachstumsebene abgeschnitten und die fertigen Scheiben gewonnen. Trotz der beachtlichen, zuvor noch nicht erreichten Dimensionen ist die atomare Struktur völlig einheitlich – daher auch die Bezeichnung Einkristall. SCHOTT bietet als einziger Anbieter reinste Einkristalle im genannten Durchmesser an und verfügt über die weltweit größte Kapazität für deren Herstellung. <|



Since the World Cup took place in Germany in 2006, viewers are now much closer to the action, thanks to HDTV.

Seit der Fußball-Weltmeisterschaft 2006 in Deutschland ist auch der Fernsehzuschauer dank HDTV hautnah dabei.

volumes by SCHOTT Lithotec in Jena, are well-suited, because they have a relatively low index of refraction and an extremely high Abbe Number, in comparison with optical glasses,” explains Peter Maushake, Product Manager of Optical Materials at SCHOTT Lithotec in Jena, Germany.

Calcium fluoride is known for being one of the hardest materials in the fluoride crystal family. The excellent processing possibilities that result from this are yet another reason why it is particularly well-suited for use in manufacturing a broad range of optical components.

#### Also ideally suited for laser lenses

Calcium fluoride is not only capable of standing up to temperatures of up to 800°C in dry atmosphere, due to its low absorption, it is also perfectly suited for use in lenses for high-performance lasers. The homogeneity of the index of refraction is yet another important parameter for this lens material in achieving images that are as free from distortion as possible. Here, calcium fluoride is capable of meeting even the highest demands for quality.

Even if microlithography for use in manufacturing computer chips remains the most important area of application for calcium fluoride, mainly due to its exceptional ultraviolet (UV) transmission, this material will also be used more and more often in visual, as well as infrared wavelength regions. Calcium fluoride offers a number of other important optical characteristics, including low axial and radial birefringence. Thanks to its extremely high purity and structure, calcium fluoride also offers high laser stability and is, therefore, popularly used in deep UV litho excimer laser lenses. Like fused silica, it has taken on great importance as a material for use as a material in semiconductor lithography in so-called wafer steppers. Today, these illumination and projection lenses are capable of projecting circuit structures with minimal structural widths of 45 nanometers onto silicon wafers.

<| [agnes.huebscher@schott.com](mailto:agnes.huebscher@schott.com)

hohe Abbe-Zahl aufweisen“, erläutert Peter Maushake, Produkt Manager Optical Materials bei SCHOTT Lithotec in Jena, Deutschland.

In der Familie der Fluoridkristalle ist Calciumfluorid bekannt dafür, eines der härtesten Materialien zu sein. Die daraus resultierende gute Bearbeitungsmöglichkeit ist ein weiterer Grund, warum es sich besonders gut für den Einsatz in der Fertigung einer breiten Palette von optischen Komponenten eignet.

#### Auch ideal geeignet für die Laseroptik

Calciumfluorid kann nicht nur Temperaturen bis 800 Grad Celsius in trockener Atmosphäre aushalten. Aufgrund seiner geringen Absorption ist es auch bestens geeignet für Optiken von Hochleistungslasern. Die Homogenität des Brechungsindex ist ein weiterer wichtiger Parameter für das Linsenmaterial, um ein möglichst verzerrungsfreies Bild zu erhalten. Hier wird Calciumfluorid selbst den höchsten Qualitätsanforderungen gerecht. Auch wenn die Mikrolithographie

zur Herstellung von Computerchips weiterhin das wichtigste Anwendungsgebiet für Calciumfluorid ist – wobei hier vor allem die außergewöhnliche Transmission für ultraviolette (UV) Strahlung zum Tragen kommt–, wird das Material immer häufiger auch für Anwendungen in visuellen sowie infraroten Wellenlängenbereichen genutzt. Calciumfluorid verfügt zudem über eine Reihe weiterer wichtiger optischer Eigenschaften wie etwa niedrige axiale und radiale Doppelbrechung.

Zudem besitzt Calciumfluorid durch seine extreme Reinheit und Struktur eine hohe Laserbeständigkeit und kommt deshalb bevorzugt in Litho-Excimer-Laseroptiken im tiefen UV-Bereich zum Einsatz. Es erlangte dort neben dem Quarzglas eine hohe Bedeutung als Material in der Halbleiterlithographie in den sogenannten Wafer-Steppern. Diese Beleuchtungs- und Projektionsoptiken dienen zum Abbilden der Schaltungsstrukturen auf Siliciumwafern mit minimalen Strukturweiten von derzeit 45 Nanometern.

<| [agnes.huebscher@schott.com](mailto:agnes.huebscher@schott.com)