

Technische Informationen zu Coronadofiltern

Übersetzt von Herrn R.ten Hoevel für Fernrohrland by PHOTO UNIVERSAL

Technische Notiz Nr. 001 von Coronado:

Die zentrale Obstruktion

Bei Coronado wird gelegentlich nach Informationen betreffs der zentralen Obstruktion, die bei den AS-1/SolarMax ganz augenscheinlich ist, angefragt. Die für diese Obstruktion verantwortliche Blende dient dem Zweck direktes Sonnenlicht auf die Bildebene durch eine zentrale unvergütete Zone der Etalon-Filterkomponente aus zu blenden. Diese Region hat Platz für einen extra Zwischenraum in der Konstruktion des Etalons, welches einen wesentlichen Bestandteil der hervorragenden Abbildung des AS-1-SolarMaxfilters bildet. Das beinhaltet auch das Grundprinzip, auf dem die Filterpatente beruhen.

Das Etalon besteht aus zwei flachen Platten aus geschmolzenem Silizium mit einer harten, verlustarmen dielektrischen Vergütung, die die Filtereigenschaften bestimmt. Diese Platten sind durch Distanzstücke aus Material mit extrem niedrigen Brechungskoeffizienten getrennt. Die Distanzstücke sind optisch mit den Platten verbunden und garantieren für den richtigen Abstand und die Parallelität der Platten. Bei dem klassischen Etalon mit Luftspalt, sind diese Distanzstücke, normalerweise drei, um die Kanten der Platten herum positioniert. Diese patentierte Anordnung ergibt eine Anzahl von Verbesserungen der Abbildungsleistung des Etalons und erlaubt letztendlich, dass man das Etalon als Solarfilter benutzen kann. Die zentrale Obstruktion hat prinzipiell zwei Effekte für die Abbildung,- thermische Stabilität und Strahlenbrechung. Diese Punkte sollen jetzt getrennt abgehandelt werden.

Thermische Stabilität

Herkömmlicherweise wird das Etalon mit Luftspalt wegen seiner hohen thermischen Stabilität im Vergleich zu der Ausführung mit festen Distanzstücken benutzt, entsprechend der Tatsache, dass ein optisches Material sich immer temperaturabhängig verhält, entsprechend seinem Temperaturkoeffizienten und der Temperaturabhängigkeit seines Brechungskoeffizienten.

Wenn man jedoch diese Konstruktion für ein Sonnenfilter betrachtet, muss man sehr sorgfältig vorgehen, um die thermische Stabilität korrekt zu definieren. Zum Beispiel hat ein klassisches Etalon mit Luftspalt, wie es oben beschrieben wurde, eine Bandbreite (HBW), eine abgestimmte Wellenlänge (CWL) bei einer bestimmten Temperatur T, wenn sich die Temperatur auf T` ändert, wird das Etalon den gleichen HBW und die gleiche CLW haben, sobald das Etalon bei der neuen Temperatur sich im thermischen Gleichgewicht befindet, es wird jedoch nicht das gleiche HBW und CLW haben, solange sich die Temperatur noch angleicht. Das ist für ein in einem Sonnenfilter benutztes Etalon besonders wichtig, weil das Filter im Gebrauch der Sonne zugewandt ist, das Filter ist nie im thermischen Gleichgewicht., Das hat von vornherein die Anwendung solcher Etalons in Solarfiltern ausgeschlossen, außer bei Anwendung unter Laborbedingungen.

Um dieses Problem zu lösen, konstruierte und patentierte Coronado eine ganz neue Lösung für Etalons mit Luftspalt. Wie oben schon berichtet, beruht diese Konstruktion auf einer Erhöhung der Anzahl der Kanten-Distanzstücke und der Hinzufügung eines Distanzstückes im Zentrum. Diese Konstruktion verbessert nicht nur die wirtschaftliche Fertigung, sondern erhöht auch dramatisch die thermische Stabilität bei sich ändernder Temperatur.

Zur Erläuterung sollte man die folgenden Diagramme studieren.

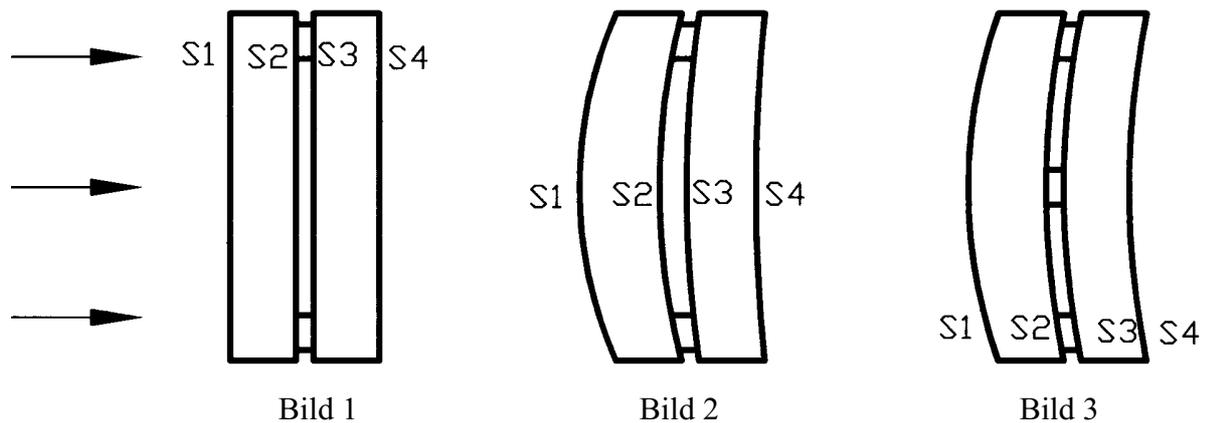


Bild 1 stellt ein Etalon mit Luftspalt und Distanzstücken an der Kante dar. Die Sonnenstrahlung fällt auf die Oberfläche 1 (S1) und erhöht die Temperatur T zur Zeit t' auf die Temperatur T_1 (In manchen Fällen ist dem Etalon noch ein Energieschutzfilter vorgeschaltet, weil jedoch dieses Filter einen großen Teil der Wärmestrahlung absorbiert, steigt die Temperatur des Energieschutzfilters, wodurch dieses als Wärmequelle für das Etalon wirkt) Entsprechen der geringen Wärmeleitfähigkeit des geschmolzenen Silikats ist die Temperatur an der Oberfläche S2 etwas niedriger, sagen wir T_2 . Das selbe Argument gilt für die Flächen S3 und S4. Daher ist die Temperaturverteilung über die Oberflächen zu einer beliebigen Zeit t' gegeben durch: $T_1 > T_2 > T_3 > T_4$.

Das bedeutet, dass die seitliche Ausdehnung der Platten an jeder Oberfläche verschieden ist (und natürlich auch in jeder inneren Querschnittsebene.) Weil die Platten fest an den Rändern eingespannt sind, ergibt sich Bild 2, was natürlich stark übertrieben dargestellt ist.

Wie man aus Bild 2 ersieht, nimmt der Luftspalt zwischen den Platten die Form einer Meniskuslinse an, anstatt einen planparallelen Spalt zu bilden, wie es für das Etalon erforderlich wäre. Das bewirkt eine Änderung der zentralen Durchlassfrequenz, gemäß der neuen durchschnittlichen Dicke des Spalts. Außerdem verbreitert sich die Durchlassbandbreite des Etalons, weil der Spalt nicht mehr planparallel ist.

In Bild 3 kann man aus dem Bild ersehen, wie sich das Hinzufügen eines zentralen Distanzstückes unter der gleichen Wärmestrahlung auswirkt. In diesem Falle, wenn sich die erste Platte unter dem Temperatureinfluss verbiegt, sorgt das zentrale Distanzstück dafür, dass sich die zweite Platte in der selben Art und Weise verbiegt, sogar obgleich diese Verbiegung normal geringer unter der thermischen Strahlung ausfallen würde. Als Resultat ergibt sich, dass sowohl die Dicke des Luftspaltes als auch die Parallelität der Platten mit hoher Genauigkeit erhalten bleibt.

Abschließend ist zu sagen: Weil ein Sonnenfilter während des Gebrauchs niemals im thermischen Gleichgewicht ist, muss ein Etalon mit Luftspalt so wie die patentierte Konstruktion von Coronado aufgebaut sein, um sich thermisch stabil zu verhalten.

Strahlenbrechung:

Die zentrale Obstruktion in einem Coronadofilter hat dieselbe Auswirkung auf die Bildqualität wie bei einem Cassegrain oder einem Newton-Teleskop. Bei diesen Teleskopen ist die Obstruktion ein Bruchteil der Öffnung im allgemeinen zwischen 25 und 35 %, bei ausschließlich fotografischer Verwendung ist eine Obstruktion bis zu 50 % tragbar. Bei den Coronado AS-1-Filtern beträgt die Obstruktion modellabhängig zwischen 16 und 24 %.

Die Auswirkung der zentralen Obstruktion sind zweifach; -eine Verminderung des empfangenen Lichtes und eine Verringerung des Bildkontrastes.

Die Verminderung des empfangenen Lichtes entspricht der prozentualen Fläche der Obstruktion. In allen Fällen ist dies ein moderater Anteil, z.B. 12 % bei 35 % Obstruktion. Für ein Solarfilter ist das von geringer Bedeutung, weil es in dem Filter Komponenten gibt, die das Licht in weit aus größerem Umfang dämpfen, um die Beobachtung sicher zu machen.

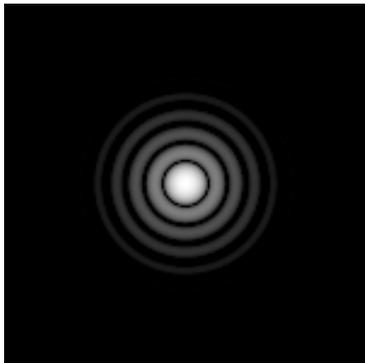


Bild 4

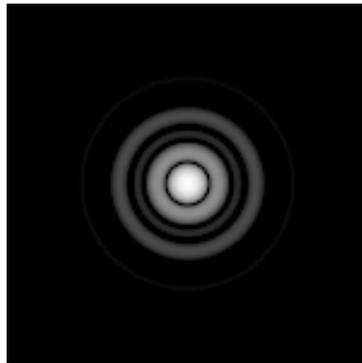


Bild 5

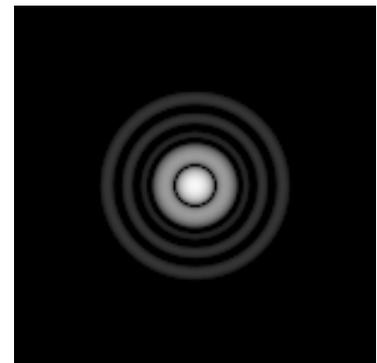
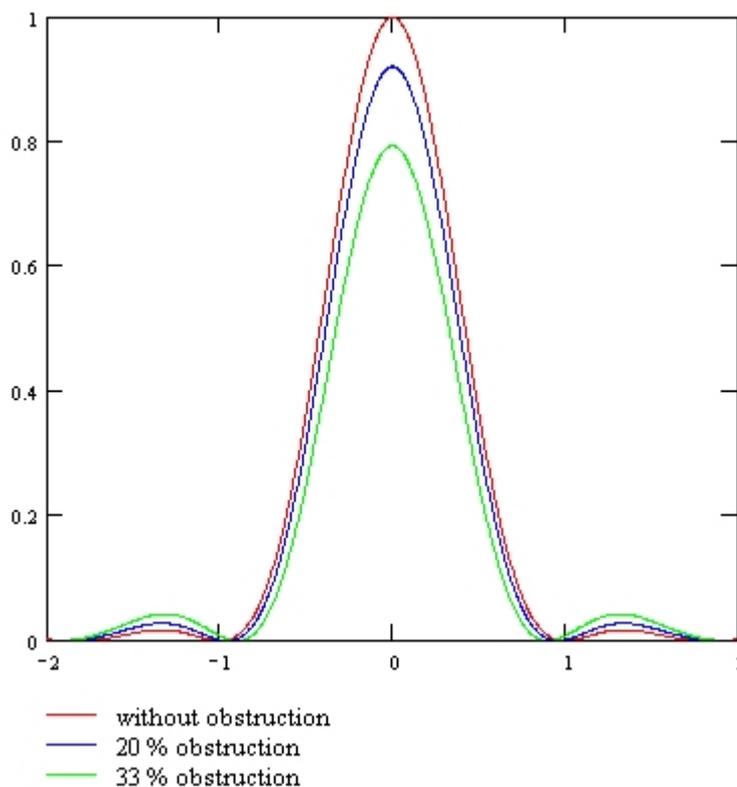


Bild 6

Jedoch was die Kontrastminderung betrifft, ist es wert, weitere Betrachtungen anzustellen. Die Größe der Obstruktion hat eine Auswirkung auf das Beugungsscheibchen. Das ist die Abbildung einer Punktlichtquelle durch ein perfektes optisches System. Die Auswirkung der Obstruktion ist, dass etwas Licht aus der Zentralregion in den 1. Beugungsring verschoben wird. Dieser Effekt ist für Obstruktionen von 20 % und 30 % in Bild 5 und Bild 6 dargestellt.



Obwohl die Bilder durchaus betrachtenwerte Unterschiede aufweisen, kann man in Bild 7 sehen, dass das in den ersten Beugungsring verschobene Licht nur 1,7 , b.z.w. 5,4 % der zentralen Beugungsscheibe ausmacht. Für Obstruktionen von weniger als 25 %, wie bei den AS-1/ SolarMax-Filtern kann man diesen Betrag vernachlässigen. Die Auswirkung der Obstruktion auf den Kontrast kann durch

Betrachtung der MTF-Kurve in Bild 8 ermittelt werden. Die Kontrastübertragungsfunktion ist

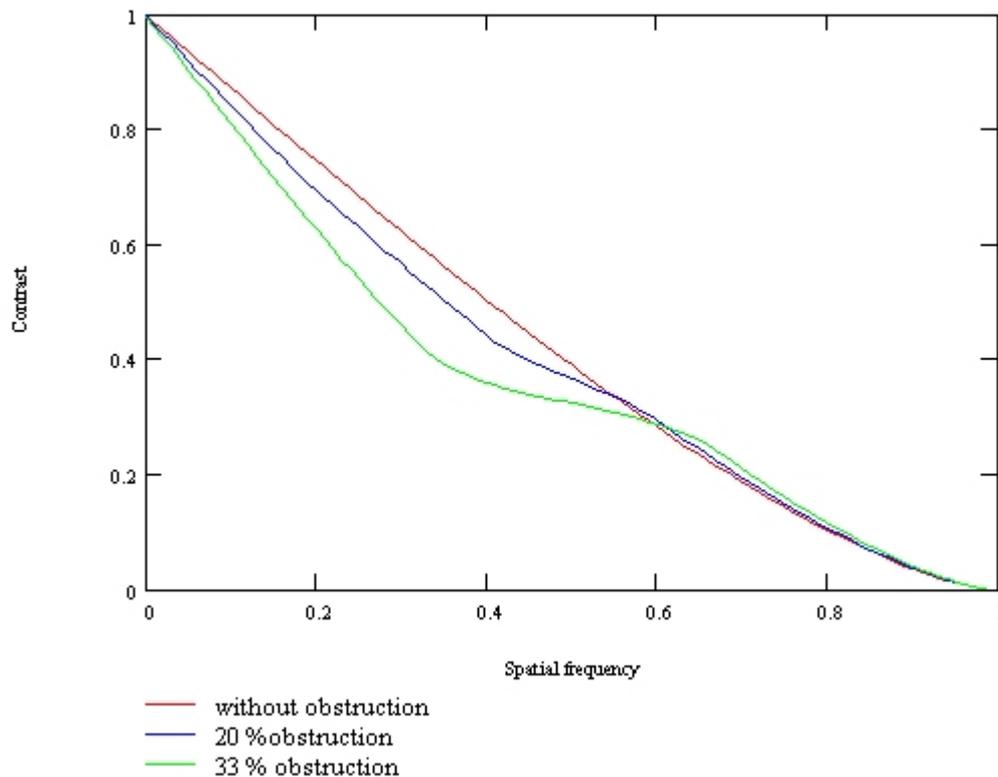


Bild 8

eine Messung, die ermittelt, wie perfekt ein optisches System ein Objekt in ein Bild überträgt. Diese Übertragung kann wegen der Brechungsgesetze niemals perfekt sein. Die MTF wird durch die verschiedenen räumlichen Frequenzen, die der Größe und der Verteilung der Details des beobachteten Objektes entsprechen, bestimmt.

Bild 8 zeigt, dass der Kontrast in einer komplexen Art eingeschränkt wird. Der Kontrast vermindert sich in der Tat mit wachsender Obstruktion. – Aber nur bei niedrigen und mittleren Frequenzen. Dagegen wird der Kontrast im hohen Frequenzbereich auch nicht vollständig beibehalten., aber er wird nur unwesentlich verringert.

Um die Auswirkung dieser Effekte auf die Auflösung des Systems zu überprüfen, müssen zwei Fälle betrachtet werden:

1) Strukturen mit hohem Kontrast: das sind z.B. Mond, Doppelsterne, Sonne.... Weil die Auflösungsgrenze sich auf der rechten Seite der MTF-Kurve befindet (Bild 8), spielt die Obstruktion keine Rolle.

2) Strukturen mit niedrigem Kontrast: z.B. Planetenoberflächen. Die Auflösung findet bei niedrigeren Frequenzen statt wie oben. Für Details mit sehr niedrigem Kontrast, liegt die Auflösungsgrenze auf der linken Seite des Kurvenabschnittes und in diesem Falle wird die Auflösung mit der Größe der Obstruktion schlechter. Ob die Auflösungsgrenze auf dem linken oder rechten Kurvenabschnitt erreicht wird, (und ob es eine Verminderung der Auflösung gibt oder nicht) hängt wesentlich vom Kontrast des Objektes ab. Dieser kann mit der Wellenlänge und ebenfalls mit der Abbildungstechnik variieren. Die Kontrastschwelle differiert von 2 % für das menschliche Auge bis zu 0.5 % für CCD-Aufnahmen.

Offensichtlich gilt das Obenstehende nur, wenn die anderen Fehler des optischen Systems genügend niedrig sind. Optische Fehler und eine mangelhafte Kollimation des optischen Systems haben weitaus größere Auswirkungen auf die Auflösung und den Kontrast als die Auswirkung der zentralen Obstruktion in der betrachteten Größenordnung.

Schlussfolgerung: Wegen des hohen Kontrastes bei der Sonnenbeobachtung, hat die zentrale Obstruktion bei den AS-1/Solarmax-Filtern keine nennenswerte Auswirkung auf den Kontrast, wenn die Filter in Verbindung mit hochwertigen Optiken, wie z.B. den MAXSCOPE-Teleskopen benutzt werden. Ebenso ist die Auflösung der Filter besser als die des Instruments.

Bemerkung:

Die Computer generierten Bilder und Kurvendarstellungen wurden mit freundlicher Genehmigung von Thierry Legault abgedruckt.

Licht von der Sonne:

Das Sonnenlicht hat eine einzigartige Zusammensetzung, welche durch die verschiedenen Elemente, die die Gesamtzusammensetzung bilden, beeindruckt. Dies wird sichtbar, wenn man das Licht zu einem Spektrum auseinander zieht. Innerhalb des Spektrums sind viele dunkle Linien, auch „Absorptionslinien“ genannt zu sehen, wobei das laufende Spektrum sich von tiefen Rot bis Violett, welches an diesen Stellen ausgefiltert wird, in verschiedenen Niveaus der Sonnenstruktur, so wie sich das Licht vom Innern der Sonne in den Weltraum ausbreitet.

Wenn man die Sonne mit einem Instrument betrachtet, welches nur eine dieser Linien aus dem Spektrum ausfiltert, betrachtet man das Sonnen speziell im Lichte von der Wellenlänge dieser speziellen Linie.

Coronado-Filter sind solche Instrumente!

Ogleich man die Sonne bei fast jeder der zahllosen Linien im Spektrum betrachten kann, was auch in vielen Solarobservatorien weltweit geschieht, gibt es einige besonders wichtige Linien, die besonders gut die bedeutenden Phänomene auf der Sonnenoberfläche zeigen. Bei der Wellenlänge 656,28 nanometer, (nm), liegt die Hauptlinie des Elementes Wasserstoff. Weil dies die erste im Spektrum auftretende Wasserstofflinie ist, wird sie als H-alpha-Linie bezeichnet. Im weiteren Verlauf des Spektrums, im tiefen Violett, gibt es noch die Hauptlinie von Calcium, die man auch als Calcium-K-linie oder einfach mit Ca-k, bezeichnet.

Diese zwei Linien erzählen uns viel darüber, was sich auf der Sonne abspielt. Sie erlauben uns Beobachtungen der meisten entscheidenden Phänomene; -Protuberanzen, die Struktur in der Umgebung der Sonnenflecken, Flares, die Granulation und vieles mehr. Weil der überwiegende Teil der Sonne aus Wasserstoff besteht, ist die wichtigste Linie im Spektrum die H-alpha-Linie

Das Fabry-Perot Etalon-Filter.....

Coronado-Filter arbeiten nach dem Prinzip des Fabry-Perot-Interferometers. Allgemein gesprochen handelt es sich um zwei hochreflektierende, nicht absorbierende Vergütungsschichten, die durch einen planparallelen Spalt getrennt sind. Solch eine Struktur wird auch als Etalon bezeichnet.

Wenn ein paralleler Strahl aus weißem Licht eine solche Struktur durchquert, wird der größte Teil des Lichtes von den Vergütungsschichten reflektiert, wenn jedoch der planparallele Spalt zwischen den Vergütungsschichten in der Dicke genau irgendeinem ganzzahligen Vielfachen der halben Wellenlänge des einfallenden Lichtes entspricht, wird das Licht vollständig vom System durchgelassen. Coronadofilter sind so konstruiert, dass einer dieser Durchlassbereiche bei einer der interessierenden Linien im H-alpha-Bereich liegt. Wenn die Konstruktion so gemacht ist, dass dieser Durchlassbereich des Etalons nicht breiter als die gewünschte Spektrallinie ist und alle anderen Durchlassbereiche des Etalons durch Nebenfilter unsichtbar bleiben, dann hat man ein System, welches ausschließlich das H-alpha-Licht durchlässt. Wenn man die Sonne mit einem solchen System beobachtet, sieht man alle Erscheinungen auf der Sonne die durch den Wasserstoffinhalt der Sonne hervorgebracht werden. Diese Etalon-Strukturen gehören zu den genauesten optischen Strukturen, die man überhaupt fertigen kann. Damit nur die gewünschte Wellenlänge mit geringster Dämpfung passieren kann, müssen die Platten, auf denen die Vergütung aufgebracht ist und die Parallelität des Luftspaltes auf weniger als ein hundertstel der Lichtwellenlänge genau gefertigt werden. In physikalischen Einheiten angegeben, darf kein Teil der Struktur mehr als 0,000005 mm oder 0,000002 Zoll von zwei perfekten Planflächen abweichen.

In der Praxis sind Coronado-Filter aus einer Anzahl verschiedener Spaltmaterialien, (auch Distanzstücke genannt) gefertigt, die einen Bereich von Brechungsindices abdecken. Die Vergütungen wurden nach einem technischen Verfahren, welches ursprünglich für die Raumfahrt entwickelt wurde, aufgebracht. Dieses Verfahren ist vollkommen verschieden zu herkömmlichen Vergütungen und erzeugt sehr harte und beständige Vergütungen mit extrem geringen optischen Verlusten. Eine Fülle von Distanzstückmaterialien erlaubt uns die Filter sowohl auf höchste thermische Stabilität als auch auf Abstimmbarkeit zu optimieren und ihre Abbildungsqualität in vielen verschiedenen optischen Systemen zu maximieren. Auf diesem Wege können die Filter so maßgeschneidert werden, dass sie mit ihrem persönlichen Teleskop die besten Ergebnisse erzielen.

Coronado behält sich das Recht vor, die technischen Daten der Filter ohne vorherige Ankündigung zu ändern.

Die Bedeutung von Winkeln...

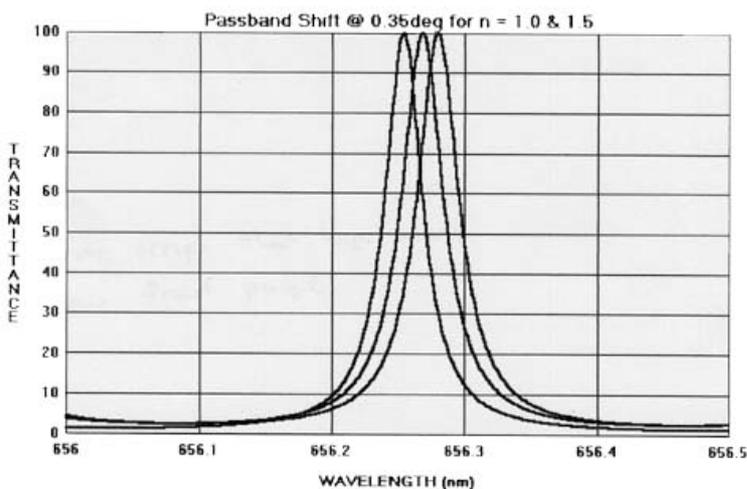
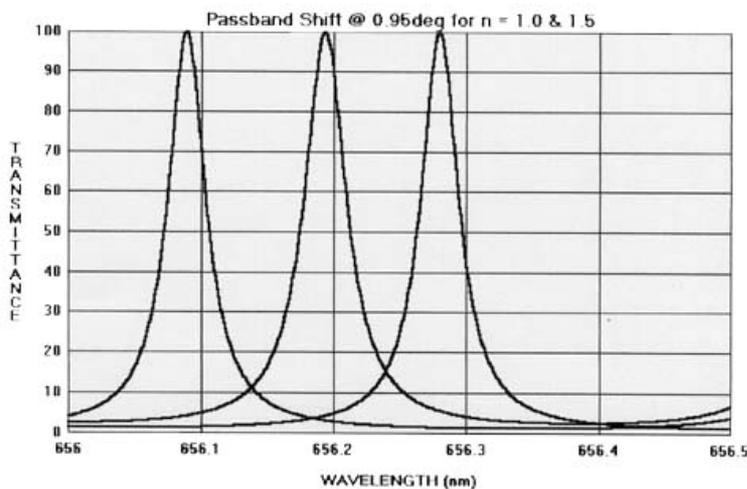
Wenn man die Filter bei astronomischen Betrachtungen einsetzt, ist es wichtig zu verstehen, wie sich der Winkel auf die Abbildung auswirkt, in dem das Licht in das optische System einfällt. Alle Filter reagieren auf den Einfallswinkel des Lichtes, aber in dem Falle des bei einem Solarfilter extrem schmalen Durchlassbereiches ist dieser Effekt wesentlich. Coronado hat Modelle, die für wechselnde Bedingungen eines akzeptablen Gesichtsfeldes optimiert sind, es ist sehr wichtig das richtige Modell zu verwenden, um eine befriedigende Abbildungsqualität zu erhalten.

Es gibt zweierlei Betrachtungen, die diesen Effekt betreffen. Die erste betrifft die Winkel, die mit dem beobachteten Feld verknüpft sind; zum Beispiel die Sonne von der Erde aus beobachtet, überspannt einen Winkel von ungefähr 0,5 Grad. Der Bereich von Winkeln, die in ein Instrument einfallen, ist deshalb $\pm 0,25$ Grad und das Filter sollte diesen Bereich ohne Verschlechterung seiner Charakteristik verarbeiten, wenn die komplette Sonnenscheibe beobachtet wird.

Die zweite Betrachtung bezieht sich auf die Winkel innerhalb des Strahlenkegels durch das optische System, in welchem das Filter benutzt wird. Dieser Kegel wird durch das Öffnungsverhältnis bestimmt, allgemein auch als f/ratio bezeichnet. Das Öffnungsverhältnis wird berechnet, indem man die effektive Brennweite durch die Öffnung des Instrumentes dividiert.

Einer der bedeutendsten Umstände, diese zwei Betrachtungen zu verstehen und wie sie die Abbildungsqualität eines Filters beeinflussen, ist ihre Wechselbeziehung zueinander. Die fundamentalen Gesetze der optischen Instrumente ergeben zwangsläufig, dass wenn einer dieser Winkel durch optische Komponenten vergrößert wird, sich der andere Winkel ebenfalls vergrößert. Umgekehrt, wenn man ein Filter für beste Abbildungsqualität konstruiert, muss man einen Kompromiss für die aus den verschiedenen Quellen stammenden Einfallswinkel der Strahlen eingehen, um das Filter am Einbauort des Systems anzupassen.

Lassen Sie uns von den allgemeinen Grundlagen zu einigen speziellen, die Coronado-Filter betreffende Probleme übergehen.



Die Kurven der begleitenden Diagramme stellen die spektrale Transmission von typischen Filtern abhängig von der auf der horizontalen Achse dargestellten Wellenlänge dar. In jeder Figur zeigt die schwarze Kurve die Position des Filterdurchlassbereiches, wenn das Licht normal in das perfekt kollimierte Filter eintritt. Die vertikalen Linien stellen die annähernde Größe der H-alpha Absorptionslinie dar. Die anderen Kurven bedeuten die Verschiebung des Durchlassbereiches des in der Normalposition eingebauten Filters, abhängig von den maximalen durch das Öffnungsverhältnis bedingten Winkeln unter Vernachlässigung weiterer zusätzlicher Bildfeldwinkel. Von rechts nach links, sind ein Coronado VHn-Filter, ein Filter des Typs SMn und ein AS1-Filter dargestellt. Die

wichtigsten Merkmale dieser Filter sind: Das VHn-Filter hat ein Distanzstück mit sehr hohem Brechungsindex, Das SMn-Filter hat ein Distanzstück mit mittlerem Index, wie es typischerweise in anderen ultraschmalen Filtern verwendet wird und das AS1-Filter ist ein Modell mit Luftspalt, der logischerweise den Brechungsindex 1 besitzt.

Es kann sehr klar gesehen werden, dass die Distanzstücke einen großen Einfluss auf die Empfindlichkeit des Filters gegen außeraxial einfallende Strahlen haben. Es sollte besonders angemerkt werden, dass bei einem Öffnungsverhältnis von $f/30$, (Das ist ein allgemein übliches, um eine angemessene Abbildung zu bekommen), der Durchlassbereich eines typischen Filters mit mittlerem Brechungsindex für Strahlen am Rand des Lichtkegels schon komplett außerhalb der bestehenden H-alpha-Linie liegt. Das bedeutet, wenn das Filter in einem $F/30$ -System verwendet wird, ein Filter mit einer nominellen Durchlassbandbreite von $0,5 \text{ \AA}$ der Durchlassbereich sich auf 1 \AA verbreitert, wodurch der Kontrast ernstlich reduziert wird. Die Coronado Instruments Group empfiehlt, dass das Öffnungsverhältnis des mit einem Filter benutzten Instrumentes maximal $f/45$ sein sollte, ausgenommen bei dem Modell VHN mit speziell hohem Brechungsindex; bei diesem Filter kann das Öffnungsverhältnis bis auf $f/30$ vergrößert werden.

Einen speziellen Fall stellt das Filter vom Typ AS1 dar, es handelt sich um ein hoch temperaturstabilisiertes Filter mit Luftspalt. Wegen seiner Reaktion auf außeraxiale Strahlen ist es dafür konstruiert vor dem Objektiv des Teleskopes benutzt zu werden, wo nur Strahlenwinkel von $\pm 0,25$ Grad des kompletten Sonnenbildes eintreffen. Wie man aus Bild 3 ersieht, arbeiten alle Filter hervorragend in dieser Position.

Auf der anderen Seite des Teleskops, auf der Okularseite ist die Situation komplexer. Hier müssen die Strahlenwinkel im Filter mit den Strahlenwinkeln im Instrument sehr sorgfältig ausbalanciert werden. Zum Beispiel arbeiten die meisten astronomischen Teleskope nicht mit $f/45$, Typisch ist ein Öffnungsverhältnis zwischen $f/4$ und $f/15$. Aus diesem Grund muss eine Barlowlinse benutzt werden um die Brennweite zu vergrößern und wenn es notwendig ist, die Öffnung abgeblendet werden. Wenn man jedoch das Öffnungsverhältnis auf diese Art vergrößert, erhält man eine Vergrößerung des sich ergebenden Bildes. Das bedeutet das die Winkel im Bildfeld, abhängig von der Sonnengröße im selben Verhältnis vergrößert werden. Es ist witzlos, die Strahlenwinkel im Instrument bis zum Punkt der Brauchbarkeit zu vergrößern, wenn man dadurch die Strahlenwinkel im Bildfeld unakzeptabel groß für das Filter werden, außer man akzeptiert ein bedeutend reduziertes Bildfeld. Um dieser Sache Herr zu werden, kann man eine zusätzliche Optik in den optischen Weg einsetzen, eine ziemlich langbrennweitige Positivlinse, wodurch sich für das Filter eine sogenannte telezentrische Position ergibt. Das bedeutet, dass alle Hauptstrahlen, von allen Punkten der Sonne, das Filter parallel zueinander durchqueren, und einer ist nur übrig mit den Strahlenwinkeln des neuen Öffnungsverhältnisses. Diese Betrachtungen sind besonders bedeutungsvoll, wenn man ein katadioptrisches Teleskop benutzt, wie ein Schmidt-Cassegrain oder einen Maksutow. In solch einem System hat der Sekundärspiegel bereits die Bildfeldwinkel vergrößert mit seinem Vergrößerungsfaktor, üblicherweise fünf.

Ein allgemeiner Fehler bei der Konstruktion eines Teleskops für die Verwendung mit einem Schmalbandfilter ist, den austretenden Strahl zu kollimieren. Es gibt spezielle Umstände, wie dies erfolgreich durchgeführt werden kann, aber es bedeutet das man eine Linse in das Teleskopsystem an einem Punkt einbauen muss, der nicht zugänglich ist. Wenn jemand eine typische, allgemein verfügbare Barlowlinse benutzt, um dies zu bewerkstelligen, so erhält man als Resultat, dass auf der Hauptachse die Strahlen das Filter korrekt passieren, aber das Ergebnis ist eine sehr hohe Vergrößerung der Off-axis-Strahlen, und unter diesen Umständen gibt es keine Möglichkeit eine telezentrische Position zu erreichen. Das Einzige was erreicht wird ist, dass auf der optischen Achse eine hervorragende Abbildung erreicht wird, aber überhaupt kein nutzbares Bildfeld.

Wenn man sich für die Filterposition, ein akzeptables Öffnungsverhältnis und ein akzeptables Bildfeld entschieden hat, wird dadurch die Größe des erforderlichen Filters bestimmt um das Bildfeld wieder zu geben.

Alle diese Erwägungen wurden von Coronado bei den verschiedenen Modellen, den Beschreibungen der Filter und den Empfehlungen für die Verwendung in speziellen Teleskopsystemen berücksichtigt.

Filtertypen:

Wir haben aus unserm vielfältigen Entwicklungsprogramm ein Reihe von Filtertypen für die Amateurastronomen ausgewählt, welche einen weiten Bereich in bezug auf Abbildungsqualität, Kosten und Systemkompatibilität abdecken. Zusammengefasst, es wird für jeden die optimale Auswahl angeboten, vom ernsthaften Sonnenbeobachter bis zum Gelegenheitsbeobachter.

Der wesentlichste Unterschied zwischen den angebotenen Typen ist die Art der Montage am Teleskop. Die zwei Grundformen sind die AS1-Serie, die auf der Objektivseite des Teleskops angebracht wird und die SMn-Serie, welche auf der Okularseite des Teleskops montiert wird. Die AS1-Serie macht den Aufbau sehr leicht. Das Filter wird einfach in eine optionale Adapterplatte eingeschraubt, die für jedes Teleskop speziell angefertigt wird. Dann wird das Teleskop normal benutzt. Dieser Filtertyp erfordert normalerweise keinerlei Modifikation des Teleskops, z.B. optische Maßnahmen wie eine Änderung des Teleskopöffnungsverhältnis, und kann deswegen an jedem Instrument verwendet werden. Das ist besonders nützlich, wenn eine kurze Brennweite gewünscht wird, um bei CCD-Fotografie den Abbildungsmaßstab zu optimieren. Die AS1-Typen sind auch optimal für die populären Schmidt-Cassegrain-Teleskope geeignet, ein Teleskoptyp, für den es normalerweise sehr schwierig ist ein schmalbandiges Filter damit zu verwenden. Ein weiterer Vorteil der AS1-Filterserie ist die hohe thermische Stabilität der Filter, wodurch sie bei normalen Arbeitsbedingungen ohne Temperaturregelung verwendet werden können.

Die korrekte Installation der SM-Filter ist etwas komplizierter- wenn man ihren Durchlassbereich und ihre Abbildungsqualität optimieren möchte. Genauere Informationen dazu finden sie in unserer Publikation „Die Bedeutung von Winkeln“ (Siehe oben). Diese Komplikation ergibt sich aus der komplexen Beziehung zwischen den Bildfeldwinkeln und den Instrumentwinkeln innerhalb eines optischen Systems. Sie sollten unseren technischen Personal um Rat fragen, bevor Sie sich für eine bestimmte Konfiguration entscheiden. Wir können spezielle Zubehörteile für den korrekten Einbau dieser Filter liefern.

AS1-Filterserie

Protuberanzenfilter: Diese Filter haben eine Bandbreite von $>2\text{\AA}$ bei H_{α} und sind für die Beobachtung von Protuberanzen am Rand der Sonne optimiert. Die PROM-22 Version passt wie die meisten AS1-Filter in den Okularstutzen des Teleskops und erfordert beim Teleskop ein Öffnungsverhältnis von $>F/24$. Wegen seiner Position im System, sollte es nur an Instrumenten benutzt werden, deren effektive Brennweite bei $F/24$ ein weniger als 20mm großes Sonnenbild produziert, wenn man die Sonne komplett sehen möchte. Das erfordert eine Äquivalentbrennweite von ca. 2200mm.

AST Filterserie: In vieler Hinsicht ähnlich zur SMn-Serie hat die AST-Serie den zusätzlichen Vorteil voll abstimmbar zu sein. Das bedeutet, dass andere Linien im Spektrum (z.B. die CA-K oder die He-I-Linie) beobachtet werden können, indem man einfach das Energieschutzfilter wechselt. Energieschutzfilter sind für viele andere Spektrallinien erhältlich.

SMn-Filterserie

SMn-Serie: CIG-535M: Diese Filter haben eine Strahlenbündelöffnung von 35mm. Sie sind in einem Gehäuse mit Temperaturregelung untergebracht. Dadurch können die Filter auf die korrekte Temperatur für die Abstimmung auf die H-alpha-Linie abgestimmt werden. Ebenso ist es möglich die Filter in die Umgebung dieser Linie abzustimmen, um Ereignisse durch Dopplerverschiebung zu beobachten. Die Temperaturregelung geschieht mit einer Halbleiter-, thermoelektrischen Wärmepumpe, - eine TEC, dazu gibt es eine bipolare 12VDC-Stromversorgung. Das Energieschutzfilter (ERF) für dieses Modell wird an der Eingangsöffnung des Teleskops montiert und kann in verschiedenen Größen und für verschiedene Fassungen geliefert werden. Die Standardgröße für das ERF ist 60 mm. Andere Größen sind lieferbar. Mit der geeigneten Teleskop-Filter-Kombination sind die SMn-Filter die geeigneten Filter für den ernsthaften Sonnenbeobachter, der die Sonne mit hoher Auflösung beobachten möchte.

Filter für spezielle Verwendungszwecke

Auf Grund unserer dreißigjährigen Erfahrung in der Entwicklung von äußerst schmalbandigen Filtern haben wir viele spezielle Typen für bestimmte wissenschaftliche Programme entwickelt. Die meisten dieser Entwicklungen sind auf Kundenbestellung lieferbar, eingeschlossen Filter für größere Gesichtsfelder, hoch Temperatur stabile Filter, abstimmbare Filter und Filter mit Wellenlängen im Bereich Ultra-Violett bis Infra-Rot. Zusätzlich können Zubehörteile geliefert werden um diese Filter an Ihr Instrument zu adaptieren.

Wir würden uns freuen mit Ihnen über die Anfertigung aller dieser möglichen Variationen zu diskutieren und Ihnen auf Anfrage einen Bericht zukommen zu lassen.

Technische Notiz

Etalons sind aus festen Distanzstücken aufgebaute Fabry-Perot-Interferometer. Sie werden für Spektralanalyse, die Auswahl und Überwachung von Laser-Moden und wenn man sie auf eine bestimmte Wellenlänge abstimmt, als äußerst schmalbandige optische Filter benutzt.

Etalons der Coronado Instrument Group sind in zwei Grundversionen verfügbar. Mit Luftspalt oder als massive Distanzstücke. Innerhalb dieser beiden Alternativen gibt es eine Vielzahl von speziellen Typen und Materialien um Durchstimmbarkeit, ultra hohe Stabilität, modifizierte Durchlassbereiche und andere vom Kunden gewünschte Spezifikationen zu erreichen, außerdem sind Modelle im Spektrum vom tiefen Violett (<190nm) bis zum fernen Infrarot (>30µm) verfügbar.

Etalons sind planparallele, durch einen festen Spalt getrennte Platten. Es ist durch die obenstehende Untersuchung offensichtlich, dass die Fabrikationstoleranzen für ordnungsgemäße Funktion der Etalons extrem kritisch sind. CIG-Etalons werden nach einer Vielzahl von modernsten optischen und Vergütungstechniken hergestellt, wodurch sie zu den besten Produkten am Markt gehören.

Die wichtigsten Daten, die beim Fabrikationsprozess berücksichtigt werden sind:

- Fast unerreichbare Ebenheitstoleranzen bis zu $0,003 \lambda$
- Extrem niedrige Oberflächenrauigkeit. (<1Å RMS)
- Spezielle Herstellungstechnik von optischen Oberflächen um einen sehr niedrigen Keileffekt zu erzielen (<0,02 Bogensekunden)
- Gesetzlich geschützte Vergütungsverfahren, die zu extrem verlustarmen chemisch genau definierten Vergütungen führen.
- Neuartige, ausgeglichene H-alpha-Konstruktion mit ultra hoher Temperaturstabilität.

Während der Fabrikation und der letzten Schlussprüfung der Etalons wird folgendes durchgeführt:

- Prüfung auf Ebenheit: Multi-spektrale Interferometrie mit einer Auflösung von <1nm
- Untersuchung der Oberflächenstruktur: WYKO Topografisches Stereo-Interferenz-Mikroskop mit einer Auflösung <0,05nm
- Untersuchung auf Parallelität: Mittels Blue Sky Research Wellen-Analyser und Haidinger Interferometer.
- Abstände: Mitutoyo Messgerät Serie 2300 mit einer Auflösung <0,5 μ
- Abstimmung: Mit Jobin-Yvon THR1000 1.0m Monochromator