

Application Note
MBO 003 AD (2401-1)

Optics Balzers AG
Neugrüt 35
LI-9496 Balzers
T +423 388 9200
www.materionbalzersoptics.com

Materion Balzers Optics ist die innovative und unabhängige Industriepartnerin für die Entwicklung und Herstellung von beschichteten optischen Komponenten und Baugruppen, seit mehr als 70 Jahren.

Linear Variable Filter – eine flexible Lösung zur Datengewinnung in der Labortechnik

Autor: Elmar Elbinger, Business Development Manager
elmar.elbinger@materion.com

Linear Variable Filter als innovative Lösung für technologisch anspruchsvolle und flexible Lösungen im Bereich der Diagnostik und Analytik.

Wie wichtig eine schnelle und präzise Bestimmung laboranalytischer Werte ist, wurde durch die aktuelle SARS-CoV-2 Pandemie für jedermann sichtbar. Doch schon zuvor standen Laborgeräte und deren Prozesse im Fokus, welche multifunktional und flexibel einsetzbar sein sollten. In kürzester Zeit müssen durch diese eine Vielzahl von Daten erhoben werden. Deren Informationsgehalt gilt es exakt zu analysieren, so dass im Resultat belastbare Laborergebnisse zur Verfügung stehen.

Dabei sind optische Verfahren zur Informationsgewinnung, z.B. basierend auf der Spektroskopie, aus Laborgeräten nicht mehr wegzudenken. Fluoreszenztechniken wie das Labeling in der Markertechnologie sind nur ein Beispiel für die Integration optischer Komponenten in der Prozessanalytik. Dem Trendreport 2019 des Spectaris-Verband zufolge, beträgt das jährliche Wachstum allein bei Verfahren der Prozessspektroskopie ca. 7,5% (Abb.1). Entscheidend für den Erfolg dieser Sparte ist dabei eine zunehmende Segmen-

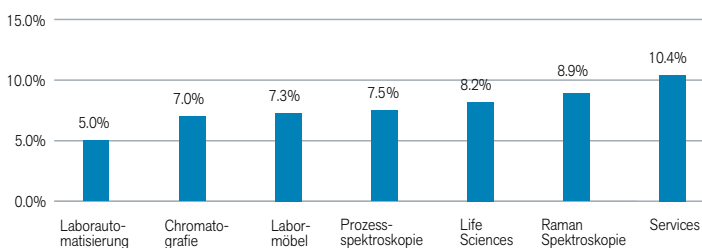


Abb. 1: Prognostizierte jährliche Wachstumsrate ausgewählter Segmente

tierung der Produkte. Dies ist ein entscheidender Vorteil, da es die Genauigkeit der gewonnenen Daten und deren Informationsgehalt optimiert. Gerade diese Segmentierung und damit einhergehende Spezialisierung der Laborgeräte birgt hinsichtlich der Kostenstruktur ein entscheidendes Problem. Trotz erwünschter Diversität müssen die verwendeten Bauteile eine bestimmte Flexibilität ermöglichen. Nur so ist es möglich, sowohl technologisch als auch kostenseitig attraktive und innovative Lösungen anzubieten.

Produktbeschreibung

Materion Balzers Optics hat, als weltweiter anerkannter Anbieter von innovativen Beschichtungslösungen, für diesen Markt besondere Lösungen entwickelt. So werden für labortechnische Analysensysteme sogenannte Linear Variable Filter, kurz «LVF», angeboten. Diese Filter weisen dank einer speziellen Beschichtungstechnologie einen genau definierten spektralen Verlauf auf. Linear zur Länge des Filters variiert die Kantenlage des Filterbereiches mit einem auf Kundenwunsch anpassbaren Gradienten (siehe Abb. 2:).

In Abbildung 2 wurde die exakte Position der einzelnen Filterkanten über die Substratlänge bestimmt. Die dargestellten Kurven zeigen die hohe Reproduzierbarkeit der Kantenlage an mehreren Filtern.

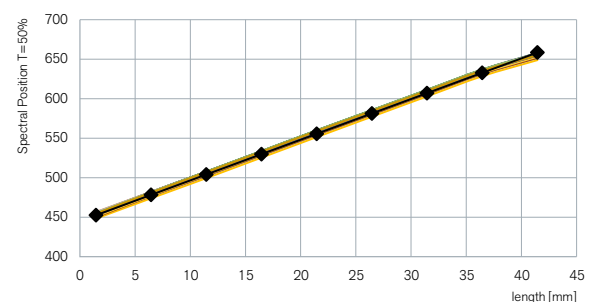


Abb. 2: Reproduzierbarkeit der Kantenlage

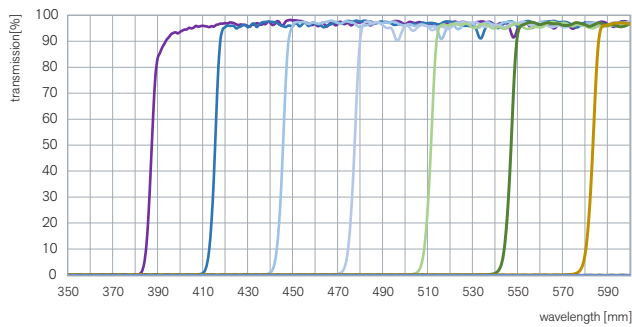


Abb. 3: Darstellung der einzelnen Kantenlagen im spektralen Bereich und deren Transmissionswert

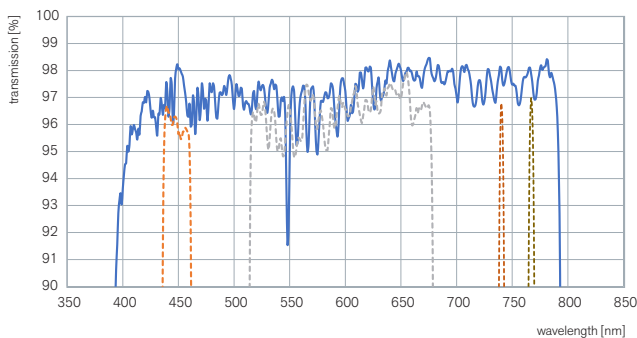


Abb. 4: Spitzentransmission >97% für verschiedene Filtereinstellungen

In Abbildung (Abb. 3:) sind dazu die einzelnen Kantenlagen im spektralen Bereich und deren Transmissionswert dargestellt.

LVF besitzen verschiedene Merkmale, die entsprechend der Anwendung kundenspezifisch angepasst und optimiert werden können. Materion Balzers Optics bietet dabei verschiedenste LVF im Spektrum von 300 nm bis ins NIR an. Die frei justierbare Kantenlage des Transmissionsbandes kann variabel an die jeweilige Messaufgabe angepasst werden. Da der Gradient eine sehr hohe Linearität aufweist, kann der Anwender ohne aufwendige Kalibrierung sofort den neuen Messbereich verwenden. Typischerweise liegen die Gradienten für Filtertypen im Life Sciences Bereich zwischen 5 nm/mm bis 10 nm/mm. Diese Werte sind geeignet für Filter mit einem Einsatzgebiet in Diagnostik und Analytik, in technischen Prozessen sowie in der Mikrobiologie. Für Anwendungen im Bereich bildgebender Sensorik werden Gradienten von bis zu 90 nm/mm realisiert.

Die von der Materion Balzers Optics AG gefertigten Filter werden statt konventioneller Beschichtungsverfahren mittels dielektrischer Sputtertechnologie gefertigt. Somit ist eine geringe Absorption ein besonderes Merkmal der Filter. Speziell unter dem Aspekt der zunehmenden Laserleistung in optischen Systemen ist dieser Faktor als Signifikant zu bewerten. Ferner bedeutet der Sputterprozess auch herausragende spektrale Transmissionseigenschaften. (Abb. 4:) So können in Abhängigkeit von der Wellenlänge Transmissionen von bis zu 97% erreicht werden. Zudem weisen mittels Sputtertechnologie hergestellte Filter eine ausgezeichnete Langzeitstabilität auf.

Um speziell im Bereich der Prozessspektroskopie eine erfolgreiche technologische Lösung anzubieten, ist die Steilheit der spektralen Filterkanten wesentlich. Diese garantieren eine präzise Trennung der optischen Signale. Von Materion Balzers Optics produzierte Filter erreichen dabei eine Kantensteilheit von wenigen Nanometern im Bereich von T90% bis T0.1%. Im weiteren spektralen Verlauf steht zudem eine breitbandige optische Blockung

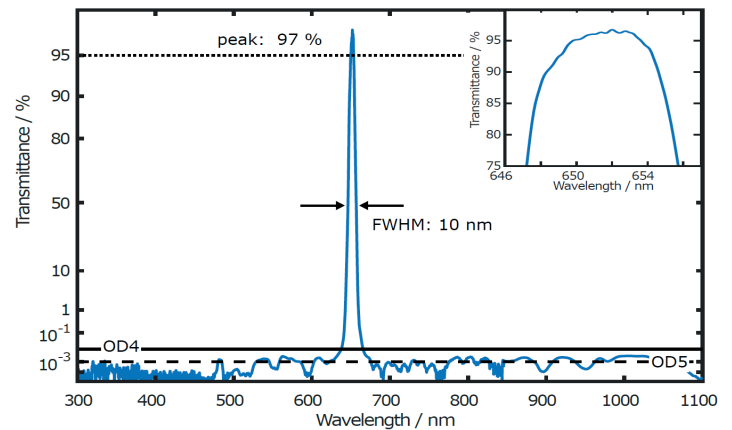


Abb. 5: Absolute Blockung >OD4 und Average Blocking >OD5 im spektralen Bereich

zur Verfügung. Diese garantiert eine sichere Unterdrückung unerwünschter Signale und verbessert das Signal- Rauschverhalten. Die in Abb.5: gezeigte Messkurve der resultierenden Blockung des Gesamtsignals zeigt die absolute Blockung bis OD 4. Im Average erreicht die Filterkombination sogar die Blockung von OD 5.

Erreicht werden diese Werte, da im Sputterprozess mittels reaktiver Gaszufuhr ein hochenergetisches Plasma entsteht. Die hohe Energie ermöglicht die Entstehung einer homogenen und besonders kompakten Schichtstruktur.

Funktionsprinzip

Eine Kombination von nur zwei Linear Variablen Filtern, bestehend aus einem Langpass-Filter (LP) und einem Kurzpass-Filter (SP) erlaubt jederzeit eine individuelle Anpassung der gewünschten Performance.

Ein simples Verschieben der Filter in einer Achse, dargestellt in Abbildung 6, ermöglicht die Realisierung eines beliebigen Bandpassfilters im Spektralbereich der Filter. Werden beide Filter unabhängig voneinander in einer Achse bewegt, können sowohl die Bandbreite als auch die spektrale Lage des resultierenden Bandpasses applikationsspezifisch justiert und jederzeit variiert werden.

Das detaillierte Funktionsprinzip für beide Bandpassvarianten ist in Abbildung 7 (Bandpass-Verschiebung) anhand der Produktionsmesskurven einer Filterkombination für 450–700 nm dargestellt.

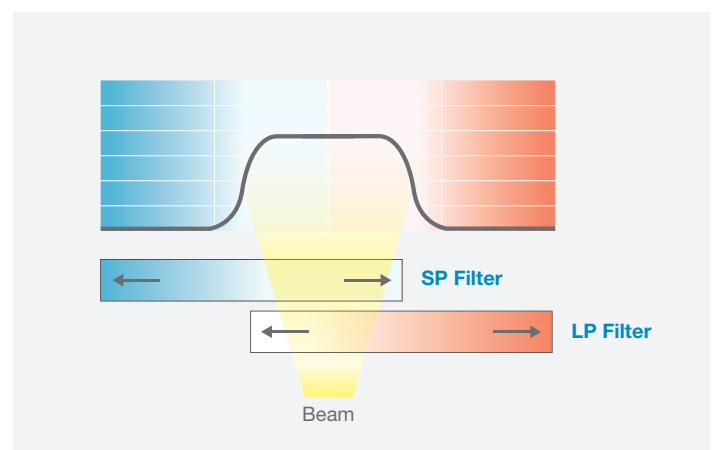


Abb. 6: LVF basierend auf Kombination LP-Filter und SP-Filter

Beide Filter werden zur gedachten Signalquelle ($x=0$) parallel um 6,5 mm verschoben. Der gesamte Bandpassbereich, mit einer Transmission $>95\%$, wird dadurch um ca. 30 nm (siehe: LCW550 nm +6,5 mm) ins langwellige verschoben. Durch eine weiter parallele Verschiebung auf $x=13$ mm wird auch der Bandbereich erneut um 30 nm ins Langwellige verschoben (siehe: CW580 nm +13 mm). Erfolgt die Verschiebung beider Filter nicht linear zueinander, so kann die Bandbreite des Passbereiches, wie im Beispiel CW580 nm «LP $x=+13$ mm; SP $x=+26$ mm» dargestellt, anwendungsspezifisch und variabel justiert werden.

Die Kombination von nur zwei Filtern, zu einem beliebig justierbaren und durchstimmbaren Bandpassfilter stellt eine kostengünstige Alternative zum Kauf einer Vielzahl von Einzelfiltern dar. Insbesondere für diagnostische Systeme, die ein besonderes Mass an Flexibilität benötigen erscheinen LVF daher als Mittel der Wahl.

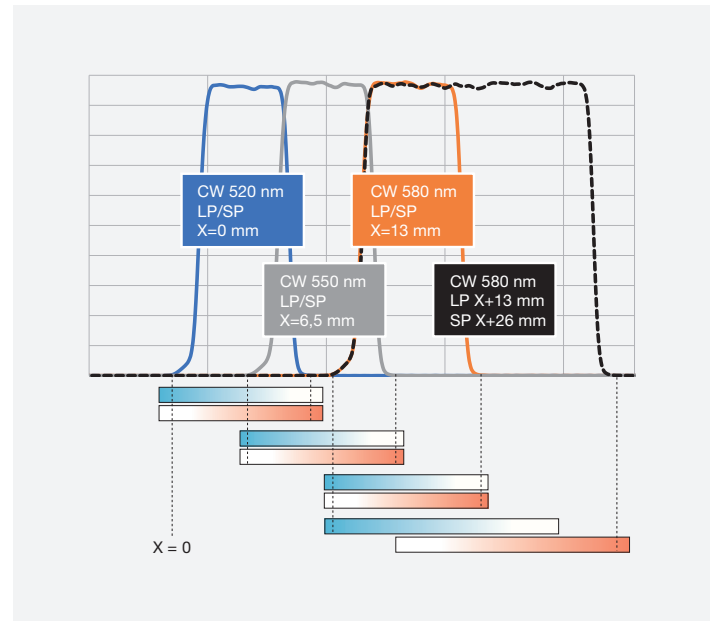
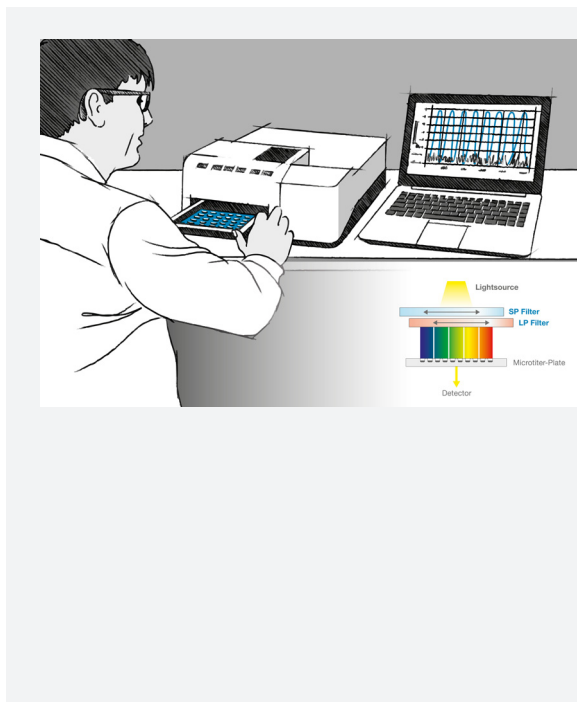


Abb. 7: Positionierung der Bandpassfilter zur Erzeugung verschiedener Zentralwellenlängen



Zusammenfassung

Neben dem oben beschriebenen Einsatzgebiet in der diagnostischen Spektroskopie zeigt sich aktuell auch die Möglichkeit, Systeme zur hyperspektralen Bildgebung (HSI) durch LVF zu erweitern. LVF-Komponenten werden nach und nach als Wellenlängenselektoren, Sortierfilter in gitterbasierten Systemen, in rein filterbasierten Spektrometern und bis hinein in den Raumfahrtbereich eingesetzt. Zum einen sind es Anwendungen bei denen besonders leichte und kompakte Instrumente erforderlich sind. Zum anderen jedoch auch Systeme bei denen die spektralen Anforderungen wie Kantenlage und -steilheit, sowie Absorption und Blo-

ckung entscheidend für die Signaldektion sind.

Die Diskussion über das Labor 4.0 ist im vollen Gange. Digitale Schnittstellen, Smart Devices und die Integration von Robotiklösungen stehen in Startlöchern. Gerade mit Blick auf die zunehmende Anforderung hinsichtlich flexibler und schneller Lösungen, die auch den marktwirtschaftlichen Anforderungen entsprechen, sind darum innovative Lösungen gefragt. Die enge Zusammenarbeit der Gerätehersteller mit den Technologieanbietern der Einzelkomponenten ist dabei ein entscheidender Vorteil um erfolgreich am Markt zu agieren und die Lösungen von Morgen anzubieten.