



(10) **DE 10 2014 114 315 A1** 2015.04.16

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 114 315.9**

(22) Anmeldetag: **01.10.2014**

(43) Offenlegungstag: **16.04.2015**

(51) Int Cl.: **F21V 9/10 (2006.01)**  
**B64D 43/00 (2006.01)**

(66) Innere Priorität:  
**10 2013 111 081.9 07.10.2013**

(71) Anmelder:  
**Schott AG, 55122 Mainz, DE**

(74) Vertreter:  
**Blumbach Zinggrebe Patent- und Rechtsanwälte,  
65187 Wiesbaden, DE**

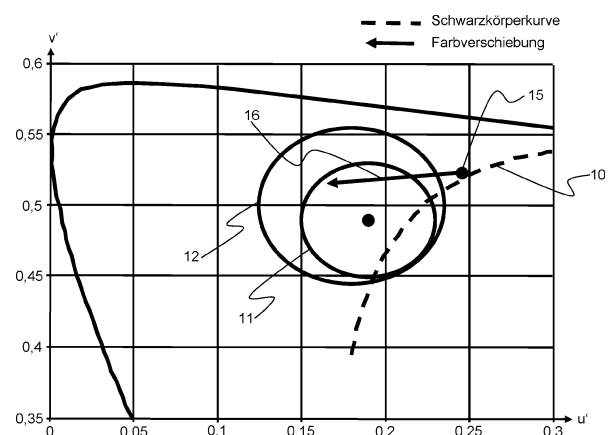
(72) Erfinder:  
**Biertümpfel, Ralf, Dr., 55252 Mainz-Kastel, DE;  
Reichel, Steffen, Dr., 67678 Mehlingen, DE; Landi,  
Michael, Hughestown, Pa., US**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Mit Nachtsichtgeräten kompatible LED-Beleuchtungseinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Beleuchtungseinrichtung mit LED (1) und NIR-Filter (2) für ein Bedienungsfeld oder eine Anzeige (8) ohne Störung eines Nachtsichtgerätes (9). Das Licht der LED (1) liegt bei  $u' > 0,19$  und  $v' > 0,46$  des  $u'$ - $v'$ -Diagramms des CIE-LUV-Farbdigramms. Der NIR-Filter (2) weist zwischen 500 nm und 800 nm eine abfallende Lichttransmission auf. Die Dicke des NIR-Filters ist so gewählt, dass im Wellenlängengebiet zwischen 600 nm und 800 nm für ausreichende Blockungswirkung gesorgt wird, so dass die Farbkoordination des gefilterten Nutzlichtes in einem Gebiet mit dem Radius von 0,04 um die Koordination  $u' = 0,19$  und  $v' = 0,49$  des  $u'$ - $v'$ -Diagramms liegen.



### Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung eines Bedienungsfeldes oder einer Anzeige, deren Licht den Betrieb eines Nachtsichtgerätes nicht stören soll, dessen spektrale Empfindlichkeit in einem Wellenlängenbereich oberhalb von 600 nm liegt.

**[0002]** Eine derartige Beleuchtungseinrichtung ist aus US 7,434,963 B2 bekannt. Licht einer ersten Reihe von LEDs wird einerseits von einer Sammellinse und andererseits von einem gebogenem Spiegel gebündelt und mittels eines Filters gefiltert, der das Licht in einem Wellenlängenbereich abschwächt, deren Wellenlänge größer als 550 nm ist. Das Licht der ersten Reihe von LEDs liegt im Bereich von 575 nm–450 nm oder von 525 nm–425 nm, d. h. eigentlich außerhalb des Empfänglichkeitsbereiches von Nachtsichtgeräten, jedoch wird eventuell vorhandenes störendes Licht im Cyan-Wellenband herausgefiltert. Es sind noch zweite und dritte Reihen von LEDs vorgesehen, deren Licht durch das gleiche Filter gefiltert wird, jedoch in einem unterschiedlichen Raumwinkel gebündelt wird. Ferner ist angegeben, dass die lichtemittierenden Dioden eine Bandlücke von mindestens 2 eV aufweisen und dass der Filter elektromagnetische Strahlungen einer Wellenlänge > 930 nm bzw. 900 nm bzw. 700 nm oder in einem Wellenlängenbereich zwischen diesen Werten und 1000 nm blockiert.

**[0003]** US 6,758,586 B1 bezieht sich auf eine Beleuchtungseinrichtung, die mit dem Bildwiedergabesystem von Nachtsichtgeräten kompatibel ist. Es werden die Bedingungen angegeben, unter denen dies möglich ist, nämlich: 1) sollten die Verstärkerröhren das Gesichtsfeld eines Piloten nicht gänzlich verdecken und 2) sollte die Beleuchtungseinrichtung des Luftfahrzeuges nicht die Verstärkerröhren des Nachtsichtgerätes stören, indem störende Halos oder Geisterbilder in Folge von Reflektionen von beleuchteten Objekten am Fenster des Cockpits vermieden werden. Hinsichtlich der Bauart von Nachtsichtgeräten gem. Typ I und Typ II wird auf MIL-L-85762 A Standard Bezug genommen. Nachtsichtgeräte vom Typ I sind an dem Helm von Helicopterpiloten mit dem Bildschirm vor den Augen des Piloten angebracht, um die Instrumente des Bedienungsfeldes mit nach unten gerichtetem Blick zu sehen. Bei Nachtsichtgeräten vom Typ II werden die gelieferten Bilder auf das Bedienungsfeld projiziert, so dass die Instrumente und das Nachtsichtbild gleichzeitig beobachtet werden können. Die Risiken von Störungen zwischen den Lichtquellen des Luftfahrzeuges und den Nachtsichtgeräten können ferner dadurch vermieden werden, dass die Lichtquellen eine monochromatische Farbe aufweisen, die möglichst weit vom roten Wellenlängenband entfernt ist. Die Nachtsichtgeräte der Generation 2 oder 3 weisen kein Durchlassband auf, das auf Infrarot beschränkt wäre, und besitzen Empfindlichkeit im roten Bereich um die Wellenlängen zwischen 600 und 770 nm abzudecken. In der Praxis werden zu Beleuchtungszwecken LEDs benutzt, die grünes Licht zentriert um 555 nm, dem „Luftfahrtgrün“, abgeben. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Farben des Bedienungsfeldes verfälscht werden und dadurch die Lesbarkeit verringert wird. Gemäß der Lehre der US 6,758,568 B1 können die Risiken der Störungen zwischen den Beleuchtungsquellen eines Luftfahrzeugs und den Nachtsichtgeräten überraschenderweise dadurch vermieden werden, dass das Beleuchtungssystem weißes Licht benutzt, das von einer durch Elektrolumineszenz arbeitenden Lichtquelle stammt. Solches, von Dioden stammendes weißes Licht aktiviert die automatische Verstärkungsregelschaltung eines Nachtsichtgerätes nicht und braucht gemäß der Lehre der US 6758568 B1 noch nicht einmal in dem kritischen Band von Rot gefiltert werden. In der Praxis sind solche Leuchtquellen nicht anzutreffen. Viele Lichtquellen emittieren weit weniger als 1% rotes Licht mit einer Wellenlänge größer 650 nm. Dies ist zwar sehr wenig, aber durch die hohe Verstärkung von Restlichtverstärkern ist selbst ein nicht wahrnehmbares Leuchten von dunkelrotem Licht nicht akzeptabel. Die spektralen Eigenschaften eines Restlichtverstärkers sind beispielsweise in der Norm MIL-STD3009 beschrieben.

**[0004]** In der Praxis möchte der Anwender jedoch unter Umständen LEDs verwenden, die auch kritisches Licht im Rotbereich oberhalb von 620 nm emittieren.

**[0005]** Aus DE 42 19 740 B4 ist eine Anzeigevorrichtung bekannt, die eine Anzeige mit LEDs und eine Filteranordnung mit einem dichroitischen Filter, einem Infrarot-Stopp-Filter und einem zirkularpolarisiertes Filter umfasst, um in Verbindung mit einem Nachtsichtgerät verwendet zu werden. Die LEDs emittieren grünes Licht von etwa 510 nm bis 720 nm mit einer Emissionsspitze von 570 nm. Die Filteranordnung dämpft die Strahlung im Bereich zwischen etwa 620 nm und 720 nm.

**[0006]** Aus DE 10 2012 001 151 A1 ist eine Beleuchtungsvorrichtung bekannt, die mittels einer weißen LED, einer grünen LED und einer roten LED Mischlicht produziert, das mittels einer optischen Filtereinrichtung gefiltert wird, um Licht mit einer Grenzwellenlänge größer als 610 nm zu blocken. Hierzu wird eine sogenannte NVIS-Folie oder eine Interferenzfiltereinrichtung verwendet.

**[0007]** Die US-Norm MIL-STD-3009 enthält qualitative Angaben zur spektralen Empfindlichkeit verschiedener Klassen von Nachtsichtgeräten. Aus dem Anforderungsprofil folgt, dass Kantenfilter, die als Interferenzfilter verfügbar sind, verwendet werden sollten, um einen gewissen Rotteil des Spektrums des Beleuchtungslichtes zu blockieren.

**[0008]** Die technische Beschreibung der Farbe einer Beleuchtung ist international nach dem Standard der CIE genormt. (Siehe Webseite der CIE) Es hat sich für NVIS-kompatible Lichtquellen der CIE Universal Color Standard (UCS) von 1976 etabliert, in dem der Farbort durch die Variablen  $u'$  und  $v'$  charakterisiert wird. Eine Darstellung des CIE-LUV-Farbraumsystems findet sich in Wikipedia mit Erläuterungen zu den normierten Werten  $u'$  und  $v'$ , die ein Farbdigramm nach CIE 1976 UCS ergeben.

**[0009]** Von einer Beleuchtungseinrichtung wird verlangt, dass das Licht die richtige spektrale Farbe aufweist. Im Zusammenhang mit Nachtsichtgeräten muss die Beleuchtungseinrichtung ferner eine spezifische „NVIS-Radiance“ aufweisen, die als das Verhältnis von naher Infrarotstrahlung zur sichtbaren Strahlung definiert wird. Um beiden Erfordernissen zu genügen, wird ein Absorptionsfilter im nahen Infrarot benutzt, der zusätzlich noch einen gewissen Betrag von langwelligem rotem Licht absorbiert. Für gewöhnliche Lichtquellen, wie sie Glühlampen und weiße LEDs darstellen, bedeutet dies einen beträchtlichen spektralen Farbwechsel der Lichtquelle. Für Glühlampen, deren Licht durch die Farbtemperatur beschrieben werden kann, kann ein passender Filter relativ leicht angegeben werden, der die Lichtquelle kompatibel zu Nachtsichtgeräten macht. Für LEDs ist dies jedoch anders. LEDs mit der gleichen Farbtemperatur haben nicht notwendigerweise die gleichen Farbkordinaten in dem  $u'v'$ -Diagramm des CIE-LUV-Farbraumsystems.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Beleuchtungseinrichtung zu schaffen, deren Licht den Betrieb eines Nachtsichtgerätes nicht stört, auch keine Geisterbilder erzeugt, klein gebaut sein kann und wirtschaftlich zu fertigen ist.

**[0011]** Die Lösung der gestellten Aufgabe ergibt sich aus den unabhängigen Ansprüchen. Im Einzelnen werden vier Schritte zur gewünschten Lösung vorgeschlagen:

- 1.) Auswahl eines geeigneten Filterglases nach den Vorgaben dieser Erfindung.
- 2.) Auswahl einer LED nach den Vorgaben dieser Erfindung.
- 3.) Berechnung der Mindestdicke des Filterglases, so dass genügend Strahlung im NIR absorbiert. (Die Berechnung erfolgt z. B. nach der Norm MIL-STD3009 oder RTCA DO-275)
- 4.) Überprüfung/Erhöhung der Filterglasdicke, um den Farbort der LED-Filter-Kombination im gewünschten Toleranzbereich zu haben. (Die Berechnung des Farbortes erfolgt nach den Vorgaben der CIE No. 15 (2004) Technical Report Colorimetry ISBN 3901 906 339).

**[0012]** Als Filter wird ein absorbierendes Filterglas gewählt, das eine weitgehend richtungsunabhängige Filterwirkung aufweist. Solche Filter sind Volumenfilter, deren Farbintensität bzw. die Filterwirkung eine Funktion der Dicke ist. (Filter auf der Basis von Interferenzschichten sind in ihrer Filterwirkung stark von der Richtung der einfallenden Strahlung abhängig, aber dafür unabhängig von der Dicke.)

**[0013]** Im Einzelnen wird als primäre Lichtquelle eine oder mehrere LEDs verwendet, deren Farbort von Koordinaten in dem  $u'v'$ -Diagramm des CIE-LUV-Farbraumsystems charakterisiert werden können, die auf oder nahe der Schwarzkörperkurve dieses Diagramms liegen. Durch den NIR-Filter wird das gefilterte Licht in einen Bereich verschoben, der noch in einem tolerierten Weißbereich des  $u'v'$ -Diagramms liegt. Solche NVIS-Weißbereiche werden durch die Normen MIL-STD – 3009 und RTCA-DO – 275 definiert. Um dies zu erreichen, wird ein NIR-Filter gewählt, der einem der beschriebenen Filter in Tabelle 1 entspricht. Diese Filter sind in Tabelle 1 über ihre spektrale Diabatie definiert. Zur Veranschaulichung: Die unteren Transmissionsgrenzen von 1 liegen bei etwa 330 nm und 650 nm, wenn eine nützliche Dicke gewählt ist. Bei der kritischen Wellenlänge von 600 nm haben diese Filter in der Nutzdicke eine Transmission von ca. 32% und sind damit zwischen 350-600 nm als gut durchlässig zu bezeichnen.

**[0014]** Bei LEDs werden solche mit zwei lokalen Intensitätsmaxima bevorzugt. Das erste lokale Intensitätsmaximum liegt zwischen 410 nm und 460 nm und damit im Blaubereich des Spektrums, während das zweite lokale Intensitätsmaximum bei 565 nm und damit im Grün-Bereich liegt. Bei linearem Auftrag der Wellenlänge auf der Abszisse ist das erste Intensitätsmaximum schmal gegenüber dem zweiten Intensitätsmaximum. Das Verhältnis der Höhen der Maxima liegt in einem Bereich zwischen 0,6–1,6, d. h. das schmale Maximum im blauen Bereich des Spektrums kann kleiner, gleich oder größer sein als das breite Maximum im Grün-Bereich.

- [0015]** Die verwendbaren LEDs werden üblicherweise als ‚warm-weiß‘ beschrieben. Ihr Farbort soll im  $u'v'$ -Diagramm des CIE-LUV-Farbraumsystems oberhalb von  $u' > 0,19$  und  $v' > 0,46$  liegen.
- [0016]** Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird als NIR-Filter ein optisches Glas mit einem Gehalt an Phosphor und Kupfer verwendet. Als Beispiel eines solchen optischen Filterglases werden die Typen BG39, S8612 oder BG55 der Schott AG genannt. Es kann auch ein optisches Filterglas mit einem Gehalt an Fluor verwendet werden, zum Beispiel die Typen BG60, BG61, BG62, VG20 der SCHOTT AG.
- [0017]** Der NIR-Filter absorbiert einen beträchtlichen Teil des roten Spektrums, so dass dieser Spektralanteil nicht störend für den Betrieb des Nachtsichtgerätes in Erscheinung tritt. Hierbei wird der störende Spektralanteil absorbiert. Dies ist ein Vorteil gegenüber einem Interferenzfilter, der den zu filternden Spektralteil reflektiert und somit die Gefahr von Geisterbildern und störenden Reflektionen birgt.
- [0018]** Zur guten Wirksamkeit des Filters gehört es, die Nutzstrahlung möglichst nicht zu reflektieren, weswegen der Filter mit einer Anti-Reflektionsschicht bedampft werden kann, die in Bereichen zwischen 400 nm und 600 nm optimiert ist.
- [0019]** Je nach den Verhältnissen kann der optimale Bereich der Anti-Reflexionsschicht zwischen 420 und 600 nm, oder zwischen 430 und 600 nm, oder zwischen 440 und 600 nm liegen.
- [0020]** Weitere Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus den beschriebenen Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung und den Ansprüchen. Es zeigen:
- [0021]** Fig. 1 den Aufbau einer ersten Beleuchtungseinrichtung,
- [0022]** Fig. 2 den Aufbau einer zweiten Beleuchtungseinrichtung,
- [0023]** Fig. 3 eine dritte Beleuchtungseinrichtung, schematisch,
- [0024]** Fig. 4 eine vierte Beleuchtungseinrichtung, schematisch,
- [0025]** Fig. 5 ein Spektraldiagramm von LEDs, über der Lichtwellenlänge
- [0026]** Fig. 6 die Durchlasscharakteristik eines NIR-Filters über der Lichtwellenlänge,
- [0027]** Fig. 7 das  $u'v'$ -Diagramm des CIE-LUV Farbraumsystem,
- [0028]** Fig. 8 einen Ausschnitt aus dem Farbspektrumdiagramm mit eingezeichneten Weißbereichen,
- [0029]** Fig. 9 spektrale Diabatiekurven für ausgewählte Gläser.
- [0030]** Fig. 10a–e die Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlich dicken Schott-Filtergläser über der Lichtwellenlänge für gleiches Maximum bei 500 nm,
- [0031]** Fig. 11a–d die Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlich dicken Schott-Filtergläser über der Lichtwellenlänge für gleiches Minimum bei 880 nm,
- [0032]** Fig. 12a–d die Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlich dicken Schott-Filtergläser über der Lichtwellenlänge für gleiche Lichtdurchlässigkeit von 0,5 bei 600 nm,
- [0033]** Fig. 13a–d die Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlich dicken Schott-Filtergläser über der Lichtwellenlänge für gleiche Lichtdurchlässigkeit von 0,01 bei 700 nm, und
- [0034]** Fig. 14a–d die Lichtdurchlässigkeit von unterschiedlich dicken Schott-Filtergläser über der Lichtwellenlänge bei gleicher Dicke.
- [0035]** Fig. 1 zeigt schematisch eine Beleuchtungseinrichtung mit einer LED **1** und einem Filter **2**. Die LED **1** wird über eine Regeleinrichtung **3** mit Strom von einer Stromquelle **4** versorgt, so dass das abgegebene Licht **5** eine wohlbestimmte spektrale Zusammensetzung hat, wie sie sich aus Fig. 5 ergibt. Spektrale Anteile vornehmlich im sichtbaren Bereich bis 600 nm durchdringen den Filter **2**, um als Nutzlicht **6** einem Anzeigefeld **8**

zugeführt zu werden. Im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** sind der Beobachter **9** und die Beleuchtungseinrichtung **1, 2, 3** auf der gleichen Seite wie das Anzeigefeld zur Frontalbeleuchtung angeordnet; es ist aber auch möglich, eine Hintergrundbeleuchtung mit der Beleuchtungseinrichtung hinter dem Anzeigefeld einzurichten, wie es **Fig. 3** zeigt. Als Beobachter kann auch ein Restlichtverstärker dienen.

**[0036]** In **Fig. 2** wird das Licht **5** der LED zur Hintergrundbeleuchtung des Anzeigefeldes **8** genutzt und der Filter **2** wird vor das Anzeigefeld gesetzt, so dass der Beobachter **9** die Anzeige durch den Filter betrachtet. Auch hier wäre eine Frontalbeleuchtung des Anzeigefeldes **8** möglich, wie es **Fig. 4** zeigt.

**[0037]** Also entweder wird das Licht **5**, welches die Anzeige beleuchtet, gefiltert, oder es wird das Licht gefiltert, das von der Anzeige abgestrahlt wird. In beiden Fällen setzt sich die beobachtete Strahlung aus den spektralen Anteilen der Beleuchtung und der spektralen Veränderung durch den Filter und die Anzeige zusammen. Der Einfluss der Anzeige auf den Farbort oder die NIR-Absorption muss mit berücksichtigt werden. Die Berechnung erfolgt analog wie bei einem Filter. Allerdings sind die spektralen Eigenschaften des Anzeigefeldes fest und die Auslegung des gesamten Systemes aus Filter und Anzeigefeldes erfolgt nur durch Variation von Beleuchtung und Filter. Daher wird im Folgenden ohne Beschränkung der Allgemeinheit auf die spektrale Veränderung infolge der Anzeige nicht mehr eingegangen.

**[0038]** Zur besseren Lichtausbeute weist der Filter **2** in einer bevorzugten Ausführungsform eine oder zwei (Vorder- und Rückseite) Antireflexionsschichten **7** auf, die für das Nutzlicht **6** optimiert ist.

**[0039]** Der Spektralbereich von weißem Licht umfasst kaltes Weiß, neutrales Weiß und warmes weiß, wobei beim kaltem Weiß die blauen Anteile und beim warmen Weiß die roten Anteile stärker vertreten sind. Der Filter **2** zusammen mit der Antireflexionsschicht **7** beeinflusst den Weißcharakter des Nutzlichtes **6**. Wenn man von einem Filter **2** mit der Durchlasscharakteristik nach **Fig. 6** ausgeht, hat man es durch geeignete Wahl der Antireflexionsschicht **7** in der Hand, den Weißcharakter des Nutzlichtes **6** zu beeinflussen. Für kaltes spektrales Weiß wird die Antireflexionsschicht für einen Durchlassbereich zwischen 400 nm und 600 nm optimiert. Für weißes Licht mit schwachem Blaucharakter wird die Reflexionsschicht **7** für einen Durchlassbereich zwischen 420 nm und 600 nm optimiert. Zu einem neutralen Weiß gelangt man bei einer Reflexionsschicht, die zwischen 430 nm und 600 nm optimiert ist. Warmes Weiß schließlich erzielt man mit einer Reflexionsschicht **7**, die zwischen 440 und 600 nm optimiert ist.

**[0040]** **Fig. 5** zeigt die Lichtintensität über der Wellenlänge von LED-Licht für kaltes spektrales Weiß, für neutrales spektrales Weiß und für warmes spektrales Weiß. Die Lichtintensität ist bei 565 nm normalisiert. Die Spektren der meisten weißen LEDs weisen zwei lokale Maxima auf: 1. Ein rotes Maximum zwischen 530 nm und 630 nm und ein blaues Maximum zwischen 410 nm und 640 nm. Aus der Darstellung der **Fig. 5** geht hervor, dass das Licht einer kalten Weißlicht-LED mehr blaue Lichtanteile als eine Warmlicht-LED aufweist. Während **Fig. 5** eine typische Verteilung der Lichtintensität bei LEDs zeigt, gibt es Tausende von unterschiedlichen Farbnuancen bei LEDs auf dem Markt und alle nennen sich „weiße LEDs“.

**[0041]** **Fig. 7** zeigt ein  $u'v'$ -Diagramm des CIE-LUV-Farbsystems mit einer eingezeichneten Schwarzkörperkurve **10** und **Fig. 8** zeigt einen vergrößerten Ausschnitt aus **Fig. 7**, jedoch mit eingezeichneten Bereichen **11, 12** von spektralem Weiß. Zu Zwecken der Erfindung wird eine LED mit einem Farbort auf oder nahe zu der Schwarzkörperkurve **10** ausgewählt, so dass mit dem Filter **2** Nutzlicht innerhalb der Weißbereiche **11** und **12** der **Fig. 8** gewonnen werden kann. Ein solcher Farbort **15** für eine geeignete LED ist in den **Fig. 7** und **Fig. 8** angedeutet. Die Wirkung des Filters **2** verschiebt den Farbort in Richtung blau, wie durch den Pfeil **16** angedeutet. Der Weißbereich **11** ist durch einen Kreis mit dem Radius von 0,04 um die Koordinaten  $u' = 0,19$  und  $v' = 0,49$  definiert. Der Weißbereich **12** weist einen Radius von 0,055 um die Koordinaten  $u' = 0,18$  und  $v' = 0,5$  auf. Um mit der Filterwirkung des Filters **2** in den Weißbereich **11** oder **12** zu gelangen, sollte der Farbort **15** der LED in dem  $u'v'$ -Diagramm oberhalb von  $u' > 0,19$  und  $v' > 0,46$  liegen, wenn das Weißfeld **11** erreicht werden soll, sowie oberhalb von  $u' > 0,18$  und  $v' > 0,45$ , wenn das Weißfeld **12** sicher erreicht werden soll.

**[0042]** Während auch andere LEDs als in **Fig. 5** dargestellt zu Zwecken der Erfindung brauchbar sind, werden Weiß-LEDs mit zwei lokalen Maxima bevorzugt. Das erste lokale Intensitätsmaximum liegt zwischen 410 nm und 460 nm. Das zweite lokale Intensitätsmaximum liegt bei etwa 565 nm (+/-10 nm). Die beiden Maxima können gleich hoch, oder unterschiedlich hoch sein. Das Verhältnis der maximalen Intensitäten ist in einem Bereich zwischen 0,6 bis 1,6 angesiedelt.

**[0043]** Beleuchtungseinrichtungen sind häufig mit einem optischen System zur Lichtlenkung ausgestattet, und so bietet es sich an, optisches Glas mit den nötigen Eigenschaften eines Filtermaterials einzusetzen. Insbe-

sondere die optischen Filtergläser BG39, BG55, S8612, BG60, BG61, BG62 und VG20 der Firma Schott AG sind als NIR-Filter zur Filterung von Licht im nahen Infrarotbereich geeignet. Die Eigenschaften weiterer geeigneter optischer Filtergläser sind aus den **Fig. 10** bis **Fig. 14** ersichtlich.

**[0044]** Diese optischen Filtergläser weisen hinsichtlich der Transmissionscharakteristik bei kurzen Wellenlängen im Bereich von 300 bis 400 nm eine steile Kante und bei längeren Wellenlängen im Bereich von 500 bis 800 nm einen wenig steil verlaufenden Kurvenzweig auf. Deshalb hat man Interferenzfilter, die eine steile Kante im Bereich von 580 bis 630 nm aufweisen, für die Zwecke einer störungsfreien Beleuchtungseinrichtung bei Nachtsichtgeräten gegenüber optischen Filtergläsern bevorzugt (siehe MIL-STD-3009, **Fig. 1** und **Fig. C-4**, **Fig. C-5**, **Fig. C-6**). Bei den optischen Filtergläsern kann jedoch die Blockungswirkung über die Glasdicke eingestellt werden und wird an spektralen Verlauf des primären Weiß-Lichtquelle **10** so angepasst, dass unerwünschte spektrale Anteile des Nutzlichtes im Wellenlängenbereich oberhalb von 600 nm durch Absorption ausreichend geschwächt werden.

**[0045]** Der Reintransmissionsgrad  $\tau_i$  eines Filter ist über folgendes exponentielles Gesetz in Abhängigkeit von der Dicke  $d$  und dem Absorptionskoeffizienten  $\alpha$  definiert:

$$\tau_i = e^{-\alpha d}$$

**[0046]** Da die Transmissionseigenschaften eines absorbierenden Filters von der Dicke abhängen, hat sich in der Fachwelt die Beschreibung der spektralen Diabatie durchgesetzt. Die spektrale Diabatiekurve kann sehr gut den spektralen Charakter eines Absorptionsfilters wiedergeben, da eine Dickenänderung des Filtermaterials sich nur in einer Verschiebung der Kurve parallel zur y-Achse äußert. So lassen sich unterschiedliche Filtermaterialien vergleichen, und die Effektivität eines Filter, nämlich das Verhältnis zwischen hohem Absorptionsmaß und hohem Transmissionsmaß, unabhängig von der Dicke beschreiben.

**[0047]** Daher werden die spektralen Transmissionseigenschaften im Folgenden mit der spektralen Diabatie beschrieben. Es gilt folgende Definition:

Spektrale Diabatie

$$\theta(\lambda) = 1 - \log \left( \log \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \right) + c$$

**[0048]** Hierin ist  $\tau_i$  die Reintransmission, die abhängig ist von der Wellenlänge  $\lambda$  und der gewählten Referenzdicke des Glases. Die Konstante  $c$  beschreibt nur eine Verschiebung, die sich ergibt, wenn das Glas bei einer anderen Dicke als der Referenzdicke verwendet wird. Damit lassen sich die Gläser in allgemeiner Form definieren, denn der spektrale Verlauf der Diabatie ist unabhängig von der tatsächlichen Glasdicke; stattdessen ergibt sich nur eine Verschiebung in der Hochachse.

**[0049]** Die Dicke der Gläser muss so gewählt werden, dass die Spezifikation der NVIS-Radiance erfüllt wird. (Siehe z. B. Norm STD-M1L3009)

**[0050]** Besonders geeignete Gläser, die im Zusammenspiel mit der richtigen LED ein NVIS-taugliche Beleuchtung ergeben, sind in Tabelle 1 dargestellt. Diese Gläser haben eine ausreichend hohe Absorption im NIR und dennoch eine sehr hohe Transmission im sichtbaren Bereich.

**[0051]** Das gemeinsame Kennzeichen dieser erfindungsgemäß geeigneten Gläser ist, dass der Verlauf der spektralen Diabatie zwischen 600 nm und 800 nm hinreichend steil ist, um die Forderungen der Normen MIL-STD3009 und RTCA DO-275 zu erfüllen. Die Gläser müssen einen minimalen Unterschied in der Diabatie zwischen 700 nm und 800 nm haben von:

$$\theta(700 \text{ nm}) - \theta(800 \text{ nm}) \geq 0,25$$

**[0052]** Der Diabatieunterschied zwischen 600 nm und 800 nm muss mindestens so groß sein:

$$\theta(600 \text{ nm}) - \theta(800 \text{ nm}) \geq 0,9$$

Wellenlänge	Glas 1	Glas 2	Glas 3	Glas 4	Glas 5	Glas 6	Glas 7	Glas BG60	Glas BG39	Glas VG20
350	0,969	0,958	0,969	0,996	0,962	0,979	1,014	1,079	1,422	0,987
400	1,601	1,587	1,610	1,674	1,561	1,625	1,678	1,782	1,907	1,576
450	1,872	1,863	1,880	1,940	1,798	1,844	1,964	2,071	2,262	1,857
500	2,066	2,062	1,990	1,990	1,795	1,743	2,160	2,256	2,583	2,076
525	2,004	2,005	1,897	1,871	1,704	1,626	2,071	2,133	2,484	2,032
550	1,763	1,761	1,689	1,670	1,557	1,496	1,788	1,814	2,107	1,789
600	1,143	1,137	1,113	1,109	1,062	1,033	1,142	1,146	1,318	1,153
650	0,690	0,681	0,673	0,676	0,660	0,652	0,681	0,690	0,771	0,694
700	0,396	0,386	0,390	0,396	0,389	0,387	0,394	0,394	0,398	0,394
750	0,221	0,210	0,206	0,211	0,204	0,203	0,209	0,224	0,158	0,215
800	0,137	0,124	0,116	0,121	0,113	0,112	0,120	0,136	0,025	0,127
850	0,111	0,099	0,093	0,096	0,137	0,096	0,097	0,111	0,000	0,102
900	0,120	0,101	0,104	0,113	0,137	0,096	0,101	0,126	0,000	0,113
950	0,169	0,155	0,153	0,147	0,160	0,148	0,156	0,167	0,000	0,155

**[0053]** Tabelle 1: Für verschiedene Glastypen sind die spektralen Diabatiewerte für eine geeignete Dicke gegeben. Die Gläser mit der Bezeichnung 1 bis 7 sind Versuchsschmelzen; die Gläser BG39, BG60 und VG 20 sind kommerziell erhältliche Kataloggläser.

**[0054]** Fig. 9 zeigt spektrale Diabatiekurven für die Gläser aus Tabelle 1. Die Dicken sind so gewählt, dass sich bei 700 nm gleiche Diabatiewerte ergeben. Hierdurch können die Gläser graphisch besser verglichen werden: So zeigt sich, dass das Glas BG39 den steilsten Verlauf der Reintransmission/Diabatie von allen Gläsern bei 700 nm hat.

**[0055]** Die Lichtausbeute oder Helligkeit einer Anzeige im Wellenlängenbereich ist höher, wenn der Filter bei 500 nm eine höhere Transmission aufweist. Damit steigt die Energieeffizienz der Anzeige. Dies ist vorteilhaft, aber nicht zwingend notwendig, um die Bedingungen der Normen MIL-STD3009 RTCA DO-275 zu erfüllen. Für die Anwendung sind die Gläser, welche eine möglichst hohe Lichtausbeute im sichtbaren Bereich gewährleisten, besonders vorteilhaft. Dies sind Gläser, deren Diabatieunterschied zwischen 500 nm und 800 nm einen Wert erreicht von größer:

$$\theta_{(500 \text{ nm.})} - \theta_{(800 \text{ nm.})} \geq 1,5$$

**[0056]** Wichtig ist auch die spektrale Verteilung der Transmissionseigenschaften: bei Wellenlängen größer 651 nm sollte eine hohe Absorption von wenigstens 97,7% gegeben sein, das heißt, die Transmission sollte kleiner als 2,3% betragen.

**[0057]** Filter aus optischem Glas mit einem Gehalt aus Phosphor und Kupfer und/oder mit einem Gehalt an Fluor sind für die Filterzwecke gemäß Erfindung besonders brauchbar.

Beispiele:

1. BG39 mit LED

Man wähle BG39 in einer Dicke von 2 mm und verwende dann die LED-Typen „Luxeon S4-TP-K“ oder „NSSW100C“ oder „Rebel LXML-PWN1-0080“ oder „SEOL pure white“.

Diese Kombination ergibt einen Farbort, der mit der Definition „NVIS white“ nach MIL-STD3009 kompatibel ist.

2. BG60 mit LED

Man wähle BG60 in der Dicke = 1,6 mm und verwende dann eine der LEDs aus folgender Liste LUXEON A2-RM-G; LUXEON T2-SO-L; LUXEON B5-R0-G; LUXEON Q1-RM-K; CreeNW370; SEOUL\_natural white

Diese Kombination ergibt einen Farbort, der mit der Definition „NVIS white“ nach MIL-STD3009 kompatibel ist.

**[0058]** Mit der Erfindung wird eine Beleuchtungseinrichtung mit LED (1) und NIR-Filter (2) für ein Bedienungs-feld oder eine Anzeige (8) ohne Störung eines Nachtsichtgerätes (9) geschaffen. Das Licht der LED (1) liegt bei  $u' > 0,19$  und  $v' > 0,46$  des  $u'v'$ -Diagramms des CIE-LUV-Farbraumdiagramm. Der NIR-Filter (2) hat spektrale

Diabatiewerte für Wellenlängen bei 800 nm, 700 nm und 600 nm, die zwischen 800 nm und 700 nm einen Diabatieuunterschied von mindestens 0,25 und zwischen 800 nm und 600 nm von mindesten 0,9 ergeben. Die Farbkoordinaten des gefilterten Lichtes liegen in einem Gebiet mit dem Radius von 0,04 um die Koordinaten  $u' = 0,19$  und  $v' = 0,49$  des  $u'v'$ -Diagramms.

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- US 7434963 B2 [0002]
- US 6758586 B1 [0003]
- US 6758568 B1 [0003, 0003]
- DE 4219740 B4 [0005]
- DE 102012001151 A1 [0006]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- MIL-L-85762 A Standard [0003]
- Norm MIL-STD3009 [0003]
- US-Norm MIL-STD-3009 [0007]
- Standard der CIE [0008]
- CIE Universal Color Standard (UCS) von 1976 [0008]
- Norm MIL-STD3009 [0011]
- RTCA DO-275 [0011]
- CIE No. 15 (2004) Technical Report Colorimetry ISBN 3901 906 339 [0011]
- MIL-STD – 3009 [0013]
- RTCA-DO – 275 [0013]
- MIL-STD-3009 [0044]
- Norm STD-M1L3009 [0049]
- MIL-STD3009 [0051]
- RTCA DO-275 [0051]
- MIL-STD3009 [0055]
- RTCA DO-275 [0055]

**Patentansprüche**

1. Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung eines Bedienungsfeldes oder einer Anzeige, deren Licht den Betrieb eines Nachtsichtgerätes nicht stören soll, dessen spektrale Empfänglichkeit in einem Wellenlängenbereich oberhalb von 600 nm liegt, umfassend
  - als primäre Lichtquelle eine oder mehrere Weiß-LEDs, deren abgegebenes Licht in einem Gebiet des  $u'$ - $v'$ -Diagramms des CIE-LUV-Farbraumsystems oberhalb von  $u' > 0,19$  und  $v' > 0,46$  liegt, und
  - als NIR-Filter im nahen Infrarot ein absorbierendes Filterglas als Volumenfilter, der zwischen 500 nm und 800 nm eine abfallende Lichttransmissionscharakteristik aufweist und dessen Dicke für ausreichende Blockungswirkung im Wellenlängengebiet zwischen 600 nm und 800 nm sorgt, so dass
  - der Aufbau mit dem NIR-Filter und der Weiß-LED gefiltertes Licht erzeugt, dessen Farbkoordinaten in einem Gebiet mit dem Radius von 0,04 um die Koordinaten  $u' = 0,19$  und  $v' = 0,49$  des  $u'$ - $v'$ -Diagramms des CIE-LUV-Farbraumsystems liegen.
2. Beleuchtungseinrichtung wie Anspruch 1, jedoch mit Farbkoordinaten des Lichtes der Weiß-LED im  $u'$ - $v'$ -Diagramm des CIE-LUV-Farbraumsystems von  $u' > 0,18$  und  $v' > 0,45$  sowie mit gefiltertem Licht, dessen Farbkoordinaten in einem Gebiet mit dem Radius von 0,055 um die Koordinaten  $u' = 0,18$  und  $v' = 0,5$  des CIE-LUV-Farbraumsystems liegen.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei das absorbierende Filterglas ein optisches Glas mit einem Gehalt an Phosphor und Kupfer ist.
4. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das absorbierende Filterglas ein optisches Glas mit einem Gehalt an Fluor ist.
5. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Weiß-LED von einer Bauart mit zwei lokalen Intensitätsmaxima ist und das erste lokale Intensitätsmaximum zwischen 410 nm und 460 nm sowie das zweite lokale Intensitätsmaximum bei 565 nm liegen, mit einem Verhältnis der maximalen Intensitäten in einem Bereich zwischen 0,6–1,6.
6. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das absorbierende Filterglas zwischen 700 nm und 800 nm wenigstens einen Unterschied in den spektralen Diabatiewerten von  $\theta(700 \text{ nm}) - \theta(800 \text{ nm}) \geq 0,25$  aufweist.
7. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei für 600 nm und 800 nm der spektrale Diabatieunterschied  $\theta(600 \text{ nm}) - \theta(800 \text{ nm}) \geq 0,9$  beträgt.
8. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei für 500 nm und 800 nm der spektrale Diabatieunterschied  $\theta(500 \text{ nm}) - \theta(800 \text{ nm}) \geq 1,5$  beträgt.
9. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der NIR-Filter für Wellenlängen  $> 651$  nm ein Absorptionsvermögen von wenigstens 97,7% aufweist.
10. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei der NIR-Filter mit wenigstens einer Anti-Reflexionsschicht versehen ist, die für einen Bereich zwischen 400 nm und 600 nm optimiert ist.
11. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der NIR-Filter zwischen Lichtquelle und Anzeige positioniert ist.
12. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei der NIR-Filter zwischen Beobachter und Anzeige positioniert ist.

Es folgen 25 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

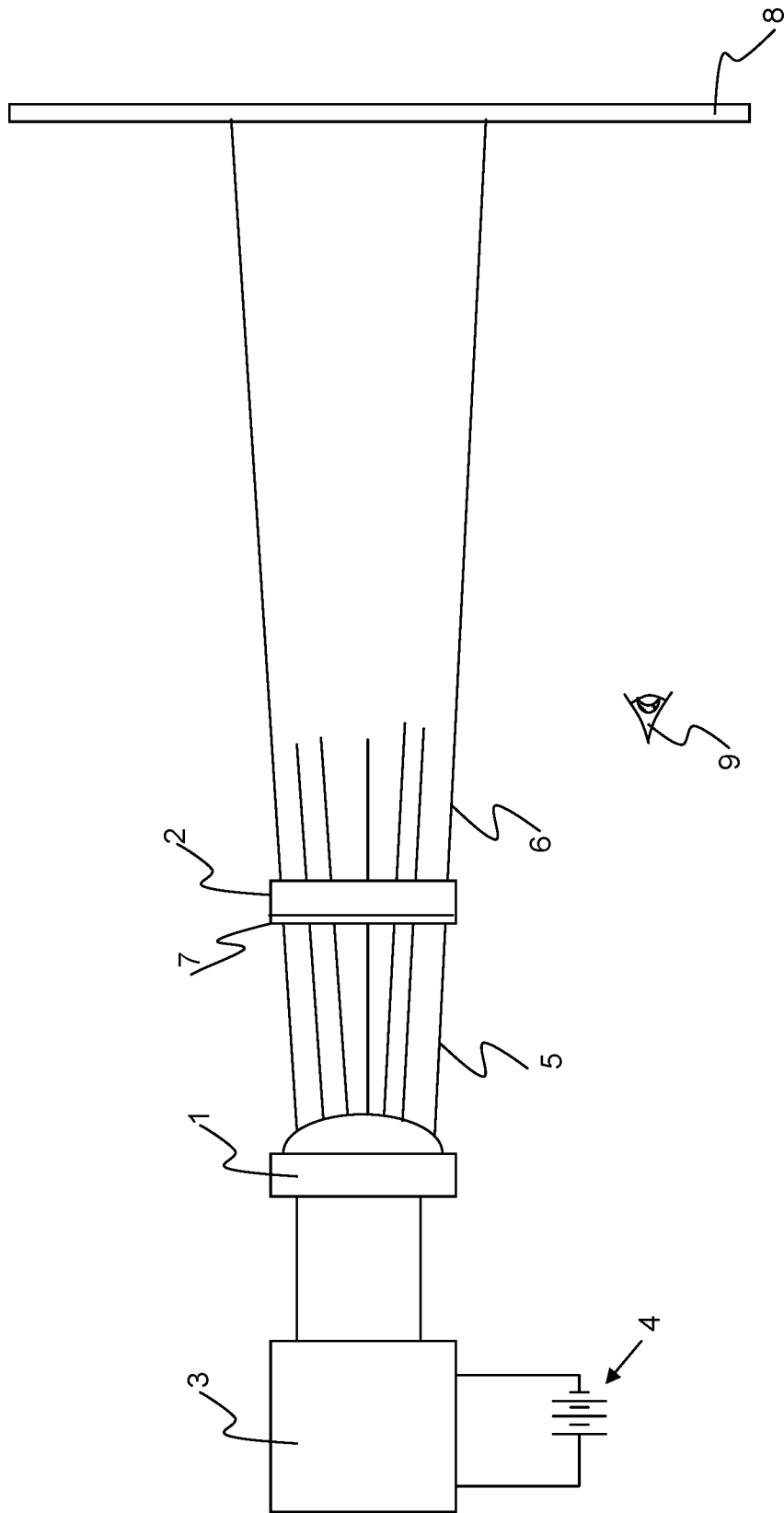


Fig. 1

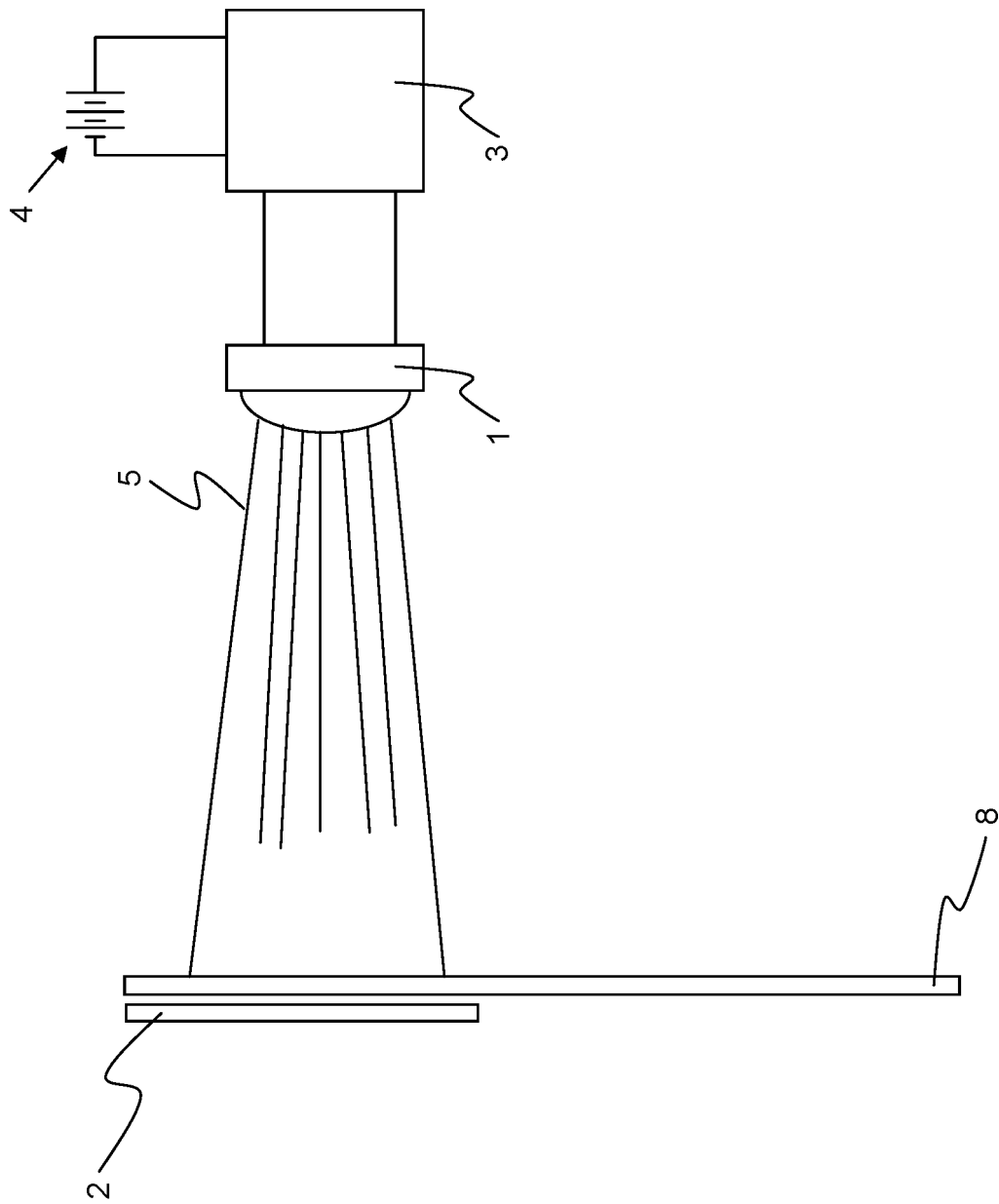
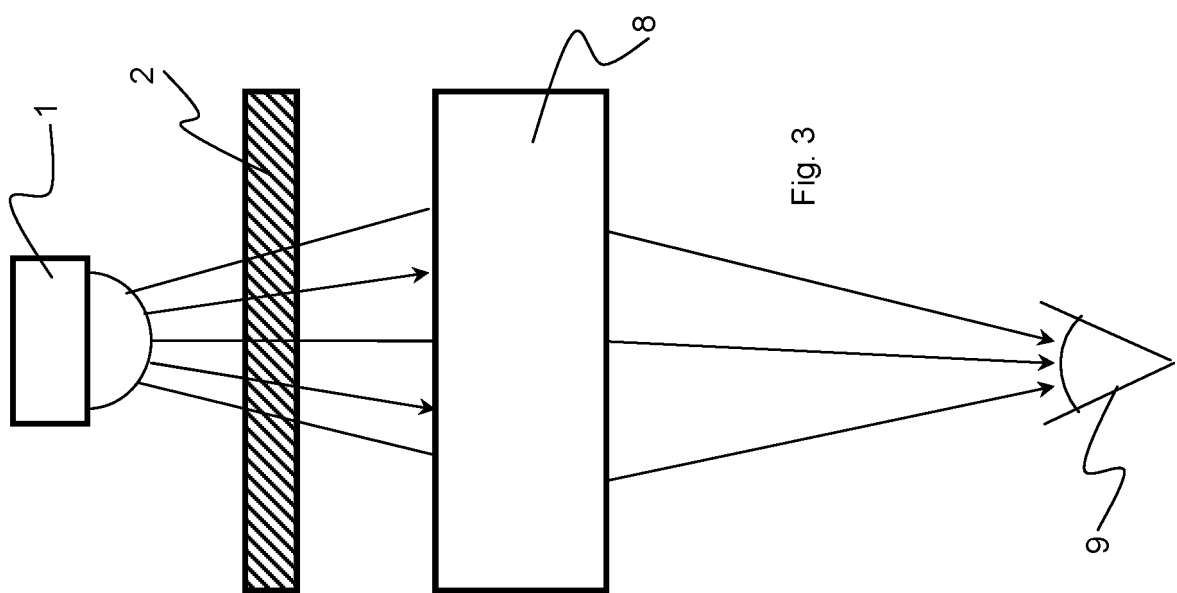
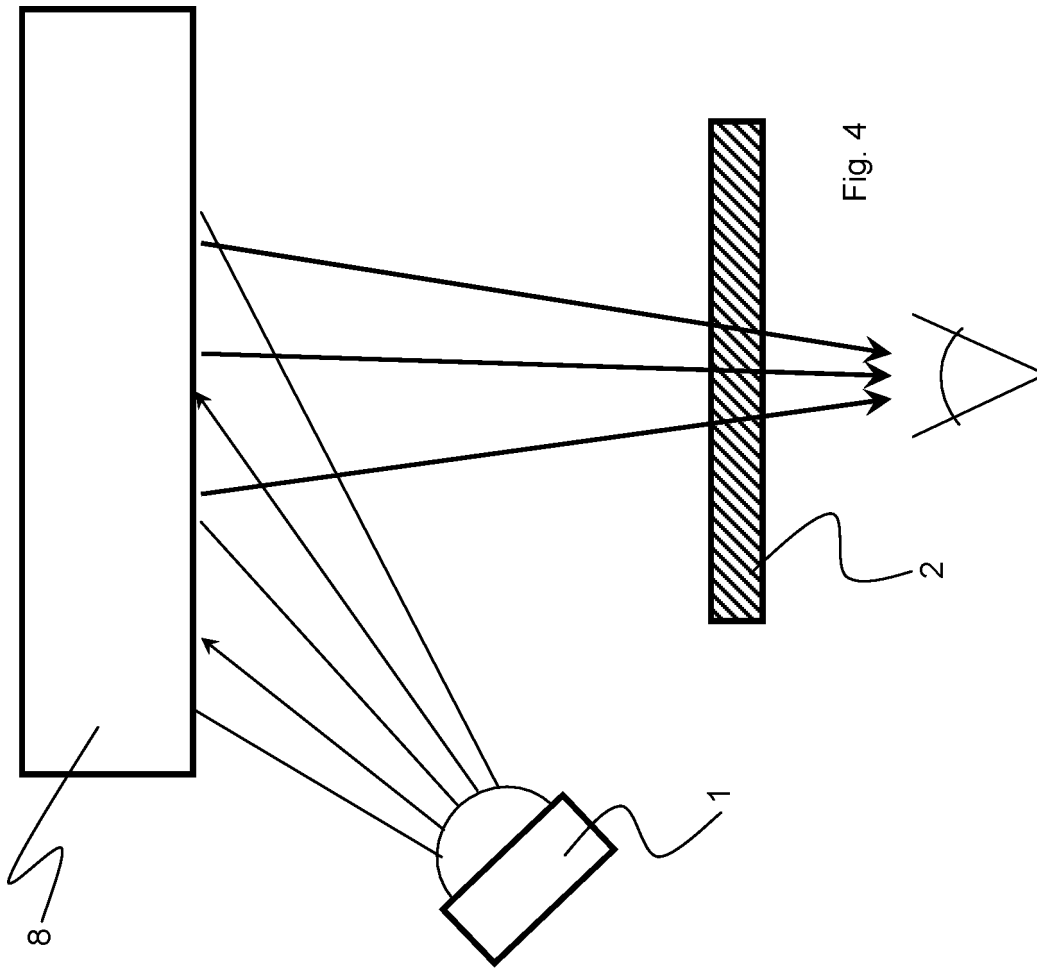


Fig. 2



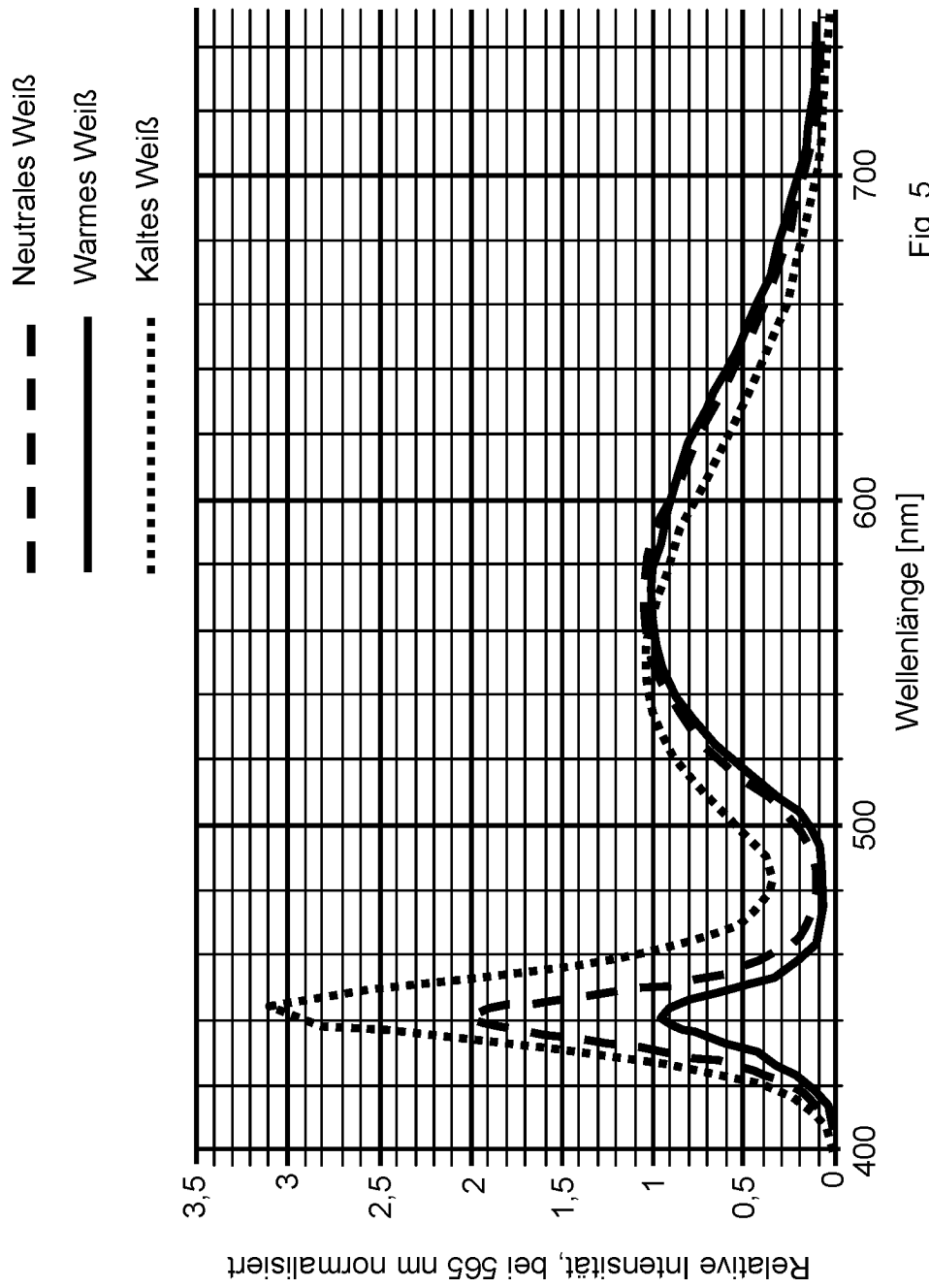


Fig. 5

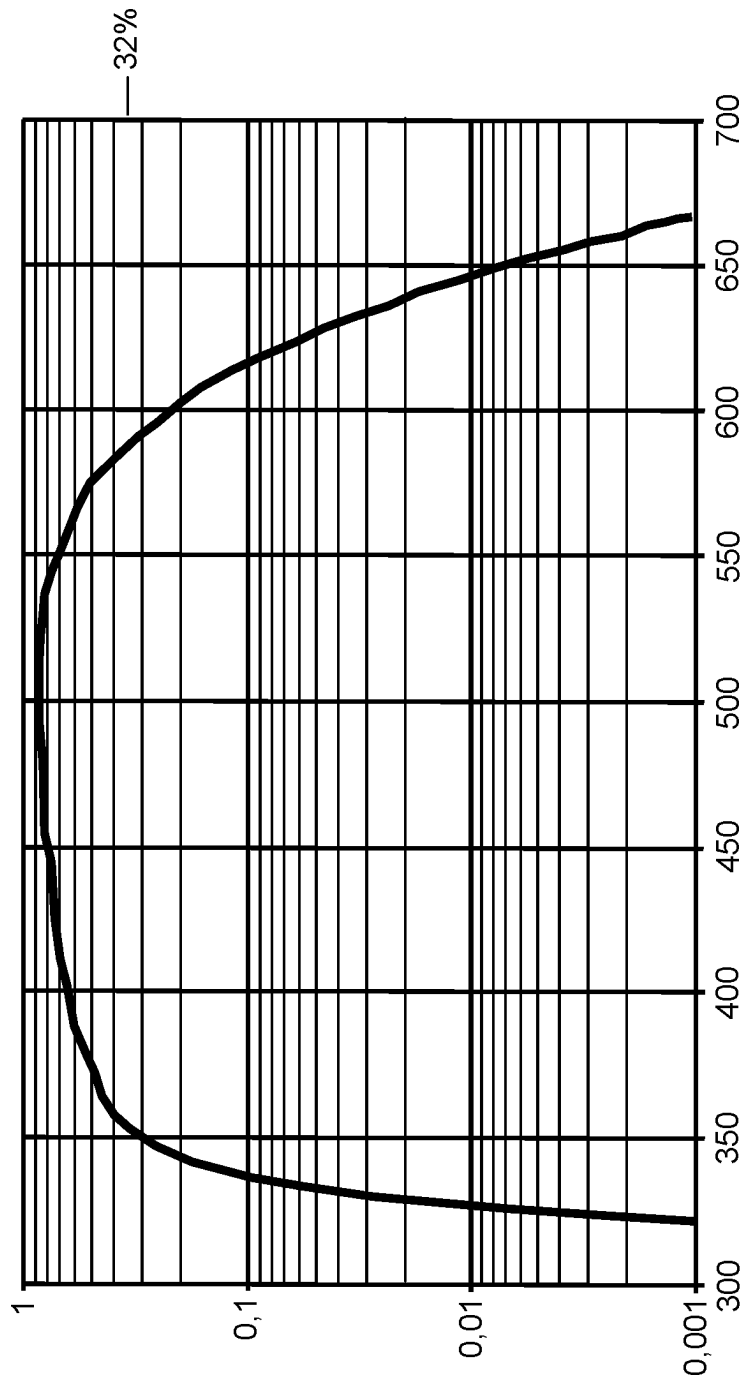


Fig. 6

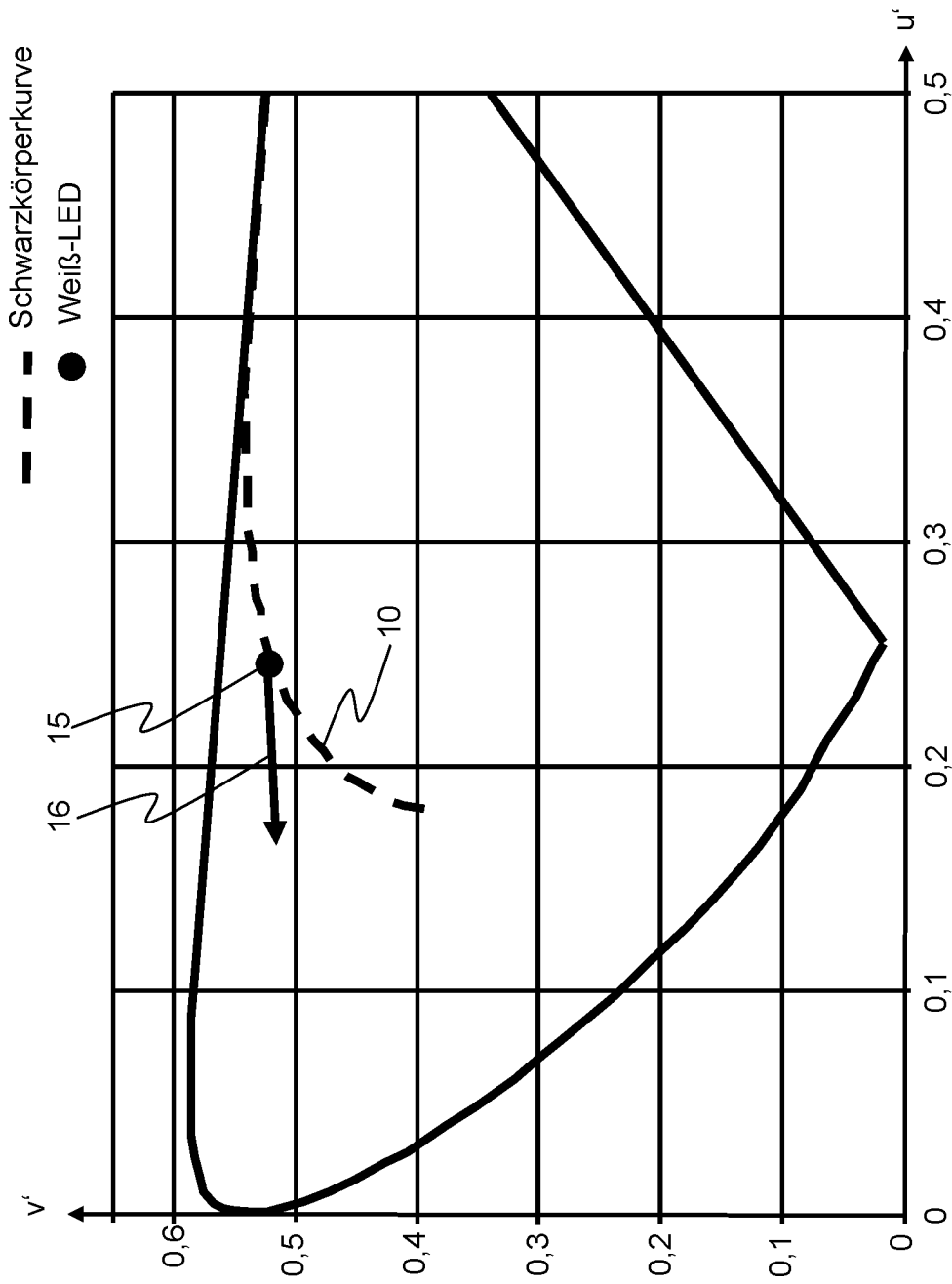


Fig. 7

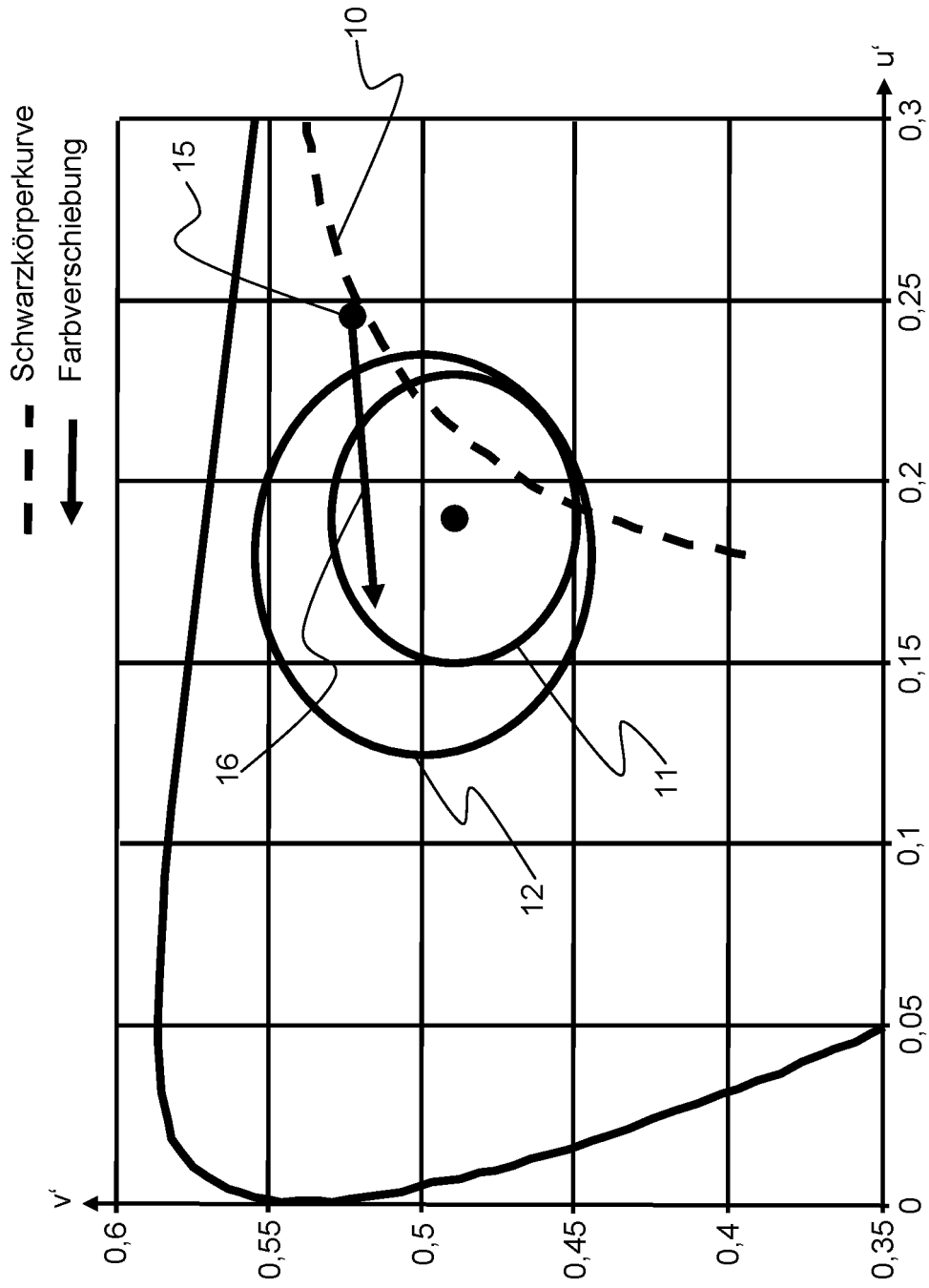


Fig. 8

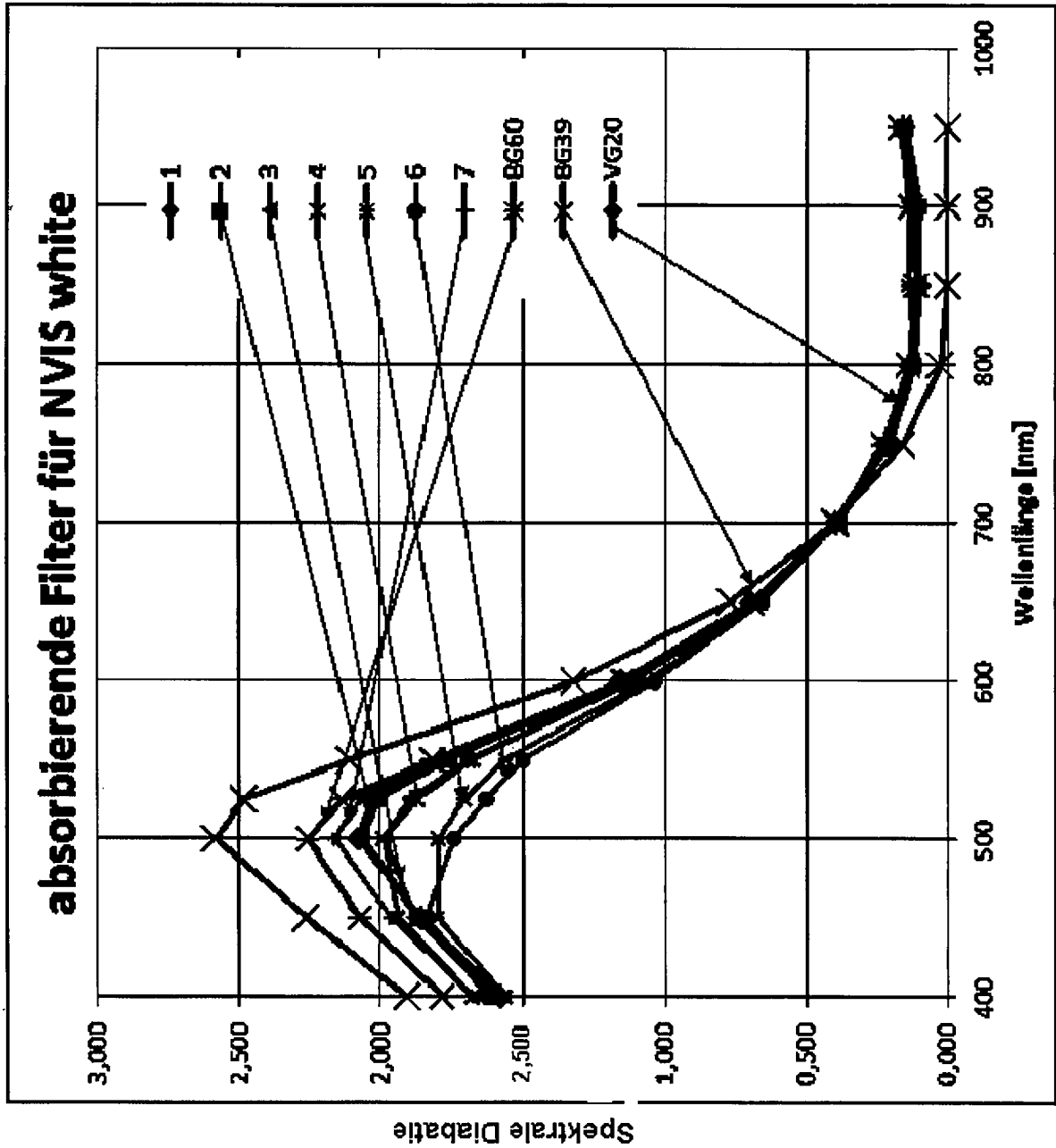
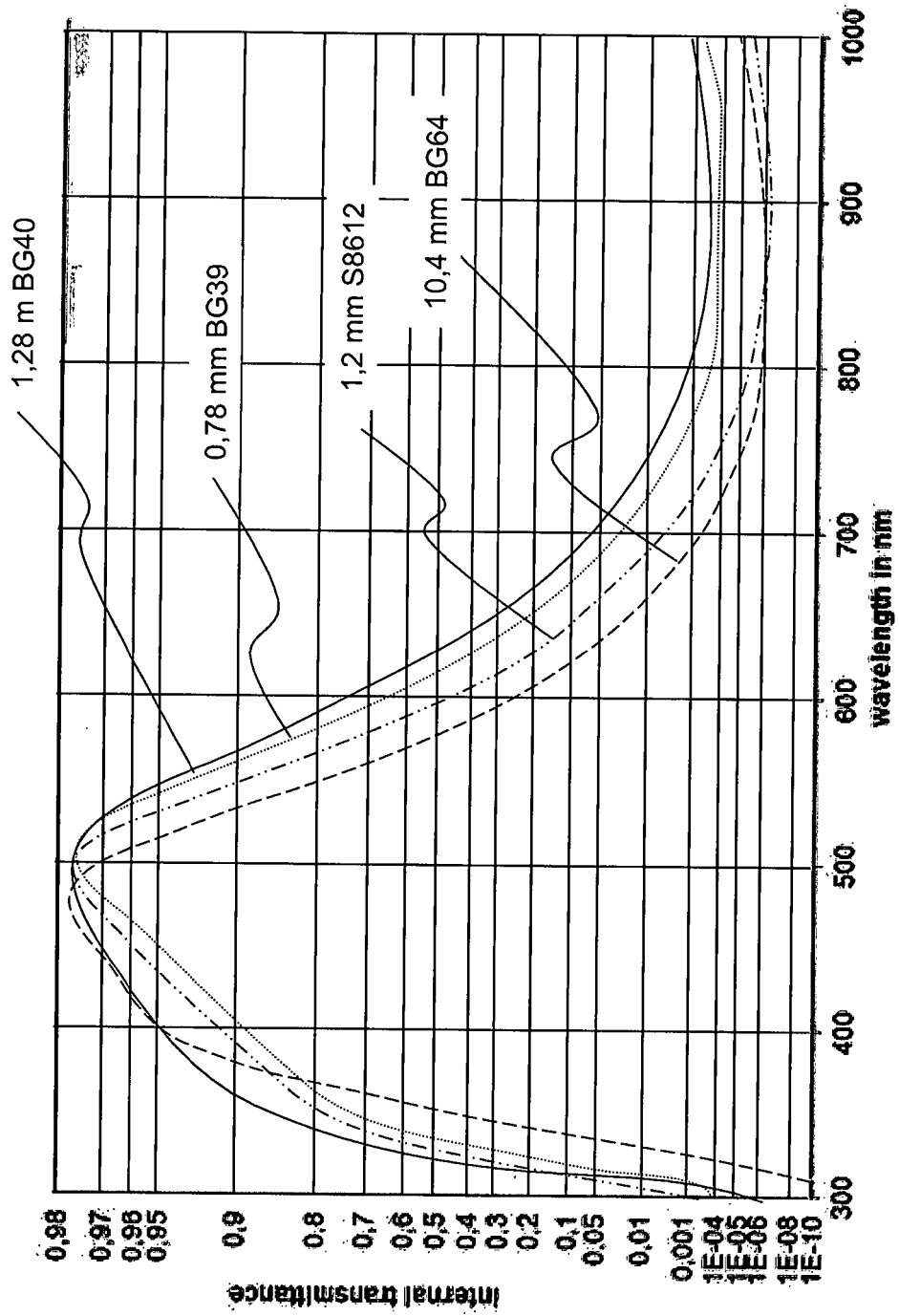
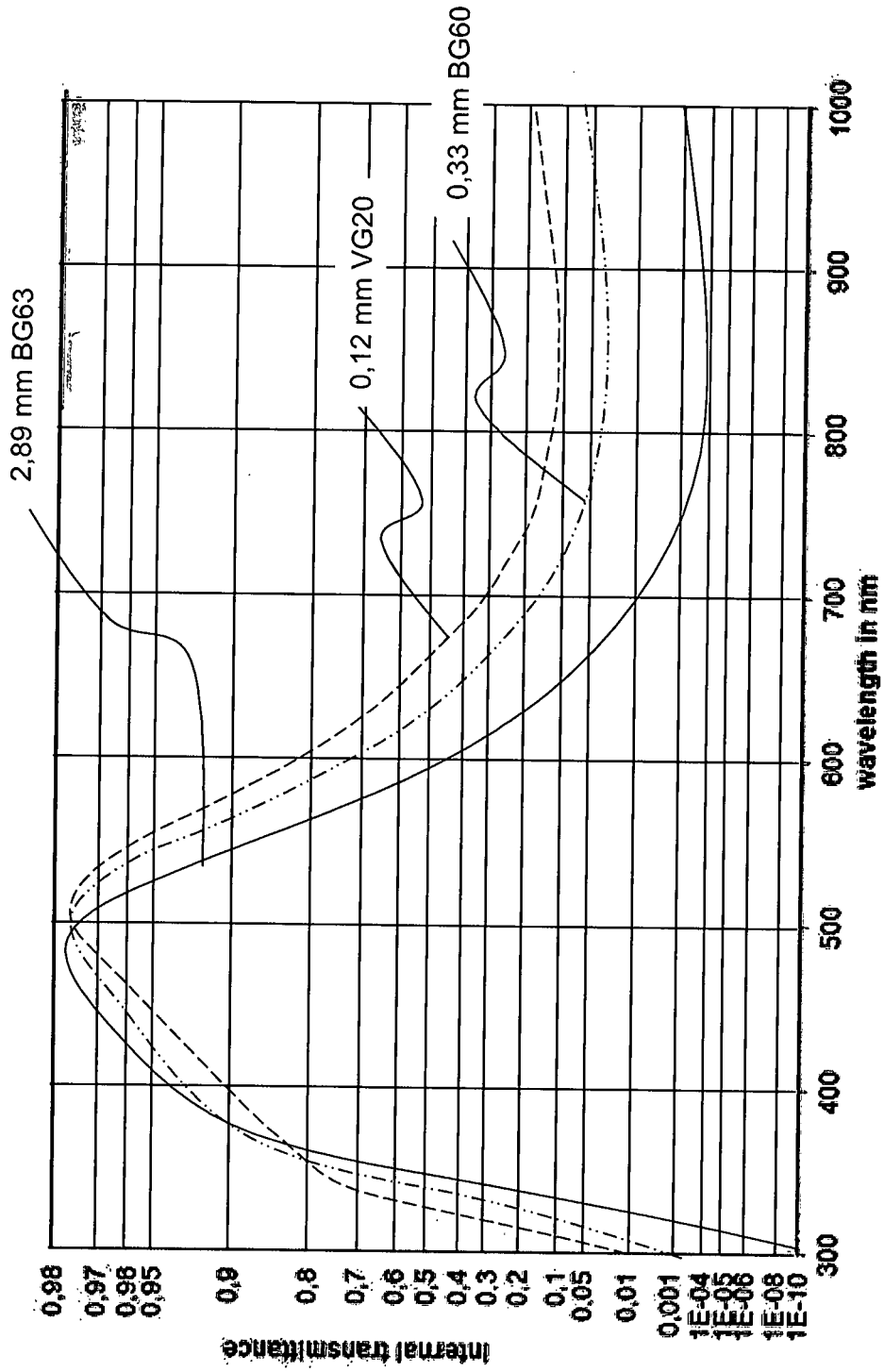


Fig. 9



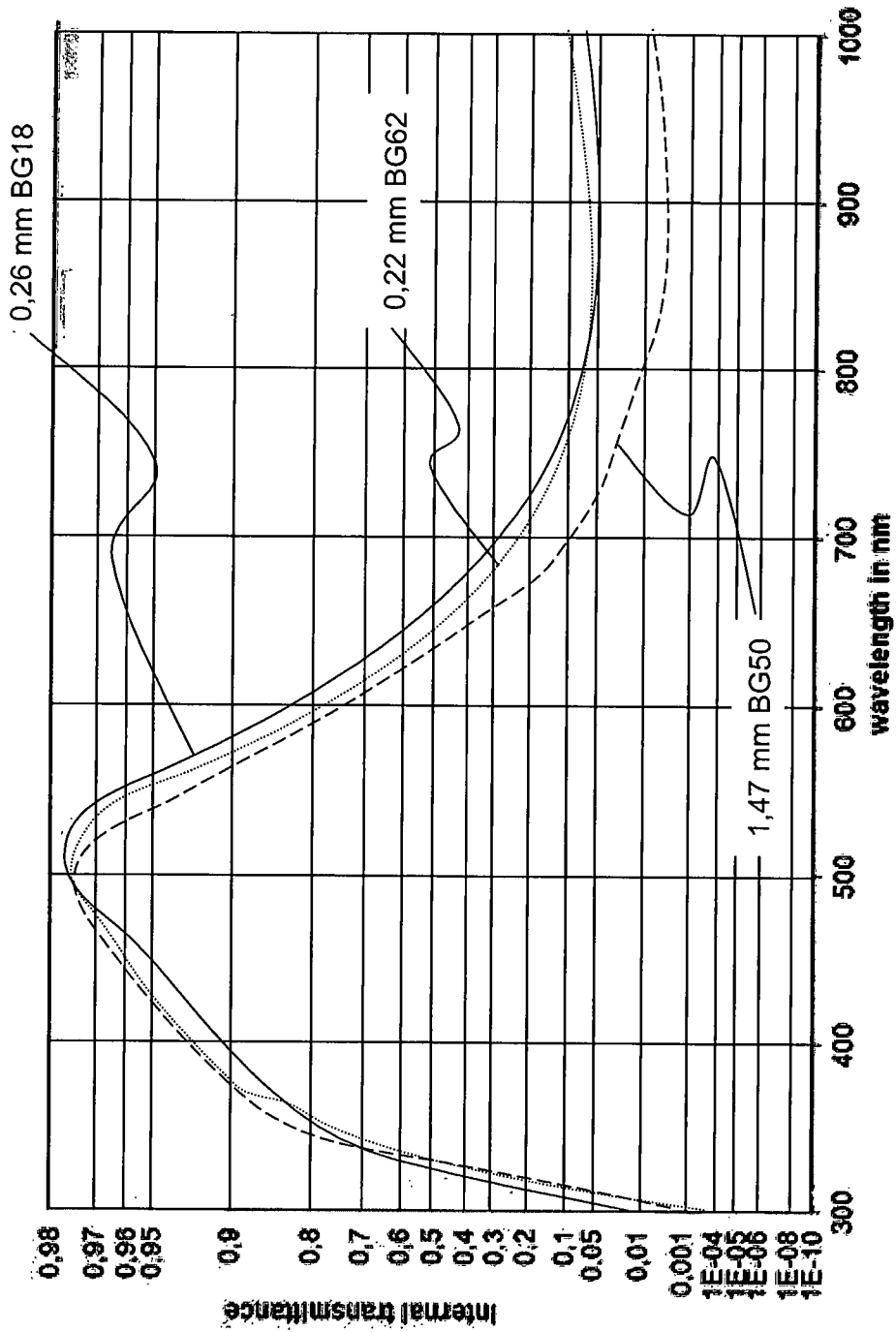
Same maximum – different thickness

Fig. 10a



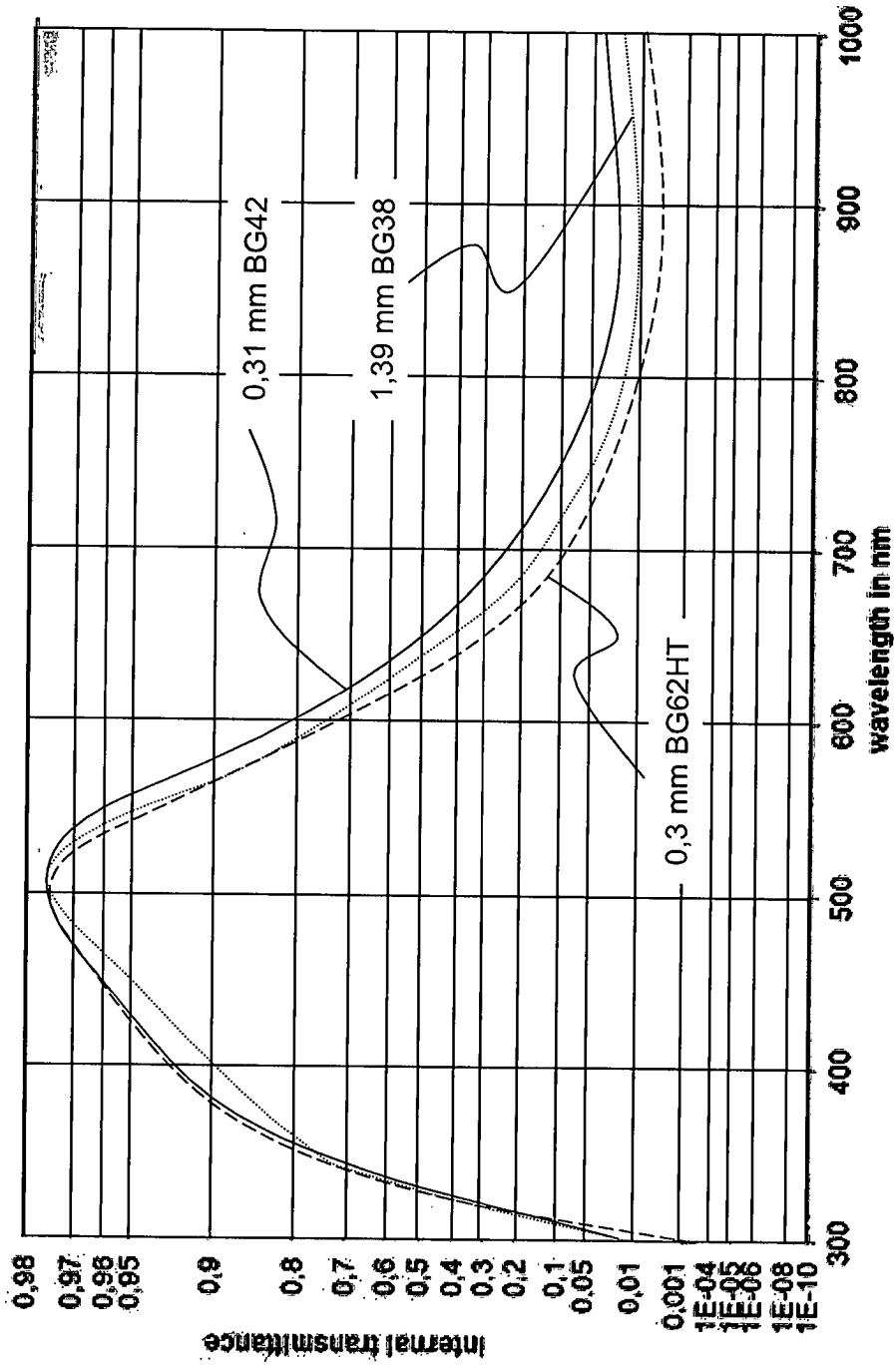
Same maximum – different thickness

Fig. 10b



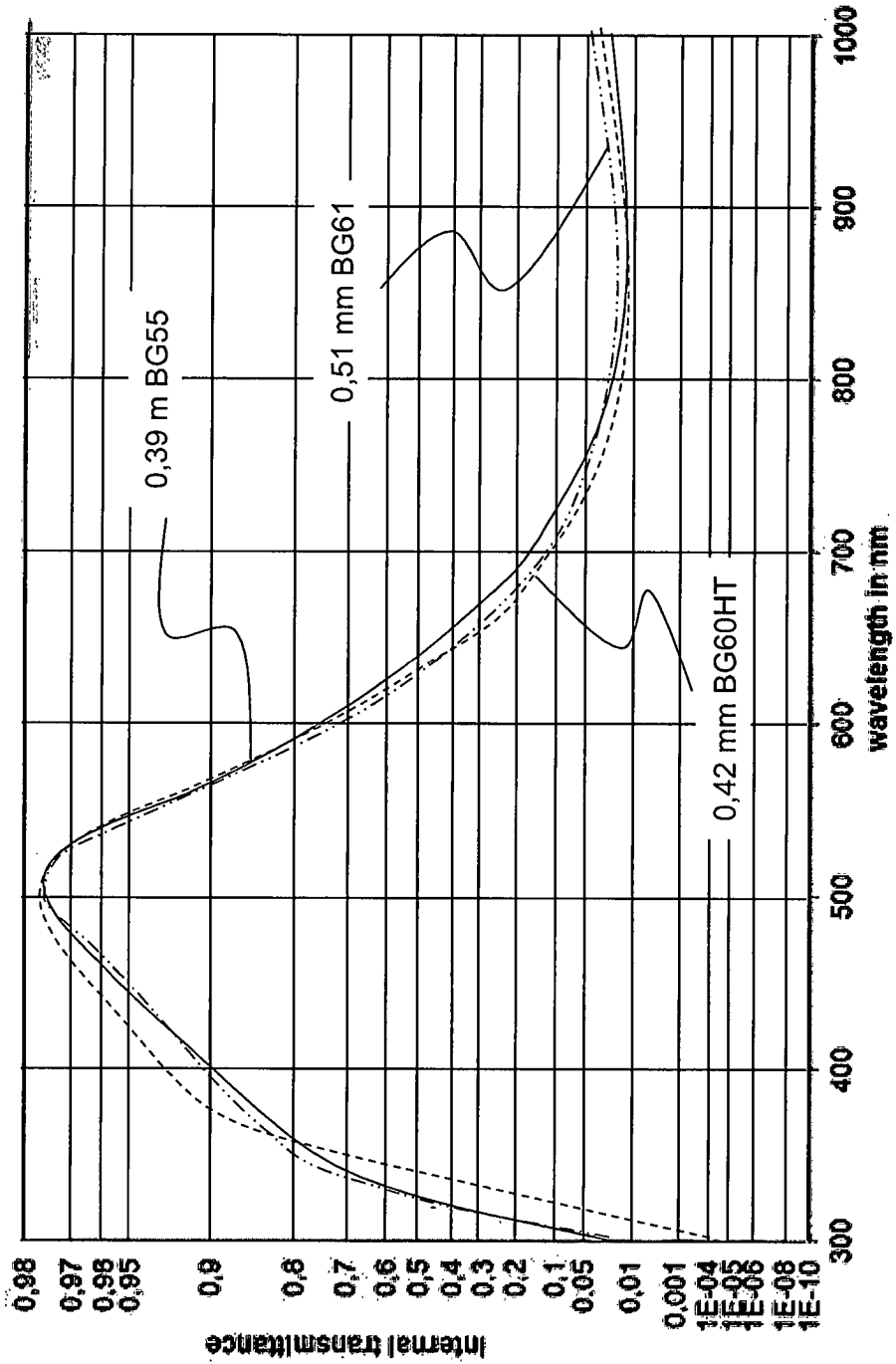
Same maximum – different thickness

Fig. 10c



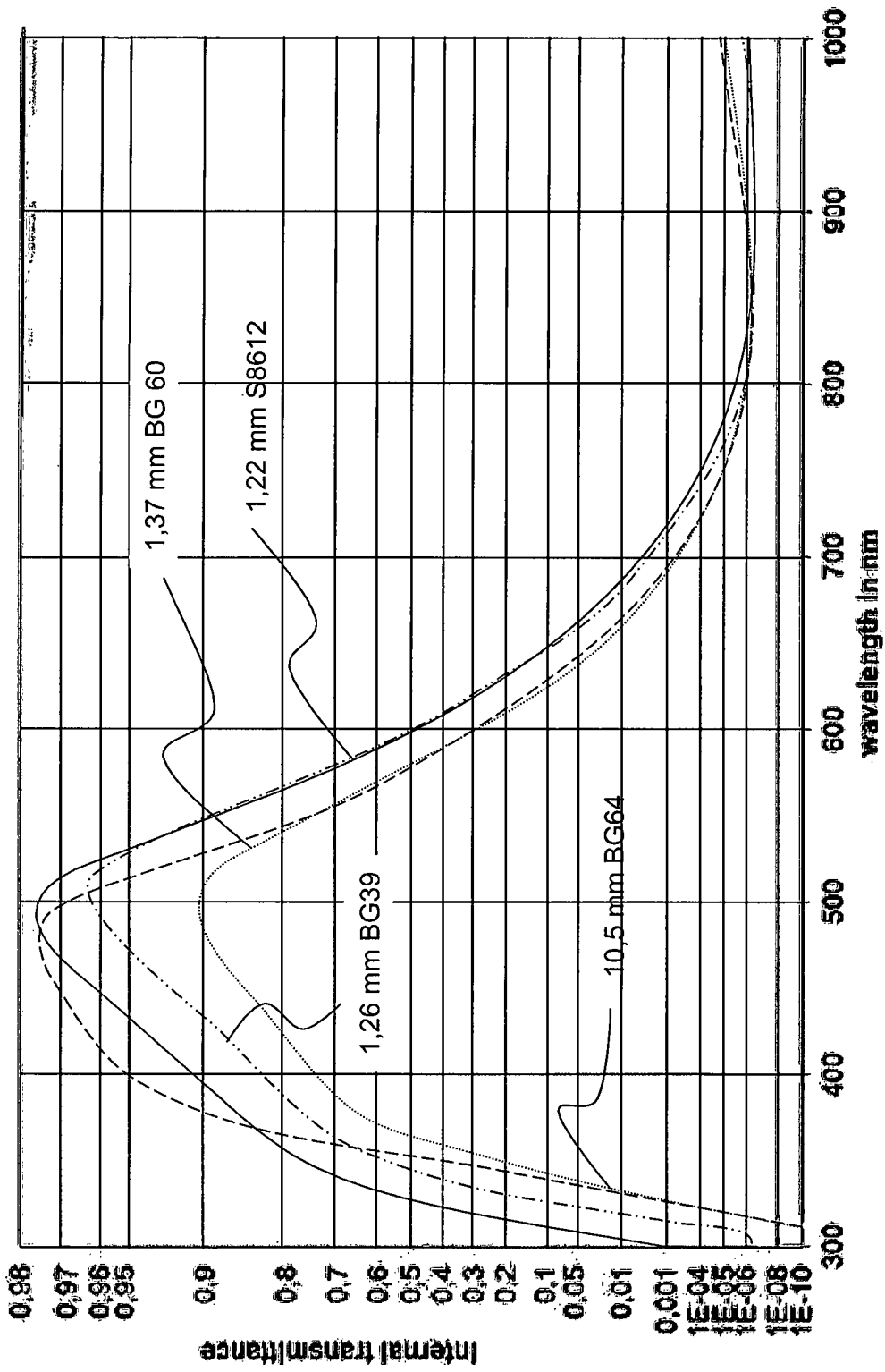
Same maximum – different thickness

Fig. 10d



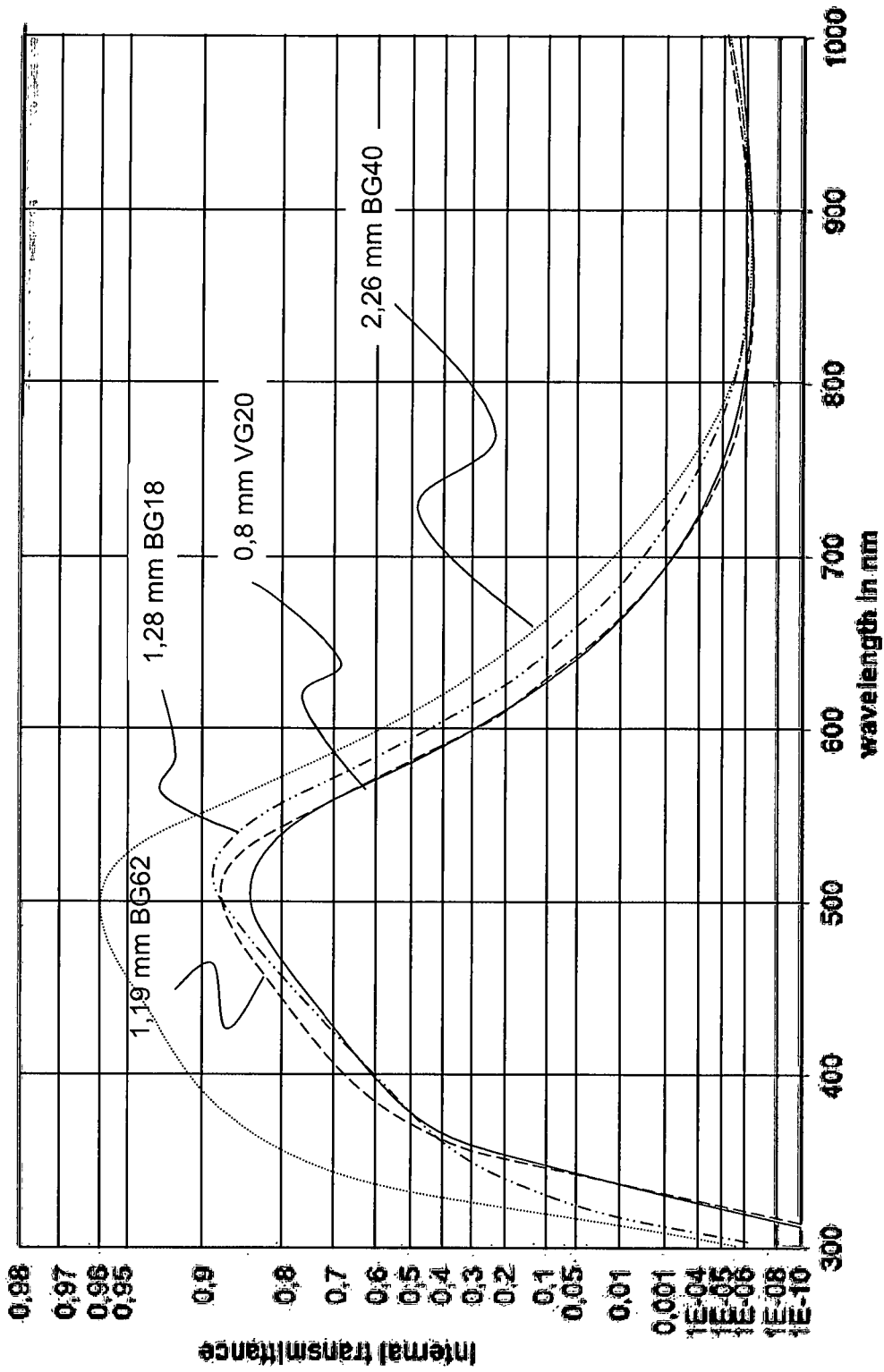
Same maximum – different thickness

Fig. 10e



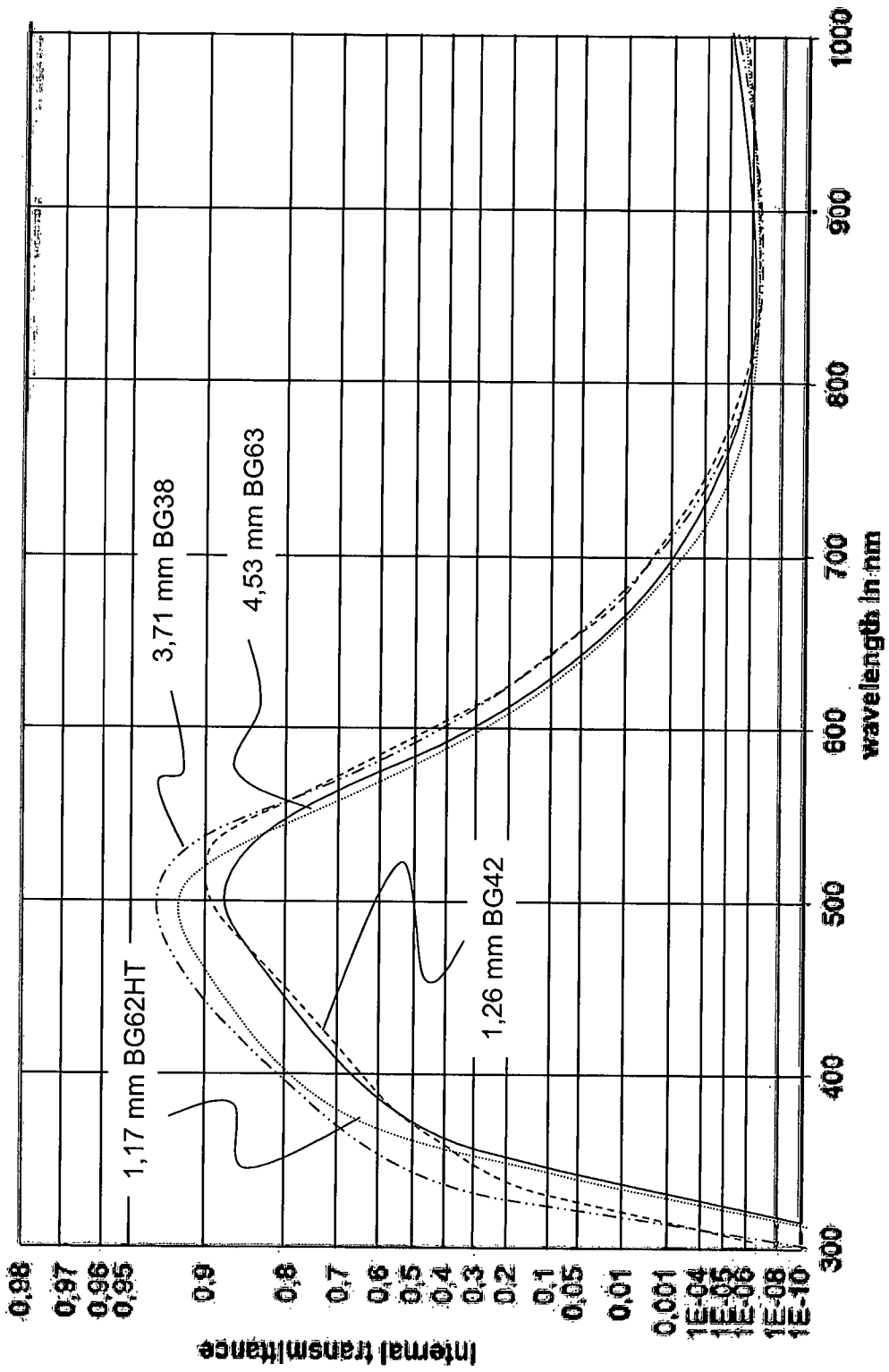
Same minimum – different thickness

Fig. 11a



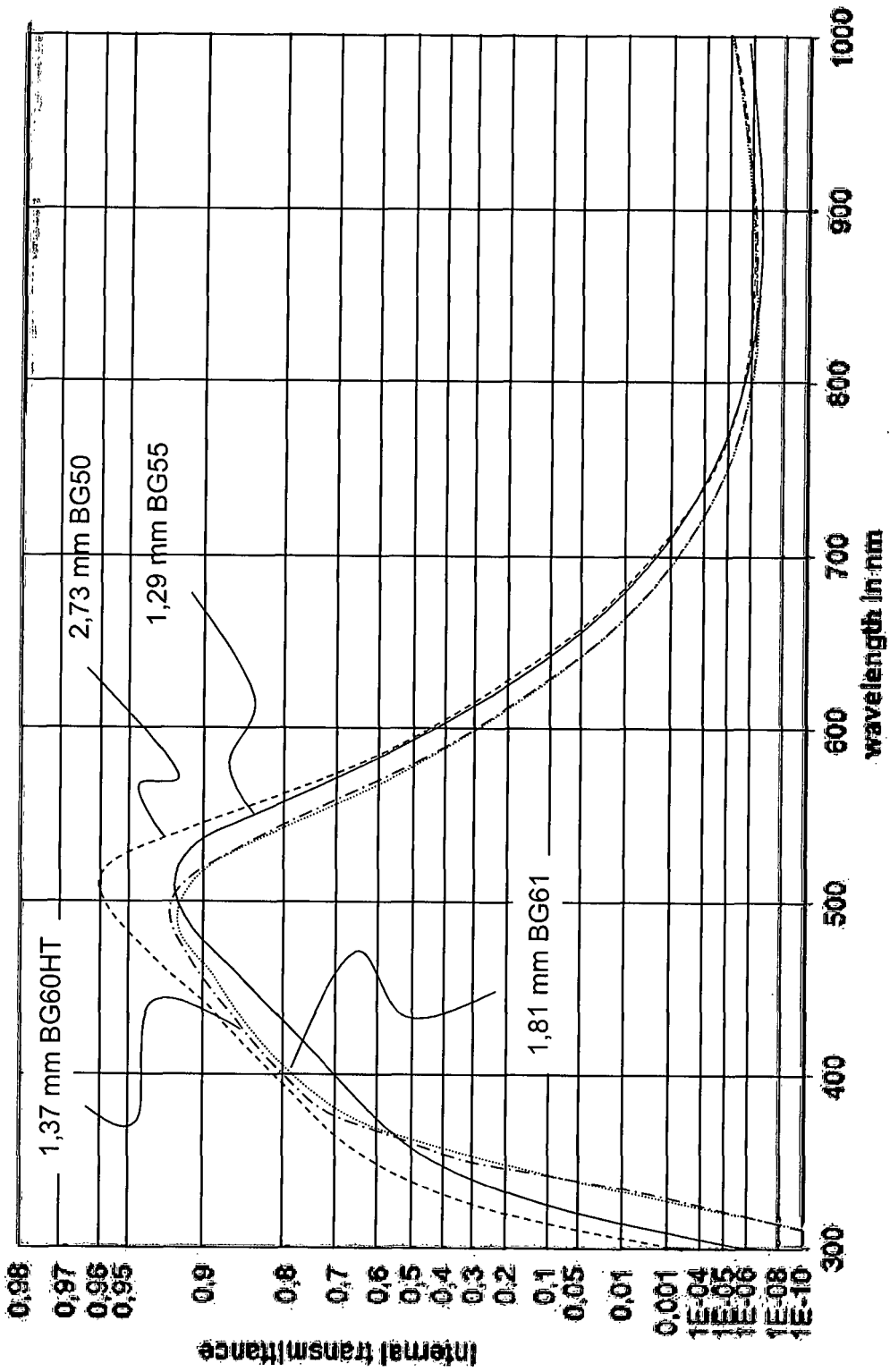
Same minimum – different thickness

Fig. 11b



Same minimum – different thickness

Fig. 11c



Same minimum – different thickness

Fig. 11d

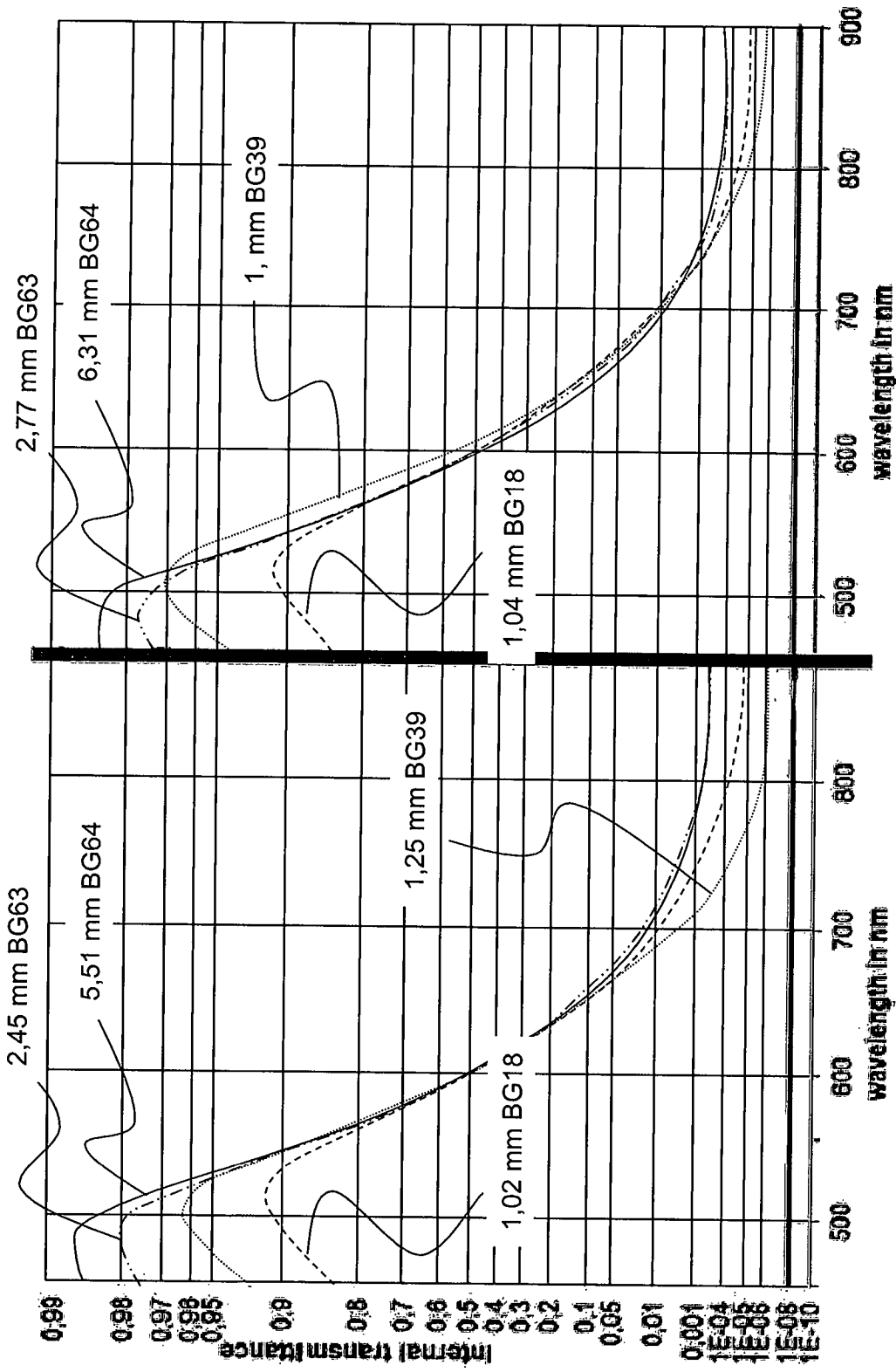
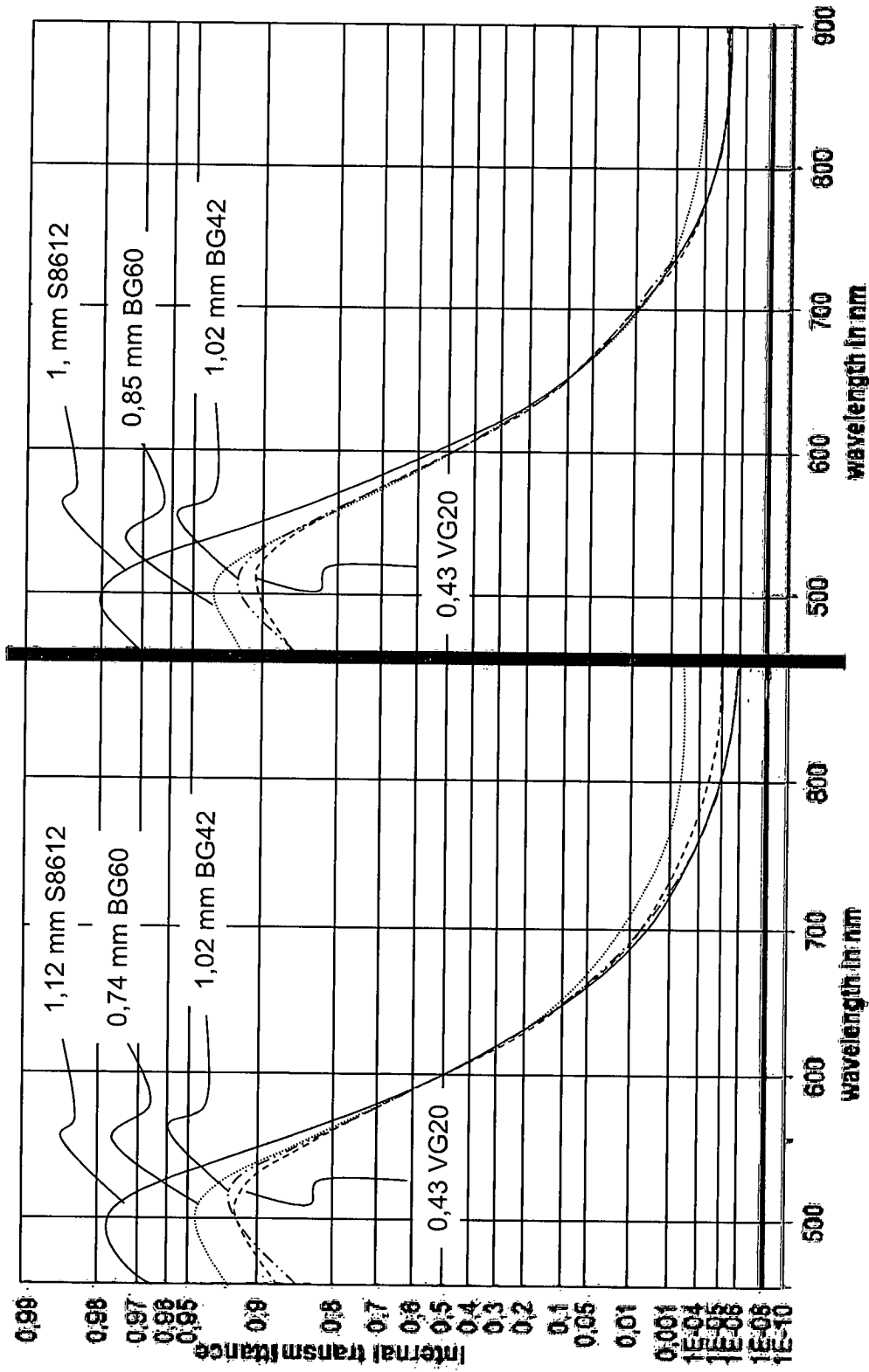


Fig. 12a Same transmittance at 600 nm - different thicknesses

Fig. 13a Same transmittance at 700 nm - different thicknesses



Same transmittance at 700 nm  
- different thicknesses

Fig. 13b

Same transmittance at 600 nm  
- different thicknesses

Fig. 12b

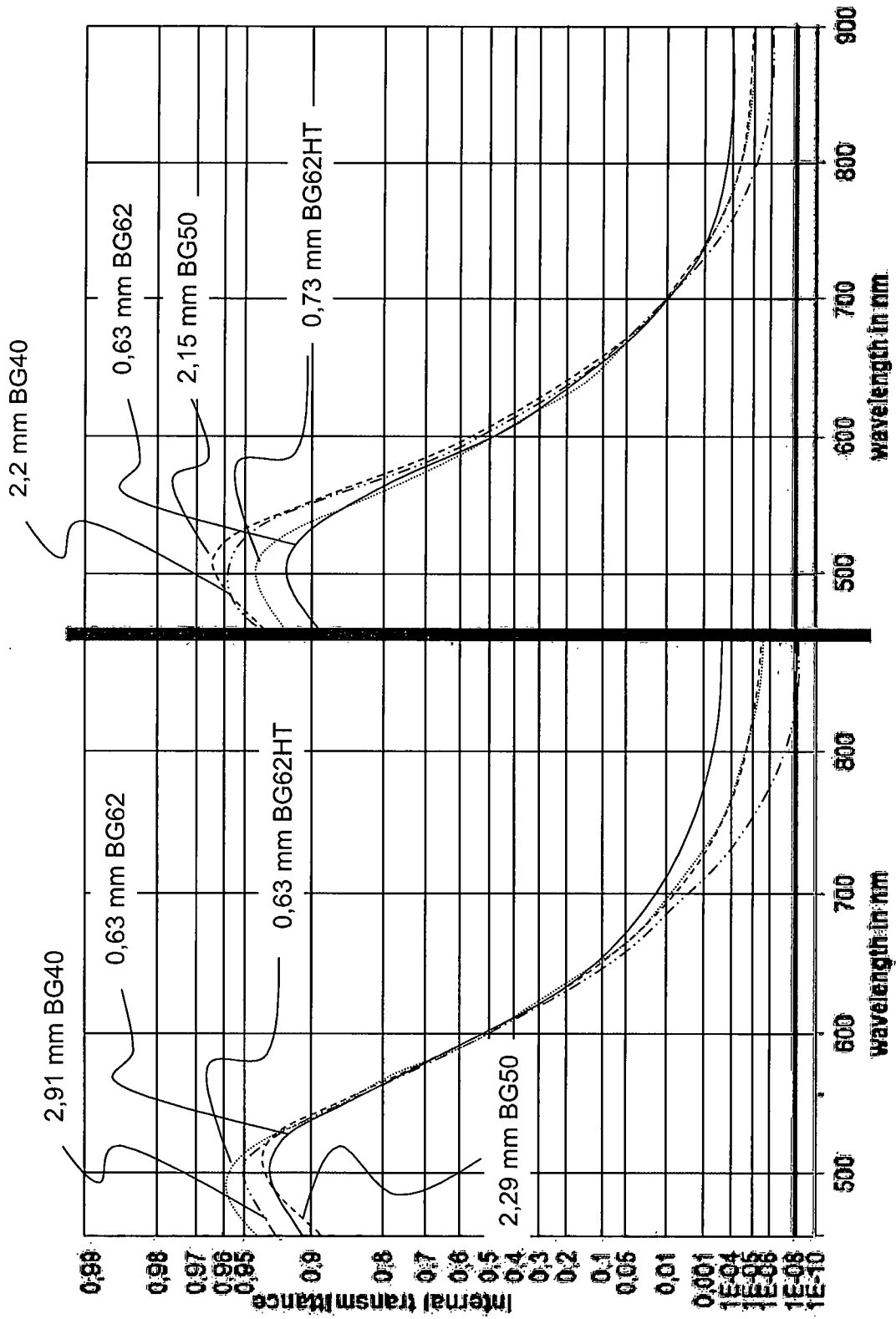


Fig. 12c Same transmittance at 600 nm - different thicknesses

Fig. 13c Same transmittance at 700 nm - different thicknesses

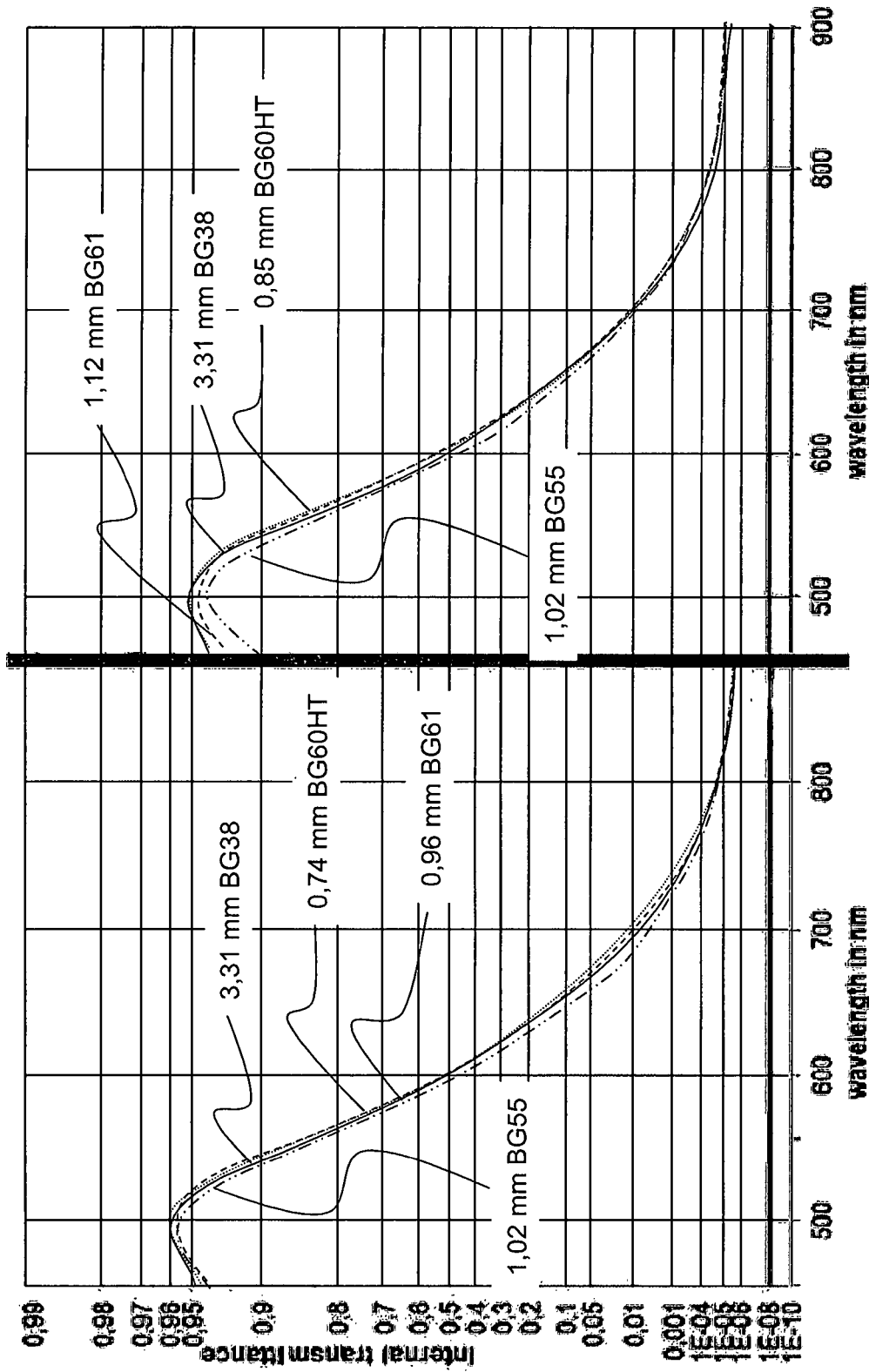


Fig. 12d Same transmittance at 600 nm  
- different thicknesses

Fig. 13d Same transmittance at 700 nm  
- different thicknesses

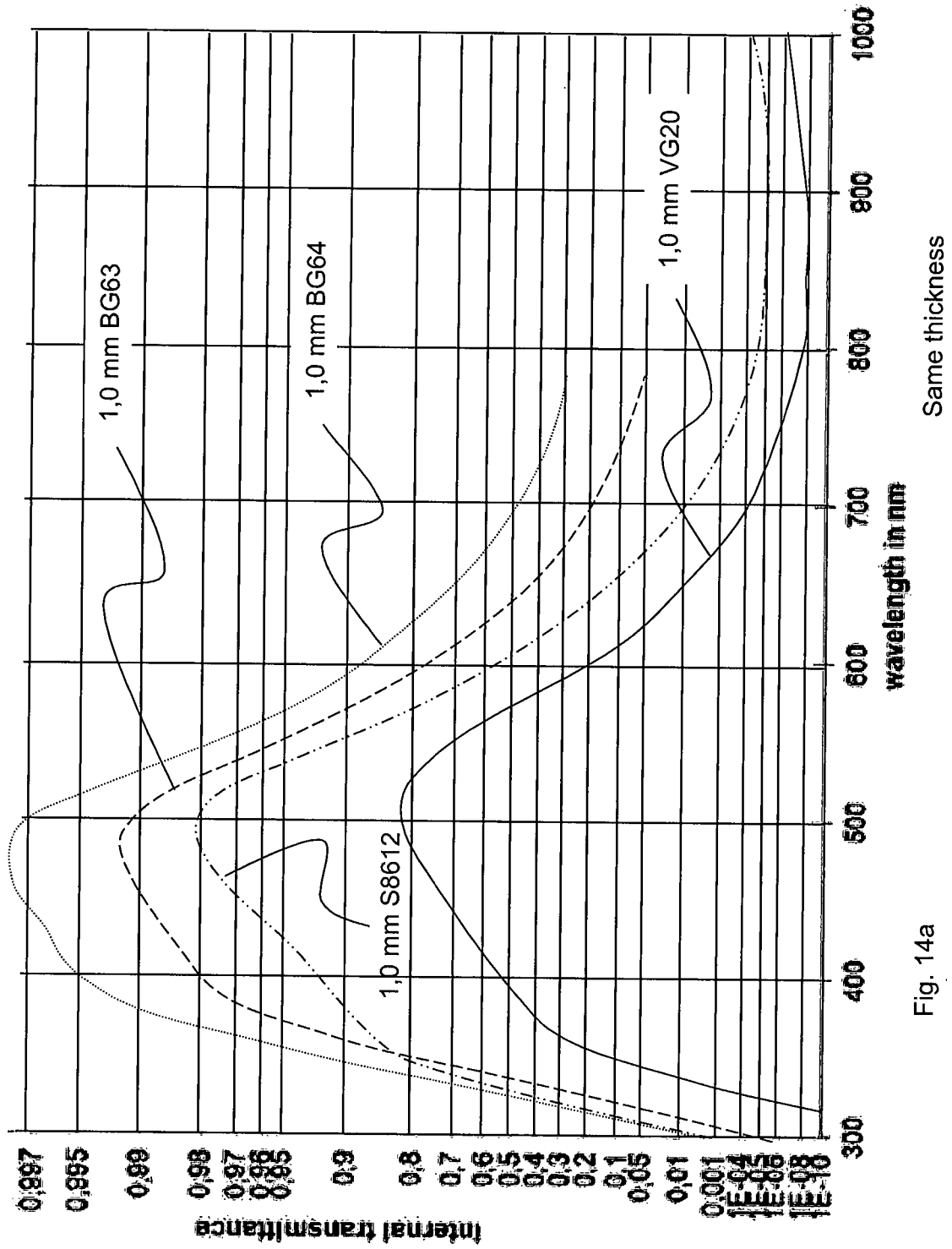


Fig. 14a

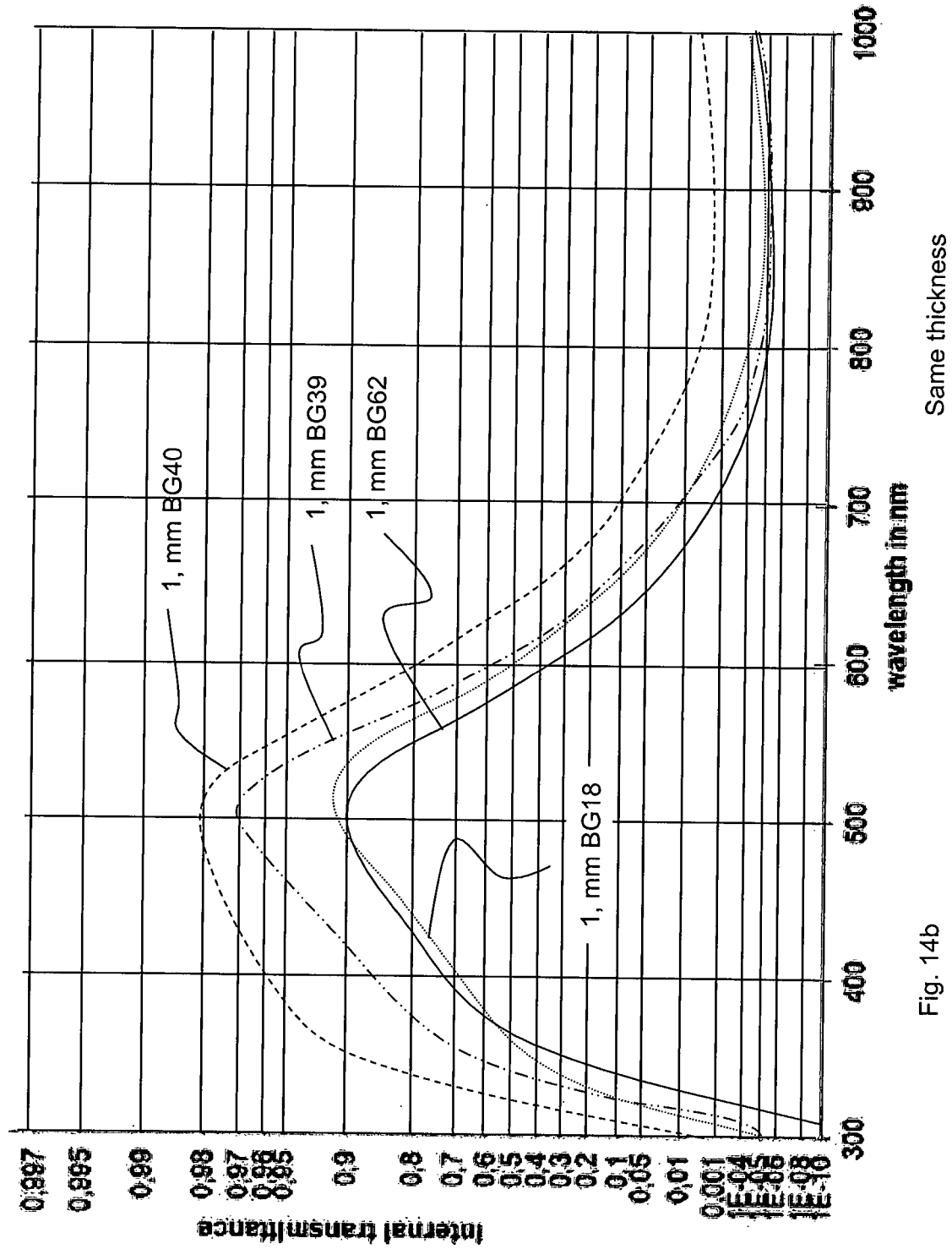


Fig. 14b

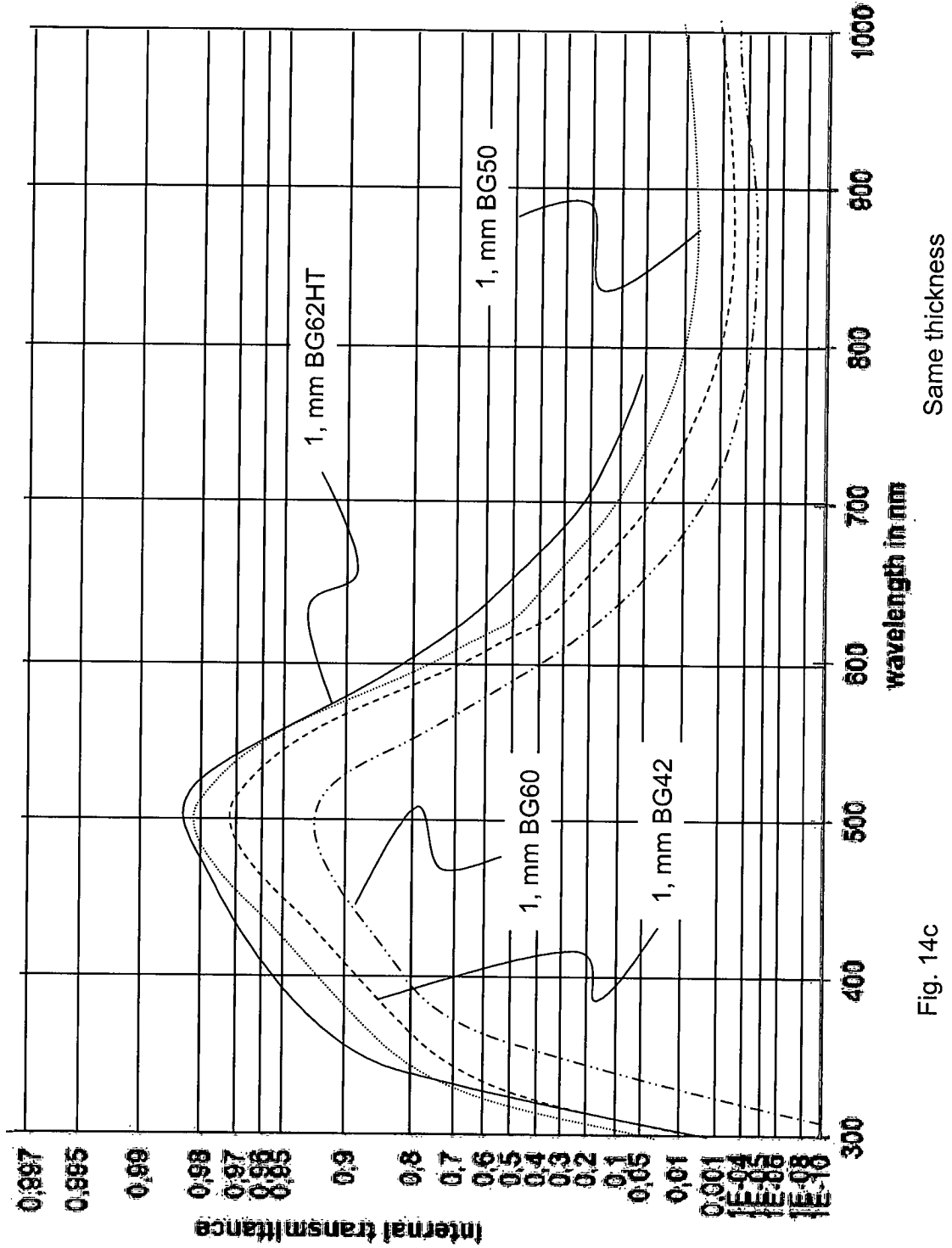


Fig. 14c

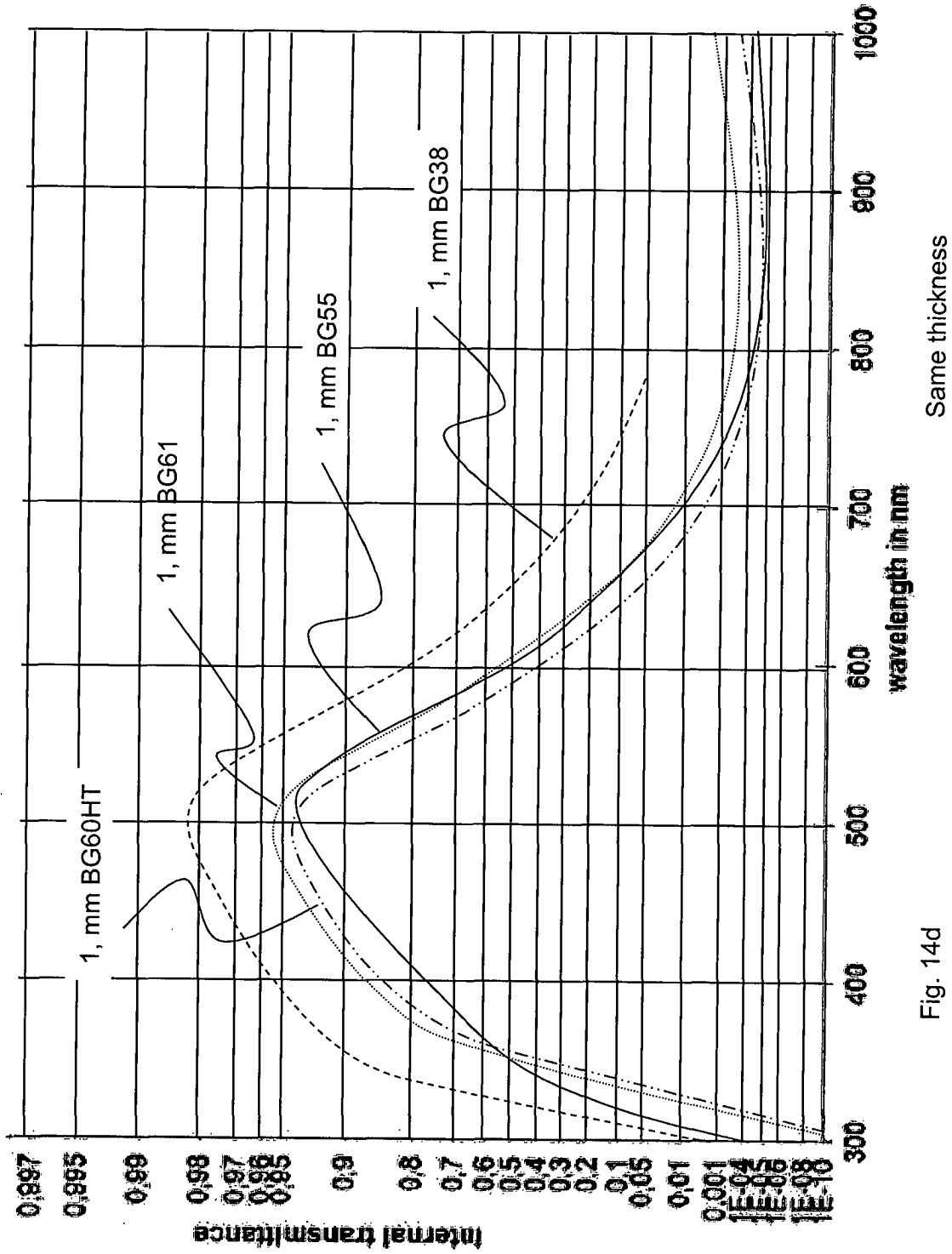


Fig. 14d