



(10) **DE 10 2011 117 570 A1** 2013.01.03

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 117 570.2**

(22) Anmeldetag: **17.10.2011**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **G02B 27/10 (2011.01)**

(66) Innere Priorität:
10 2011 105 890.0 28.06.2011

(72) Erfinder:
Mayer, Max, Dr., 91301, Forchheim, DE;
Bausenwein, Bernhard, Dr., 93095, Hagelstadt, DE

(71) Anmelder:
blnsight3D GmbH, 93095, Hagelstadt, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

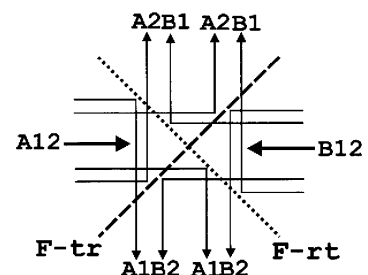
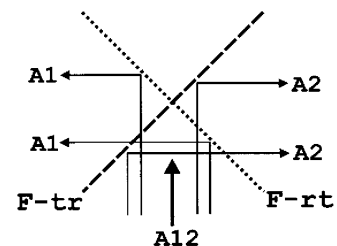
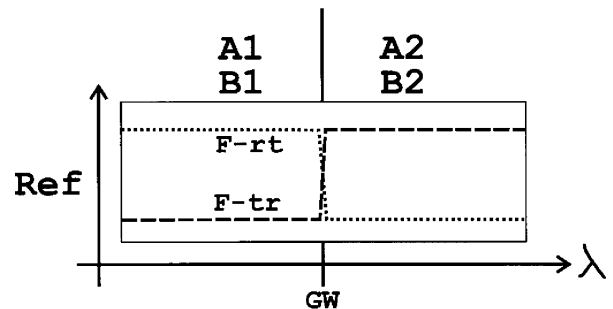
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbteilung**

(57) Zusammenfassung: Einfache selektive Farbstrahlenteilerschichten mit einfacher Transmissions-Reflexions-Charakteristik teilen einen Lichtstrahl farblich bifurkal in zwei Teilstrahlen, von denen im Wesentlichen der eine kürzere, der andere längere Wellenlängen als die Grenzwellenlänge GW enthält. Das Teilungsbild solcher Trennschichten ist dabei immer asymmetrisch, da nur ein Teilstrahl durch Reflexion an der Schicht gefaltet wird und der andere die Schicht transmittiert.

Beim Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbteilung sind die beiden Trennschichten bezüglich einer Grenzwellenlänge GW komplementär ausgebildet, wobei die eine Schicht Spektralanteile kleiner GW transmittiert und größer GW reflektiert und die andere Schicht Spektralanteile größer GW transmittiert und kleiner GW reflektiert. Die farbliche Teilung erfolgt hierbei mit einem symmetrischen Teilungsbild. Der erste Teilstrahl transmittiert die erste Schicht und reflektiert an der zweiten Schicht, der zweite Teilstrahl reflektiert an der ersten Schicht und transmittiert die zweite Schicht.

Das Strahlenteiler-Kreuz kann zur bifurkalen symmetrischen Strahlenteilung und -vereinigung verwendet werden. Sein Einsatz wird in einer gleichzeitig eingereichten Patentanmeldung aufgedeckt (Mayer und Bausenwein, "Sechsfarbige Stereo-Bildanzeige mit wellenlängensortierter mehrstufiger Farbaddition", DE_).



Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Das Gebiet der Erfindung liegt im Bereich selektiver Farbstrahlenteilerschichten mit einfacher Transmissions-Reflexions-Charakteristik, die einen Lichtstrahl farblich in zwei Teilstrahlen teilen können, wobei die beiden Teilstrahlen benachbarte Spektralbereiche enthalten. Das Teilungsbild solcher Trennschichten ist dabei immer asymmetrisch, da nur ein Teilstrahl durch Reflexion an der Schicht gefaltet wird, und der andere die Schicht transmittiert. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf ein aus zwei verschiedenen einfachen selektiven Farbstrahlenteilerschichten zusammengesetztes Farbstrahlenteiler-Kreuz. Vom Stand der Technik werden solche Kreuzstrukturen zur Dreigliederung (trifurkal) des Spektralbereichs verwendet, also z. B. um rote, grüne und blaue Spektralbereiche voneinander zu trennen oder zu vereinigen. Die vorliegende Erfindung deckt dagegen eine Kreuzstruktur auf, die nur eine Zweigliederung in einen kürzerwelligeren und einen längerwelligeren Teilstrahl vornimmt. Ihr Vorteil gegenüber einfachen Strahlenteilerschichten liegt vor allem darin, dass sie ein symmetrisches Teilungsbild aufweist.

Diskussion des Stands der Technik

[0002] Einfache selektive Farbstrahlenteilerschichten mit einfacher Transmissions-Reflexions-Charakteristik teilen einen Lichtstrahl farblich bifurkal in zwei Teilstrahlen, von denen im Wesentlichen der eine kürzere, der andere längere Wellenlängen als die Grenzwellenlänge GW enthält. Das Teilungsbild solcher Trennschichten ist dabei immer asymmetrisch, da nur ein Teilstrahl durch Reflexion an der Schicht gefaltet wird, und der andere die Schicht transmittiert. Diese intrinsische Asymmetrie wirkt sich limitierend auf das Design von Systemen aus, z. B. wenn symmetrische Anordnungen realisiert werden sollen oder müssen.

[0003] Vom Stand der Technik ist ein trifurkales Farbstrahlenteiler-Kreuz bekannt, das durch zwei sich kreuzende farbselektive Schichten gebildet wird. Eine Schicht transmittiert blaue und grüne Spektralanteile und reflektiert rote; die andere Schicht transmittiert grüne und rote Spektralanteile und reflektiert blaue. Dabei wird das Lichtspektrum in drei spektral verschiedene Teilstrahlen (rot, grün und blau) zerlegt (**Abb. 1**). Solche Kreuze werden seit langem eingesetzt (1915: Harold Workmann, GB191513042; 1929: L. T. Troland, US1843007; 1947: A. C. Schroeder, US2642487). Die Verfahren und Möglichkeiten, solche Kreuze zusammensetzen und zu nutzen, wurden ständig verbessert (1937: Adrian Bernard Klein, GB475415; 1942: E. D. Tillyer et. al., US2361514; 1944: Jack Howard Coote, GB586957; 1952: F. C. Rock, US2737076). Auch die dazu be-

nötigten selektiv wirkenden dichroitischen Schichten wurden immer weiter verbessert (1942: G. L. Dimmick US2379790; 1943: G. L. Dimmick US2399860). Das trifurkale Farbstrahlenteiler-Kreuz hat sich so zum Standardbauteil z. B. in heutigen Projektoren mit Bildmodulatoren vom Typ Liquid Crystal herauskristallisiert.

[0004] Jedes trifurkale Farbstrahlenteiler-Kreuz nach dem Stand der Technik benötigt zur Dreigliederung des Spektralbereichs zwei selektive Farbstrahlenteilerschichten mit zwei verschiedenen Trennstellen (eine zwischen Rot und Grün und eine zwischen Grün und Blau).

Überblick über die Erfindung

[0005] Das erfindungsgemäße Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbteilung verwendet zur Zweigliederung des Spektralbereichs ebenfalls zwei verschiedene selektive Farbstrahlenteilerschichten, die sich kreuzen (**Abb. 2d**). Beide Schichten besitzen aber die gleiche Trennstelle (z. B. zwischen Blau und Grün, **Abb. 2a**), allerdings mit komplementärer Transmissions-Reflexions-Charakteristik. Dies ist beispielhaft in **Abb. 2b, c** ersichtlich. Ein Lichtstrahl BGR, der blaue, grüne und rote Spektralanteile besitzt, wird von der ersten Schicht F-rt (**Abb. 2b**) in einen blauen Teilstrahl und einen grünroten Teilstrahl getrennt. Die zweite Schicht F-tr teilt denselben Lichtstrahl BGR ebenfalls in einen blauen Teilstrahl und einen grünroten Teilstrahl. Während aber die erste Schicht F-rt den blauen Anteil reflektiert und den grünroten Anteil transmittieren lässt, lässt die zweite Schicht F-tr komplementär dazu den blauen Anteil transmittieren und reflektiert den grünroten Anteil.

[0006] Der Kerngedanke der Erfindung liegt in der erstmaligen Verwendung zweier gekreuzter Farbteilerschichten mit komplementärer Transmissions-Reflexions-Charakteristik bezüglich einer einzigen Grenzwellenlänge GW. Während bisherige Farbstrahlenteilerschichten je nach Verwendungszweck bezüglich einer Grenzwellenlänge entweder alle Wellenlängen kleiner GW transmittieren liessen und grössere reflektiert haben, oder umgekehrt, wurde eine gleichzeitige Verwendung beider Ausführungen bisher nicht als sinnvoll erfasst. Dagegen gründet sich die vorliegende Erfindung (**Abb. 3**) genau darauf, dass beide komplementären Ausführungen einer selektiven Farbstrahlenteilerschicht gewinnbringend in einer gekreuzten Anordnung eingesetzt werden.

[0007] Die vorliegende Erfindung kann die Asymmetrien beseitigen, die bei einfachen selektiven Farbstrahlenteilerschichten intrinsisch gegeben sind, ohne dabei die Lauflänge der verwendeten Strahlen bei der Strahlenvereinigung oder bei der Strahlentrennung zu verlängern.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0008] **Abb. 1** zeigt ein trifurkales Farbstrahlenteiler-Kreuz vom Stand der Technik sowie dessen Funktionsweise bei der Strahlenteilung

[0009] **Abb. 2** zeigt ein Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung sowie dessen Funktionsweise bei der Strahlenteilung

[0010] **Abb. 3** zeigt zwei Strahlenteiler-Kreuze zur bifurkalen Farbenteilung sowie deren Funktionsweise bei der Strahlenteilung und -Vereinigung

[0011] **Abb. 4** zeigt den Einsatz des Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung in farbkodierten Mehrkanal-Bildanzeigen

Bezugszeichenliste

Für die Abbildungen wurde eine gemeinsame Nomenklatur gewählt. Aus Gründen der Anschaulichkeit und leichteren Lesbarkeit wurden einsichtige Buchstabenbezeichner anstelle reiner Bezifferung gewählt.

F-rt	erste Farbstrahlenteilerschicht mit Reflexions-Transmission bzgl. GW
F-tr	zweite Farbstrahlenteilerschicht mit Transmission-Reflexion bzgl. GW
FB	Farbstrahlenteilerschicht mit Blaureflexion
FR	Farbstrahlenteilerschicht mit Rotreflexion
GW	Grenzwellenlänge von F-rt und F-tr
GW1	Grenzwellenlänge von FB
GW2	Grenzwellenlänge von FR
Ref	Reflexionsanteil
λ	Wellenlänge
B	blauer Spektralbereich
G	grüner Spektralbereich
R	roter Spektralbereich
A1, B1	Spektralbereiche mit Wellenlängen kürzer GW
A2, B2	Spektralbereiche mit Wellenlängen länger GW
A12	Lichtstrahl mit spektralen Anteilen in A1 und A2
B12	Lichtstrahl mit spektralen Anteilen in B1 und B2
RLM 1–6	Räumliche Lichtmodulatoren eins bis sechs

Detaillierte Beschreibung der Zeichnungen

[0013] **Abb. 1a–d** zeigen ein trifurkales Farbstrahlenteiler-Kreuz vom Stand der Technik sowie dessen Funktionsweise bei der Strahlenteilung. **Abb. 1a** zeigt schematisch die Kennlinien zweier verschiedener selektiver Farbstrahlenteilerschichten FB und

FR mit einfacher Trenncharakteristik. FR weist eine Grenzwellenlänge GW1 zwischen Blau und Grün auf, und FB weist eine Grenzwellenlänge GW2 zwischen Grün und Rot auf. Ein weißer Lichtstrahl BGR mit blauen, grünen und roten Spektralanteilen wird von FB so geteilt (**Abb. 1b**), dass blaue Spektralanteile reflektiert werden und grüne und rote Spektralanteile transmittieren. Ein weißer Lichtstrahl BGR wird von FR dagegen so geteilt (**Abb. 1c**), dass rote Spektralanteile reflektiert werden und grüne und blaue Spektralanteile transmittieren. Eine Kreuzung der beiden Trennschichten FB und FR (**Abb. 1d**) ermöglicht eine Dreiteilung (Trifurkation) des Eingangsstrahls BGR, da FB die blauen Spektralanteile nach einer Seite aus der Strahlrichtung reflektiert (FR lässt diese Strahlen passieren), FR die roten Spektralanteile nach der anderen Seite reflektiert (FB lässt diese Strahlen passieren), und die grünen Spektralanteile beide Schichten transmittieren.

[0014] **Abb. 2a–d** zeigen ein Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung sowie dessen Funktionsweise bei der Strahlenteilung. **Abb. 2a** zeigt schematisch die Kennlinien zweier verschiedener selektiver Farbstrahlenteilerschichten F-rt und F-tr mit einfacher Trenncharakteristik. Sowohl F-rt als auch F-tr weisen beispielsweise eine Grenzwellenlänge GW zwischen Blau und Grün auf, sind aber komplementär in ihrem Reflexions- bzw. Transmissionsverhalten. Dies ist in **Abb. 2b, c** ersichtlich. Ein Lichtstrahl BGR, der blaue, grüne und rote Spektralanteile besitzt, wird von der ersten Schicht F-rt (**Abb. 2b**) in einen blauen Teilstrahl und einen grünroten Teilstrahl getrennt. Die zweite Schicht F-tr (**Abb. 2c**) teilt denselben Lichtstrahl BGR ebenfalls in einen blauen Teilstrahl und einen grünroten Teilstrahl. Während aber F-rt den blauen Anteil reflektiert und den grünroten Anteil transmittieren lässt, lässt F-tr komplementär dazu den blauen Anteil transmittieren und reflektiert den grünroten Anteil. Eine Kreuzung der beiden Teilerschichten F-rt und F-tr (**Abb. 2d**) ermöglicht eine Zweiteilung (Bifurkation) eines Eingangsstrahls BGR mit blauen, grünen und roten Spektralanteilen in einen blauen und einen grünroten Teilstrahl. F-rt reflektiert blaue Spektralanteile nach einer Seite aus der Einstrahlrichtung (F-tr lässt diese Strahlen passieren); F-tr reflektiert rote und grüne Spektralanteile auf die andere Seite aus der Einstrahlrichtung (F-rt lässt diese Strahlen passieren). Beide Teilstrahlen werden genau einmal vom Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung gefaltet, weshalb man von einem symmetrischen Teilungsbild um eine Grenzwellenlänge sprechen kann.

[0015] **Abb. 3a–c** zeigen ein Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung sowie dessen Funktionsweise bei der Strahlenteilung und -Vereinigung.

[0016] **Abb. 3a** zeigt schematisch die Kennlinien der beiden komplementären Farbstrahlenteilerschichten

F-rt und F-tr für eine Grenzwellenlänge GW. A1 und B1 sind Spektralbereiche, welche Wellenlängen kleiner GW enthalten, A2 und B2 sind Spektralbereiche, welche Wellenlängen größer GW enthalten. **Abb. 3b** zeigt die Strahlenteilung eines Eingangsstrahls A12 mit spektralen Anteilen in A1 und A2. Die Strahlenteilung ist entsprechend **Abb. 2d** zu lesen. **Abb. 3c** zeigt die Strahlenvereinigung zweier Strahlen A12 und B12, die jeweils spektrale Anteile kürzer und länger der Grenzwellenlänge GW enthalten, und in gegenüberliegenden Quadranten des Kreuzes einstrahlen. Jeder der beiden Eingangsstrahlen wird durch das Kreuz wie in **Abb. 3b** gezeigt in zwei Teilstrahlen geteilt. Beide Eingangsstrahlen A12 und B12 werden dabei in die Teilstrahlen A1 und A2 bzw. B1 und B2 geteilt, die in die jeweils benachbarten Quadranten der jeweiligen Einstrahiquadranten ausstrahlen. Die beiden Ausgangsstrahlen A1B2 und A2B1 enthalten jeweils komplementäre Spektralanteile der beiden Eingangsstrahlen.

ne dabei das Gebiet der Erfindung zu verlassen, das durch die folgenden Ansprüche definiert ist:

[0017] Abb. 4a–c zeigen Beispiele für den Einsatz des Strahlenteiler-Kreuzes zur bifurkalen Farbenteilung in farbkodierten Mehrkanal-Bildanzeigen. **Abb. 4a** zeigt schematisch die Kennlinien der beiden komplementären Farbstrahlenteilerschichten F-rt und F-tr für eine Grenzwellenlänge GW zwischen den grünen Spektralbereichen G1, G2. Das Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung wird eingesetzt, um das räumlich modulierte kürzerwellige Licht mit dem räumlich modulierten längerwelligem Licht in eine gemeinsame optische Achse zu vereinen. In **Abb. 4b** ist eine Mehrkanalbildanzeige schematisch dargestellt, die mit zwei räumlichen Lichtmodulatoren RLM1-2 arbeitet. RLM1 moduliert Licht im kürzerwelligem Bereich, wobei er bevorzugt abwechselnd mit unterschiedlichen Spektren (B1, B2, G1) angestrahlt wird. RLM2 moduliert Licht im längerwelligem Bereich, und wird ebenfalls bevorzugt abwechselnd mit unterschiedlichen Spektren (G2, R1, R2) angestrahlt. In **Abb. 4c** ist eine Mehrkanalbildanzeige schematisch dargestellt, die mit sechs räumlichen Lichtmodulatoren RLM 1–6 arbeitet. Diese Modulatoren modulieren gleichzeitig das Licht aus insgesamt 6 Spektralbereichen. Auch hier vereint das Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung Licht aus dem kürzerwelligem und den längerwelligem Bereich. Dieser Einsatz des Strahlenteiler-Kreuzes zur bifurkalen Farbenteilung ist in einer gleichzeitig eingereichten Patentanmeldung zur wellenlängensortierten Farbaddition beschrieben ("Sechsfarbige Stereo-Bildanzeige mit wellenlängensortierter mehrstufiger Farbaddition", Mayer und Bausenwein, DE_).

[0018] Während die Erfindung im vorliegenden Text anhand detaillierter Verkörperungen dargestellt und beschrieben wurde, sollen diese Verkörperungen als Illustration und nicht als Limitierung der Erfindung verstanden werden; Veränderung in Form und Detail können durch den Fachmann abgeleitet werden oh-

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

- GB 191513042 [0003]
- US 1843007 [0003]
- US 2642487 [0003]
- GB 475415 [0003]
- US 2361514 [0003]
- GB 586957 [0003]
- US 273707 [0003]
- US 2379790 [0003]
- US 2399860 [0003]

Patentansprüche

1. Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- eine erste Farbstrahlenteilerschicht F-rt mit einer Grenzwellenlänge GW verwendet wird, die einen einfallenden Lichtstrahl so teilen kann, dass sie Wellenlängen kleiner GW reflektiert und Wellenlängen größer GW transmittieren lässt;
- eine zweite Farbstrahlenteilerschicht F-tr mit besagter Grenzwellenlänge GW verwendet wird, die einen einfallenden Lichtstrahl so teilen kann, dass sie Wellenlängen kleiner GW transmittieren lässt und Wellenlängen größer GW reflektiert;
- eine kreuzförmige Anordnung mit vier Armen verwendet wird, wodurch vier Quadranten entstehen, wobei
- der erste Arm von der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt gebildet wird;
- der zweite Arm von der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr gebildet wird;
- der dritte Arm von der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt gebildet wird;
- der vierte Arm von der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr gebildet wird;
- der erste Quadrant vom ersten und zweiten Arm begrenzt ist;
- der zweite Quadrant vom zweiten und dritten Arm begrenzt ist;
- der dritte Quadrant vom dritten und vierten Arm begrenzt ist;
- der vierte Quadrant vom vierten und ersten Arm begrenzt ist.

2. Farbstrahlenteilung mit einem Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung nach Anspruch 1, wobei

- einer der besagten vier Quadranten als Einstrahlquadrant verwendet wird und die beiden dem Einstrahlquadranten benachbarten Quadranten als erster und zweiter Ausstrahlquadrant verwendet werden;
- ein Lichtstrahl, der in den Einstrahlquadranten auf das Kreuz einstrahlt und der spektrale Anteile kleiner und größer der Grenzwellenlänge GW besitzt, in einen ersten Teilstrahl T1 und einen zweiten Teilstrahl T2 zerlegt wird, wobei
- der erste Teilstrahl T1 das Kreuz nach Transmission an der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt und Reflexion an der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr im ersten Ausstrahlquadranten ausstrahlt;
- der zweite Teilstrahl T2 das Kreuz nach Reflexion an der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt und Transmission an der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr im zweiten Ausstrahlquadranten ausstrahlt.

3. Farbstrahlenvereinigung mit einem Strahlenteiler-Kreuz zur bifurkalen Farbenteilung nach Anspruch 1, wobei

- zwei sich gegenüberliegende Quadranten als erster und zweiter Einstrahlquadrant und einer der beiden restlichen Quadranten als Ausstrahlquadrant verwendet werden;
- ein erster Vereinigungsstrahl V1, der Licht mit Wellenlängen größer der Grenzwellenlänge GW enthält, im ersten Einstrahlquadranten einstrahlt und nach Transmission an der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt und Reflexion an der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr im Ausstrahlquadranten ausstrahlt;
- ein zweiter Vereinigungsstrahl V2, der Licht mit Wellenlängen kleiner der Grenzwellenlänge GW enthält, im zweiten Einstrahlquadranten einstrahlt und nach Transmission an der zweiten Farbstrahlenteilerschicht F-tr und Reflexion an der ersten Farbstrahlenteilerschicht F-rt im Ausstrahlquadranten ausstrahlt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen
GW1 GW2

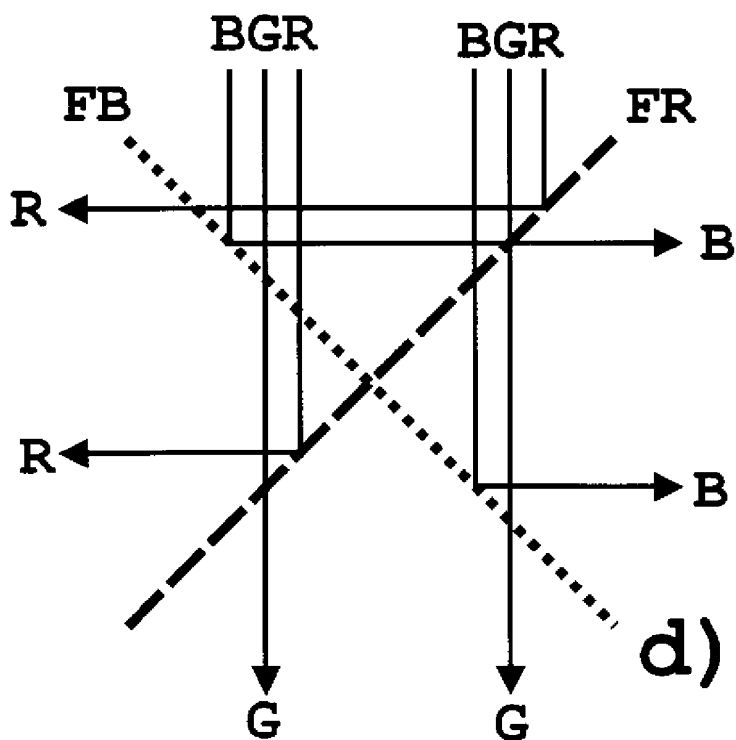
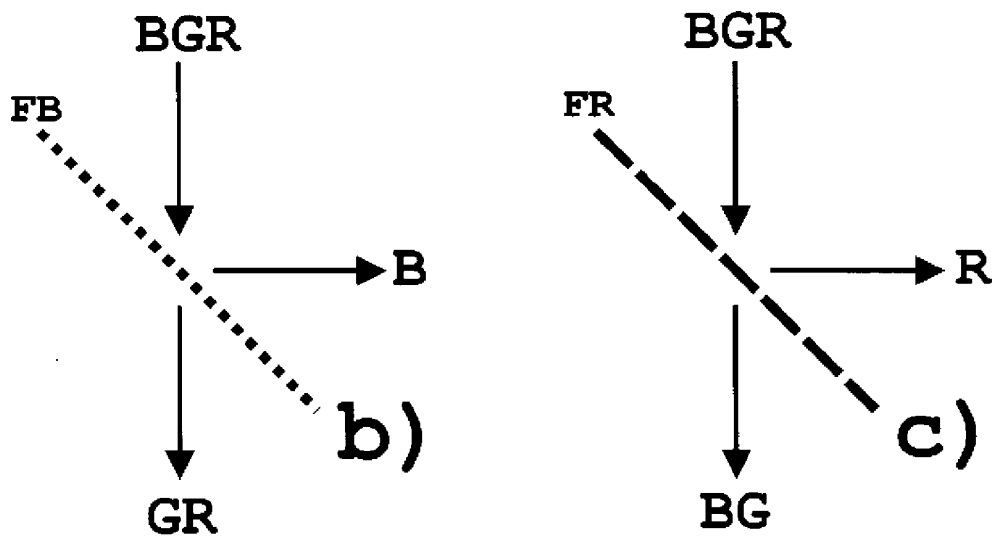
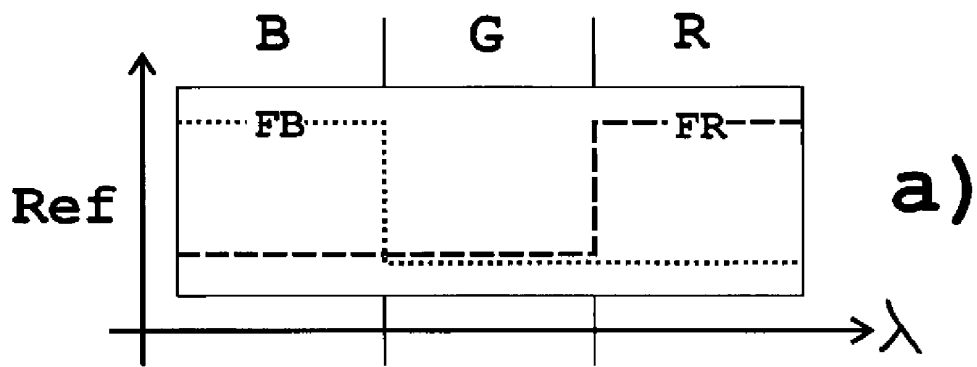


Abb. 1

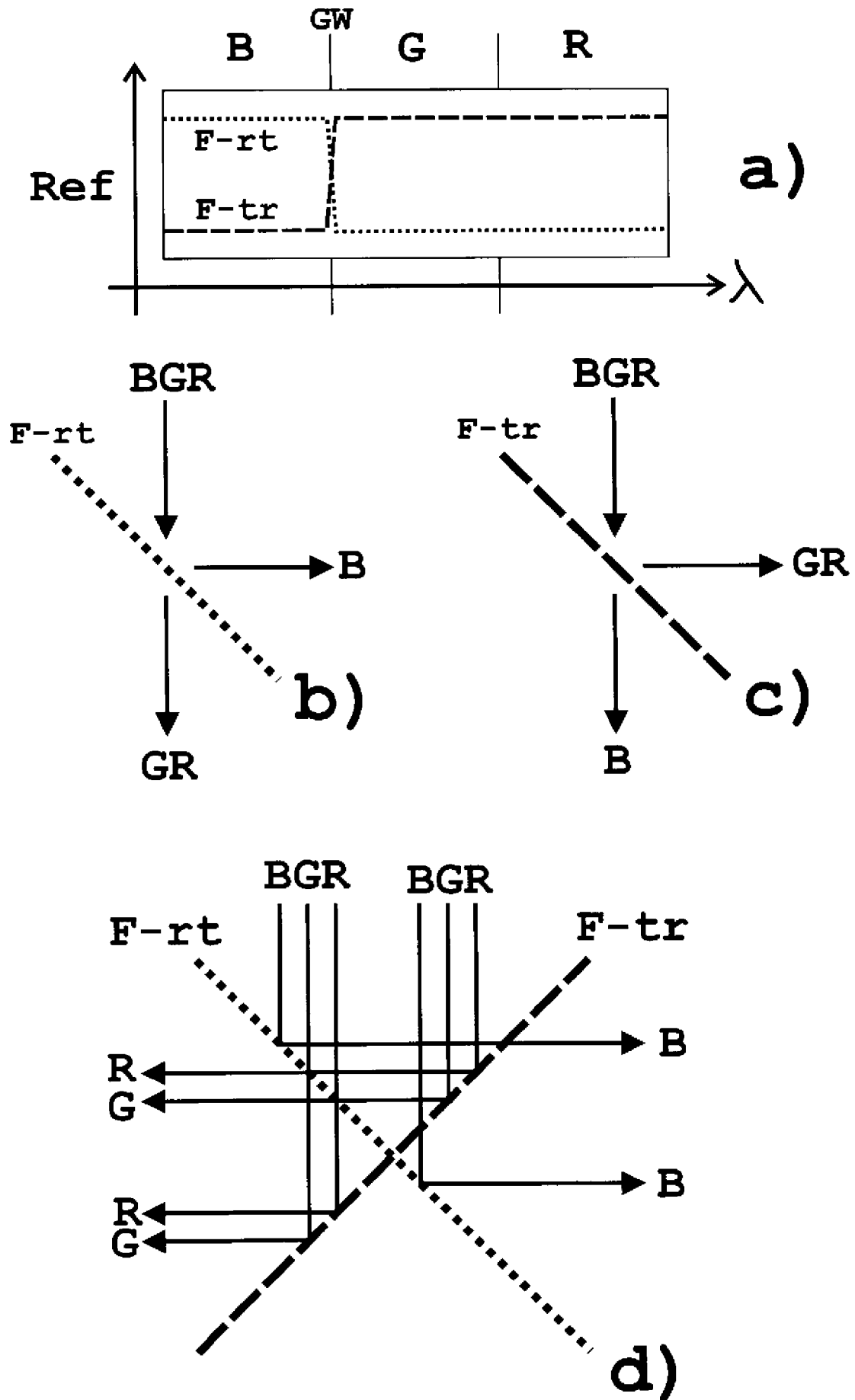
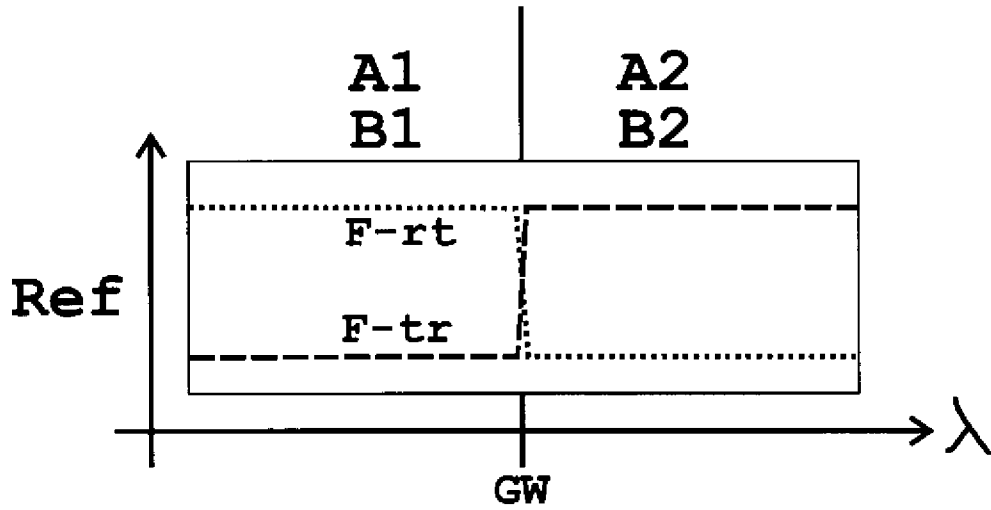
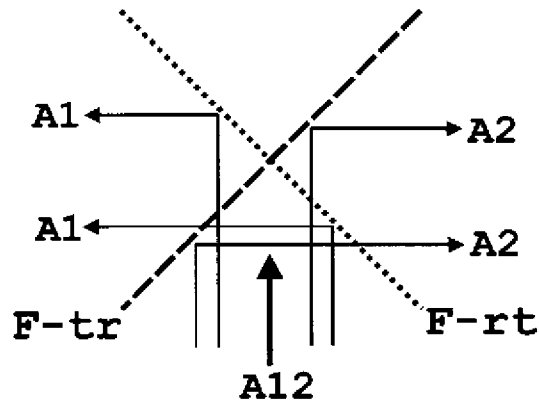


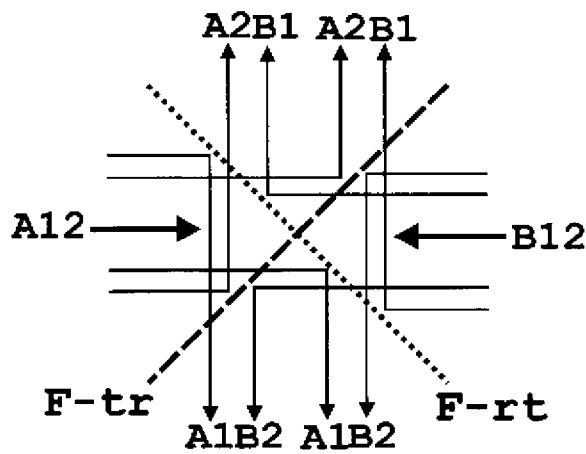
Abb. 2



a)

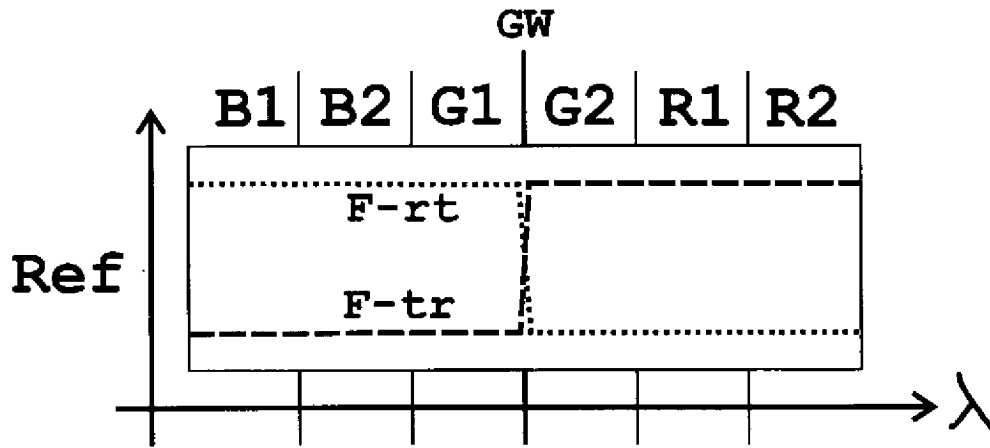


b)

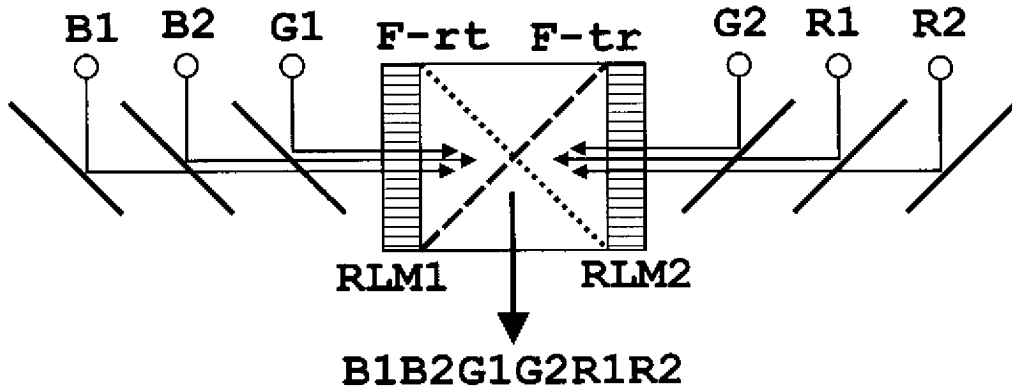


c)

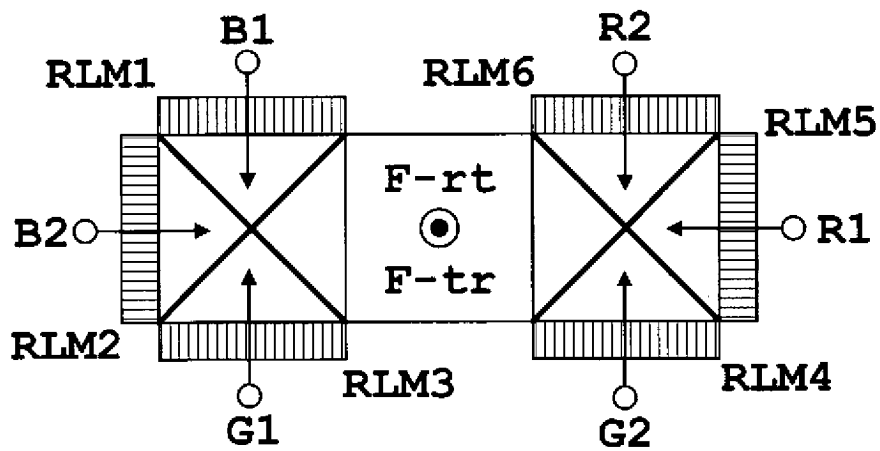
Abb. 3



a)



b)



c)

Abb. 4