



(10) **DE 10 2010 030 108 A1** 2011.12.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 030 108.6**

(22) Anmeldetag: **15.06.2010**

(43) Offenlegungstag: **15.12.2011**

(51) Int Cl.: **H04N 5/335 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80686, München,
DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler &
Partner, 82049, Pullach, DE**

(72) Erfinder:

**Schmid, Michael, 91058, Erlangen, DE; Gick,
Stephan, 96179, Rattelsdorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

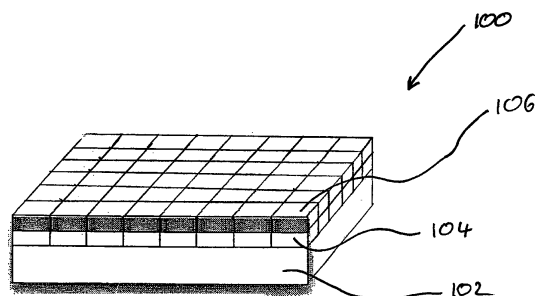
DE	100 18 444	B4
US	75 83 418	B2
US	51 42 414	A
EP	1 024 400	B1
EP	0 442 738	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Farbbildsensor**

(57) Zusammenfassung: Einen Farbbildsensor mit einer Mehrzahl von Sensorelementen, die in einem zweidimensionalen Array angeordnet sind, wobei die Sensorelemente jeweils ein optisches Filter aufweisen, deren Transmissionsverhalten elektrisch einstellbar ist, und wobei der Farbbildsensor eine Steuerung zum Steuern der optischen Filter aufweist.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Farbbildsensor mit einer Mehrzahl von Sensorelementen und zugeordneten Filtern.

[0002] Bei der Herstellung bzw. Fertigung von Farbbildsensoren, die sowohl im Bereich der Consumer-Elektronik, im industriellen Umfeld, im Bereich der Medizintechnik als auch im Bereich Kino und Fernsehen zum Einsatz kommen, werden vorwiegend CMOS-Bildsensoren verbaut, deren Bildpunkte (Pixel) mit einzelnen oder flächigen Farbfiltern, vorwiegend rot, grün und blau, versehen werden. Anschließend sind die Farbfilter in ihren Eigenschaften nicht mehr veränderlich.

[0003] Bekannte Farbbildsensoren besitzen unveränderliche Farbfilter und weisen eine Mehrzahl von Sensorelementen (Pixel) auf, die auf einem Substrat angeordnet sind. Jedes Sensorelement (Pixel) ist mit einem Farbfilter versehen, wobei die Farbfilter der Mehrzahl von Sensorelementen angeordnet sein können, um eine Bayer-Filtermaske zu bilden. Die Bayer-Filtermaske besteht zur Hälfte (50%) aus grünen, zu einem Viertel (25%) aus roten und zu einem Viertel (25%) aus blauen Farbfiltern. Die Verteilung der Farbfilter berücksichtigt die höhere Empfindlichkeit des menschlichen Auges gegenüber grünen Farbtönen. Weitere Beispiele von Farbbildsensoren können der DE 69 712 969 T2, der DE 69 131 076 T2, der DE 69 316 261 T2 und der DE 69 626 970 T2 entnommen werden. Bei den dort gezeigten Farbbildsensoren steht jedem Bildpunkt (Pixel) des Farbbildsensors jeweils nur ein Farbwert zur Verfügung. Die beiden fehlenden Farbinformationen müssen durch Interpolation mit Hilfe der benachbarten Bildpunkte (Pixel) ermittelt werden. Die Hauptschwierigkeit besteht nun darin, geeignete Interpolationsalgorithmen zu finden, die zum einen realisierbar und zum anderen bis zur Auflösungsgrenze hin, z. B. Kanten akkurat erkennen und rekonstruieren können.

[0004] Für die Auswertung der Daten existiert eine hohe Anzahl an möglichen Verfahren. Beispiele sind der DE 69 729 648 T2, der DE 102 006 038 646 A1, der DE 69 922 129 T2 und der DE 102 006 013 810 B4 zu entnehmen. Ferner zielt die Anwendung geeigneter Interpolationsalgorithmen darauf ab, fehlerhafte Bildpunkte (Pixel) zu korrigieren sowie Kanten akkurat zu erkennen und zu rekonstruieren. Dies ist beispielsweise in der DE 102 006 050 864 und der DE 69 801 978 T2 beschrieben. Ferner existieren Bildwiedergabegeräte mit mehrschichtigen LCD-Filtern, die für alle drei Primärfarben (Rot, Grün und Blau) ein Einstellen der Transmission erlauben, wie in der US 5686931 beschrieben ist.

[0005] Ein weiteres zur Zeit verwendetes Verfahren basiert auf der Nutzung mehrerer (vorwiegend drei) Sensorelemente zusammen mit einem Strahlteiler und unterschiedlichen flächigen Farbfiltern (vorwiegend rot, grün und blau) vor jeweils einem Sensorelement. Diese Ausführungsvariante liefert für jeden Bildpunkt (Pixel) alle benötigten Farbinformationen. Allerdings ist diese Ausführungsvariante aufwendig, teuer und benötigt viel Platz. Ferner erschweren optische Probleme, die durch den Strahlteiler verursacht werden, den Einsatz. Beispielsweise kann der Strahlteiler eine chromatische Aberration hervorrufen.

[0006] Bedingt durch Herstellungstoleranzen und Prozesse wie Alterung und Wärmeeinwirkung können sich die Eigenschaften der einzelnen Bildpunkte (Pixel) des Farbbildsensors ändern. Insbesondere bei qualitativ hochwertigen Farbbildsensoren für Film und Fernsehen ist es wünschenswert, diesen Effekt zu kompensieren. Eine Kalibrierung ist jedoch häufig sehr aufwendig, da der Farbbildsensor zunächst mit unterschiedliche hellen und gleichmäßigen ausgeleuchteten Bildern belichtet werden muss. Aus den aufgenommenen Bildern lassen sich Korrekturwerte für Verstärkung, Offset und Linearisierung für jeden einzelnen Bildpunkt (Pixel) errechnen. Um zu jeder Zeit eine bestmögliche Qualität des Farbbildsensors zu gewährleisten, müssten die Kamerabnutzer in der Lage sein, vor Ort eine Neukalibrierung durchzuführen. Da aber für eine Kalibrierung eine exakte Ausleuchtung mehrerer unterschiedlicher Aufnahmen und verschiedene manuelle Eingriffe nötig sind, wird eine Neukalibrierung in der Regel vermieden. Der Aufwand und das Risiko unbrauchbarer Aufnahmen nach einer fehlerhaften Neukalibrierung sind zu hoch.

[0007] Ein weiteres Problem bei der Verwendung von digitalen Bildsensoren ist der begrenzte Dynamikumfang. Derzeit versuchen Bildsensor-Hersteller mit verschiedenen Techniken den Dynamikumfang der Bildsensoren zu erweitern, was aber in der Regel mit Kompromissen verbunden ist. Entweder führen die angewandten Verfahren zu zeitlicher oder zu örtlicher Unschärfe.

[0008] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Farbbildsensor zu schaffen, der eine verbesserte Bildqualität sowie einen höheren Dynamikumfang liefern kann, ohne komplexe Interpolationsalgorithmen zu benötigen.

[0009] Diese Aufgabe wird durch einen Farbbildsensor gemäß Anspruch 1 gelöst.

[0010] Die Erfindung schafft einen Farbbildsensor mit einer Mehrzahl von Sensorelementen, die in einem zweidimensionalen Array angeordnet sind, wobei die Sensorelemente jeweils ein optisches Filter aufweisen, deren Transmissionsverhalten elektrisch

einstellbar ist, und wobei der Farbbildsensor eine Steuerung zum Steuern der optischen Filter aufweist.

[0011] Bei Ausführungsbeispielen der Erfindung ist jedes Sensorelement des Farbbildsensors mit einem variablen und dynamisch konfigurierbaren optischen Filter versehen, dessen Transmissionsverhalten elektrisch einstellbar ist, um z. B. die Empfindlichkeit des Farbbildsensors der Belichtungssituation anzupassen. Ferner ist bei Ausführungsbeispielen der Erfindung das Transmissionsverhalten der optischen Filter wellenlängenselektiv elektrisch einstellbar, um z. B. festzulegen welche Wellenlängen (Farbanteile) mit welcher Transmission zum jeweiligen Sensorelement durchgelassen werden. Diese Einstellungen können für jedes Sensorelement unterschiedlich und zeitlich variabel vorgenommen werden. Hierdurch wird beispielsweise der Einsatz einer, von Bild zu Bild veränderlichen Farbmatrix (Farbfiltermaske) ermöglicht. Somit ist es möglich, Einfluss auf die Charakteristik des Farbbildsensors zu nehmen, bevor das durch die Sensorelemente erfasste Bild in elektrische Signale gewandelt wird, und das fortlaufend während des Betriebs und individuell für jeden Bildpunkt (Pixel).

[0012] Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0013] [Fig. 1](#) eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Farbbildsensors;

[0014] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Seitenansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Farbbildsensors;

[0015] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) zeigen den Farbbildsensor aus [Fig. 1](#), wobei die in einem zweidimensionalen Array angeordneten optischen Filter von der Steuerung so gesteuert werden, dass eine variable Bayer-Filtermaske entsteht.

[0016] [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Seitenansicht eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Farbbildsensors **100**. Auf einem Substrat **102** ist eine Mehrzahl von Sensorelementen **104** in einem zweidimensionalen Array angeordnet. Jedes Sensorelement **104** ist mit einem optischen Filter **106** versehen, dessen Transmissionsverhalten elektrisch einstellbar ist. Ferner kann der optische Filter so ausgeführt sein, dass das Transmissionsverhalten wellenlängenselektiv elektrisch einstellbar ist. Die Sensorelemente **104** können beispielsweise als CMOS-Bildsensoren ausgeführt sein, während die optischen Filter beispielsweise auf der LCD-Technologie basieren können. Die Steuerung zum Steuern der optischen Filter **106** kann beispielsweise in das Substrat **102** in-

tegriert werden, wobei eine Durchkontaktierung zur Kontaktierung der optischen Filter **106** mit der Steuerung verwendet werden kann.

[0017] Neben der Verwendung von optischen Filtern basierend auf LCD-Modulen, beispielsweise von Modulen für LCD-Projektoren, die in der Regel mit hochtransparenten Silikonharzen und mit einer speziellen Technik zur blasenfreien Verklebung direkt auf die Sensorelemente aufgeklebt werden, besteht die Möglichkeit, die einzelnen Bildpunkte (Pixel) eines LCD-Moduls (Schadt-Helfrich-Zelle) und die Steuerung (Ansteuer Elektronik) direkt auf die Sensoroberfläche aufzubringen. Hierbei ist es von Vorteil, die Farbfilter bei der Herstellung der Bildsensoren, ohne besondere zusätzliche Verfahrensschritte, direkt auf die Silizium-Dies aufzubringen. Ferner ist eine Realisierung mit Hilfe der Mikrosystemtechnik, wie z. B. mit Mikrosiegeln, denkbar. Ferner können die optischen Filter direkt auf dem Halbleiter aufgebracht werden. Möglich wird dies durch die Ausnutzung elektrooptischer Effekte in Halbleiter wie z. B. den Franz-Keldysh-Effekt oder den Quantum-Stark-Effekt (QCSE). Alternative Implementierungen von elektrisch steuerbaren Filtern sind Fachleuten auf dem Gebiet der Optoelektronik bekannt.

[0018] [Fig. 2](#) zeigt eine schematische Seitenansicht eines alternativen Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Farbbildsensors **108** ähnlich dem in [Fig. 1](#) gezeigten, wobei die Steuerung **110** zum Steuern der optischen Filter **106** und die elektronische Schaltung **112** zum Auslesen der Sensorelemente **104** schematisch dargestellt sind. Die Steuerung kann bei Ausführungsbeispielen zumindest teilweise in das Substrat integriert sein oder extern ausgeführt sein. Die Steuerung **110** der optischen Filter **106** kann ausgeführt sein, beispielsweise zu entscheiden, ob die Farbmatrix von Bild zu Bild geändert wird, ob die Transmission des optischen Filters **106** bei einem überbelichteten Sensorelement **104** reduziert wird, oder ob aus zwei nachfolgenden Bildern mit unterschiedlichen Farbfiltermasken mehr Originalwerte zur Berechnung des Gesamtbildes genutzt werden.

[0019] [Fig. 3a](#) und [Fig. 3b](#) zeigen den Farbbildsensor **100** aus [Fig. 1](#), wobei die in einem zweidimensionalen Array angeordneten optischen Filter **106** von der Steuerung so gesteuert werden, dass eine variable Bayer-Filtermaske entsteht. Die in [Fig. 3a](#) gezeigte Bayer-Filtermaske kann beispielsweise für die Erfassung eines ersten Bildes genutzt werden, während für die Erfassung eines zweiten Bildes eine, gemäß [Fig. 3b](#), veränderte Bayerfiltermaske genutzt werden kann. Dadurch, dass sich die Bayer-Filtermaske von Bild zu Bild veränderlich ist oder als Zufallsmuster konfigurierbar ist oder in fester Abfolge darstellbar ist (z. B. in zweier/dreier-Folge mit zweifacher/dreifacher Framerate), folgt eine volle Farbbesetzung je-

des Bildpunkts (Pixel), was zu einer einfachen nachfolgenden Filterung und Vermeidung regelmäßiger Strukturen führt. Somit können durch den Einsatz einer flexiblen Farbfiltermaske die Aufbereitungsalgorithmen wesentlich bessere Ergebnisse erzielen.

[0020] Im Bereich der szenischen Film- und Kinoproduktion wünschen sich die Kameramänner bzw. Filmemacher, dass digitale Bildsensoren einen ähnlichen Bildeindruck vermitteln wie die klassische Filmrolle. Insbesondere das Filmkorn der klassischen Filmrolle sollte nachbildbar sein. Der erfindungsgemäße Farbbildsensor ermöglicht eine Emulation des Filmkorns durch z. B. eine Variation der Farbfiltermaske.

[0021] Die Anwendungsgebiete für Farbbildsensoren mit einer variablen Farbfiltermaske sind sehr vielseitig. Der Einsatz des erfindungsgemäßen Farbbildsensors erlaubt Verbesserungen der Bildqualität in allen Bereichen. Insbesondere im Bereich der industriellen Kamerasysteme, bei Film- und Fernsehkameras und Spezialapplikationen wie Raumfahrt oder Automotive kann der erfindungsgemäße Farbbildsensor zu signifikanten Verbesserungen verhelfen und teilweise einen Einsatz überhaupt erst ermöglichen.

[0022] Eine einstellbare Transmission des optischen Filters ermöglicht es, den Dynamikbereich des Farbbildsensors wesentlich zu erhöhen. Die Filterstärke kann z. B. bei überbelichteten Bildpunkten (Pixeln) angehoben und bei unterbelichteten Bildpunkten (Pixeln) abgesenkt werden. Die Gesamthelligkeit ergibt sich aus der Summe aus Filterstärke und Pixelhelligkeit (Gesamthelligkeit = Filterstärke + Pixelhelligkeit). Bei einer Filterauflösung von z. B. 8 Bit ist eine Erweiterung des Dynamikbereich um 4 Bit durchaus möglich. Dadurch sind Bildsensoren möglich, die zur Objekterkennung in Fahrzeugen verwendet werden können und auch bei Licht, Gegenlicht, Dunkelheit oder Nebel zusammen mit schnellen Bewegungen, noch eine sichere Erkennung gewährleisten. Da der erfindungsgemäße Farbbildsensor ohne bewegte mechanische Komponenten funktioniert, ist er klein, robust und kostengünstig.

[0023] Ferner kann die Farbfiltermaske des erfindungsgemäßen Farbbildsensors dynamisch angepasst werden, z. B. kann die Wellenlängenselektivität des optischen Filters bei blauen Flächen zu Blau und bei roten Flächen zu Rot verschoben werden. Anwendung findet dieser Vorteil z. B. in der Medizintechnik. Insbesondere bei Endoskopen, müssen die Farbbildsensoren im Bereich der Hautfarben und Rottöne dem untersuchenden Arzt für eine sichere Diagnose maximalen Detailreichtum in den Bildern bieten, wobei natürlich alle anderen Farben immer noch korrekt dargestellt werden müssen. Hier kann eine adaptive Farbfiltermaske helfen, der Situation entsprechend, besonders Rottöne zu priorisieren. Dazu bie-

tet sich folgender Ansatz an: Es wird zunächst ein Bild mit einer gleichverteilten Rot/Grün/Blau-Farbfiltermaske aufgenommen. Im Anschluss daran wird die Farbfiltermaske zum nächsten Bild hin, entsprechend den im ersten Bild gewonnenen Erkenntnissen, angepasst. Innerhalb von Flächen mit Rottönen kann die Wellenlängenselektivität des optischen Filters, im zweiten Bild hin, zu mehr roten Bildpunkten (Pixel) verschoben werden. In Summe entsteht aus den beiden Bildern ein detailreiches Farbbild mit besonders feiner Abstufung der Rottöne. Auch eine adaptive Anpassung der Transmission würde enorm helfen, bei einer schwierigen Beleuchtungssituation den Dynamikbereich zu erhöhen und damit den Arzt bei einer Beurteilung des Bildmaterials unterstützen.

[0024] Ferner ermöglicht der variable optische Filter des erfindungsgemäßen Farbbildsensors eine automatische Kalibration der Bildpunkte (Pixel). Bei demontiertem Objektiv kann die einfallende Lichtmenge automatisch eingestellt werden und somit die nötigen Bilder unterschiedlicher Helligkeit aufgenommen werden. Im Normalbetrieb kann der optische Filter des erfindungsgemäßen Farbbildsensors wieder die Rot/Grün/Blau-Farbmatrix updaten und bei schwierigen Beleuchtungssituationen den Dynamikbereich vergrößern.

[0025] Ferner bietet der Einsatz von variablen und dynamisch konfigurierbaren optischen Filtern Verbesserungen bezüglich des Weißabgleichs und der einfacheren Erkennung und Rekonstruktion von Kanten. Ferner ist der Einsatz von Sekundärfarben (Magenta, Cyan, Gelb) sowie Weiß/Schwarz in der Filtermaske des erfindungsgemäßen Farbbildsensors möglich. Die Beispiele für Applikationen lassen sich immer weiter fortführen von den bereits erwähnten Bereichen Automotive, Film und Fernsehen, Medizintechnik über Raumfahrt, autonome Systeme, Sicherheitstechnik hin zu Multimedia, Spiele und Consumer-Elektronik. Die Technik lässt sich auch auf andere Märkte und weitere Applikationen ausweiten, insbesondere wenn der Bedarf nach einer Verbesserung der Bildqualität oder des Dynamikumfangs erforderlich ist oder den Einsatz einer Kamera überhaupt erst ermöglichen.

ZITATE ENHALTEN 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

- DE 69712969 T2 [0003]
- DE 69131076 T2 [0003]
- DE 69316261 T2 [0003]
- DE 69626970 T2 [0003]
- DE 69729648 T2 [0004]
- DE 102006038646 A1 [0004]
- DE 69922129 T2 [0004]
- DE 102006013810 B4 [0004]
- DE 102006050864 [0004]
- DE 69801978 T2 [0004]
- US 5686931 [0004]

Patentansprüche

1. Farbbildsensor (**100; 108**) mit einer Mehrzahl von Sensorelementen (**104**), die in einem zweidimensionalen Array angeordnet sind, wobei die Sensorelemente (**104**) jeweils ein optisches Filter (**106**) aufweisen, deren Transmissionsverhalten elektrisch einstellbar ist, und wobei der Farbbildsensor eine Steuerung (**110**) zum Steuern der optischen Filter (**106**) aufweist.

2. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 1, bei dem das Transmissionsverhalten der optischen Filter wellenlängenselektiv elektrisch einstellbar ist.

3. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 2, bei dem die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um die optischen Filter (**106**) so einzustellen, dass sie eine Farbmatrix bilden.

4. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 3, bei dem die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um die Farbmatrix von einem erfassten Bild zum nächsten erfassten Bild zu verändern.

5. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem die Farbmatrix eine Bayer-Filtermaske bildet.

6. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die optischen Filter (**106**) einen einstellbaren Transmissionskoeffizienten aufweisen.

7. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 6, der eine Steuerung (**110**) aufweist, die ausgelegt ist, um den Transmissionskoeffizienten bei überbelichteten Sensorelementen herab zusetzen und/oder bei unterbelichteten Sensorelementen hinauf zu setzen.

8. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, bei dem die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um die optischen Filter (**106**) so zu steuern, dass während des Betriebs ein definierbarer Wellenlängenbereich priorisiert wird.

9. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 8, bei dem die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um bei einem erfassten Bild die optischen Filter (**106**) zu steuern, um den definierten Wellenlängenbereich durchzulassen und bei einem nächsten erfassten Bild die optischen Filter (**106**) zumindest teilweise zu steuern, um andere Wellenlängenbereiche durchzulassen.

10. Farbbildsensor (**100; 108**) nach Anspruch 8, bei dem die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um zusammenhängende Gebiete von Sensorelementen (**106**), die Licht in einem Wellenlängenbereich erfassen, zu erkennen, wobei die Steuerung (**110**) ausgelegt ist, um die optischen Filter (**106**) in diesem Gebiet zu

steuern, um den Wellenlängenbereich zu priorisieren.

11. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 2 bis 10, bei dem die Steuerung ausgelegt ist, die optischen Filter zu steuern, um einen Filmkorn zu emulieren.

12. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 2 bis 11, bei dem das Transmissionsverhalten des oder der optischen Filter so einstellbar ist, dass die Primärfarben rot, grün, und blau, dass die Sekundärfarben Magenta, Cyan und Gelb, Mischfarben oder dass Weiß/Schwarz durchgelassen wird.

13. Farbbildsensor (**100; 108**) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem die Steuerung ausgebildet ist, um die optischen Filter basierend auf Kalibrierungsdaten, die bei demontiertem Objektiv aufgenommen wurden, zu steuern.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

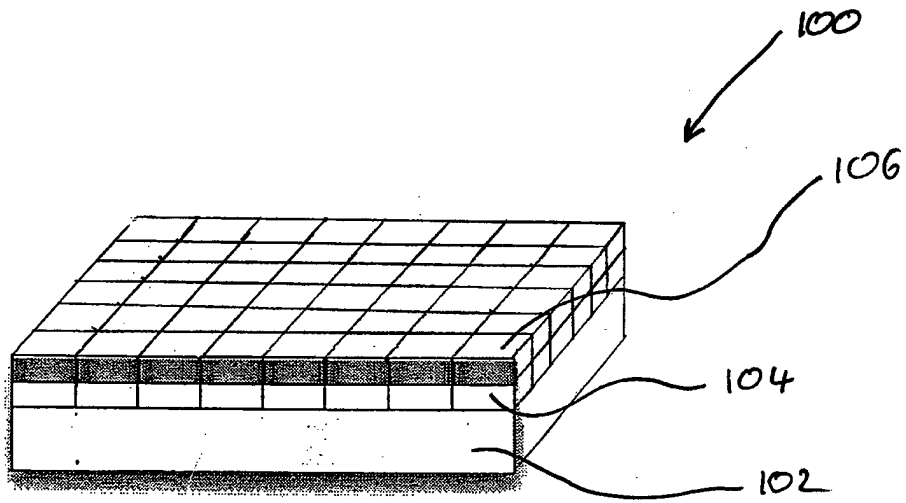


Fig 1

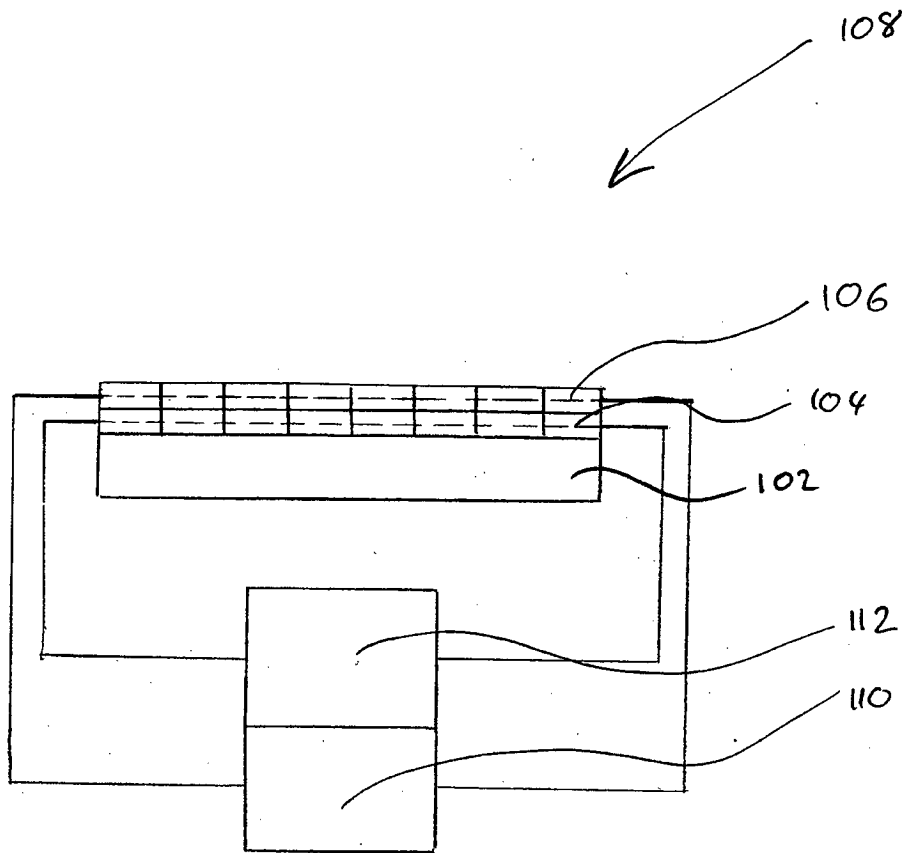


Fig. 2

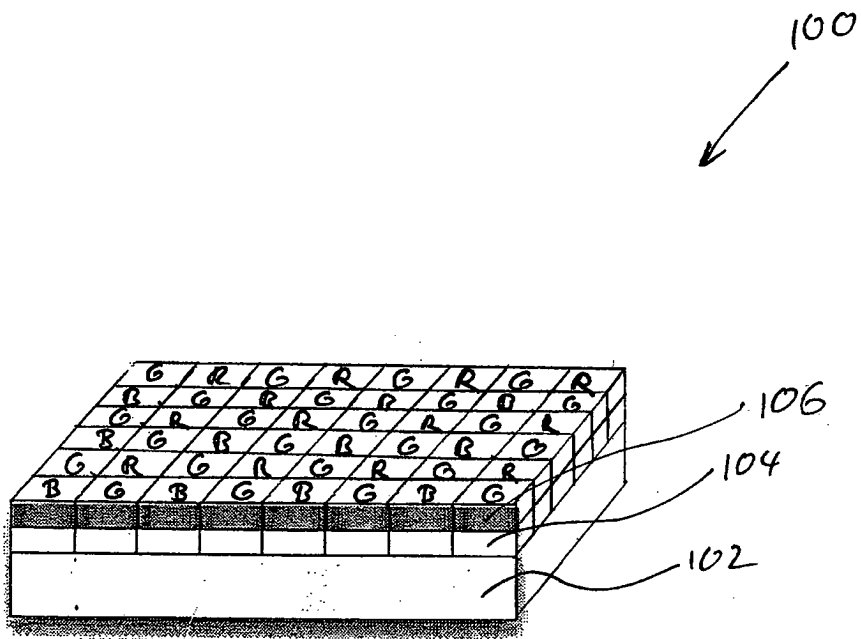


Fig. 3a

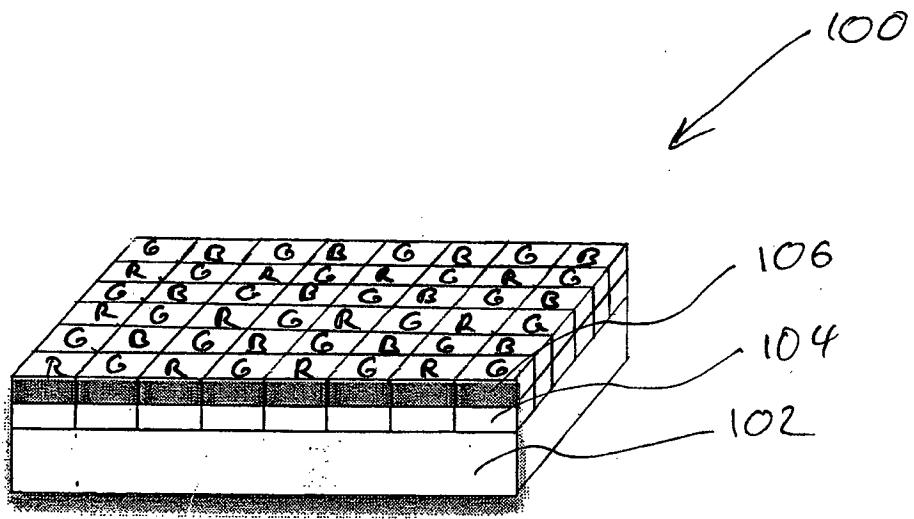


Fig. 3B