



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201841038 A

(43) 公開日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 16 日

(21) 申請案號：107107282

(22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 03 月 05 日

(51) Int. Cl. : G02F1/167 (2006.01)

(30) 優先權：	2017/03/06	美國	62/467,291
	2017/05/19	美國	62/509,031
	2017/05/20	美國	62/509,087
	2017/11/14	美國	62/585,692
	2017/11/14	美國	62/585,614
	2017/11/14	美國	62/585,761
	2017/11/27	美國	62/591,188

(71) 申請人：美商電子墨水股份有限公司 (美國) E INK CORPORATION (US)
美國

(72) 發明人：巴克萊 艾德華 BUCKLEY, EDWARD (US)；柯羅斯 肯尼士 R CROUNSE, KENNETH R. (US)；塔爾夫 史蒂芬 J TELFER, STEPHEN J. (US)；塞尼斯 桑尼爾克利舒那 SAINIS, SUNIL KRISHNA (IN)

(74) 代理人：王彥評；賴碧宏

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：20 共 116 頁

(54) 名稱

用於演繹彩色影像的方法及設備

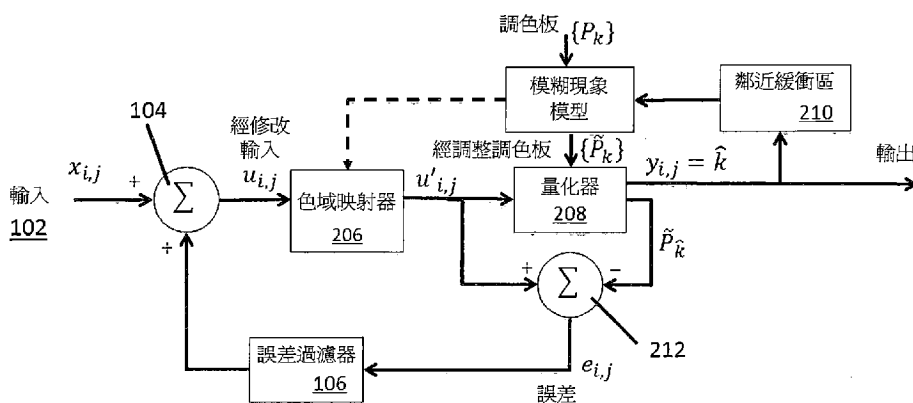
METHOD AND APPARATUS FOR RENDERING COLOR IMAGES

(57) 摘要

一種用於當一電光顯示器具有含有限原色調色板的色域及/或該色域結構不佳(亦即非球體或橢圓體)時，在該電光顯示器上演繹彩色影像的系統。該系統使用一迭代處理，以自一調色板識別用於一給定像素的最佳顏色，該調色板經修改而將顏色誤差擴散於該整個電光顯示器上。該系統額外考量因鄰近像素間串擾所致的顏色變化。

A system for rendering color images on an electro-optic display when the electro-optic display has a color gamut with a limited palette of primary colors, and/or the gamut is poorly structured (i.e., not a spheroid or obloid). The system uses an iterative process to identify the best color for a given pixel from a palette that is modified to diffuse the color error over the entire electro-optic display. The system additionally accounts for variations in color that are caused by cross-talk between nearby pixels.

指定代表圖：



符號簡單說明：

102 . . . 輸入

104 . . . 處理器

106 . . . 誤差過濾器

206 . . . 色域映射器

208 . . . 量化器

210 . . . 鄰近緩衝區

212 . . . 處理器

第2圖

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

用於演繹彩色影像的方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR RENDERING COLOR IMAGES

【相關申請案的參照】

【0001】本申請案主張以下權益：

- 1.2017.3.6 申請的第 62/467,291 臨時申請案；
- 2.2017.5.19 申請的第 62/509,031 號臨時申請案；
- 3.2017.5.20 申請的第 62/509,087 號臨時申請案；
- 4.2017.11.14 申請的第 62/585,614 號臨時申請案；
- 5.2017.11.14 申請的第 62/585,692 號臨時申請案；
- 6.2017.11.14 申請的第 62/585,761 號臨時申請案；

及

- 7.2017.11.27 申請的第 62/591,188 號臨時申請案。

【0002】本申請案係關於 2014.5.14 申請的第 14/277,107 號申請案(公開第 2014/0340430 號，現為美國專利號 9,697,778)；2015.9.25 申請的第 14/866,322 號申請案(公開第 2016/0091770 號)；美國專利號 9,383,623 及 9,170,468，2017.2.8 申請的第 15/427,202 號申請案(公開第 2017/0148372 號)及 2017.5.11 申請的第 15/592,515 號申請案(公開第 2017/0346989 號)。這些同時係屬中申請案及專利的所有內容(以下可稱之為「電泳彩色顯示器」或「ECD」專利)，及下述所有其他美國專利及已公

開與同時係屬中的申請案，均在此以參照方式併入本文。

【0003】本申請案亦係關於美國專利第 5,930,026 號；第 6,445,489 號；第 6,504,524 號；第 6,512,354 號；第 6,531,997 號；第 6,753,999 號；第 6,825,970 號；第 6,900,851 號；第 6,995,550 號；第 7,012,600 號；第 7,023,420 號；第 7,034,783 號；第 7,061,166 號；第 7,061,662 號；第 7,116,466 號；第 7,119,772 號；第 7,177,066 號；第 7,193,625 號；第 7,202,847 號；第 7,242,514 號；第 7,259,744 號；第 7,304,787 號；第 7,312,794 號；第 7,327,511 號；第 7,408,699 號；第 7,453,445 號；第 7,492,339 號；第 7,528,822 號；第 7,545,358 號；第 7,583,251 號；第 7,602,374 號；第 7,612,760 號；第 7,679,599 號；第 7,679,813 號；第 7,683,606 號；第 7,688,297 號；第 7,729,039 號；第 7,733,311 號；第 7,733,335 號；第 7,787,169 號；第 7,859,742 號；第 7,952,557 號；第 7,956,841 號；第 7,982,479 號；第 7,999,787 號；第 8,077,141 號；第 8,125,501 號；第 8,139,050 號；第 8,174,490 號；第 8,243,013 號；第 8,274,472 號；第 8,289,250 號；第 8,300,006 號；第 8,305,341 號；第 8,314,784 號；第 8,373,649 號；第 8,384,658 號；第 8,456,414 號；第 8,462,102 號；第 8,514,168 號；第 8,537,105 號；第 8,558,783 號；第 8,558,785 號；第 8,558,786 號；第 8,558,855 號；第 8,576,164 號；第 8,576,259 號；第 8,593,396 號；第 8,605,032 號；第 8,643,595 號；第

8,665,206 號 ; 第 8,681,191 號 ; 第 8,730,153 號 ; 第
8,810,525 號 ; 第 8,928,562 號 ; 第 8,928,641 號 ; 第
8,976,444 號 ; 第 9,013,394 號 ; 第 9,019,197 號 ; 第
9,019,198 號 ; 第 9,019,318 號 ; 第 9,082,352 號 ; 第
9,171,508 號 ; 第 9,218,773 號 ; 第 9,224,338 號 ; 第
9,224,342 號 ; 第 9,224,344 號 ; 第 9,230,492 號 ; 第
9,251,736 號 ; 第 9,262,973 號 ; 第 9,269,311 號 ; 第
9,299,294 號 ; 第 9,373,289 號 ; 第 9,390,066 號 ; 第
9,390,661 號 ; 及第 9,412,314 號 ; 及美國專利公開第
2003/0102858 號 ; 第 2004/0246562 號 ; 第 2005/0253777
號 ; 第 2007/0091418 號 ; 第 2007/0103427 號 ; 第
2007/0176912 號 ; 第 2008/0024429 號 ; 第 2008/0024482
號 ; 第 2008/0136774 號 ; 第 2008/0291129 號 ; 第
2008/0303780 號 ; 第 2009/0174651 號 ; 第 2009/0195568
號 ; 第 2009/0322721 號 ; 第 2010/0194733 號 ; 第
2010/0194789 號 ; 第 2010/0220121 號 ; 第 2010/0265561
號 ; 第 2010/0283804 號 ; 第 2011/0063314 號 ; 第
2011/0175875 號 ; 第 2011/0193840 號 ; 第 2011/0193841
號 ; 第 2011/0199671 號 ; 第 2011/0221740 號 ; 第
2012/0001957 號 ; 第 2012/0098740 號 ; 第 2013/0063333
號 ; 第 2013/0194250 號 ; 第 2013/0249782 號 ; 第
2013/0321278 號 ; 第 2014/0009817 號 ; 第 2014/0085355
號 ; 第 2014/0204012 號 ; 第 2014/0218277 號 ; 第
2014/0240210 號 ; 第 2014/0240373 號 ; 第 2014/0253425
號 ; 第 2014/0292830 號 ; 第 2014/0293398 號 ; 第

2014/0333685 號；第 2014/0340734 號；第 2015/0070744 號；第 2015/0097877 號；第 2015/0109283 號；第 2015/0213749 號；第 2015/0213765 號；第 2015/0221257 號；第 2015/0262255 號；第 2015/0262551 號；第 2016/0071465 號；第 2016/0078820 號；第 2016/0093253 號；第 2016/0140910 號；及第 2016/0180777 號。為便利之故，以下將這些專利及申請案統稱為「MEDEOD」(Methods for Driving Electro-Optic Displays)申請案。

【技術領域】

【0004】本發明係關於用於演繹彩色影像的方法及設備。更特別言之，本發明係關於在可得之原色組有限且此有限組可能結構不佳時，用於半色調彩色影像的方法。此方法可緩解像素化面板模糊現象(亦即因顯示像素與鄰近像素相互作用導致顯示像素係非預期的顏色)，其可回應於包含溫度、照明或功率位準等周遭環境而改變彩色電光(例如電泳)或類似顯示的外觀。本發明亦係關於用於估計彩色顯示的色域的方法。

【先前技術】

【0005】此處使用的術語「像素」係如其在顯示技術中的習知意義，指示可產生顯示本身可展示的所有顏色的最小顯示之單元。

【0006】在印刷業中已藉由將黑色墨水覆蓋白色紙的各像素的一變化比例而使用半色調呈現灰色調數十年。類似的半色調方案可併同 CMY 或 CMYK 彩色列印系統使用，其中彩色通道彼此獨立變化。

【0007】但有許多彩色系統中的彩色通道無法彼此獨立變化，頂多各像素可顯示一受限組原色(以下將此類系統稱之為「受限調色板顯示器」或「LPD」)；ECD 專利彩色顯示器即屬此型。為產生其他顏色，須將原色空間抖動以產生正確的色覺。

【0008】標準抖動演算法如誤差擴散演算法(其中因以異於理論要求顏色的一特定顏色列印一像素而引入的「誤差」會分布在相鄰像素間，使得整體而言產生正確的色覺)可併同受限調色板顯示器使用。關於誤差擴散的文獻眾多；回顧可見 Pappas、Thrasyvoulos N. 於 IEEE Transactions on Image Processing 6.7 (1997) : 1014-1024 中的「Model-based halftoning of color images」。

【0009】ECD 系統呈現一定的特殊性，在設計供此類系統使用的抖動演算法時須納入考量。像素間假影在此類系統中係常見特徵。一型假影係因所謂的「模糊現象」所致；在單色及彩色系統兩者中，有像素電極產生的電場影響電光介質面積較像素電極本身面積寬的傾向，使得實際上一像素的光學狀態外擴至部份之相鄰的像素區域。驅動相鄰像素時經歷的另一種串擾導致在異於像素本身所及的像素間區域中的最終光學狀態，此最終光學狀態係因像素間區域中經歷的平均電場所致。但由於此類系統在彩色空間中係一維，故像素間區域常顯示在兩相鄰像素狀態中間的灰色狀態，且此一中間灰色狀態並不會大幅影響該區域的平均反射率，或者其易於模型化

為有效模糊現象。但在一彩色顯示器中，像素間區域可顯示在任一相鄰像素均未呈現的顏色。

【0010】前述彩色顯示中的問題對於色域及由空間抖動原色預測的顏色的線性有嚴重後果。考量利用出自 ECD 顯示器的原色調色板的飽和紅色與黃色的空間抖動圖案來嘗試產生所要的橘色。在無串擾下，可藉由使用線性加色混合定律於遠場中完美預測產生橘色所需的組合。由於紅色與黃色係在色域邊界上，此經預測橘色亦應在色域邊界上。但若前述效應在相鄰紅色與黃色像素間的像素間區域中產生(所謂的)藍色帶，則所得顏色將遠比經預測的橘色更中性。此造成在色域邊界中的「凹痕(dent)」，或者更精確言之，由於邊界實際上係三維，扇貝形。因此，不僅單純的抖動方式無法精確預測所需抖動，且在此情況下可能嘗試產生無法獲得的顏色，因為其在可達成的色域外。

【0011】理想上，希望能藉由廣泛圖案測量或先進模型化預測可達成的色域。若裝置原色多或與因將像素量化為一原色引入的誤差比較的串擾誤差大，則可能無法達成。本發明提供一種併入模糊現象/串擾誤差之模型的抖動方法，使得在顯示器上實現的顏色較接近經預測顏色。此外，在所要顏色落在可實現色域外的情況下，該方法穩定了誤差擴散，因為一般誤差擴散當在抖動至原色的凸包外的顏色時將產生無限制的誤差。

【0012】隨附圖式的第 1 圖係先前技術誤差擴散方法的概略流程圖，一般標示為 100，如前述 Pappas 論文

(IEEE Transactions on Image Processing 6.7 (1997) : 1014-1024 的「Model-based halftoning of color images」)。在輸入 102 處，顏色值 $x_{i,j}$ 被饋送至處理器 104，在該處被加入誤差過濾器 106(如下述)的輸出以產生經修改的輸入 $u_{i,j}$ 。(此描述假設輸入值 $x_{i,j}$ 使得經修改的輸入 $u_{i,j}$ 在裝置的色域內。若非如此，則可能需要對輸入或經修改輸入作一些初步修改，以確保其等落在適當的色域內。)經修改輸入 $u_{i,j}$ 被饋送至臨限模組 108。模組 108 判定用於被考量的像素的適當顏色並將其饋送至裝置控制器(或儲存顏色值供後續傳輸至裝置控制器)。輸出 $y_{i,j}$ 被饋送至模組 110，其針對在輸出裝置中的點重疊效應修正這些輸出。經修改輸入 $u_{i,j}$ 與模組 110 的輸出 $y'_{i,j}$ 兩者被饋送至處理器 112，其計算誤差值 $e_{i,j}$ ，其中：

$$e_{i,j} = u_{i,j} - y'_{i,j}$$

接著將誤差值 $e_{i,j}$ 饋送至誤差過濾器 106，其用以分布誤差值於一個以上經選擇像素。例如若誤差擴散係於影像中的各列自左至右並自上至下施行於像素上，則誤差過濾器 106 可能分布誤差於正被處理列中的次一像素，及在下方次一列中正被處理的像素的三個最近相鄰。或者，誤差過濾器 106 可分布誤差於正被處理列中的次兩個像素，及在下方次兩列中正被處理的像素的最近相鄰。將會理解的是，誤差過濾器無須施加相同比例的誤差於被分布誤差的各像素；例如當誤差過濾器 106 分布誤差於正被處理列中的次一像素及在下方次一列中

正被處理的像素的三個最近相鄰時，其可適當分布較多誤差至正被處理列中的次一像素及在正被處理的像素下方緊鄰的像素，並分布較少誤差於正被處理的像素的兩對角鄰。

【0013】不幸地，當應用習知誤差擴散方法(例如第 1 圖)於 ECD 及類似的受限調色板顯示器時，所產生的嚴重假影可能演繹所得影像不可用。例如臨限模組 108 運作於誤差經修改輸入值 $u_{i,j}$ 以選擇輸出原色，且接著藉由應用該模型於所得輸出區域(或因果關係是已知)而計算次一誤差。若該模組輸出顏色與所選原色差異過大，則會產生巨大誤差，其會因原色選擇中的巨大擺動導致非常粒狀的輸出，或不穩定的結果。

【0014】本發明尋求提供一種演繹彩色影像的方法，可減少或消除因此類習知誤差擴散方法導致的不穩定的問題。本發明提供一種影像處理方法，其經設計以減少抖動雜訊，同時增加彩色顯示器(尤其是彩色電泳顯示器)的顯著對比與色域映對，以便允許在無嚴重假影下於顯示器上顯示更廣泛的內容範圍。

【0015】本發明亦係關於用於在電子紙裝置上演繹影像的硬體系統，尤其是電泳顯示器上的彩色影像，例如具有主動矩陣背板的四粒子電泳顯示器。藉由併入來自電子紙裝置的環境資料，一遠端處理器可演繹影像資料供最佳觀看。該系統額外允許運算密集型計算的分布，諸如判定對於環境條件及待顯示影像最佳的彩色空間。

【0016】電子顯示器一般包含一主動矩陣背板、一主

控制器、一本地記憶體及一組通信與介面埠。主控制器經由通信/介面埠接收或自裝置記憶體取得資料。一旦資料位在主控制器中，其即將之轉譯為用於主動矩陣背板的一組指令。主動矩陣背板自主控制器接收這些指令並產生影像。在彩色裝置的情況中，裝置上色域運算可能需要具增強運算能力的主控制器。如上述，彩色電泳顯示器用演繹方法常係運算密集型，但如以下的詳細描述，本發明本身即提供用以降低因演繹所增添運算負載的方法，演繹(抖動)步驟及整體演繹過程的其他步驟均仍可能增添裝置運算處理系統上的主要負載。

【0017】 影像演繹所需的增強運算能力減少電泳顯示器在一些應用中的優勢。特別言之，裝置製造成本增加，當主控制器經組態以施行複雜的演繹演算法時的裝置耗能增加。此外，由控制器產生的額外熱需要熱管理。因此，至少在一些情況下，例如當極高解析度影像或需於短時間內演繹大量影像時，可能欲將許多演繹計算移離電泳裝置本身。

【發明內容】

【0018】 因此，在一態樣中本發明提供一種用於產生一彩色影像的系統。該系統包含一電光顯示器，其具有像素及一色域，該色域包含原色的一調色板；及與該電光顯示器通信的一處理器。該處理器經組態以藉由施行下列步驟演繹用於該電光裝置的彩色影像：a)接收第一及第二組輸入值，其代表待顯示於該電光顯示器上的一影像的第一與第二像素的顏色；b)使該第一組輸入值等

同於一第一經修改組輸入值；c)當在步驟 b 中產生的該第一經修改組輸入值超出該色域時，將該第一經修改組輸入值映射於該色域上，以產生一第一經映射的經修改組輸入值；d)將出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值與對應於該調色板的該等原色的一組原色值做比較，選擇與具有最小誤差的該原色對應的該組原色值，藉此界定一第一最佳原色值組，且輸出該第一最佳原色值組做為該第一像素的顏色；e)以出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值取代在該調色板中的該第一最佳原色值，以產生一經修改調色板；f)計算出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值與出自步驟 e 的該第一最佳原色值組之間的差異以推估一第一誤差值；g)將該第一誤差值加入該第二組輸入值以產生一第二經修改組輸入值；h)當在步驟 g 中產生的該第二經修改組輸入值超出該色域時，將該第二經修改組輸入值映射於該色域上，以產生一第二經映射的經修改組輸入值；i)將出自步驟 g 的該第二經修改組輸入值或出自步驟 h 的該第二經映射的經修改組輸入值與對應於該調色板的該等原色的該組原色值做比較，選擇與出自該經修改調色板的具有最小誤差的該原色對應的該組原色值，藉此界定一第二最佳原色值組，且輸出該第二最佳原色值組做為該第二像素的顏色。

在一些實施例中，該處理器額外施行 j)以出自步驟

g 的該第二經修改組輸入值或出自步驟 h 的該第二經映射的經修改組輸入值取代該經修改調色板中的該第二最佳原色值，以產生一第二經修改調色板。該處理器經組態以交遞用於個別像素的最佳原色值至電光顯示器的控制器，藉此將該等顏色顯示於電光顯示器的個別像素處。

【0019】在另一態樣中，本發明提供一種在一輸出裝置上演繹具有自原色調色板推估的色域的彩色影像的方法，該方法包括：

a.接收輸入值的一序列，該等輸入值各代表待演繹的影像像素的顏色；

b.對於在第一輸入值後的各輸入值，將自先前經處理的至少一個輸入值推估的誤差值加入輸入值以產生一經修改輸入值；

c.若在步驟 b 中產生的該經修改輸入值超出該色域，則將該經修改輸入映射在該色域上以產生一經映射的經修改輸入值；

d.對於在第一輸入值後的各輸入值，修改調色板以允許先前經處理的至少一個像素的輸出值 e 的實現，藉此產生一經修改調色板；

e.比較出自步驟 b 的該經修改輸入值或出自步驟 c 的該經映射的經修改輸入值與該經修改調色板中的原色，該原色具最小誤差，並輸出此原色做為用於像素的對應於正被處理的輸入值的顏色值；

f.計算步驟 e 中使用的該經修改或經映射的經修改輸入值與出自步驟 e 的原色輸出間差異，以推估一誤差

值，並利用至少一部份此誤差作為輸入至步驟 b 的誤差值，用於至少一個稍後處理的輸入值；及

g. 利用出自步驟 e 的原色輸出值於至少一個稍後處理的輸入值的步驟 d 中。

【0020】本發明的方法可進一步包括顯示至少一部份原色輸出作為在一顯示器裝置上的具有在本方法中使用的色域的影像。

【0021】在本方法的一形式中，在步驟 c 中的該映射係沿著一線性 RGB 顏色空間中的亮度與色相恆定線而於標稱色域上實現。在步驟 e 中的該比較(「量化」)可於一線性 RGB 空間中利用一最小歐幾里得(Euclidean)距離量化器而實現。或者，該比較可利用在前述第 15/592,515 號申請案中所述重心臨限化(顯則與最大重心座標相關的原色)而實現。但若利用重心臨限化，在該方法的步驟 c 中使用的色域應為該方法的步驟 e 中使用的經修改調色板的色域，以免重心臨限化給出不可預測及不穩定的結果。

【0022】在本方法的一形式中，輸入值係以對應於像素的一光柵掃描的順序處理，且在步驟 d 中調色板的修改允許輸出值對應於先前經處理列中的像素，其與對應於正被處理的該輸入值的該像素共用一邊緣，及在該相同列中的該先前經處理像素與對應於正被處理的該輸入值的該像素共用一邊緣。

【0023】使用重心量化的本方法的變體可摘要如下：

1. 利用德勞內(Delaunay)三角測量將色域分割為四

面體；

2. 判定裝置色域的凸包；
3. 對於超出色域凸包的顏色：
 - a. 沿著一些線映射回到色域邊界上；
 - b. 計算該線與包括顏色空間的四面體的交點；
 - c. 找出封圍該顏色的四面體及相關重心權重；
 - d. 由具有最大重心權重的四面體頂點判定抖動顏色。
4. 對於凸包內的顏色：
 - a. 找出封圍該顏色的四面體及相關重心權重；
 - b. 由具有最大重心權重的四面體頂點判定抖動顏色。

【0024】但本方法的此變體缺點在於需要德勞內三角測量與待計算顏色空間的凸包兩者，且這些計算造成廣大的的計算需求，達到這樣的程度，就本技術狀態而言，本變體實際上不可能在一獨立處理器上使用。此外，影像品質藉由使用色域包內的重心量化而妥協。因此，需要本方法的進一步變體，藉由選擇超出色域包的顏色使用的映射方法及在色域內的顏色使用的量化方法兩者，可更有效率地計算並顯現經改良的影像品質。

【0025】使用如上相同格式，本發明的方法的此進一步變體(以下可稱之為「三角形重心」或「TB」方法)可摘要如下：

1. 判定裝置色域的凸包；
2. 對於超出色域凸包的顏色(EMIC)：

- a. 沿著一些線映射回到色域邊界上；
- b. 計算該線與構成色域表面的三角形的交點；
- c. 找出封圍該顏色的三角形及相關重心權重；
- d. 由具有最大重心權重的三角形頂點判定抖動顏色。

3. 對於凸包內的顏色(EMIC)，判定各原色內「最接近的」顏色，其中「最接近的」係以顏色空間中的歐幾里得距離計算並採用最接近的原色作為抖動顏色。

【0026】換言之，本方法的三角形重心變體藉由計算映射與色域表面的交點而實現方法的步驟 c，且接著視 EMIC(步驟 b 的產物)在色域內或外而以兩種不同方式實現步驟 e。若 EMIC 在色域外，則判定封圍前述交點的三角形，判定用於此三角形各頂點的重心權重，且步驟 e 的輸出係具有最大重心權重的三角形頂點。但若 EMIC 在色域內，則步驟 e 的輸出係由歐幾里得距離計算的最接近的原色。

【0027】如前述摘要可見，TB 方法異於利用不同抖動方法的前述本方法的變體處在於係視 EMIC 在色域內或外而定。若 EMIC 在色域內，則利用最近相鄰方法找出抖動顏色；此因可自任何原色而非僅限於先前重心量化法構成封圍四面體的四原色選擇抖動顏色而改善影像品質。(注意由於各原色常以高度不規則方式分布，故最近相鄰可洽為非封圍四面體頂點的一原色。

【0028】換言之，若 EMIC 在色域外，則沿一些線實現反向映射直到線與色域的凸包相交。由於僅考量與凸

包而未考量與顏色空間的德勞內三角測量的交點，故僅需計算映射線與包括凸包的三角形的交點。此大幅降低本方法的計算負載並確保在色域邊界上的顏色現係由最多三個抖動顏色表示。

【0029】TB 方法較佳係於相對型顏色空間中施行，使得以確保色域上的映射保留 EMIC 色相角；此代表透過‘291 方法的改善。此外，為達最佳結果，應利用感知相關顏色空間計算歐幾里得距離(用以識別落在色域內的 EMIC 的最近相鄰)。雖然採用(非線性)孟賽爾(Munsell)顏色空間可能看起來符合所期，但線性模糊現象模型、像素值及標稱原色所需轉換增添了非必要的複雜性。反之，藉由對相對型空間施行線性轉換可獲得優良結果，其中亮度 L 與兩色度分量(O1, O2)相互獨立。自線性 RGB 空間的線性轉換給定如下：

$$\begin{bmatrix} L \\ O_1 \\ O_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5774 & 0.5774 & 0.5774 \\ -0.5774 & 0.7887 & -0.2113 \\ -0.5774 & -0.2113 & 0.7887 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

【0030】在此實施例中，在步驟 2(a)中實現映射所沿的線可定義為連接輸入顏色 u 與 V_y 的線，其中：

$$V_y = w + \alpha(w - b) \quad (2)$$

及 w 、 b 係在相對空間中的個別白色點與黑色點。純量係取自

$$\alpha = \frac{u_L - b_L}{w_L - b_L} \quad (3)$$

其中下標 L 係指亮度分量。換言之，所採用的映射線係

連接 EMIC 至消色差軸上具相同亮度點的線。若適當選擇顏色空間，則此映射保留原始顏色的色度角；相對顏色空間滿足此需求。

【0031】但已於經驗發現即使是本 TB 方法的目前較佳實施例(以下參考方程式(4)至(18)描述)，仍會殘留一些影像假影。這些假影一般稱之為「蟲」，其具有因諸如 TB 方法的誤差擴散機制中固有的誤差累積過程引入的水平或垂直結構。雖然這些假影可藉由加入少量雜訊於選擇原色輸出顏色(所謂的「臨界調制」)的過程中而移除，但此可造成不可接受的粒狀影像。

【0032】如上述，TB 方法採用不同的抖動演算法，其相依於 EMIC 是否落在色域凸包內或外。大部分殘餘假影係因在凸包外的 EMIC 重心量化而起，因為所選抖動顏色可僅為關聯於封圍經映射顏色的三角形頂點的三者之一；所得抖動圖案的變異數因此遠大於針對凸包內 EMIC 所得，其中可自原色中任一者選擇抖動顏色，一般數量遠大於三。

【0033】因此，本發明提供 TB 方法的進一步變體，以減少或消除殘餘抖動假影。此係藉由調變在凸包外的 EMIC 的抖動顏色的選擇而實現，其中利用經特殊設計而具感知愉悅雜訊性質的藍色雜訊遮罩。為便利之故，以下將此進一步變體稱之為本發明的方法的「藍色雜訊三角形重心」或「BNTB」變體。

【0034】因此，本發明亦提供本發明的一種方法，其中步驟 c 係藉由計算映射與色域表面的交點而實現，且

步驟 e 係藉由以下方式實現：(i)若步驟 b 的輸出在色域外，則判定封圍前述交點的三角形，判定對於此三角形各頂點的重心權重，及將因而計算出的重心權重與在像素位置處的藍色雜訊遮罩值做比較，步驟 e 的輸出係重心權重的累積和超出遮罩值的三角形頂點的顏色；或(ii)若步驟 b 的輸出在色域內，則步驟 e 的輸出係由歐幾里得距離計算出的最接近的原色。

【0035】本質上，BNTB 變體應用臨界調制於凸包外 EMIC 的抖動顏色選擇，而在凸包內 EMIC 的抖動顏色維持不變。可使用除藍色雜訊遮罩外的臨界調制技術。因此，下述將聚焦於凸包外 EMIC 處理的變化，至於本方法的其他步驟細節則請讀者參考先前討論。已發現藉由藍色雜訊遮罩引入臨界調制可移除 TB 方法中可見的影像假影，造成優良的影像品質。

【0036】本方法中採用的藍色雜訊遮罩可屬以下類型：Mitsa, T., 與 Parker, K.J., 在 *J. Opt. Soc. Am. A*, 9(11), 1920 (1992.11) 中的「Digital halftoning technique using a blue-noise mask」，尤其是其中的第 1 圖。

【0037】雖然 BNTB 方法明顯減少 TB 所經歷的抖動假影，已於經驗發現部分抖動圖案仍呈相當的粒狀及特定顏色，諸如在皮膚色調所見者，因抖動過程而失真。此係針對位於色域邊界外的 EMIC 採用重心技術的直接結果。由於重心方法僅允許至多選擇三原色，抖動圖案變異數高，且此顯示為可見假影；此外，由於原色選擇的固有限制。有些顏色變為人為飽和。此造成擾亂由上

述方程式(2)與(3)定義的映射運算子的色相保留性質。

【0038】因此，本發明的方法的進一步變體進一步修改 TB 方法以減少或消除殘餘抖動假影。此係藉由捨棄一起使用重心量化且藉有僅利用色域邊界顏色的最近相鄰方式量化在凸包外的 EMIC 所採用的經映對顏色。為便利之故，以下將本方法的此變體稱之為「最近相鄰色域邊界顏色」或「NNGBC」變體。

【0039】因此，在 NNGBC 變體中，本發明的方法的步驟 c 係藉由計算映射與色域表面的交點而實現，且步驟 e 係藉由以下方式實現：(i)若步驟 b 的輸出在色域外，則判定封圍前述交點的三角形，判定位於凸包上的原色，及步驟 e 的輸出係位於由歐幾里得距離計算出的凸包上的最接近的原色；或(ii)若步驟 b 的輸出在色域內，則步驟 e 的輸出係由歐幾里得距離計算出的最接近的原色。

【0040】實質上，NNGBC 變體應用「最近相鄰」量化於色域內的顏色及色域外的顏色的映射兩者，例外處在於前者所有原色均可用，而後者僅有在凸包上的原色可用。

【0041】已發現本發明的演繹方法中使用的誤差擴散可用於減少或消除顯示器中的缺陷像素，例如即使重複施加適當的波形時仍不變色的像素。實質上，此係藉由偵測缺陷像素且接著超越正常原色輸出選擇並將各缺陷像素的輸出設定為缺陷像素實際顯現的輸出顏色。本演繹方法的誤差擴散特徵一般係在經選擇輸出原色與相關

像素處的影像顏色間有差異時運作，在具缺陷像素的情況下，將在缺陷像素的實際顏色與相關像素處的影像顏色間有差異且以常見方式散布此差異至相鄰像素時運作。已發現到此缺陷隱藏技術可大幅減少缺陷像素的可見衝擊。

【0042】因此，本發明亦提供已描述的本演繹方法的一變體(為便利之故，以下稱之為「缺陷像素隱藏」或「DPH」變體)，其進一步包括：

(i)識別無法正確切換的顯示器的像素，及由此等缺陷像素呈現的顏色；

(ii)在各缺陷像素的情況下，自步驟 e 輸出缺陷像素實際呈現的顏色(或至少與此顏色部分近似)；及

(iii)在各缺陷像素的情況下，在步驟 f 中計算經修改或經映射的經修改輸入值與缺陷像素實際呈現的顏色間的差異(或至少與此顏色部分近似)。

【0043】將會理解的是，本發明的方法有賴於對影像正被演繹的裝置的色域的正確理解。如下更詳細討論，一誤差擴散演算法可導致在輸入影像中無法實現的顏色。方法如本發明的 TB、BNTB 及 NNGBC 方法的一些變體，藉由映射誤差修改輸入值回到標稱色域上以限制誤差值的成長而處理色域外輸入顏色，針對標稱與可實現的色域間的小差異可良好運作。但對於較大誤差，會在抖動演算法的輸出中發生可見擾動圖案與色偏。因此，在施行來源影像的色域映對時需要更佳的對可達成色域的非頂點估計，使得誤差擴散演算法總是能達成其

目標顏色。

【0044】因此，本發明的進一步態樣(為便利之故，以下稱之為本發明的「色域劃分」或「GD」方法)提供可達成色域的估計。

【0045】用於估計一可達成色域的 GD 方法可包含五個步驟，亦即：(1)測量一測試圖案以推估在一彩色電光顯示器中鄰近原色間串擾相關資訊；(2)將出自步驟(1)的該等測量轉換為一模糊現象模型，其預測在該彩色電光顯示器上任意原色圖案所顯示的顏色；(3)利用在步驟(2)中推估的該模糊現象模型預測實際顯示圖案顏色，其一般係用以在該等原色的凸包(亦即標稱色域表面)上產生顏色；(4)利用在步驟(3)中所做的該等預測描述該可實現的色域表面；及(5)利用在步驟(4)中推估的該可實現的色域表面，藉由映射輸入(來源)顏色演繹一顏色組。

【0046】該 GD 處理的步驟(5)的顏色演繹處理可為本發明的任何顏色演繹處理。

【0047】將會理解的是，前述顏色演繹方法可僅構成用於在彩色顯示器(尤其是彩色電泳顯示器)上演繹彩色影像的整體演繹處理的部分(一般為最終部分)。特定言之，本發明的方法可依序經歷(i)一去伽瑪(degamma)操作；(ii)HDR 型處理；(iii)色相修正及(iv)色域映射。相同的操作序列可併同異於本發明所述的抖動方法使用。為便利之故，以下將此整體演繹處理稱之為本發明的「去伽瑪/HDR 型處理/色相修正/色域映射」或「DHHG」方法。

【0048】本發明的一進一步態樣提供一種對於前述因將演繹計算移離電泳裝置本身多次所致電泳裝置額外計算需求問題的解決方案。利用依本發明的此態樣的系統可於電子紙上提供高品質影像，同時僅需用於通信、最小影像快取及裝置本身顯示驅動器功能的資源。因此，本發明大幅降低顯示器的成本及體積。此外，雲端計算及無線網路的普及允許本發明的系統可在最少公用設施或其他基礎設施更新下廣泛開展。

【0049】因此，在一進一步態樣中本發明提供一種影像演繹系統，其包括一電光顯示器，其包括一環境情況感測器；及一遠端處理器，其經由一網路連接至該電光顯示器，該遠端處理器經組態以接收影像資料，及經由該網路接收來自該感測器的環境情況資料，在該所接收的環境情況資料下演繹用於顯示於該電光顯示器上的該影像資料，藉此產生經演繹影像資料，及將該經演繹影像資料經由該網路傳輸至該電光顯示器。

【0050】為便利之故，以下將本發明之此態樣(包含下述額外影像演繹系統及攜行電腦站)稱之為「遠端影像演繹系統」或「RIRS」。該電光顯示器可包括一層電泳顯示材料，其包括設置在一流體中且在施加電場於該流體時可經由該流體移動的帶電粒子，該電泳顯示材料設置在第一與第二電極間，該等電極的至少一者係透光的。該電泳顯示材料包括四種具有不同顏色的帶電粒子。

【0051】本發明進一步提供一種影像演繹系統，其包含一電光顯示器、一本地主機及一遠端處理器，其等所

有均經由一網路連接，該本地主機包括一環境情況感測器且經組態以經由該網路提供環境情況資料至該遠端處理器，及該遠端處理器經組態以接收影像資料，經由該網路接收來自該本地主機的該環境情況資料，在該所接收的環境情況資料下演繹該影像資料用於顯示於電子紙顯示器上，藉此產生經演繹影像資料，及傳輸該經演繹影像資料。該環境情況資料可包含溫度、濕度及入射於該顯示器上的光的照度，及入射於該顯示器上的光的色譜。

【0052】在任一上述影像演繹系統中，電光顯示器可包括一層電泳顯示材料，其包括設置在一流體中且在施加電場於該流體時可經由該流體移動的帶電粒子，該電泳顯示材料設置在第一與第二電極間，該等電極的至少一者係透光的。此外，在上述系統中，該本地主機傳輸該影像資料至該遠端處理器。

【0053】本發明亦提供一種攜行電腦站，其包括用於與一電光顯示器耦合的一介面，該攜行電腦站經組態以經由一網路接收經演繹影像資料，及更新耦合至該配接站的一電光顯示器上的一影像。該攜行電腦站可進一步包括一電源，其經配置以提供複數個電壓至耦合至該攜行電腦站的一電光顯示器。

【圖式簡單說明】

【0054】

如前述，隨附圖式的第 1 圖係在前述 Pappas 論文中所述先前技術誤差擴散方法的概略流程圖。

第 2 圖係例示本發明的方法的概略流程圖。

第 3 圖例示可用於本發明的 BNTB 變體的藍色雜訊遮罩。

第 4 圖例示使用本發明的 TB 方法處理的影像，並例示存在蟲狀缺陷。

第 5 圖例示與第 4 圖相同影像，差別在於其係使用 BNTB 方法處理且不存在蟲狀缺陷。

第 6 圖例示與第 4 及 5 圖相同影像，差別在於其係使用本發明的 NNGBC 方法處理。

第 7 圖係禁止凹陷的色域模型的示例。

第 8A 與 8B 圖例示在一給定色相角處的一平面與來源及目標色域的交點。

第 9 圖例示來源與目標色域邊界。

第 10A 與 10B 圖例示在依本發明的膨脹/壓縮操作獲得的平滑化目標色域。

第 11 圖係依本發明用於電泳顯示的整體彩色影像演繹方法的概略流程圖。

第 12 圖係用於輸入色域三原色 (R, G, B) 及輸出色域三原色 (R', G', B') 的一系列取樣點的代表圖。

第 13 圖例示將一單位立方體分解為六個四面體。

第 14 圖係顯示可由本發明的方法驅動且可用於本發明的演繹系統中的一電泳介質中的各粒子的位置的概略剖面，所例示的电泳介質係當顯示黑色、白色、三減法原色及三加法原色。

第 15 圖例示可用於驅動第 14 圖的四色電泳介質至

一示例性顏色狀態的波形。

第 16 圖例示本發明的遠端影像演繹系統，電光顯示器藉此與遠端處理器相互作用。

第 17 圖例示本發明的 RIRS，電光顯示器藉此與遠端處理器及本地主機相互作用。

第 18 圖例示本發明的 RIRS，電光顯示器藉此經由一攜行電腦站與遠端處理器相互作用，該攜行電腦站亦充作一本地主機並可包含一電源，以將電光顯示器充電並使之更新而顯示經演繹影像資料。

第 19 圖係本發明的包含各附加組件的更清晰的 RIRS 的方塊圖。

第 20A 圖係顯示暗缺陷的成像顯示的照片。

第 20B 圖係顯示部分暗缺陷的第 20A 圖的部分顯示特寫。

第 20C 圖係與第 20A 圖類似但具有由本發明的誤差擴散方法修正的影像的照片。

第 20D 圖係類似於第 20B 圖但顯示第 20C 圖的部分影像的特寫。

【實施方式】

【0055】本發明的方法的一較佳實施例例示於隨附圖式的第 2 圖，其係關於第 1 圖的一概略流程圖。如第 1 圖所示先前技術方法，第 2 圖所示方法始於一輸入 102，在該輸入 102 處將顏色值 $x_{i,j}$ 饋送至一處理器 104，在該處理器 104 處將顏色值 $x_{i,j}$ 添加至一誤差過濾器 106 的輸出以產生一經修改輸入 $u_{i,j}$ ，以下可稱之為「誤差經修

改的輸入顏色」或「EMIC」。該經修改輸入 $u_{i,j}$ 被饋送至一色域映射器 206。(熟悉影像處理者將顯而易見顏色輸入值 $x_{i,j}$ 可先經修改以允許伽瑪(gamma)修正周遭光顏色(尤其在反射性輸出裝置的情況下)，觀看影像的房間的背景顏色等。)

【0056】如前述 Pappas 論文，在基於模型的誤差擴散中一眾所周知的議題在於該處理並不穩定，因為假設輸入影像落在原色(即色域)的(理論上的)凸包中，但實際可實現的色域可能因點重疊造成的色域損失而較小。因此，誤差擴散演算可能會嘗試實現實際上無法真正實現的顏色且誤差持續隨各相繼「修正」而增長。已提出藉由剪除或限制該誤差來控制此問題，但此會導致其他誤差。

【0057】本方法遭受相同問題。理想解決方式將在施行來源影像的色域映對時具有可達成色域的較佳非頂點估計，使得誤差擴散演算法總是可達成其目標顏色。可能自模型本身趨近或依經驗判定之。但無任一修正是完美的，且因而將一色域映射方塊(色域映射器 206)納入本方法的較佳實施例中。此色域映射器 206 類似於前述第 15/592,515 號申請案中所提，但用途不同；在本方法中，色域映射器係用以維持誤差受限，但相較於先前技術中將誤差截斷更為自然。反之，誤差經修改的影像經持續剪切至標稱色域邊界。

【0058】色域映射器 206 經提供以處理即使輸入值 $x_{i,j}$ 在系統的色域內，但經修改輸入 $u_{i,j}$ 可能不在其內的可

能性，亦即誤差過濾器 106 引入的誤差修正可能將經修改輸入 $u_{i,j}$ 帶出系統的色域外。在此情況下，可能在本方法中稍後實現的量化產生不穩定結果，因為不可能產生落在系統的色域外的色值用的適當誤差信號。雖然可預見此問題的其他解決方式，唯一可見達成穩定結果的是在進一步處理前將經修改輸入 $u_{i,j}$ 映射在系統的色域上。可以多種方式達成此映射；例如可朝向沿恆定亮度與色相的中性軸實現映射，因而在犧牲飽和下保留色度與色相；在 $L^*a^*b^*$ 顏色空間中，此對應於徑向向內移動與 a^*b^* 平面平行的 L^* 軸，但在其他顏色空間中，將較不直接。在本方法的本較佳形式中，映射係沿著線性 RGB 顏色空間中的恆定亮度與色相線至標稱色域上。(但以下可見到關於在特定情況下修改此色域的需求，諸如重心臨限化的使用。)較佳且較精確的映射方法是可能的。注意雖然可能先顯現應利用原始經修改輸入 $u_{i,j}$ 而非經映射輸入(在第 2 圖中標示為 $u'_{i,j}$)計算的誤差值 $e_{i,j}$ (計算如後)，但實際上後者係用已判定誤差值，因為使用前者可能造成其中誤差值可無限制增加的不穩定方法。

【0059】經修改輸入值 $u'_{i,j}$ 被饋送至量化器 208，量化器 208 也接收一組原色；量化器 208 檢查各經選擇原色對誤差的影響。但在本方法中，被饋送至量化器 208 的原色並非系統的自然原色 $\{P_k\}$ ，而係經調整組原色 $\{P\sim_k\}$ ，此允許至少一些相鄰像素的顏色，且藉由模糊現象或其他像素間相互作用量化其等對像素的影響。

【0060】本發明的方法的目前較佳實施例採用標準弗

洛依德-斯坦伯格 (Floyd-Steinberg) 誤差過濾器並以光柵順序處理向素。假設如習知般，顯示器經上到下及左到右處理，使用經考量的像素的上方及左方的主要相鄰計算模糊現象或其他像素間效應是合乎邏輯的，因為這兩個相鄰已經過判定。按此方式，由鄰近像素導致的所有模型化誤差均經考量，因為當該等鄰近像素被造訪時，右方及下方相鄰串擾被考量在內。若模型僅考量上方及左方相鄰，則經調整組原色須為該等相鄰的狀態及所考量原色的函數。最簡單方式係假設模糊現象模型具加成性，亦即因左方相鄰造成著色偏及因上方相鄰造成的色偏係相互獨立且具加成性的。在此情況下，僅需判定「N 取 2」（等於 $N*(N-1)/2$ ）模型參數（色偏）。對於 $N=64$ 或更小者，這些可藉由自所有可能原色對的棋盤式圖案的比色量測減去理想混合定律值而自該量測估計。

【0061】舉一特定示例，考量具有 32 個原色的顯示器的情況。若僅考量上方及左方相鄰，對於 32 原色而言，一給定像素具有 496 個可能的鄰近組原色。因模型為線性，故僅需儲存這 496 個色偏，因兩相鄰的加成效應可在無過多負載下於執行期間產生。故例如若未經調整原色組包括 $(P_1 \dots P_{32})$ 且你目前的上方、左方相鄰係 P_4 與 P_7 ，則經修改的原色 $(P^{\sim}_1 \dots P^{\sim}_{32})$ ，該經調整的原色被饋送至量化器，如下所示：

$$P^{\sim}_1 = P_1 + dP_{(1,4)} + dP_{(1,7)};$$

.....

$$P^{\sim}_{32} = P_{32} + dP_{(32,4)} + dP_{(32,7)},$$

其中 $dP_{(i,j)}$ 係色偏表中的經驗判定值。

【0062】當然可能有更複雜的像素間相互作用模型，例如已知有非線性模型，考量角落(對角)相鄰的模型，或採用非因果相鄰的模型，其中在各像素處色偏的更新不只其相鄰。

【0063】量化器 208 比較經調整輸入 $u'_{i,j}$ 與經調整原色 $\{P\sim_k\}$ 並輸出最適原色 $y_{i,k}$ 至一輸出。可採用選擇適當原色的任何適當方法，例如在一線性 RGB 空間中的最小歐幾里得距離量化器；其優點在於所需運算能力較一些替代方法低。或者，如前述第 15/592,515 號申請案中所述，量化器 208 可造成重心臨限化(選擇關於最大重心座標的原色)。但應注意若採用重心臨限化，則經調整原色 $\{P\sim_k\}$ 不僅須被供應至量化器 208，還須至色域映射器 206(如第 2 圖中破折線所示)，且此色域映射器 206 須藉由映射至經調整原色 $\{P\sim_k\}$ 所定義的色域上而非未經調整原色 $\{P_k\}$ 定義的色域上來產生經修改輸入值 $u'_{i,j}$ ，因為若被饋送至量化器 208 的經調整輸入 $u'_{i,j}$ 代表超出經調整原色所定義色域的顏色，且因而超出重心臨限化可得的所有可能四面體，則重心臨限化將給出高度不可預測且不穩定結果。

【0064】量化器 208 的 $y_{i,k}$ 輸出值不僅被饋送至輸出，還被饋送至鄰近緩衝區 210，其等被儲存於該處供產生稍後要處理的像素的經調整原色之用。經修改輸入 $u'_{i,j}$ 值與輸出 $y_{i,k}$ 值兩者被供應至一處理器 212，其計算如下：

$$e_{i,j} = u'_{i,j} - y_{i,j}$$

且以與以上參考第 1 圖所述相同方式將此誤差信號傳送至誤差過濾器 106 上。

【0065】TB 方法

【0066】如上述，本方法的 TB 變體概述如下：

1. 判定裝置色域的凸包；
2. 對於超出色域凸包的顏色 (EMIC)：
 - a. 沿著一些線映射回到色域邊界上；
 - b. 計算該線與構成色域表面的三角形的交點；
 - c. 找出封圍該顏色的三角形及相關重心權重；
 - d. 由具有最大重心權重的三角形頂點判定抖動顏色。

3. 對於凸包內的顏色 (EMIC)，判定各原色內「最接近的」顏色，其中「最接近的」係以顏色空間中的歐幾里得距離計算並採用最接近的原色作為抖動顏色。

【0067】現將描述以具運算效率、硬體友善方式施行此三步驟演算法的較佳方法，但僅係例示，因為所述特定方法的多個變體對熟悉此數位成像技術者將是顯而易見的。

【0068】如已註記者，演算法的步驟 1 係用以判定 EMIC(以下標註為 u) 在色域的凸包內或外。因此，考量一組經調整原色 PP_k ，其對應於由一模糊現象模型修改的該組標稱原色 P ，如以上參考第 2 圖所述，此一模型一般係由對 P 的一線性修改組成，此係由已置放於目前顏色的左方及上方的像素處的原色判定。(為簡化之故，

TB 方法的此討論將假設輸入值係以習知光柵掃描順序處理，亦即顯示螢幕的左至右及上至下，使得對於正被處理的任何給定輸入值而言，輸入值表示的像素的緊鄰上方與左方的像素將已經過處理，緊鄰右方及下方的則未經過處理。顯然其他掃描圖案可能需要修改此選擇的先前處理值。)亦考量 PP_k 的凸包，其具有頂點 (v_k^1, v_k^2, v_k^3) 及法向量 \hat{n}_k 。其依循簡單幾何，其中若

$$\hat{n}_k \cdot (u - v_k^1) < 0, \forall k \quad (4)$$

，則點 u 超出凸包，其中「 \cdot 」代表(向量)內積且其中法向量 \hat{n}_k 定義為指向內。關鍵在於可預先計算並事先儲存頂點 v_k 及法向量。此外，方程式(4)易於以下列簡單方式由電腦計算

$$t'_k = \left(\sum_k \hat{n}_k \circ u - \sum_k \hat{n}_k \circ v_k^1 \right) < 0, \forall k \quad (5)$$

其中「 \circ 」係哈達瑪(Hadamard)(元素乘元素)積。

【0069】若發現 u 超出凸包之外，則須定義映射運算子，將 u 映射回到色域表面上。較佳映射運算子已由以上方程式(2)與(3)定義。如前所標註，此映射線係連接 u 與具相同亮度的消色差軸上點的線。此線的方向為

$$d = u - V_y \quad (6)$$

故該映射線的方程式可寫為

$$u = V_y + (1 - t)d \quad (7)$$

其中 $0 \leq t \leq 1$ 。現考量凸包中的第 k 個三角形，並以其邊 e_k^1 與 e_k^2 表示該三角形內的一些點 x_k 的位置

$$x_k = v_k^1 + e_k^1 p_k + e_k^2 q_k \quad (8)$$

其中 $e_k^1 = v_k^1 - v_k^2$ 及 $e_k^2 = v_k^1 - v_k^3$ 及 p_k 、 q_k 係重心座標。因此，在重心座標 (p_k, q_k) 中的 x_k 的表示式為

$$x_k = v_k^1(1 - p_k - q_k) + v_k^2 p_k + v_k^3 q_k \quad (9)$$

自重心座標與線長度 t 的定義而言，若且惟若

$$\begin{aligned} 0 &\leq t_k \leq 1 \\ p_k &\geq 0 \\ q_k &\geq 0 \\ p_k + q_k &\leq 1 \end{aligned} \quad (10)$$

，則該線與凸包中的第 k 個三角形相交。若參數 L 定義為：

$$L = \widehat{n}_k \cdot d = \sum_k \widehat{n}_k \cdot d \quad (11)$$

則距離簡單給定如下

$$t_k = \frac{\widehat{n}_k \cdot (u - v_k)}{L} = \frac{t_k'}{L} \quad (12)$$

因此，在以上方程式(4)中用以判定 EMIC 在凸包內或外的參數亦可用已判定顏色與和映射線相交的三角形的距離。

【0070】 重心座標的計算僅略微困難。自簡單幾何：

$$\begin{aligned} p_k &= -\frac{d \cdot p_k'}{L} \\ q_k &= \frac{d \cdot q_k'}{L} \end{aligned} \quad (13)$$

其中

$$\begin{aligned} p_k' &= (u - v_k^1) \times e_k^2 \\ q_k' &= (u - v_k^1) \times e_k^1 \end{aligned} \quad (14)$$

且「 \times 」係(向量)外積。

【0071】概言之，為施行前述三步驟演算法的較佳形勢所需的運算係：

(a)利用方程式(5)判定一顏色在凸包內或外；

(b)若該顏色在凸包外，則利用方程式(10)-(14)，藉由測試構成該包的 k 個三角形的每一者，判定在凸包的哪一個三角形上映射該顏色。

(c)對於其中方程式(10)之所有為真的該三角形，藉由下式計算映射點 u' ：

$$u' = V_y + (1 - t_j)d \quad (15)$$

並藉由下式計算其重心權重：

$$\alpha_u = [1 - p_j - q_j, p_j, q_j] \quad (16)$$

接著如前述將這些重心權重用於抖動。

【0072】若採取由方程式(1)定義的類似相對(opponent-like)顏色空間，則 u 係由一照度分量與兩色度分量組成， $u = [u_L, u_{O1}, u_{O2}]$ ，且在方程式(16)的映射操作下， $d = [0, u_{O1}, u_{O2}]$ ，因為該映射直接實現朝向消色差軸。

【0073】可寫成：

$$\begin{aligned} t_k &= (u - v_k^1) = [t_k^1, t_k^2, t_k^3] \\ e_k^1 &= [e_k^{11}, e_k^{12}, e_k^{13}] \\ e_k^2 &= [e_k^{21}, e_k^{22}, e_k^{23}] \\ e_k^3 &= [e_k^{31}, e_k^{32}, e_k^{33}] \end{aligned} \quad (17)$$

藉由展開外積並將經估計為零的項目消除，得出

$$\begin{aligned} p_k' &= [t_k^3 \circ e_k^{21} - t_k^1 \circ e_k^{23}, t_k^1 \circ e_k^{22} - t_k^2 \circ e_k^{21}] \\ q_k' &= [t_k^3 \circ e_k^{11} - t_k^1 \circ e_k^{13}, t_k^1 \circ e_k^{12} - t_k^2 \circ e_k^{11}] \end{aligned} \quad (18)$$

方程式(18)對硬體的計算負載甚微，因為僅需乘法與減

法。

【0074】因此，可將本發明的一有效率的、硬體友善的抖動 TB 方法概述如下：

1. 判定(離線)裝置色域的凸包及包括該凸包的三角形的對應邊與法向量；

2. 對於在凸包中的所有 k 個三角形，計算方程式(5)以判定 EMIC u 是否落在凸包外；

3. 對於落在凸包外的一顏色 u ：

a. 對於在凸包中的所有 k 個三角形，計算方程式(12)、(18)、(2)、(3)、(6)及(13)；

b. 判定滿足方程式(10)所有條件的該一三角形 j ；

c. 對於三角形 j ，計算方程式(15)與(16)的經映射顏色 u' 及相關重心權重；

4. 對於凸包內的顏色(EMIC)，判定原色中「最接近的」原色，其中「最接近的」係以顏色空間中的歐幾里得距離計算並採用最接近的原色作為抖動顏色。

【0075】自前述可見本方法的 TB 變體較先前討論的變體加諸遠少得多的運算需求，因此允許在相對適中的硬體下使用必要的抖動。

【0076】但可能需要以下的進一步運算效率：

對於色域顏色外，僅就小量候選邊界三角形考量運算。與先前考量所有色域邊界三角形的方法相較，此係顯著改善；及

對於色域顏色內，利用二元樹計算「最近相鄰」操作，其中採用預計算的二元空間分割。此改善了自 $O(N)$

至 $O(\log N)$ 的運算時間，其中 N 係原色數。

【0077】對於點 u 超出凸包的情況，已給定於以上方程式(4)中。如已註記者，可預計算頂點 v_k 與法向量並事先儲存。以上方程式(5)可另寫為：

$$t'_k = \widehat{n}_k \cdot (u - v_k) \quad (5A)$$

且因此吾人可知僅有 $t'_k < 0$ 的三角形 k 對應於色域外的 u 。若所有的 $t_k > 0$ ，則 u 在色域中。

【0078】自點 u 至其與一三角形 k 相交點的距離給定為 t_k ，其中 t_k 係由以上方程式(12)給定，而 L 係由以上方程式(11)定義。此外，如上述，若 u 超出凸包，則需定義將點 u 移回色域表面的映射運算子。在步驟 2(a)中映射所沿的線可定義為連接輸入顏色 u 與 V_y 的線，其中

$$V_y = w + \alpha(w - b) \quad (50)$$

及 w 、 b 係在相對空間中的個別白色點與黑色點。純量可自下式求得

$$\alpha = \frac{u_L - b_L}{w_L - b_L} \quad (51)$$

其中下標 L 係指亮度分量。換言之，該線定義為連接輸入顏色與消色差軸上具相同亮度點。此線的方向係由以上方程式(6)給定，且該線的方程式可寫為以上方程式(7)。在凸包上的一個三角形內的一點的表示；此點的重心座標及映射線與一特定三角形相交的條件，已參考以上方程式(9)-(14)討論。

【0079】對於已討論的原因，希望避免採行以上方程式(13)，因為需要一除法運算。亦如前述，若 k 個三角

形中任一個 $t'_k < 0$ ，則 u 超出色域，且此外，由於對於 u 可能超出色域的三角形的 $t'_k < 0$ ，故 L_k 須小於 0 以允許條件 (10) 要求的 $0 < t'_k < 1$ 。在固定此條件下，有一個且僅有一個三角形的重心條件固定。因此，對於使得 $t'_k < 0$ 的 k 而言，吾人須使得

$$0 > p'_k \geq L_k, \quad 0 > q'_k \geq L_k \quad 0 > p'_k + q'_k \geq L_k \quad (52)$$

且

$$\begin{aligned} p_k &= -d \cdot p'_k \\ q_k &= d \cdot q'_k \end{aligned} \quad (53)$$

與先前方法相較，其顯著減少決定邏輯，因為 $t'_k < 0$ 的候選三角形數較少。

【0080】概言之，接著一最佳方法利用方程式 (5A) 找出 $t'_k < 0$ 的 k 個三角形，且僅有這些三角形需進一步藉由方程式 (52) 測試找出交點。對於方程式 (52) 固定的三角形，吾人藉由方程式 (15) 測試計算新的映射顏色 u' ，其中

$$t_j = \frac{t'_j}{L_j} \quad (54)$$

其係一簡單純量除法。此外，僅關注最大重心權重 $\max(\alpha_u)$ ，自方程式 (16) 可知其為：

$$\max(\alpha_u) = \min([L_j - d \cdot p'_j - d \cdot p'_j, \quad d \cdot p'_j, \quad d \cdot q'_j]) \quad (55)$$

且利用此選擇對應於待輸出顏色的三角形 j 的頂點。

【0081】若所有的 $t'_k > 0$ ，則 u 係在色域中，以上已提出利用「最近相鄰」方法計算輸出原色。但若顯示器有 N 個原色，則最近相鄰方法需要 N 次歐幾里得距離運

算，成爲運算上的瓶頸。

【0082】藉由針對經模糊現象修改原色空間 PP 的每一者，藉由預計算二元空間分割可緩解(若未消除)此瓶頸，接著利用二元樹架構判定在 PP 中 u 的最近原色。雖然此需要一些前置投入與資料儲存，但減少了自 $O(N)$ 至 $O(\log N)$ 的最近相鄰運算。

【0083】因此，可將一高效率的、硬體友善的抖動方法概述(利用與先前相同的術語)如下：

1.判定(離線)裝置色域的凸包及包括該凸包的三角形的對應邊與法向量；

2.對於 $t'_k < 0$ 的 k 個三角形，每一方程式(5A)。若任何 $t'_k < 0$ ，則 u 超出凸包，使得：

a.對於 k 個三角形，找出滿足以下條件的三角形 j

3.對於落在凸包外的一顏色 u ：

a.對於在凸包中的所有 k 個三角形，計算方程式(12)、(18)、(2)、(3)、(6)及(13)；

b.判定滿足方程式(10)所有條件的該一三角形 j ；

c.對於三角形 j ，自方程式(15)、(54)與(55)計算經映射顏色 u' 及相關重心權重，並選擇與最大重心權重對應的頂點作爲抖動顏色；

4.對於凸包內的顏色(EMIC)(所有 $t'_k > 0$)，判定原色中「最接近的」原色，其中「最接近的」係利用就原色預計算的二元空間分割的二元樹架構。

【0084】BNTB 方法

【0085】如前述，BNTB 方法異於上述 TB 處在於應用

臨界調制於凸包外 EMIC 的抖動顏色選擇，而在凸包內 EMIC 的抖動顏色維持不變。

【0086】BNTB 方法的一較佳形式係上述四步驟較佳 TB 方法的一修改；在 BNTB 修改中，步驟 3c 被以下的步驟 3c 與 3d 取代：

- c. 對於三角形 j ，自方程式 (15) 與 (16) 計算經映射顏色 u' 與相關重心權重；及
- d. 比較因而計算的重心權重與在像素位置處的藍色雜訊遮罩值，並選擇重心權重累積和超出遮罩值處的一頂點作為抖動顏色。

【0087】如熟悉成像技術者所週知者，臨界調制僅係藉由應用空間變化隨機化於顏色選擇方法的改變抖動顏色選擇的方法。為減少或避免在經處理影像中的粒狀情況，希望應用優先成形光譜特性的雜訊，例如第 1 圖中所示藍色雜訊抖動遮罩 T_{mn} ，其係值在 0-1 範圍的 $M \times M$ 矩陣。雖然 M 可變（且確實可採用矩形而非正方形遮罩），但為了硬體施行效率考量，將 M 設定為 128 較為便利，且影像的像素座標 (x, y) 與遮罩指數 (m, n) 相對關係為：

$$\begin{aligned} m &= \text{mod}(x - 1, M) + 1 \\ n &= \text{mod}(y - 1, M) + 1 \end{aligned} \quad (19)$$

使得抖動遮罩可有效在影像上磚填。

【0088】臨界調製利用了重心坐標和機率密度函數（例如藍色雜訊函數）總和為一的事實。因此，可以通過將重心坐標的累積和與給定像素值處的藍色雜訊遮罩的

值進行比較來實現使用藍色雜訊遮罩的臨界調製，以確定三角形頂點並因而確定抖動顏色。

【0089】如上標註，對應於三角形頂點的重心權重給定為：

$$\alpha_u = [1 - p_j - q_j, p_j, q_j] \quad (16)$$

使得這些重心權重的累積和(標註為「CDF」)給定為：

$$CDF = [1 - p_j - q_j, 1 - q_j, 1] \quad (20)$$

且頂點 v 及 CDF 首先超出在相關像素處的遮罩值的對應抖動顏色給定為：

$$v = \{v; CDF(v) \geq T_{mn}\} \quad (21)$$

【0090】希望本發明的 BNTB 方法可於標準硬體如場可程式化閘極陣列(FPGA)或特殊應用積體電路(ASIC)上有效率地施行，為達此目的，重要的是將抖動計算中所需除法運算數降至最低。為達此目的，可將方程式(16)改寫為：

$$\alpha_u = \frac{1}{L_j} [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad d \cdot p'_j, \quad d \cdot q'_j] \quad (22)$$

且方程式(20)可改寫為：

$$CDF = \frac{1}{L_j} [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad L_j - d \cdot q'_j, \quad L_j] \quad (23)$$

或者以 L_j 消除除法：

$$CDF' = [L_j - d \cdot p'_j - d \cdot q'_j, \quad L_j - d \cdot q'_j, \quad L_j] \quad (24)$$

用於選擇頂點 v 及 CDF 首先超出在相關像素處的遮罩值的對應抖動顏色的方程式(21)成為：

$$v = \{v; CDF'(v) \geq T_{mn}L_j\} \quad (25)$$

使用方程式(25)略為複雜處僅在於 CDF' 與 L_j 兩者線係帶正負號數。為允許此複雜性，及方程式(25)僅需兩比較的事實(因為 CDF 的最後元素是單一個，若前兩個比較失敗，則須選擇三角形的第三個頂點)，方程式(25)可利用下列虛擬碼以硬體友善方式施行：

```

v = 1
for i = 1 to 2
    e = { CDF'(i) ≥ TmnLj  Lj < 0
         CDF'(i) < TmnLj  Lj ≥ 0
    if e
        v = v + 1
    end
end
end

```

【0091】 可利用本發明的方法達成的影像品質改善，藉由第 2 與 3 圖的比較顯而易見。第 2 圖顯示由所述較佳四步驟 TB 方法抖動的影像。將可見到影像經圈選區域中存在蟲狀缺陷。第 3 圖顯示由較佳 BNTB 方法抖動的相同影像，則不存在此類影像缺陷。

【0092】 自前述將可見到 BNTB 方法提供用於彩色顯示的抖動方法，提供較 TB 方法好的抖動影像品質，且易於在 FPGA、ASIC 或其他定點硬體平台上達成。

【0093】 NNGBC 方法

【0094】 如已註記者，NNGBC 方法藉由僅採用色域邊界顏色的一最近相鄰方式量化用於凸包外的 EMIC 的經映射顏色，同時藉由利用所有可得原色的最近相鄰方式

量化凸包內的 EMIC。

【0095】NNGBC 方法的一較佳形式可描述為上述四步驟 TB 方法的一修改。步驟 1 經修改如下：

1. 判定(離線)裝置色域的凸包及包括該凸包的三角形的對應邊與法向量。亦離線，找出 N 個原色中的 M 個邊界色 P_b ，亦即落在凸包邊界上的原色(注意 $M < N$)；

且步驟 3c 改成：

c. 對於三角形 j ，計算經映射顏色 u' ，並自 M 個邊界色 P_b 判定「最接近的」原色，其中「最接近的」係計算為顏色空間中的歐幾里得距離，並利用最接近的邊界顏色作為抖動顏色。

【0096】本發明的方法的較佳形式非常接近上述較佳四步驟 TB 方法，例外處在於無需利用方程式(16)計算重心權重。取而代之者，抖動顏色 v 經選擇為集合 P_b 中以 u' ，將歐幾里得範數最小化的邊界顏色，亦即：

$$v = \operatorname{argmin}_v \{\|u' - P_b(v)\|\} \quad (26)$$

由於邊界顏色數 M 常遠小於原色總數 N ，故方程式(26)所需計算相對較快。

【0097】就本發明的 TB 及 BNTB 方法而言，希望 NNGBC 方法可於獨立硬體如現場可程式閘極陣列(FPGA)或特殊應用積體電路(ASIC)上有效率地施行，且為達此目的，重要的是將抖動計算中所需除法運算數最小化。為達此目的，以上方程式(16)可重寫為已描述的方程式(22)的形式，且方程式(26)可以類似方式為之。

【0098】可利用本發明的方法達成的影像品質改善，

藉由第 4、5 與 6 圖的比較顯而易見。如前所述，第 4 圖顯示藉由較佳 TB 方法抖動影像，將可見到影像經圈選區域中存在蟲狀缺陷。第 5 圖顯示由較佳 BNTB 方法抖動的相同影像；雖然較第 4 圖的影像具顯著改善，但在各點上仍呈粒狀。第 6 圖顯示由本發明的 NNGBC 方法抖動的相同影像，粒狀大幅減少。

【0099】自前述將可見到 NNGBC 方法提供用於彩色顯示的抖動方法，一般提供較 TB 方法好的抖動影像品質，且易於在 FPGA、ASIC 或其他定點硬體平台上達成。

【0100】DPH 方法

【0101】如前述，本發明提供已描述的該等演繹方法的一種缺陷像素隱藏或 DPH，其進一步包括：

(i) 識別無法正確切換的顯示器的像素，及由此等缺陷像素呈現的顏色；

(ii) 在各缺陷像素的情況下，自步驟 e 輸出缺陷像素實際呈現的顏色(或至少與此顏色部分近似)；及

(iii) 在各缺陷像素的情況下，在步驟 f 中計算經修改或經映射的經修改輸入值與缺陷像素實際呈現的顏色間的差異(或至少部分近似於此顏色)。

參照「部分近似於此顏色」係指缺陷像素實際呈現的該顏色可能遠超出顯示色域，且可能因而使得誤差擴散方法不穩定的可能性。在此情況下，可能希望藉由前述映射方法之一趨近缺陷像素的實際顏色。

【0102】由於空間抖動方法如本發明中所述者尋求傳遞給定一組個別原色的一平均顏色的意象，像素與其預

期顏色的偏差可藉由其相鄰的適當修改而補償。將此爭議納入其邏輯，清楚可見缺陷像素(諸如陷於特定顏色的像素)亦可藉由抖動方法以非常直接的方式補償。但並非設定像素相關輸出顏色為抖動方法所判定的顏色，而係將輸出顏色設定為缺陷像素的實際顏色，使得抖動方法藉由傳播所得誤差至相鄰像素而自動考量在該像素處的缺陷。抖動方法的此變體可與光學測量耦合以包括一完整的缺陷像素測量與修復過程，其可摘要如下。

【0103】首先，光學檢測顯示器缺陷；此可如拍攝具有一些登記標示的高解析度照片一樣容易，並自光學測量判定缺陷像素的位置及顏色。陷於白色或黑色中的像素可僅藉由檢測經個別設定為全黑色及白色時的顯示而定位。但更一般而言，可在顯示經設定為全白色與全黑色時測量各像素，並判定各像素差異。此差異低於某些預定臨限的任何像素均可視為「陷於」及缺陷。為定位其中一像素被「鎖定」為其相鄰之一的狀態的像素，設定顯示為黑色與白色的單一像素寬的線的圖案(利用具有個別沿著列與行行進的線的兩個別影像)，並找尋在該線圖案中的誤差。

【0104】接著建立缺陷像素及其顏色的查詢表，並將此 LUT 轉換為抖動引擎；為達此目的，以軟體或硬體施行抖動均無差異。抖動引擎以標準方式施行色域映對與抖動，例外處在於對應於缺陷像素位置的輸出顏色被迫為其缺陷顏色。接著抖動演算法自動藉由定義補償其呈現。

【0105】第 20A-20D 圖例示實質上隱藏暗缺陷的本發明的 DPH 方法。第 20A 圖顯示含暗缺陷的影像全圖，及第 20B 圖係顯示部分暗缺陷的特寫。第 20C 圖係類似於第 20A 圖但顯示藉由 DPH 方法修正後的影像，而第 20D 圖係類似於第 20B 圖但顯示經 DPH 修正影像的特寫。自第 20D 圖將易於看出抖動演算法具有圍繞個缺陷的經點亮像素，以維持該區域的平均亮度，因此大幅減少缺陷的視覺衝擊。熟悉電光顯示器技術者將顯而易見該 DPH 方法易於擴展至明亮缺陷，或其中一像素取代其相鄰顏色的鄰近像素缺陷。

【0106】GD 方法

【0107】如前述，本發明提供用於估計一可達成色域的 GD 方法包含五個步驟，亦即：(1)測量測試圖案以推估在鄰近原色間串擾相關資訊；(2)將出自步驟(1)的該等測量轉換為一模糊現象模型，其預測任意原色圖案所顯示的顏色；(3)利用在步驟(2)中推估的該模糊現象模型預測實際顯示圖案顏色，其一般係用以在該等原色的凸包(亦即標稱色域表面)上產生顏色；(4)利用在步驟(3)中所做的該等預測描述該可實現的色域表面；及(5)利用在步驟(4)中推估的該可實現的色域表面於顏色演繹過程的色域映對階段中，該顏色演繹過程將輸入(源)顏色映對至裝置顏色。

【0108】本方法的步驟(1)與(2)可依循上述併同本發明的基本顏色演繹方法的過程。特定言之，對於 N 個原色，顯示及測量棋盤式圖案的「N 取 2」個數。自理想顏

色混合定律預期的標稱值與實際測量值間的差異歸因為邊緣交互作用。此誤差被視為邊緣密度的一線性函數。藉此方式，原色的任何像素斑塊的顏色均可藉由整合這些缺陷於圖案中所有邊緣上而預測。

【0109】本發明的步驟(3)考量可能預期在色域表面上的抖動圖案並計算藉由模型預測的實際顏色。概言之，色域表面係由三角面組成，其中的點頂係在線性顏色空間中的原色。若不具模糊現象，則在這些三角形各者中的這些顏色接著可藉由相關頂點原色的適當比例再造。但有許多圖案會被製成具有此一原色修正比例，而所使用的圖案對於模糊現象模型係屬關鍵，因為需列舉原色相鄰性類型。為了解此部分，考量採用 50%的 P1 與 50%的 P2 的兩極端情況。在一極端情況中，可採用 P1 與 P2 的棋盤式圖案，在此情況下，P1|P2 邊緣密度最大化，導致與理想混合的最大可能偏差。在另一極端情況中，有兩個極大的斑塊，一係 P1，另一係 P2。其具有隨著斑塊尺寸增加而趨近於零的 P1|P2 相鄰性密度。這第二種情況將再造近乎正確顏色，即使存在模糊現象下亦然，但因圖案的粗糙性而將為視覺上不可接受。若可於具有相同顏色的叢集化像素中採用半色調演算法，則可能在這些極端間合理選擇一些折衷方案作為可實現的顏色。但實際上，當採用誤差擴散時，此型叢集化導致不良蟲狀假影，且此外，最受限調色板顯示器的解析度，尤其是彩色電泳顯示器，使得叢集化變得明顯且引人分神。因此，一般希望採用最分散的可行圖案，即使此意

味著會消除可藉由叢集化獲得的一些顏色。在顯示器技術及半色調演算法中的改善可實際演繹較少可用的保守性圖案模型。

【0110】在一實施例中，令 P_1 、 P_2 、 P_3 為三原色的顏色，定義在色域表面上的三角面。在此小平面上的任何顏色均可由以下線性組合表示

$$\alpha_1 P_1 + \alpha_2 P_2 + \alpha_3 P_3$$

其中 $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$.

現今 $\Delta_{1,2}$ 、 $\Delta_{1,3}$ 、 $\Delta_{2,3}$ 為因模糊現象造成的顏色偏差所用模型，若圖案中所有原色相鄰性均屬經編號類型，亦即 P_1 、 P_2 像素的棋盤式圖案經預測具有如下顏色

$$C = \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + \Delta_{1,2}$$

不損及一般性，假設

$$\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \alpha_3$$

其定義小平面上的子三角形，其角如下

$$(1,0,0), \left(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, 0\right), \left(\frac{1}{3}, \frac{1}{3}, \frac{1}{3}\right)$$

對於原色的最大分散像素族群，吾人可評估在該等角的各者處的經預測顏色為

$$\begin{aligned} & P_1 \\ & \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + \Delta_{1,2} \\ & \frac{1}{3}(P_1 + P_2 + P_3 + \Delta_{1,2} + \Delta_{1,3} + \Delta_{2,3}) \end{aligned}$$

藉由假設，圖案可經設計以在這些角間線性改變邊緣密度，吾人現具有針對色域邊界的子小平面的模型。由於具有 6 種順序 α_1 、 α_2 、 α_3 ，故具有六種此類子小平面，用

以取代標稱色域邊界描述的各小平面。

【0111】應了解可採行其他方式。例如可採用隨機原色取代模型，其較前述者較少分散。在此情況下，各類型的邊緣的比例正比於其機率，亦即 $P_1|P_2$ 邊緣的比例係由乘積 $\alpha_1\alpha_2$ 給定。由於在 α_i 中此非線性，故代表色域邊界的新表面將需被三角形化或通過後續參數化步驟。

【0112】另一方式並未依循前述範例而係採經驗方式，實際採用模糊現象補償抖動演算法(利用出自步驟 1、2 的模型)判定何種顏色應自色域模型排除。此可藉由關閉抖動演算法中的穩定化並接著嘗試抖動單一顏色的一恆定斑塊而達成。若符合一不穩定標準(亦即脫逃誤差項)，則此顏色被排除在色域外。藉由始於標稱色域，可利用一分治方式判定可實現的色域。

【0113】在 GD 方法的步驟(4)中，這些子小平面的各者係以三角形表示，其頂點有序化使得右手定則將依向內/向外的經選擇慣例指出法向量。所有這些三角形的集合構成表示可實現的色域的新的連續表面。

【0114】在一些情況下，該模型將預測未在標稱色域中而可利用模糊現象實現的新顏色；但就減少可實現的色域觀之，大部分的效應是負面的。例如模糊現象模型色域可顯現深凹面，憶及深入標稱色域中的某些顏色實際上無法再現於顯示器上，例如第 7 圖中所示。(第 7 圖中的頂點給定於下表 1 中，而構成凸表面的三角形則律定於下表 2)。

【0115】表 1：在 $L^*a^*b^*$ 顏色空間中的頂點

頂點編號	L*	a*	b*
1	22.291	-7.8581	-3.4882
2	24.6135	8.4699	-31.4662
3	27.049	-9.0957	-2.8963
4	30.0691	7.8556	5.3628
5	23.6195	19.5565	-24.541
6	31.4247	-10.4504	-1.8987
7	29.4472	6.0652	-35.5804
8	27.5735	19.3381	-35.7121
9	50.1158	-30.1506	34.1525
10	35.2752	-11.0676	-1.4431
11	35.8001	-14.8328	-16.0211
12	46.8575	-10.8659	22.0569
13	34.0596	13.1111	8.4255
14	33.8706	-2.611	-28.3529
15	39.7442	27.2031	-14.4892
16	41.4924	8.7628	-32.8044
17	35.0507	34.0584	-23.6601
18	48.5173	-11.361	3.1187
19	39.9753	15.7975	16.1817
20	50.218	10.6861	7.9466
21	52.6132	-10.8092	4.8362
22	54.879	22.7288	-15.4245
23	61.7716	-20.2627	45.8727
24	57.1284	-10.2686	7.9435
25	54.7161	-28.9697	32.0898
26	67.6448	-16.0817	55.0921
27	60.4544	-22.4697	40.1991
28	48.5841	-11.9172	-18.778
29	58.6893	-11.4884	-10.7047
30	72.801	-11.3746	68.2747
31	73.8139	-6.8858	21.3934
32	77.8384	-3.0633	4.755
33	24.5385	-2.1532	-14.8931
34	31.1843	-8.6054	-13.5995
35	28.5568	7.5707	-35.4951
36	28.261	-1.065	-22.3647
37	27.7753	-11.4851	-5.3461
38	26.0366	5.0496	-9.9752
39	28.181	11.3641	-11.3759
40	27.3508	2.1064	-8.9636
41	26.0366	5.0496	-9.9752

42	24.5385	-2.1532	-14.8931
43	24.3563	11.1725	-27.3764
44	24.991	4.8394	-17.8547
45	31.1843	-8.6054	-13.5995
46	34.0968	-17.4657	-4.7492
47	33.8863	-7.6695	-26.5748
48	33.0914	-11.2605	-15.7998
49	41.6637	-22.0771	21.0693
50	51.4872	-17.2377	34.7964
51	68.5237	-14.4392	62.7905
52	55.6386	-16.4599	42.5188
53	34.0968	-17.4657	-4.7492
54	41.6637	-22.0771	21.0693
55	61.5571	-16.2463	24.6821
56	47.9334	-17.4314	15.7021
57	51.4872	-17.2377	34.7964
58	27.7753	-11.4851	-5.3461
59	56.1967	-8.2037	34.2338
60	47.4842	-11.7712	25.028
61	24.3563	11.1725	-27.3764
62	28.0951	11.5692	-34.9293
63	25.5771	13.6758	-27.7731
64	26.0674	12.125	-30.2923
65	28.0951	11.5692	-34.9293
66	28.5568	7.5707	-35.4951
67	30.339	12.3612	-36.266
68	29.0178	10.5573	-35.5705
69	30.323	10.437	6.7394
70	28.181	11.3641	-11.3759
71	30.4451	14.0796	-12.8243
72	29.6732	11.9871	-6.5836
73	33.8423	10.4188	8.9198
74	30.323	10.437	6.7394
75	35.883	14.1544	11.7358
76	33.4556	11.781	9.2613
77	56.1967	-8.2037	34.2338
78	33.8423	10.4188	8.9198
79	59.6655	-5.5683	39.5248
80	51.7599	-3.3654	30.2979
81	30.4451	14.0796	-12.8243
82	27.3573	18.8007	-15.1756
83	33.9073	13.4649	-4.9512

84	30.7233	15.2007	-10.7358
85	27.3573	18.8007	-15.1756
86	25.5771	13.6758	-27.7731
87	33.7489	18.357	-18.113
88	29.171	17.0731	-20.2198
89	30.339	12.3612	-36.266
90	36.4156	7.3908	-35.0008
91	33.9715	12.248	-35.5009
92	33.7003	10.484	-35.4918
93	32.5384	-10.242	-19.3507
94	33.8863	-7.6695	-26.5748
95	35.4459	-13.3151	-12.8828
96	33.9851	-10.4438	-19.7811
97	36.4156	7.3908	-35.0008
98	42.6305	-13.8758	-19.1021
99	52.4137	-10.9691	-15.164
100	44.5431	-6.873	-22.0661
101	42.6305	-13.8758	-19.1021
102	32.5384	-10.242	-19.3507
103	41.1048	-10.6184	-20.3348
104	39.1096	-11.6772	-19.5092
105	33.7489	18.357	-18.113
106	33.9715	12.248	-35.5009
107	50.7411	7.9808	2.7416
108	40.6429	11.7224	-15.4312
109	61.5571	-16.2463	24.6821
110	68.272	-17.4757	23.2992
111	44.324	-16.9442	-14.8592
112	59.3712	-16.6207	13.0583
113	70.187	-15.8627	46.0122
114	71.2057	-14.3755	54.4062
115	66.3232	-19.124	46.5526
116	69.2902	-16.3318	48.9694
117	71.2057	-14.3755	54.4062
118	68.5237	-14.4392	62.7905
119	73.7328	-12.8894	57.8616
120	71.2059	-13.8595	58.0118
121	68.272	-17.4757	23.2992
122	70.187	-15.8627	46.0122
123	56.5793	-20.2568	-1.2576
124	65.4497	-17.491	22.5467
125	35.4459	-13.3151	-12.8828

126	44.324	-16.9442	-14.8592
127	41.1048	-10.6184	-20.3348
128	40.5281	-13.6957	-16.1894
129	35.883	14.1544	11.7358
130	33.9073	13.4649	-4.9512
131	39.4166	14.4644	-3.2296
132	36.5017	14.0353	0.5249
133	35.5893	24.9129	-13.9743
134	38.2881	13.7332	0.4361
135	39.4166	14.4644	-3.2296
136	37.8123	17.5283	-5.669
137	38.2881	13.7332	0.4361
138	48.3592	19.9753	-8.4475
139	44.6063	12.12	0.9232
140	44.0368	15.5418	-2.9731
141	48.3592	19.9753	-8.4475
142	35.5893	24.9129	-13.9743
143	43.5227	23.2087	-13.3264
144	42.9564	22.2354	-11.5525
145	50.7411	7.9808	2.7416
146	64.0938	0.7047	0.487
147	43.5227	23.2087	-13.3264
148	53.8404	8.6963	-2.5804
149	64.0938	0.7047	0.487
150	69.4971	-4.1119	4.003
151	69.4668	3.5962	-1.2731
152	67.7624	0.0633	1.0628
153	67.976	-4.7811	-2.0047
154	52.4137	-10.9691	-15.164
155	67.7971	-4.4098	-4.287
156	63.3845	-6.1019	-6.3559
157	69.4971	-4.1119	4.003
158	67.976	-4.7811	-2.0047
159	75.3716	-3.1913	3.7853
160	71.0659	-3.9741	2.0049
161	59.6655	-5.5683	39.5248
162	44.6063	12.12	0.9232
163	72.0031	-7.6835	37.1168
164	60.3911	-2.4765	27.772
165	72.0031	-7.6835	37.1168
166	69.4668	3.5962	-1.2731
167	75.33	-10.9118	39.9331

168	72.332	-5.2103	23.481
169	60.94	-23.5693	41.4224
170	66.3232	-19.124	46.5526
171	68.8066	-17.1536	49.0911
172	65.4882	-19.6672	45.8512
173	56.5793	-20.2568	-1.2576
174	74.5326	-10.6115	21.3102
175	67.7971	-4.4098	-4.287
176	66.9582	-10.741	5.7604
177	74.5326	-10.6115	21.3102
178	74.3218	-10.489	25.379
179	75.3716	-3.1913	3.7853
180	74.7443	-8.0307	16.0839
181	74.3218	-10.489	25.379
182	60.94	-23.5693	41.4224
183	74.2638	-10.0199	26.0654
184	70.2931	-13.5922	29.0524
185	68.8066	-17.1536	49.0911
186	74.7543	-10.0079	31.1476
187	74.2638	-10.0199	26.0654
188	72.6896	-12.1441	33.8812
189	74.7543	-10.0079	31.1476
190	73.7328	-12.8894	57.8616
191	75.33	-10.9118	39.9331
192	74.6105	-11.2513	41.7499

【0116】表 1：構成凸包的三角形

	1	33	36
	2	36	33
	2	35	36
	7	36	35
	7	34	36
	1	36	34
	1	37	40
	4	40	37
	4	39	40
	5	40	39
	5	38	40
	1	40	38
	1	41	44
	5	44	41
	5	43	44
	2	44	43
	2	42	44
	1	44	42
	1	45	48
	7	48	45
	7	47	48
	11	48	47
	11	46	48
	1	48	46
	1	49	52
	9	52	49
	9	51	52
	30	52	51
	30	50	52
	1	52	50
	1	53	56
	11	56	53
	11	55	56
	9	56	55
	9	54	56
	1	56	54
	1	57	60
	30	60	57
	30	59	60
	4	60	59
	4	58	60
	1	60	58
	2	61	64
	5	64	61
	5	63	64
	8	64	63

8	62	64
2	64	62
2	65	68
8	68	65
8	67	68
7	68	67
7	66	68
2	68	66
4	69	72
13	72	69
13	71	72
5	72	71
5	70	72
4	72	70
4	73	76
19	76	73
19	75	76
13	76	75
13	74	76
4	76	74
4	77	80
30	80	77
30	79	80
19	80	79
19	78	80
4	80	78
5	81	84
13	84	81
13	83	84
17	84	83
17	82	84
5	84	82
5	85	88
17	88	85
17	87	88
8	88	87
8	86	88
5	88	86
7	89	92
8	92	89
8	91	92
16	92	91
16	90	92
7	92	90
7	93	96
14	96	93
14	95	96
11	96	95
11	94	96

7	96	94
7	97	100
16	100	97
16	99	100
28	100	99
28	98	100
7	100	98
7	101	104
28	104	101
28	103	104
14	104	103
14	102	104
7	104	102
8	105	108
17	108	105
17	107	108
16	108	107
16	106	108
8	108	106
9	109	112
11	112	109
11	111	112
28	112	111
28	110	112
9	112	110
9	113	116
25	116	113
25	115	116
26	116	115
26	114	116
9	116	114
9	117	120
26	120	117
26	119	120
30	120	119
30	118	120
9	120	118
9	121	124
28	124	121
28	123	124
25	124	123
25	122	124
9	124	122
11	125	128
14	128	125
14	127	128
28	128	127
28	126	128
11	128	126

13	129	132
19	132	129
19	131	132
17	132	131
17	130	132
13	132	130
15	133	136
17	136	133
17	135	136
19	136	135
19	134	136
15	136	134
15	137	140
19	140	137
19	139	140
22	140	139
22	138	140
15	140	138
15	141	144
22	144	141
22	143	144
17	144	143
17	142	144
15	144	142
16	145	148
17	148	145
17	147	148
22	148	147
22	146	148
16	148	146
16	149	152
22	152	149
22	151	152
32	152	151
32	150	152
16	152	150
16	153	156
29	156	153
29	155	156
28	156	155
28	154	156
16	156	154
16	157	160
32	160	157
32	159	160
29	160	159
29	158	160
16	160	158
19	161	164

30	164	161
30	163	164
22	164	163
22	162	164
19	164	162
22	165	168
30	168	165
30	167	168
32	168	167
32	166	168
22	168	166
25	169	172
27	172	169
27	171	172
26	172	171
26	170	172
25	172	170
25	173	176
28	176	173
28	175	176
29	176	175
29	174	176
25	176	174
25	177	180
29	180	177
29	179	180
32	180	179
32	178	180
25	180	178
25	181	184
32	184	181
32	183	184
27	184	183
27	182	184
25	184	182
26	185	188
27	188	185
27	187	188
32	188	187
32	186	188
26	188	186
26	189	192
32	192	189
32	191	192
30	192	191
30	190	192
26	192	190

【0117】此可導致如下述色域映對的一些困惑。此

外，所產生的色域模型會自我相交且因而不具簡單拓樸性質。由於上述方法僅於色域邊界操作，即使實際上可實現，亦不允許在標稱色域內的顏色(例如嵌入原色)出現在模型化色域邊界外。為解決此問題，可能需要考量在色域內的所有四面體及其子四面體如何在模糊現象模型下映對。

【0118】在步驟(5)中，將在步驟(4)產生的可實現的色域表面模型用於顏色影像演繹過程的色域映對階段中，可依循在一個以上步驟中修改的標準色域映對程序考量色域邊界的非凸性質。

【0119】希望在三維顏色空間中施行 GD 方法，其中色相(h^*)、亮度(L^*)及色度(C^*)係獨立的。由於此並非針對 $L^*a^*b^*$ 顏色空間的情況，自色域模型推估的(L^* , a^* , b^*)樣本應轉換為色相線性化顏色空間，諸如 CIECAM 或 Munsell 空間。但以下討論將維持(L^* , a^* , b^*)術語為

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{及}$$

$$h^* = \text{atan}(b^*/a^*).$$

【0120】如上述劃定的色域可接著用於色域映對。在一適當的顏色空間中，藉由考量對應於一給定色相角 h^* 的色域邊界，來源顏色可映對於目標(裝置)顏色。此可藉由計算在角度 h^* 處的平面與色域模型的交點而達成，示如第 8A 與 8B 圖；紅線指示該平面與色域的交點。注意目標色域既非平滑亦非凹面。為簡化映對操作，自平面交點取得的三維資料經轉換為 L^* 與 C^* 值，以給出第 9 圖所示色域邊界。

【0121】在標準色域映對機制中，一來源顏色經映對至目標色域邊界上或內的一點。有許多用以達成此映對的可行策略，諸如沿著 C*軸的映射或映射朝向 L*軸上一定點，及無需在此就此更詳細討論。但由於目標色域邊界現可係高度不規則(見第 10A 圖)，此可導致伴隨映對至「正確」點的困難度現係困難且不確定。為減少或克服此問題，可將平滑化操作應用於色域邊界，使可降低邊界的「突尖」。一種適用的平滑化操作係 Balasubramanian 與 Dalal 在「In Color Imaging : Device-Independent Color, Color Hard Copy, and Graphic Arts II, volume 3018 of Proc. SPIE, (1997, San Jose, CA)」的「A method for quantifying the Color Gamut of an Output Device」中所述演算法的二維修改。

【0122】此平滑化操作可始於膨脹來源色域邊界。為達此目的，定義 L*軸上一點 R，其係取自來源色域的 L*值得平均值。可接著計算色域上點與 R 間歐幾里得距離 D，法向量 d，及標註為 D_{max} 的 D 的最大值。可接著計算

$$D' = D_{max} \left(\frac{D}{D_{max}} \right)^{\gamma}$$

其中 γ 係用以控制平滑化角度的定值，對應於膨脹色域邊界的 C*與 L*點接著係

$$C'' = D'd \quad \text{及}$$

$$L'' = R + D'd.$$

若現取出膨脹色域邊界的凸包，並接著實行逆轉換以獲

得 C^* 與 L^* ，即可產生一平滑化色域邊界。如第 10A 圖所示，平滑化目標色域依循目標色域邊界，例外處在於總凹面，大幅簡化在第 10B 圖中所得色域映對操作。

【0123】現可藉由下式計算經映對顏色：

$$a^* = C^* \cos(h^*) \quad \text{及}$$

$$b^* = C^* \sin(h^*)$$

及若希望，可將 (L^*, a^*, b^*) 座標轉換回 sRGB 系統。

【0124】針對來源色域中所有顏色重複此色域映對過程，使得可獲得自來源至目標顏色的一對一映對。較佳可取樣 sRGB 來源色域中的 $9 \times 9 \times 9 = 729$ 個均勻間隔顏色；此對硬體施行極為便利。

【0125】DHHG 方法

【0126】依本發明的一實施例的 DHHG 方法示例如隨附圖式的第 11 圖，其係概略流程圖。第 11 圖所示方法可包括至少五步驟：去伽瑪操作；HDR 型處理；色相修正；色域映射及空間抖動操作；以下分別討論每一步驟。

【0127】1. 去伽瑪操作

【0128】在本方法的第一步驟中，應用去伽瑪操作(1)以移除編碼在與輸入影像(6)相關的輸入資料中的冪定律，使得所有接續顏色處理操作應用於線性像素值。去伽瑪操作較佳伴隨使用包含 16 位元值的 256 元素查詢表(LUT)，其係由一般在 sRGB 顏色空間中的 8 位元 sRGB 輸入定址。或者，若顯示處理器硬體允許，可利用解析公式施行該操作。例如 sRGB 去伽瑪操作的解析定義為

$$C' = \begin{cases} \frac{C}{12.92} & C < 0.04045 \\ \left(\frac{C+a}{1+a}\right)^{2.4} & C > 0.04045 \end{cases} \quad (27)$$

其中 $a=0.055$ ， C 對應於紅色、綠色或藍色像素值，及 C' 係對應的去伽瑪像素值。

【0129】 2. HDR 型處理

【0130】對於具抖動架構的彩色電泳顯示器，常可見到低灰階值的抖動假影。此在應用去伽瑪操作時可能加劇，因為輸入 RGB 像素值因去伽瑪步驟而有效提升至大於一的指數。此使得像素值偏移至抖動假影變成更明顯可見的較低值。

【0131】為減少假影衝擊，較佳係利用色調修正方法，其用以局部或整體增加在暗區域中的像素值。此等方法係熟悉高動態範圍(HDR)處理架構者所熟知，其中具有極寬動態範圍的捕捉或演繹影像後續經演繹用於低動態範圍顯示器上的顯示。藉由色調映對達成內容與顯示的動態範圍相符，且常造成場景中暗部的亮化以免損失細節。

【0132】因此，HDR 型處理步驟(2)的一態樣係將來源 sRGB 內容處理為相關於彩色電泳顯示器的 HDR，使得以將暗區域中的可映射抖動假影的機會降至最低。此外，藉由 HDR 演算法施行的顏色強化類型可具有最大化彩色電泳顯示器用顏色顯現的附加優點。

【0133】如上註記，HDR 演繹演算法係熟悉此技術者所週知。在依本發明的各實施例的方法中的 HDR 型處理步驟(2)較佳包含局部色調映對、色素調適及局部顏色強

化作為其組成部分。可作為一 HDR 型處理步驟的 HDR 演繹演算法的一示例係描述於 Kuang, Jiangtao 等人在「*J. Vis. Commun. Image R.* 18 (2007) : 406-414」的「iCAM06 : A refined image appearance model for HDR image rendering.」中的 iCAM06 的一變體，茲將其所有內容以參照方式併入本文。

【0134】 HDR 型演算法一般會利用一些環境相關資訊，諸如場景照度或觀察者調適。如第 11 圖所示，可藉由例如照度敏感裝置及/或趨近感測器將此資訊以環境資料(7)形式提供給演繹序列的 HDR 型處理步驟(2)。環境資料(7)可來自顯示器本身，或者其可由例如本地主機如行動電話或平板電腦的個別網路化裝置提供。

【0135】 3. 色相修正

【0136】 由於 HDR 演繹演算法可利用實體可見模型，故該等演算法傾向於修改輸出影像的色相，使得其後續異於原始輸入影像的色相。這係對含有記憶體顏色的影像特別關注處。為避免此效應，依本發明的各實施例的方法可包含色相修正階段(3)，以確保 HDR 型處理(2)的輸出與輸入影像(6)的 sRGB 內容具相同色相角。色相修正演算法係熟悉此技術者所週知。可在本發明的各實施例中的色相修正階段(3)中採用的色相修正演算法的一示例描述於 Pouli, Tania 等人在「CIC21 : Twenty-first Color and Imaging Conference, page 215--220 - November 2013」中的「Color Correction for Tone Reproduction」，茲將其全部內容參照方式併入本文。

【0137】 4. 色域映對

【0138】由於彩色電泳顯示器的色域可明顯小於輸入影像(6)的 sRGB 輸入，故可將色域映對階段(4)納入依本發明的各實施例的方法中，將輸入內容映對至顯示的顏色空間中。色域映度階段(4)可包括一色度調適模型(9)，其中假設有多個標稱原色(10)構成色域或含括鄰近像素交互作用(「模糊現象」)的更複雜模型(11)。

【0139】在本發明的一實施例中，一色域映對影像較佳係藉由三維查詢表(3D LUT)自 sRGB 色域輸入推估而成，諸如 Henry Kang 在「SPIE Press, 2006」的「Computational color technology」中所述處理，茲將其全部內容參照方式併入本文。概言之，可藉由在定義於來源與目標色域上的個別樣本上離線轉換達成色域映對階段(4)，所得轉換值用以充實 3D LUT。在一施行中，可利用 729 RGB 元素長且採用四面體內插技術的 3D LUT，諸如以下示例。

【0140】 示例

【0141】為獲取 3D LUT 的轉換值，定義在來源色域中的一組均勻間隔取樣點(R, G, B)，其中這些(R, G, B)三元組的每一者均對應於輸出色域中的一等效三元組(R', G', B')。為找出異於取樣點處的(R, G, B)與(R', G', B')的關係，亦即「任意點」處，可利用內插，較佳地為以下更詳細描述的四面體內插。

【0142】例如參考第 12 圖，輸入 RGB 顏色空間概念上係配置成正立方體 14 形式，且該組點(R, G, B) (15a-h)

位在一個子正立方體(16)的頂點處；各(R, G, B)值(15a-h)具有在輸出色域中的對應(R', G', B')值。為找出任一輸入色域像素值(R, G, B)的輸出色域值(R', G', B')，如藍色圓(17)所示，吾人僅於子正立方體(16)的頂點(15a-h)間內插。以此方式，吾人可僅利用輸入與輸出色域的稀疏取樣來找出任意(R, G, B)的(R', G', B')值。此外，(R, G, B)係均勻取樣的事實，使得可直接利用硬體施行。

【0143】可由多種方法達成子正立方體內的內插。在依本發明的一實施例的一較佳方法中，採用四面體內插。由於一個正立方體可由六個四面體構成(見第 13 圖)，故可藉由對封圍 RGB 的四面體的定位並利用重心內插將 RGB 表示為被封圍四面體的加權頂點來完成內插。

【0144】在具有頂點 $v_{1,2,3,4}$ 的四面體中三維點的重心表示係藉由計算權重 $\alpha_{1,2,3,4} / \alpha_0$ 找出，其中

$$\alpha_0 = \begin{bmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$\alpha_1 = \begin{bmatrix} RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\alpha_2 = \begin{bmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{bmatrix} \quad (30)$$

$$\alpha_3 = \begin{bmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \\ v_4(1) & v_4(2) & v_4(3) & 1 \end{bmatrix} \quad (31)$$

$$\alpha_4 = \begin{bmatrix} v_1(1) & v_1(2) & v_1(3) & 1 \\ v_2(1) & v_2(2) & v_2(3) & 1 \\ v_3(1) & v_3(2) & v_3(3) & 1 \\ RGB(1) & RGB(2) & RGB(3) & 1 \end{bmatrix} \quad (32)$$

及下列係行列式。由於 $\alpha_0=1$ ，故重心表示係由方程式(33)提供

$$RGB = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} \quad (33)$$

方程式(33)提供以輸入色域的四面體頂點表示 RGB 的權重。因此，相同權重可用以內插於該等頂點處的 R'G'B' 值間。由於 RGB 與 R'G'B' 頂點值間的對應性提供填充 3D LUT 的值，故方程式(33)可轉換為方程式(34)：

$$R'G'B' = [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} LUT(v_1) \\ LUT(v_2) \\ LUT(v_3) \\ LUT(v_4) \end{bmatrix} \quad (34)$$

其中 $LUT(v_{1,2,3,4})$ 係在用於輸入顏色空間的取樣頂點處的輸出顏色空間的 RGB 值。

【0145】對於硬體施行，利用頂點 n^3 取樣輸入與輸出顏色空間需要 $(n - 1)^3$ 個單位正立方體。在一較佳實施例中， $n=9$ 以提供內插精確性與運算複雜性間的合理折衷。硬體施行可依下列步驟進行：

【0146】1.1 找出子正立方體

【0147】首先藉由以下計算找出封圍子正立方體三元組 RGB_0

$$RGB_0(i) = \left\lfloor \frac{RGB(i)}{32} \right\rfloor \quad (35)$$

其中 RGB 係輸入 RGB 三元組，及 $\lfloor \cdot \rfloor$ 係底限運算子及 $1 \leq i \leq 3$ 。接著可自下式找出正立方體內的偏移 rgb ：

$$rgb(i) = \begin{cases} 32 & RGB(i) = 255 \\ RGB(i) - 32 \times RGB_0(i) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (36)$$

其中若 $n=9$ ，則 $0 \leq RGB_0(i) \leq 7$ 且 $0 \leq rgb(i) \leq 31$ 。

【0148】1.2 重心運算

【0149】由於事先已知四面體頂點 $v_{1,2,3,4}$ ，故可藉由明確計算行列式來簡化方程式(28)-(34)。六種情況中僅一種需經計算：

$$rgb(1) > rgb(2) \quad \text{且} \quad rgb(3) > rgb(1)$$

$$\alpha = [32 - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(2) \quad rgb(2)]$$

$$\begin{aligned} v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\ v_2 &= [0 \quad 0 \quad 1] \\ v_3 &= [1 \quad 0 \quad 1] \\ v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1] \end{aligned} \quad (37)$$

$$rgb(1) > rgb(2) \quad \text{且} \quad rgb(3) > rgb(2)$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(2) \quad rgb(2)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [1 \quad 0 \quad 0] \\
 v_3 &= [1 \quad 0 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{38}$$

$rgb(1) > rgb(2)$ 且 $rgb(3) < rgb(2)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(3) \quad rgb(3)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [1 \quad 0 \quad 0] \\
 v_3 &= [1 \quad 1 \quad 0] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{39}$$

$rgb(1) < rgb(2)$ 且 $rgb(1) > rgb(3)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(1) \quad rgb(1) - rgb(3) \quad rgb(3)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 1 \quad 0] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{40}$$

$rgb(1) < rgb(2)$ 且 $rgb(3) > rgb(2)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(2) - rgb(1) \quad rgb(1)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 0 \quad 1] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{41}$$

$rgb(1) < rgb(2)$ 且 $rgb(2) > rgb(3)$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= [32 - rgb(2) \quad rgb(2) - rgb(3) \quad rgb(3) - rgb(1) \quad rgb(1)] \\
 v_1 &= [0 \quad 0 \quad 0] \\
 v_2 &= [0 \quad 1 \quad 0] \\
 v_3 &= [0 \quad 1 \quad 1] \\
 v_4 &= [1 \quad 1 \quad 1]
 \end{aligned} \tag{42}$$

【0150】 1.3 LUT 索引

【0151】由於輸入顏色空間具均勻間隔，故 3D LUT 中所含對應目標顏色空間樣本 LUT(v1,2,3,4)係依方程式 (43)提供，

$$\begin{aligned}
LUT(v_1) &= LUT(81 \times RGB_0(1) + 9 \times RGB_0(2) + RGB_0(3) + 1) \\
LUT(v_2) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_2(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_2(2)) + (RGB_0(3) + v_2(3)) + 1) \\
LUT(v_3) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_3(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_3(2)) + (RGB_0(3) + v_3(3)) + 1) \\
LUT(v_4) &= LUT(81 \times (RGB_0(1) + v_4(1)) + 9 \times (RGB_0(2) + v_4(2)) + (RGB_0(3) + v_4(3)) + 1)
\end{aligned} \tag{43}$$

【0152】 1.4 內插

【0153】 在最終步驟中，R'G'B'值可由方程式(44)判定，

$$R'G'B' = \frac{1}{32} [\alpha_1 \quad \alpha_2 \quad \alpha_3 \quad \alpha_4] \begin{bmatrix} LUT(v_1) \\ LUT(v_2) \\ LUT(v_3) \\ LUT(v_4) \end{bmatrix} \tag{44}$$

【0154】 如上註記，亦可將色度調適步驟(9)併入處理序列中，以修正輸出影像中用於白階顯示的修正。彩色電泳顯示器的白色顏料提供的白色點可明顯異於輸入影像的顏色空間中假設的白色點。為解決此差異，該顯示器可維持輸入顏色空間白色點，在此情況下抖動白色狀態，或將顏色空間白色點偏移至白色顏料的白色點。後者操作係藉由色度調適達成，且在耗費白色點偏移下，可實質上減少在白色狀態中的抖動雜訊。

【0155】 亦可藉由採用該顯示器的環境情況參數化色域映對階段(4)。CIECAM 顏色空間例如包含用以考量顯示與周遭亮度與調適程度的參數。因此，在一施行中，可藉由來自外部感測器的環境情況控制色域映對階段(4)。

【0156】 5. 空間抖動

【0157】 在用以產生輸出影像資料(12)的處理序列中的最終階段係空間抖動(5)。熟悉此技術者已知可採用多種空間抖動演算法的任一者作為空間抖動階段(5)，其包

含但不限於如上述者。當在足夠距離觀看抖動影像時，個別彩色像素被人類視覺系統合併成可察覺的均勻顏色。由於顏色深度與空間解析度間的權衡，當近看抖動影像時，與在各像素位置處可得的顏色調色板具有在顯示器上整體演繹影像所需相同深度的影像相較會呈特徵粒狀。但抖動減少色帶的存在，這通常較粒狀更令人反感，尤其是在遠距觀看時。

【0158】已發展出用以指定特定顏色給特定像素的演算法，以避免因抖動演繹的影像中的令人不悅圖案及紋理。此類演算法可包括誤差擴散，其係在特定像素所需顏色與在每一像素調色板中最接近的顏色間差異所致誤差(亦即量化殘餘)被分佈至尙未經處理的鄰近像素的技術。歐洲專利第 0677950 號詳述此類技術，而美國專利第 5,880,857 號描述用以比較抖動技術的指標。茲將美國專利第 5,880,857 號將其全部內容以參照方式併入本文。

【0159】自前述可知本發明的 DHHG 方法異於彩色電泳顯示器用的先前影像演繹方法處在於至少兩個面向。首先，依本發明的各實施例的演繹方法處理影像輸入資料內容彷彿其係與窄色域的彩色電泳顯示器的低動態範圍性質相對的高動態範圍信號，使得可在不具有害假影下演繹極廣範圍內容。再者，依本發明的各實施例的演繹方法提供用以基於藉由接近或照度感測器監視的外部環境情況調整影像輸出的替代方法。此提供提升可用性的益處，例如影像處理經修改以考量接近/遠離觀看者面部或周遭情況係暗或亮的顯示。

【0160】遠端影像演繹系統

【0161】如前述，本發明提供一種影像演繹系統，其包含一電光顯示器(其可為電泳顯示器，尤其是電子紙顯示器)及經網路連接的遠端處理器。該顯示器包含一環境情況感測器，及經組態以經由該網路提供環境情況資訊至遠端處理器。該遠端處理器經組態以接收影像資料，經網路接收來自該顯示器的環境情況資訊，演繹用於在該經接收環境情況下顯示於該顯示器上的影像資料，藉此產生經演繹影像資料，並傳輸該經演繹影像資料。在一些實施例中，該影像演繹系統包含配置於第一與第二電極間的一層電泳顯示材料，其中該等電極的至少一者可透光。電泳顯示介質一般包含帶電顏料粒子，其在施加電位於該等電極間時移動。帶電顏料粒子常包括不只一種顏色，例如白色、青色、洋紅色及黃色帶電顏料。當出現四組帶電粒子時，第一及第三組粒子可具有第一電極性，且第二及第四組粒子可具有第二電極性。此外，第一及第三組粒子可具有不同電荷量，且第二及第四組粒子可具有不同電荷量。

【0162】但本發明不限於四粒子電泳顯示器。例如該顯示器可包括一顏色過濾器陣列。該顏色過濾器陣列可與多個不同介質配對，例如電泳介質、電色度介質、反射型液晶或彩色液體，例如電潤濕裝置。在一些實施例中，電潤濕裝置可能不包含一顏色過濾器陣列，但可包含彩色電潤濕液體的像素。

【0163】在一些實施例中，環境情況感測器感測選自

溫度、濕度、入射光強度及入射光譜的參數。在一些實施例中，該顯示器經組態以接收遠端處理器傳輸的經演繹影像資料並更新顯示器上的影像。在一些實施例中，經演繹影像資料被一本地主機接收並接著自該本地主機傳輸至該顯示器。有時經演繹影像資料係自該本地主機無線傳輸至電子紙顯示器。視需要，本地主機另自顯示器無線接收環境情況資訊。在一些實例中，本地主機另將環境情況資訊自顯示器傳輸至遠端處理器。一般而言，遠端處理器係連接至網際網路的伺服器電腦。在一些實施例中，影像演繹系統亦包含攜行電腦站，其經組態以接收由遠端處理器傳輸的經演繹影像資料並在顯示器與攜行電腦站接觸時更新顯示器上的影像。

【0164】應注意在相依於環境溫度參數的影像演繹的變化可包含經演繹影像的原色的數量變化。模糊現象係在電光介質中出現的各種材料的電氣導磁率、流體黏度(在電泳介質的情況下)及其他溫度相依性質的複雜函數，因此並不令人意外地，模糊現象本身係強烈溫度相依。已於經驗發現彩色電泳顯示器僅可在有限溫度範圍內有效操作(一般約為 50°C)，且該模糊現象可隨小得多的溫度區間顯著變化。

【0165】熟悉電光顯示技術者已週知模糊現象可導致可達成顯示色域的變化，因為在相鄰像素間的一些空間中間點處使用不同的抖動原色，模糊現象可導致顏色與預期的兩者平均具顯著偏差。在生產上，此非理想性可藉由針對不同溫度範圍定義不同顯示色域而處理，各色

域考量在該溫度範圍處的模糊現象強度。隨著溫度變化及新溫度範圍的導入，演繹處理應自動演繹影像以考量顯示色域中的變化。

【0166】隨著操作溫度增加，來自模糊現象的貢獻可嚴重至使得無法利用如同低溫下的相同數量原色維持適當的顯示性能。因此，本發明的演繹方法與設備可經配置使得隨著經感測溫度變化，不僅顯示色域，還有原色數量均改變。例如在室溫下，該等方法可利用 32 原色演繹影像，因為模糊現象貢獻係可管控的；例如在較高溫下，可能僅可使用 16 原色。

【0167】實際上，本發明的演繹系統可具有多個不同的預計算的 3D 查詢表(3D LUT)，其各對應於在一給定溫度範圍下的標稱顯示色域，且對於具有一系列 P 原色的各溫度範圍而言，一模糊現象模型具有 $P \times P$ 項。隨著跨越一溫度範圍臨限，演繹引擎經通知且影像經依新色域與系列原色重演繹。由於本發明的演繹方法可處理任意數量個原色，及任何模糊現象模型，採用多個查詢表，系列原色及溫度相依模糊現象模型，提供用以最佳化本發明的演繹系統性能的重要自由度。

【0168】亦如前述，本發明提供一種影像演繹系統，其包含依電光顯示器、一本地主機及一遠端處理器，其中這三個組件經由一網路連接。本地主機包含一環境情況感測器，及經組態以經由該網路提供環境情況資訊至遠端處理器。該遠端處理器經組態以接收影像資料，經網路接收來自該本地主機的環境情況資訊，演繹用於在

該經接收環境情況下顯示於該顯示器上的影像資料，藉此產生經演繹影像資料，並傳輸該經演繹影響資料。在一些實施例中，該影像演繹系統包含配置於第一與第二電極間的一層電泳顯示材料，該等電極的至少一者可透光。在一些實施例中，該本地主機亦可傳送影像資料至遠端處理器。

【0169】亦如前述，本發明包含一攜行電腦站，其包括用於與電光顯示器耦合的介面。該攜行電腦站經組態以經由網路接收經演繹影像資料並以該經演繹影像資料更新顯示器上的影像。一般而言，攜行電腦站包含用以提供複數個電壓至電子紙顯示器的電源。在一些實施例中，電源經組態以除了零電壓外，提供三種不同大小的正與負電壓。

【0170】因此，本發明提供一種用於在一顯示器上呈現的演繹影像資料系統。由於影像演繹運算係在遠端執行(例如經由例如在雲端中的處理器或伺服器)，故影響呈現所需電子儀器數量降低。因此，系統用顯示器僅需成像介質、包含像素的一背板、一前板、少量快取記憶體、一些電力儲存器及一網路連接。在一些實例中，顯示器可經一實體連接如攜行電腦站或伺服器鑰作為介面。遠端處理器將接收電子紙環境如溫度相關資訊。接著將環境資訊輸入一序列中以產生顯示用原色組。接著將遠端處理器接收的影像演繹供最佳觀看之用，亦即經演繹影像資料。接著將該經演繹影像資料傳送至顯示器以在其上產生影像。

【0171】在一較佳實施例中，成像介質將係美國專利公開第 2016/0085132 號與第 2016/0091770 號中所述類型之彩色電泳顯示器，其中描述一種四粒子系統，一般包括白色、黃色、青色及洋紅色顏料。各顏料具有電極性與電量的一獨特組合，例如+高、+低、-低及-高。如第 14 圖所示，可進行顏料組合以呈現白色、黃色、紅色、洋紅色、藍色、青色、綠色及黑色予觀看者。顯示器的觀看表面在上方(如例示)，亦即使用者自此方向觀看顯示器且光係自此方向入射。在較佳實施例中，電泳介質中採用的四粒子中僅一者會實質散射光，及在第 14 圖中，假設此粒子係白色顏料。基本上，光散射白色粒子構成白色反射器，按此可看到白色粒子上的任何粒子(如第 14 圖所示)。經過這些粒子進入顯示器觀看表面的光自白色粒子反射，傳回經過這些粒子並自顯示器聚集。因此，該等白色粒子上的粒子可吸收各種顏色且呈現給使用者的顏色係自白色粒子上的粒子組合而成。配置在白色粒子下的任何粒子(在使用者觀點後方)均被白色粒子遮罩，且不影響所顯示的顏色。由於第二、第三及第四粒子係實質上不光散射，故其相對於彼此的順序或配置並不重要，但為已描述之故，其等相對於白色(光散射)粒子的順序或配置至關重要。

【0172】更特定言之，當青色、洋紅色及黃色粒子位於白色粒子下時(第 14 圖的情境[A])，並無粒子在白色粒子上且像素僅顯示白色。當單一粒子在白色粒子上時，顯示該單一例子的顏色，各如第 14 圖中情境[B]、

[D]與[F]中的黃色、洋紅色與青色。當兩粒子位於白色粒子上時，所顯示的顏色係這兩例子的組合；在第 14 圖中的情境[C]中，洋紅色與黃色粒子顯示紅色，在情境[E]中。青色與洋紅色粒子顯示藍色，及在情境[G]中，黃色與青色粒子顯示綠色。最終，當三色粒子均位在白色粒子上時(第 14 圖中情境[H])，所有的入射光均被這三種相消性原色粒子吸收且像素顯示黑色。

【0173】可能一種減法三原色可由散射光的一粒子演繹，使得顯示可包括兩類光散射粒子，一者係白色而另一者彩色。但在此情況下，光散射彩色粒子與其他彩色粒子的相對位置與白色粒子重疊是重要的。例如在演繹黑色中(當三種彩色粒子均位在白色粒子上時)，散射彩色粒子不能位在非散射彩色粒子上(否則其等將部分或完全隱藏在散射粒子之後且經演繹顏色將係散射彩色粒子的顏色而非黑色)。

【0174】第 14 圖顯示一理想情境，其中的顏色未受污染(亦即光散射白色粒子完全遮罩位在白色粒子後的任何粒子)。實際上，白色粒子遮罩可能不完整，使得可能有未完全被遮罩粒子的少量光吸收。此類污染一般會降低被演繹的顏色的亮度與色度。在本發明的演繹系統中採用的電泳介質中，應將此類顏色污染最小化至形成顏色的點與顏色演繹的業界標準相當。一種特別偏好的標準係 SNAP(報紙廣告產生用標準)，其律定上述八原色的各者的 L^* 、 a^* 與 b^* 值。(以下將用「原色」稱呼八種顏色，黑色、白色、三相消性原色及三加成性原色)，如第

14 圖所示。)

【0175】第 14 圖所示用於電泳配置複數個不同彩色粒子於「數層」的方法已在先前技術中描述過。此等方法中最簡單者含括具不同電泳移動率的「競爭」顏料；見於例如美國專利第 8,040,594 號。此一競爭較可能先見到的更為複雜，因為帶電顏料本身的移動會改變電泳流體內局部經歷的電場。例如隨著帶正電粒子移向陰極且帶負電粒子移向陽極，其等電荷遮蔽在兩電極間中途的帶電粒子經歷的電場。思考雖然在本發明的系統中採用的電泳介質中涉及顏料競爭，但其並非第 14 圖中所示粒子配置相關的僅有現象。

【0176】可用以控制複數個粒子移動的第二現象係不同顏料類型間的異質累積；見於例如美國 2014/0092465。此累積可為電荷介導的(庫倫性(Coulombic))或可係例如氫鍵或凡德瓦力(van der Waals)交互作用所致。交互作用強度可受顏料粒子表面處理的選擇影響。例如庫倫性交互作用可在相反電荷粒子接近的最近距離因立體障壁(一般係被接引或吸收至一或兩粒子表面的聚合物)最大化時弱化。在本發明的系統中採用的介質中，此類聚合物障壁係用於第一與第二型粒子上，並可或可不用於第三與第四型粒子上。

【0177】可用以控制複數個粒子移動的第三現象係電壓或電流相依移動率，如前述第 14/277,107 號申請案中所述。

【0178】在個別像素產生顏色的驅動機制並非直接，

一般涉及如第 15 圖所示的複雜電壓脈衝系列 (a.k.a. 波形)。現將描述利用施加於本發明的顯示器的此第二驅動機制的用以產生八原色 (白色、黑色、青色、洋紅色、黃色、紅色、綠色與藍色) 的一般原則 (諸如第 14 圖所示)。將假設第一顏料為白色，第二青色，第三黃色及第四洋紅色。熟悉此技術的一般技巧者將清楚，顯示器展現的顏色將隨指定顏料顏色之變而變。

【0179】施加於像素電極的最大正與負電壓 (在第 15 圖中標示為 $\pm V_{max}$) 分別產生由第二與第四粒子混合或第三粒子獨自形成的顏色。這些藍色與黃色無需係顯示器可達成的最佳藍色與黃色。施加於像素電極的中度正與負電壓 (在第 15 圖中標示為 $\pm V_{mid}$) 分別產生黑色與白色。

【0180】自這些藍色、黃色、黑色或白色光學狀態，可藉由僅相對於第一粒子 (在此情況下為白色粒子) 移動第二粒子 (在此情況下為青色粒子) 而獲得其他四原色，此係利用最小施加電壓 (在第 15 圖中標示為 $\pm V_{min}$) 達成。因此，將青色移出藍色之外 (藉由施加 $-V_{min}$ 至像素電極) 產生洋紅色 (比照第 14 圖，情境 [E] 與 [D] 分別係藍色與洋紅色)；將青色移入黃色內 (藉由施加 $+V_{min}$ 至像素電極) 提供綠色 (比照第 14 圖，情境 [B] 與 [G] 分別係黃色與綠色)；將青色移出黑色之外 (藉由施加 $-V_{min}$ 至像素電極) 提供紅色 (比照第 14 圖，情境 [H] 與 [C] 分別係黑色與紅色)；及將青色移入白色內 (藉由施加 $+V_{min}$ 至像素電極) 提供青色 (比照第 14 圖，情境 [A] 與 [F] 分別係白色

與青色)。

【0181】雖然這些一般原則可用於建構用以產生本發明的顯示器中特定顏色的波形，實際上，可能觀察不到上述理想行爲，並希望採用對基本機制的修改。

【0182】蘊含上述基本原則修改的通用波形例示如第 15 圖，其中橫座標代表時間(任意單位)及縱座標代表一像素電極與共同前電極間的電壓差。在第 15 圖中所示驅動機制中採用的三個正電壓的大小可介於約 +3V 與 +30V 間，三個負電壓的大小則可介於約 -3V 與 -30V 間。在一經驗上較佳實施例中，最高正電壓 +V_{max} 係 +24V，中間正電壓 +V_{mid} 係 12V，及最低正電壓 +V_{min} 係 5V。在一類似方式中，負電壓 -V_{max}、-V_{mid} 與 -V_{min} 在一較佳實施例中係 -24V、-12V 與 -9V。對三種電壓位準中的任一種均無需電壓大小 $|+V| = |-V|$ ，但在一些情況下按此可較佳。

【0183】在第 15 圖中所例示通用波形有四個不同階段。在第一階段中(第 15 圖中的「A」)，具有 +V_{max} 與 -V_{max} 的供應脈衝(其中「脈衝」係指單極方波，亦即在一預定時間內施加一恆定電壓)，用以清除在顯示器上演繹的先前影像(亦即「重置」該顯示器)。可選擇這些脈衝(t_1 與 t_3)及介於其間的靜止(亦即零電壓時段)(t_2 與 t_4)的長度，使得整個波形(亦即就時間上相對於第 15 圖中所示全波形的整體電壓)係 DC 平衡的(亦即整體實質上為零)。可藉由調整階段 A 中脈衝與靜止的長度達成 DC 平衡，使得在此階段中供應的淨脈衝大小等於且正負號

相反於在階段 B 與 C 的組合中供應的淨脈衝，如下述，在 B 與 C 階段中，顯示器切換至一特定所要顏色。

【0184】第 15 圖中所示波形僅供例示通用波形結構之用，且非欲以任何方式以之限制本發明的範疇。因此，在第 15 圖中，在階段 A 中所示的一負脈衝前係一正脈衝，但此非本發明之要求。亦未要求在階段 A 中僅具單一負與單一正脈衝。

【0185】如上述，該通用波形本質上係 DC 平衡的，且此在本發明的特定實施例中可較佳。或者，在階段 A 中的脈衝可提供 DC 平衡至一系列顏色過渡而非單一過渡，此方式與先前技術中特定黑色與白色顯示中提供者類似，見於例如美國專利第 7,453,445 號。

【0186】在第二階段中(第 15 圖中的階段 B)，具有採用最大與中間電壓大小的供應脈衝。在此階段中，白色、黑色、洋紅色、紅色與黃色經較佳演繹。更一般言之，在波形的此階段中，形成的顏色對應於類型 1 粒子(假設白色粒子帶負電)，類型 2、3 與 4 粒子的組合(黑色)，類型 4 粒子(洋紅色)，類型 3 與 4 粒子的組合(紅色)及類型 3 粒子(黃色)。

【0187】如上述，白色可由 $-V_{mid}$ 的一脈衝或複數個脈衝演繹而成。但在一些情況中，以此方式產生的白色可受黃色顏料污染而呈淡黃色。為修正此顏色污染，可能須導入一些正極性脈衝。因此，例如可由單一實例或一序列的脈衝的重複實例獲得白色，該序列的脈衝包括具長度 T_1 與大小 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的一脈衝接著長度 T_2

與大小 $-V_{mid}$ 的一脈衝，其中 $T_2 > T_1$ 。最終脈衝應為負脈衝。在第 15 圖中，顯示時間 t_5 有一序列 $+V_{max}$ 的四個重複，接著為時間 t_6 的 $-V_{mid}$ 。在此序列的脈衝期間，顯示器的呈現係在洋紅色(但一般並非理想洋紅色)與白色(亦即白色前係與最終白色狀態相較較低的 L^* 與較高的 a^* 的一狀態)間振盪。

【0188】 如上述，可藉由 $+V_{mid}$ 的一脈衝或複數個脈衝(由數個週期的零電壓間隔開)演繹獲得黑色。

【0189】 如上述，可由單一實例或一序列的脈衝的重複實例獲得洋紅色，該序列的脈衝包括具長度 T_3 與大小 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的一脈衝接著長度 T_4 與大小 $-V_{mid}$ 的一脈衝，其中 $T_4 > T_3$ 。為產生洋紅色，在該波形的此階段中的淨脈衝應較用以產生白色的淨脈衝更正。在用以產生洋紅色的該序列的脈衝期間，顯示將在本質上的藍色與洋紅色的狀態間振盪。洋紅色前將係與最終洋紅色狀態相較更負的 a^* 與較低的 L^* 的一狀態。

【0190】 如上述，可由單一實例或一序列的脈衝的重複實例獲得紅色，該序列的脈衝包括具長度 T_5 與大小 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的一脈衝接著長度 T_6 與大小 $-V_{max}$ 或 $-V_{mid}$ 的一脈衝。為產生紅色，淨脈衝應較用以產生白色或黃色的淨脈衝更正。為產生紅色，較佳所採用的正與負電壓實質上大小相同(V_{max} 兩者或 V_{mid} 兩者)，正脈衝的長度較負脈衝的長度長，且最終脈衝係負脈衝。在用以產生紅色的該序列的脈衝期間，顯示將在本質上的黑色與紅色的狀態間振盪。紅色前將係與最終紅色狀

態相較較低的 L^* 、較低的 a^* 極較低的 b^* 的一狀態。

【0191】可由單一實例或一序列的脈衝的重複實例獲得黃色，該序列的脈衝包括具長度 T_7 與大小 $+V_{max}$ 或 $+V_{mid}$ 的一脈衝接著長度 T_8 與大小 $-V_{max}$ 的一脈衝。最終脈衝得為負脈衝。或者，如上述，可藉由 $-V_{max}$ 的單一脈衝或複數個脈衝獲得黃色。

【0192】在波形的第三階段中(第 15 圖中的階段 C)，具有採用中間與最小電壓大小的供應脈衝。在波形的此階段中，藍色與青色係在波形的第二階段後向白色的驅動產生，及綠色係在波形的第二階段後向黃色的驅動產生。因此，當觀察到本發明的顯示的波形暫態時，藍色與青色之前將係其中 b^* 較最終青色或藍色的 b^* 值更正的顏色，及綠色之前將係其中 L^* 較高且 a^* 與 b^* 較最終綠色的 a^* 與 b^* 更正的更黃色。更一般言之，當本發明的顯示正演繹對應於第一與第二粒子的一顯色粒子的顏色時，該狀態之前將係本質上為白色的狀態(亦即具有約小於 5 的 C^*)。當本發明的顯示正演繹對應於第一與第二粒子的一顯色粒子及第三與第四粒子中所帶電荷與此粒子相反的粒子的組合的顏色時，該顯示本質上將先演繹第三與第四粒子中所帶電荷與第一與第二粒子的該顯色粒子相反的該粒子的顏色。

【0193】一般而言，青色與綠色將由其中須使用 $+V_{min}$ 的一脈衝序列產生。此係因僅有在此最小正電壓下，青色顏料可相對於白色顏料而獨立於洋紅色與黃色顏料移動。青色顏料的此移動需演繹始於白色的青色或

始於黃色的綠色。

【0194】最終，在波形的第四階段中(第 15 圖中的階段 D)，供應零電壓。

【0195】雖然以描述第 14 圖所示顯示為產生八原色，實際上，較佳係盡可能在像素層級處產生愈多顏色。接著可藉由這些顏色間的抖動演繹全彩灰階影像，此係利用熟悉成像技術者所熟知的技術為之。例如，除了如上述產生的八原色外，該顯示可經組態以演繹額外八色。在一實施例中，這額外八色係：淡紅色、淡綠色、淡藍色、暗青色、暗洋紅色、暗黃色，及黑色與白色間的兩個灰階。本文中所用術語「淡」與「暗」係指在顏色空間中具有實質上相同色相角，諸如 CIE $L^*a^*b^*$ 為參考色，但分別具較高或較低 L^* 。

【0196】概言之，淡色獲得方式與暗色相同，但在階段 B 與 C 中採用具些微差異淨脈衝的波形。因此，例如在階段 B 與 C 中，淡紅色、淡綠色與淡藍色波形與對應的紅色、綠色與藍色波形相較具有較負的淨脈衝，而在階段 B 與 C 中，暗青色、暗洋紅色與暗黃色與對應的青色、洋紅色與黃色波形相較具有較正的淨脈衝。在淨脈衝中的變化可藉由改變在階段 B 與 C 中的脈衝長度、脈衝數或脈衝大小達成。

【0197】灰色一般係由在低或中電壓間振盪的一序列的脈衝實現。

【0198】熟悉此技術者將清楚在利用薄膜電晶體(TFT)陣列驅動的本發明的顯示器中，在第 15 圖的橫座標上可

用的時間增量一般將由顯示器的訊框率量化。類似地，將清楚可藉由改變像素電極相對於前電極的電位而定址顯示器，且此可藉由改變像素電極或前電極或兩者的電位而達成。在最新技術中，像素電極矩陣一般呈現在背板上，而前電極係所有像素共用。因此，當改變前電極電位時，所有像素的定址受到影響。參考第 15 圖的上述波形的基本結構相同，與是否改變施加至前電極的電壓無涉。

【0199】第 15 圖中所示通用波形需要驅動電子器件在顯示器的所選列更新期間提供多達七個不同電壓至資料線。雖可獲得可傳送七個不同電壓的多階源驅動器，許多電泳顯示器用的市售源驅動器在單一訊框期間僅允許傳送三個不同電壓（一般為一正電壓、零及一負電壓）。此處所用術語「訊框」係指在顯示器中所有列的單一更新。可修改第 15 圖的通用波形以容納三階源驅動器架構，其中可自一訊框至次一訊框改變供應至面板的三個電壓（亦即使得例如可在訊框 n 中供應電壓 $(+V_{max}, 0, -V_{min})$ ，而在訊框 $n+1$ 中可供應電壓 $(+V_{mid}, 0, -V_{max})$ ）。

【0200】由於供應至源驅動器的電壓改變會影響所有像素，故需按此修改波形，使得用以產生各色的波形須與所供應電壓對齊。抖動與灰階的添加使得為產生所要影像須產生的影像資料組更為複雜。

【0201】前已參考第 11 圖描述用於演繹影像資料（例如點陣圖檔）的示例序列。此序列包括五步驟：去伽瑪操

作；HDR 型處理；色相修正；色域映射及空間抖動操作，及這五步驟整體代表大量運算負載。本發明的 RIRS 提供將這些複雜計算自處理器移除的解決方式，其經實際整合於顯示器中，例如一彩色照片圖框。因此，可削減顯示器的成本與體積，其可允許例如輕質可撓性顯示器。第 16 圖中顯示簡單實施例，解此顯示器可經無線網際網路連接與遠端處理器直接通訊。如第 16 圖所示，顯示器傳送環境資料至遠端處理器，其使用環境資料作為例如去伽瑪修正的輸入。接著遠端處理器回傳經演繹影像資料，其可為波形指令形式。

【0202】如第 17 與 18 圖可證，可獲得多種替代架構。在第 17 圖中，本地主機充作電子紙與遠端處理器間的中介者。本地主機可另為原始影像資料源，例如行動電話攝影機拍攝的照片。本地主機可自顯示器接收環境資料，或者本地主機可利用其感測器提供環境資料。顯示器與本地主機兩者將視需要與遠端處理器直接通訊。本地主機亦可併入攜行電腦站中，如第 18 圖所示。攜行電腦站可具有對顯示器的經構連網際網路連接或一實體連接。攜行電腦站亦可具有電源，以提供為提供與第 15 圖所示類似波形所需的各種電壓。藉由將電源移出顯示器外，顯示器價格降低且具少許針對外部電源的需求。顯示器亦可經線狀或帶狀電纜耦合至攜行電腦站。

【0203】第 19 圖顯示「實境」實施例，其中各顯示器較佳為「客戶」。各「客戶」具有專屬 ID 並較佳利用低功率/微功率通訊協定回報有關其性能的元資料(諸如溫

度、列印狀態、電泳墨水版本等)至「主機」。在此實施例中，「主機」係執行軟體應用程式的個人行動裝置(智慧型手機、平板、AR 耳機或膝上型電腦)。「主機」可與「列印伺服器」及「客戶」通訊。在一實施例中，「列印伺服器」係一基於雲端的解決方式，其可與「主機」通訊並提供「主機」多種服務如鑑認、影像恢復及演繹。

【0204】當使用者決定在「客戶」(顯示器)上顯示影像時，會開啓在其「主機」(行動裝置)上的應用程式，並取出欲顯示的影像及所欲顯示影像的特定「客戶」。「主機」接著輪詢「客戶」的專屬裝置 ID 與元資料。如上述，此交易可透過短距微功率協定如藍芽 4 爲之。一旦「主機」取得裝置 ID 及元資料，即將之與使用者鑑認及影像 ID 組合，並透過無線連接將之傳送至「列印伺服器」。

【0205】「列印伺服器」接收到鑑認、影像 ID、客戶 ID 與元資料後，接著自資料庫獲取影像。此資料庫可爲分散式儲存體(類似另一雲端)或可在「列印伺服器」內部。影像可能已先由使用者上載至影像資料庫，或可係庫存影像或供購置影像。「列印伺服器」已自儲存起獲取使用者所選影像後，即執行演繹操作，其修改所獲取影像以正確顯示於「客戶」端。可於「列印伺服器」上執行演繹操作或可經由一獨立軟體協定在基於專屬雲的演繹伺服器(提供「演繹服務」)上進入演繹操作。其亦可係可事先有效率地演繹所有使用者影像並將之儲存於其影像資料庫中的資源。在該情況中，「列印伺服器」

將僅藉由客戶元資料索引 LUT 並獲取正確的經預演繹影像。「列印伺服器」已取得經演繹影像後，將此資料回傳至「主機」，且該「主機」將此資訊經由前述相同的微功率通訊協定傳送至「客戶」。

【0206】在參考第 14 與 15 圖所述四色電泳系統的情況中(亦知為先進彩色電子紙或 ACeP)，此影像演繹採用與特定電泳介質相關的顏色資訊作為利用特定波形(可已預載入 ACeP 模組或自伺服器傳輸)併同使用者所選影像本身驅動時的輸入。使用者所選影像可為數種標準 RGB 格式(JPG、TIFF 等)的任一種。輸出的經處理影像係具索引影像，其具有例如 ACeP 顯示模組的每像素 5 位元。此影像可係專屬格式並可壓縮。

【0207】在「客戶」處的影像控制器將取得經處理影像資料，並可儲存，置入顯示串列，或直接在 ACeP 螢幕上顯示。在完成顯示「列印」後，「客戶」將適當元資料傳送至「主機」，且該「主機」將之中繼至「列印伺服器」。所有的元資料均將被記錄於儲存影像的資料體中。

【0208】第 19 圖顯示一資料流，其中的「主機」可為電話、平板、PC 等，客戶係 ACeP 模組，列印伺服器存在雲端中。列印伺服器與主機亦可為同一機器，例如一 PC。如前述，本地主機亦可整合於攜行電腦站中。主機亦可與客戶及雲端通訊以要求演繹影像，後續印書伺服器將經處理影像直接傳送至客戶端而無主機介入，

【0209】此實施例的一變體更適於涉及將「主機」自

交易中移除的電子標誌或貨架標籤應用。在此實施例中，「列印伺服器」將透過網際網路直接與「客戶」通訊。

【0210】現將描述某些特定實施例，該等實施例的一者中，被輸入至影像處理的特定波形相關顏色資訊(如上述)將會變化，因為可視 ACeP 模組溫度選擇波形。因此，相同的使用者所選影像可造成數個不同的經處理影像，每一者均適於特定溫度範圍。針對主機的一選項係傳送關於客戶端溫度的列印伺服器資訊，客戶端則僅接收適當影像。或者，客戶可接收數個經處理影像，每一者均與可能的溫度範圍相關聯。另種可能性係行動主機可利用自其機上溫度感測器及/或光感測器取得的資訊估計鄰近客戶的溫度。

【0211】在另一實施例中，波形模式或影像演繹模式可視使用者偏好而變。例如使用者可選擇高對比波形/演繹選項，或高速、低對比選項。甚至可在已安裝 ACeP 模組後取得新的波形模式。在這些情況中，波形及/或演繹模式相關元資料會自主機傳送至列印伺服器，且可能伴隨波形經適當處理的影像會被傳送至客戶端。

【0212】可藉由雲端伺服器就可得波形模式及演繹模式更新主機。

【0213】儲存 ACeP 模組特定資訊的位置可變。此資訊可駐存於列印伺服器中，由例如併同自主機要求的影像傳送的序號索引。或者，此資訊可駐存於 ACeP 模組中。

【0214】自主機傳輸到列印伺服器的資訊可被加密，自伺服器中繼至演繹服務的資訊亦可被加密。元資料可包含用以促進加密與解密的加密鍵。

【0215】自前述可知，本發明可提供對受限調色板顯示中的顏色改善，其所具假影少於利用習知誤差擴散技術所得假影。本發明本質上異於先前技術處在於在量化前調整原色，然而先前技術(如以上參考第 1 圖所述)會先影響臨限且在待擴散誤差的後續計算期間僅導入點重疊或其他像素間交互作用的效應。本方法中採用的「前置」或「預調整」技術所具重要優點在於模糊現象或其他像素間交互作用強且非單調，有助於穩定本方法的輸出及動態減少輸出變動。本發明亦提供獨立考量相鄰像素的像素間交互作用的簡單模型。此允許連動及快速處理，並減少估計所需的模型參數量，其對高數量(如 32 或更高)原色是重要的。先前技術未考量獨立相鄰交互作用，因為實體點重疊經常涵蓋一像素的絕大部分(然而在 ECD 顯示中，其係沿著像素邊緣的窄而密集帶)，且未考量高數量原色，因為一般印表機的原色數不高。

【0216】對於適用本發明的彩色顯示系統的進一步細節，讀者可針對前述 ECD 專利(其等亦提供電泳顯示的細部討論)及下列專利與公開案：

美國專利第 6,017,584 號；第 6,545,797 號；第 6,664,944 號；第 6,788,452 號；第 6,864,875 號；第 6,914,714 號；第 6,972,893 號；第 7,038,656 號；第 7,038,670 號；第 7,046,228 號；第 7,052,571 號；第

7,075,502 號 ; 第 7,167,155 號 ; 第 7,385,751 號 ; 第
7,492,505 號 ; 第 7,667,684 號 ; 第 7,684,108 號 ; 第
7,791,789 號 ; 第 7,800,813 號 ; 第 7,821,702 號 ; 第
7,839,564 號 ; 第 7,910,175 號 ; 第 7,952,790 號 ; 第
7,956,841 號 ; 第 7,982,941 號 ; 第 8,040,594 號 ; 第
8,054,526 號 ; 第 8,098,418 號 ; 第 8,159,636 號 ; 第
8,213,076 號 ; 第 8,363,299 號 ; 第 8,422,116 號 ; 第
8,441,714 號 ; 第 8,441,716 號 ; 第 8,466,852 號 ; 第
8,503,063 號 ; 第 8,576,470 號 ; 第 8,576,475 號 ; 第
8,593,721 號 ; 第 8,605,354 號 ; 第 8,649,084 號 ; 第
8,670,174 號 ; 第 8,704,756 號 ; 第 8,717,664 號 ; 第
8,786,935 號 ; 第 8,797,634 號 ; 第 8,810,899 號 ; 第
8,830,559 號 ; 第 8,873,129 號 ; 第 8,902,153 號 ; 第
8,902,491 號 ; 第 8,917,439 號 ; 第 8,964,282 號 ; 第
9,013,783 號 ; 第 9,116,412 號 ; 第 9,146,439 號 ; 第
9,164,207 號 ; 第 9,170,467 號 ; 第 9,182,646 號 ; 第
9,195,111 號 ; 第 9,199,441 號 ; 第 9,268,191 號 ; 第
9,285,649 號 ; 第 9,293,511 號 ; 第 9,341,916 號 ; 第
9,360,733 號 ; 第 9,361,836 號 ; 及第 9,423,666 號 ; 及美
國專利申請案公開第 2008/0043318 號 ; 第 2008/0048970
號 ; 第 2009/0225398 號 ; 第 2010/0156780 號 ; 第
2011/0043543 號 ; 第 2012/0326957 號 ; 第 2013/0242378
號 ; 第 2013/0278995 號 ; 第 2014/0055840 號 ; 第
2014/0078576 號 ; 第 2014/0340736 號 ; 第 2014/0362213
號 ; 第 2015/0103394 號 ; 第 2015/0118390 號 ; 第

2015/0124345 號；第 2015/0198858 號；第 2015/0234250 號；第 2015/0268531 號；第 2015/0301246 號；第 2016/0011484 號；第 2016/0026062 號；第 2016/0048054 號；第 2016/0116816 號；第 2016/0116818 號；及第 2016/0140909 號。

【0217】熟悉此技術者將顯而易見可在不背離本發明的範疇下，對上述本發明的特定實施例進行多種改變與修改。因此，所有前述均應被視為例示而無限制之意。

【符號說明】

【0218】

- 1 去伽瑪操作
- 2 HDR 型處理
- 3 色相修正階段
- 4 色域映對階段
- 5 空間抖動階段
- 6 輸入影像
- 7 環境資料
- 8 環境情況資料
- 9 色度調適模型
- 10 原色
- 11 模型
- 12 輸出影像資料
- 14 正立方體
- 15 a -h RGB 值
- 16 子正立方體

17	藍色圖
100	流程圖
102	輸入
104	處理器
106	誤差過濾器
108	臨限模組
110	模組
112	處理器
206	色域映射器
208	量化器
210	鄰近緩衝區
212	處理器

發明摘要

【發明名稱】(中文/英文)

用於演繹彩色影像的方法及設備

METHOD AND APPARATUS FOR RENDERING COLOR IMAGES

【中文】

一種用於當一電光顯示器具有含有限原色調色板的色域及/或該色域結構不佳(亦即非球體或橢圓體)時，在該電光顯示器上演繹彩色影像的系統。該系統使用一迭代處理，以自一調色板識別用於一給定像素的最佳顏色，該調色板經修改而將顏色誤差擴散於該整個電光顯示器上。該系統額外考量因鄰近像素間串擾所致的顏色變化。

【英文】

A system for rendering color images on an electro-optic display when the electro-optic display has a color gamut with a limited palette of primary colors, and/or the gamut is poorly structured (i.e., not a spheroid or obloid). The system uses an iterative process to identify the best color for a given pixel from a palette that is modified to diffuse the color error over the entire electro-optic display. The system additionally accounts for variations in color that are caused by cross-talk between nearby pixels.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第 2 圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

102	輸 入
104	處 理 器
106	誤 差 過 濾 器
206	色 域 映 射 器
208	量 化 器
210	鄰 近 緩 衝 區
212	處 理 器

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無。

申請專利範圍

1. 一種用於產生一彩色影像的系統，其包括：

一電光顯示器，其具有像素及一色域，該色域包含原色的一調色板；及

與該電光顯示器通信的一處理器，該處理器經組態以藉由以下方式演繹用於該電光裝置的彩色影像：

a. 接收第一及第二組輸入值，其代表待顯示於該電光顯示器上的一影像的第一與第二像素的顏色；

b. 使該第一組輸入值等同於一第一經修改組輸入值；

c. 當在步驟 b 中產生的該第一經修改組輸入值超出該色域時，將該第一經修改組輸入值映射於該色域上，以產生一第一經映射的經修改組輸入值；

d. 將出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值與對應於該調色板的該等原色的一組原色值做比較，選擇與具有最小誤差的該原色對應的該組原色值，藉此界定一第一最佳原色值組，且輸出該第一最佳原色值組做為該第一像素的顏色；

e. 以出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值取代在該調色板中的該第一最佳原色值，以產生一經修改調色板；

f. 計算出自步驟 b 的該第一經修改組輸入值或出自步驟 c 的該第一經映射的經修改組輸入值與出自步驟 e 的該第一最佳原色值組之間的差異以推估一第一

誤差值；

g.將該第一誤差值加入該第二組輸入值以產生一第二經修改組輸入值；

h.當在步驟 g 中產生的該第二經修改組輸入值超出該色域時，將該第二經修改組輸入值映射於該色域上，以產生一第二經映射的經修改組輸入值；

i.將出自步驟 g 的該第二經修改組輸入值或出自步驟 h 的該第二經映射的經修改組輸入值與對應於該調色板的該等原色的該組原色值做比較，選擇與出自該經修改調色板的具有最小誤差的該原色對應的該組原色值，藉此界定一第二最佳原色值組，且輸出該第二最佳原色值組做為該第二像素的顏色。

2.如請求項 1 之系統，其中該處理器額外進行：

j.以出自步驟 g 的該第二經修改組輸入值或出自步驟 h 的該第二經映射的經修改組輸入值取代該經修改調色板中的該第二最佳原色值，以產生一第二經修改調色板。

3.如請求項 1 之系統，其中在步驟 c 中的該映射係沿著一線性 RGB 顏色空間中的亮度與色相恆定線而於標稱色域上實現。

4.如請求項 1 之系統，其中在步驟 e 中的該比較係於一線性 RGB 空間中利用一最小歐幾里得距離量化器而實現。

5.如請求項 1 之系統，其中在步驟 f 中的該比較係利用重心臨限化而實現。

6.如請求項 5 之系統，其中在步驟 h 中使用的該色域係在步驟 e 中產生的該經修改調色板的色域。

7.如請求項 1 之系統，其中該處理器經組態以演繹用於複數個像素的顏色，且用於各像素的該等輸入值係由該電光顯示器以對應於該等像素的一光柵掃描的順序處理，及

在步驟 e 中該調色板的該修改允許該組輸出值對應於該先前經處理列中的一像素，其與對應於正被處理的該組輸入值的該像素共用一邊緣，及在該相同列中的該先前經處理像素與對應於正被處理的該組輸入值的該像素共用一邊緣。

8.如請求項 1 之系統，其中在步驟 c 中該處理器計算該映射與該色域的表面的交點，且在步驟 d 中：

(i)當步驟 b 的該輸出超出該色域時，該處理器判定封圍該交點的一個三角形且後續判定用於該三角形的各頂點的該重心權重，且步驟 f 的該輸出係具有最大重心權重的該三角形頂點；或

(ii)當步驟 b 的該輸出係在該色域內時，步驟 d 的該輸出係由歐幾里得距離計算出的最近原色。

9.如請求項 8 之系統，其中該映射保持該輸入的色相角至步驟 c。

10.如請求項 1 之系統，其中在步驟 c 中該處理器計算該映射與該色域的表面的交點，且在步驟 d 中：

(i)當步驟 b 的該輸出超出該色域時，該處理器進行：

判定封圍該前述交點的三角形，

判定用於該三角形的各頂點的一重心權重，且

比較用於各頂點的該重心權重與在像素位置處的一藍色雜訊遮罩的值，其中該等重心權重的累積和超出步驟 d 的該輸出處的遮罩值，該累積和亦係該三角形頂點的該顏色；或

(ii)當步驟 b 的該輸出係在該色域內時，該處理器：

判定步驟 d 的該輸出係該最近原色。

11.如請求項 10 之系統，其中該映射保持該輸入的色相角至步驟 c。

12.如請求項 1 之系統，其中在步驟 c 中該處理器判定該映射與該色域的表面的交點，且步驟 d 進一步包括：

(i)當步驟 b 的該輸出超出該色域時，該處理器：

判定封圍該交點的三角形，且

判定該等原色落在該色域的凸包上，其中步驟 d 的該輸出係落在該凸包上的最近原色；或

(ii)當步驟 b 的該輸出係在該色域內時，該處理器判定步驟 d 的該輸出係該最近原色。

13.如請求項 12 之系統，其中該映射保持該輸入的色相角至步驟 c。

14.如請求項 1 之系統，其中該處理器額外進行：

(i)識別未正確切換的該顯示器的像素，且由這種缺陷像素識別所呈現的顏色；

(ii)自步驟 d 輸出由各缺陷像素呈現的實際顏

色；及

(iii)在步驟 f 中計算該經修改或經映射的經修改輸入值與由該缺陷像素實際呈現的顏色間的差異。

15.如請求項 1 之系統，其中該處理器藉由下列方式推估該色域：

(1)接收經測量的測試圖案以推估在該電光顯示器的相鄰像素中鄰近原色間串擾相關資訊；

(2)將出自步驟(1)的該資訊轉換為一模糊現象模型，其預測任意原色圖案所顯示的顏色；

(3)利用在步驟(2)中推估的該模糊現象模型預測實際顯示圖案顏色，其一般係用以產生在色域表面的一凸包上的顏色；

(4)利用在步驟(3)中所做的該等預測計算一可實現的色域表面。

16.如請求項 1 之系統，其中在步驟(a)中接收的該第一與第二組輸入值已依序經歷(i)一去伽瑪(degamma)操作；(ii)HDR 型處理；(iii)色相修正及(iv)色域映射而自一組影像資料產生。

17.一種用於估計在一彩色電光顯示器中的一可達成色域的方法，該方法包括：

(1)測量一測試圖案以推估在一彩色電光顯示器中鄰近原色間串擾相關資訊；

(2)將出自步驟(1)的該等測量轉換為一模糊現象模型，其預測在該彩色電光顯示器上任意原色圖案所顯示的顏色；

(3)利用在步驟(2)中推估的該模糊現象模型預測實際顯示圖案顏色，其一般係用以在該等原色的凸包(亦即標稱色域表面)上產生顏色；

(4)利用在步驟(3)中所做的該等預測描述該可實現的色域表面；及

(5)利用在步驟(4)中推估的該可實現的色域表面模型，藉由映射輸入(源)顏色演繹一顏色組。

18.一種在一彩色顯示器裝置上演繹一組彩色影像資料的方法，其中該組資料依序經歷(i)一去伽瑪操作；(ii)HDR型處理；(iii)色相修正；(iv)色域映射及(v)一空間抖動操作。

19.一種影像演繹系統，其包括：

一電光顯示器，其包括一環境情況感測器；及

一遠端處理器，其經由一網路連接至該電光顯示器，該遠端處理器經組態以接收影像資料，及經由該網路接收來自該感測器的環境情況資料，在該所接收的環境情況資料下演繹用於顯示於該電光顯示器上的該影像資料，藉此產生經演繹影像資料，及將該經演繹影像資料經由該網路傳輸至該電光顯示器。

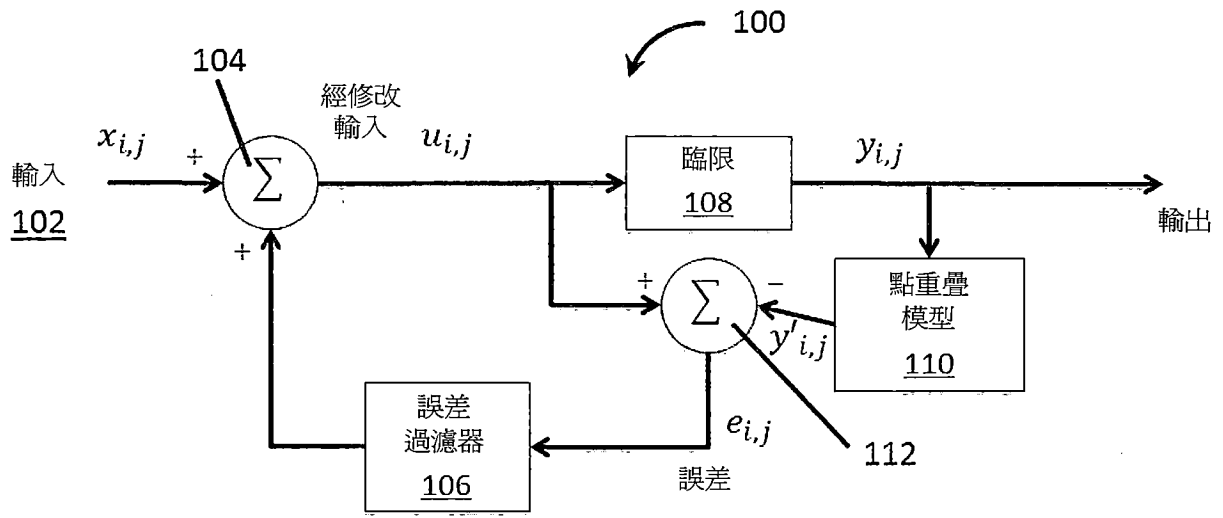
20.如請求項 19 之影像演繹系統，其中該電光顯示器包括一層電泳顯示材料，其包括設置在一流體中且在施加電場於該流體時可經由該流體移動的帶電粒子，該電泳顯示材料被設置在第一與第二電極間，該等電極的至少一者係透光的。

21.如請求項 20 之影像演繹系統，其中該電泳顯示材料

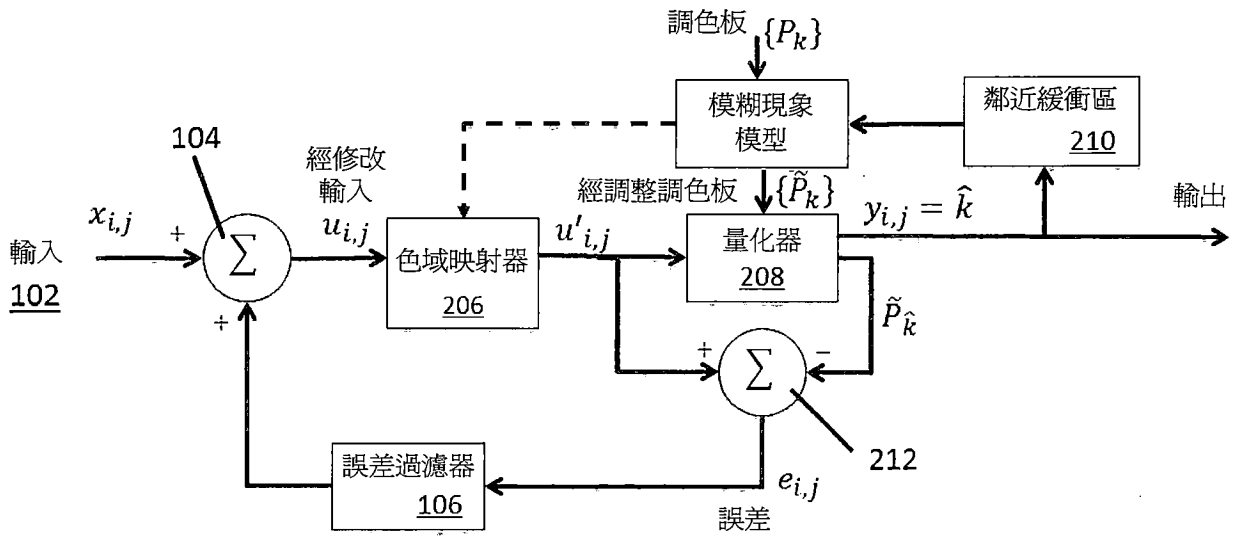
包括四種具有不同顏色的帶電粒子。

22. 一種影像演繹系統，其包含一電光顯示器、一本地主機及一遠端處理器，其等所有均經由一網路連接，該本地主機包括一環境情況感測器且經組態以經由該網路提供環境情況資料至該遠端處理器，及該遠端處理器經組態以接收影像資料，經由該網路接收來自該本地主機的該環境情況資料，在該所接收的環境情況資料下演繹該影像資料用於顯示於電子紙顯示器上，藉此產生經演繹影像資料，及傳輸該經演繹影像資料。
23. 如請求項 22 之影像演繹系統，其中該電光顯示器包括一層電泳顯示材料，其包括設置在一流體中且在施加電場於該流體時可經由該流體移動的帶電粒子，該電泳顯示材料設置在第一與第二電極間，該等電極的至少一者係透光的。
24. 如請求項 22 之影像演繹系統，其中該本地主機傳輸該影像資料至該遠端處理器。
25. 一種攜行電腦站，其包括用於與一電光顯示器耦合的一介面，該攜行電腦站經組態以經由一網路接收經演繹影像資料，及更新耦合至該攜行電腦站的一電光顯示器上的一影像。
26. 如請求項 25 之攜行電腦站，其包括一電源，其經配置設有複數個電壓耦合至該攜行電腦站的一電光顯示器。

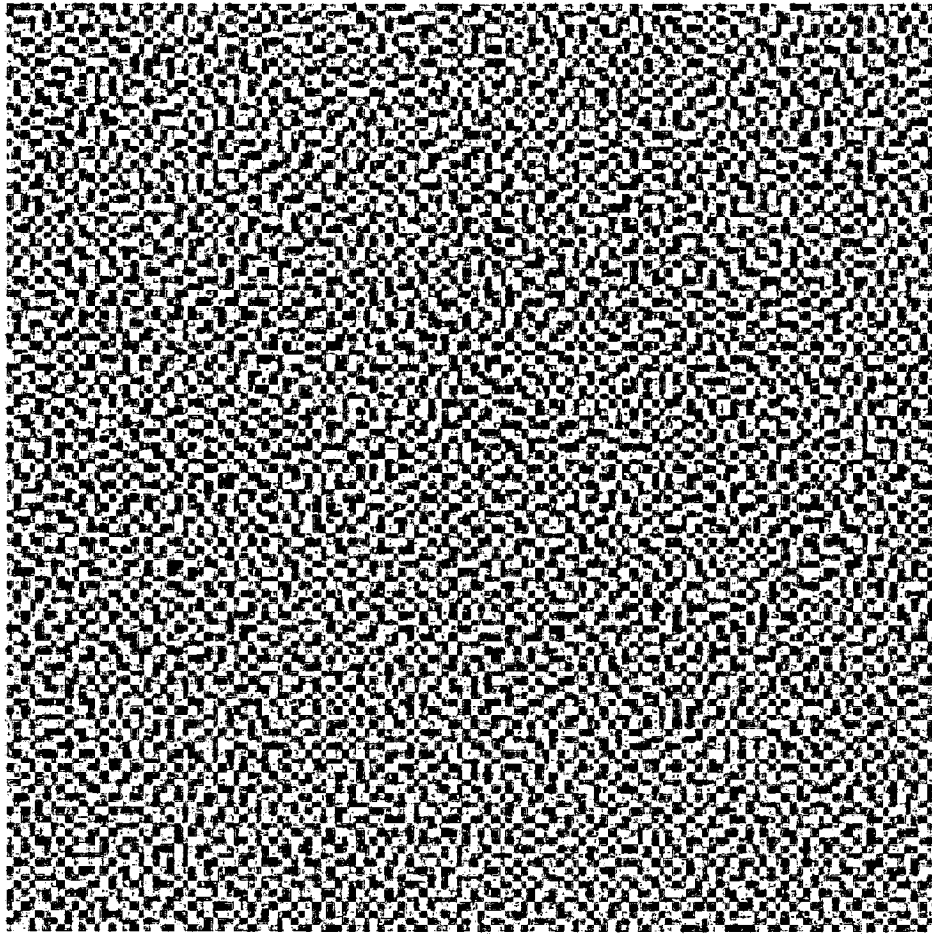
圖式



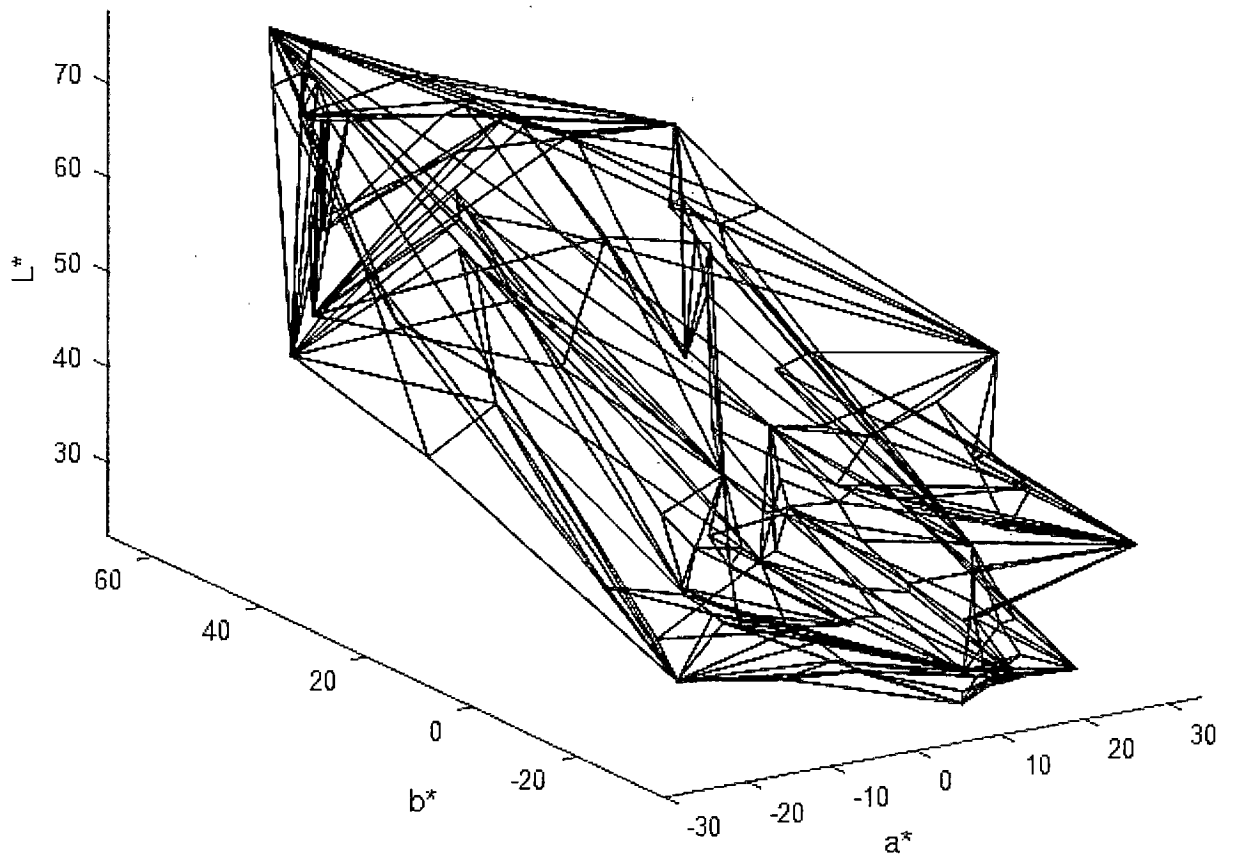
第1圖



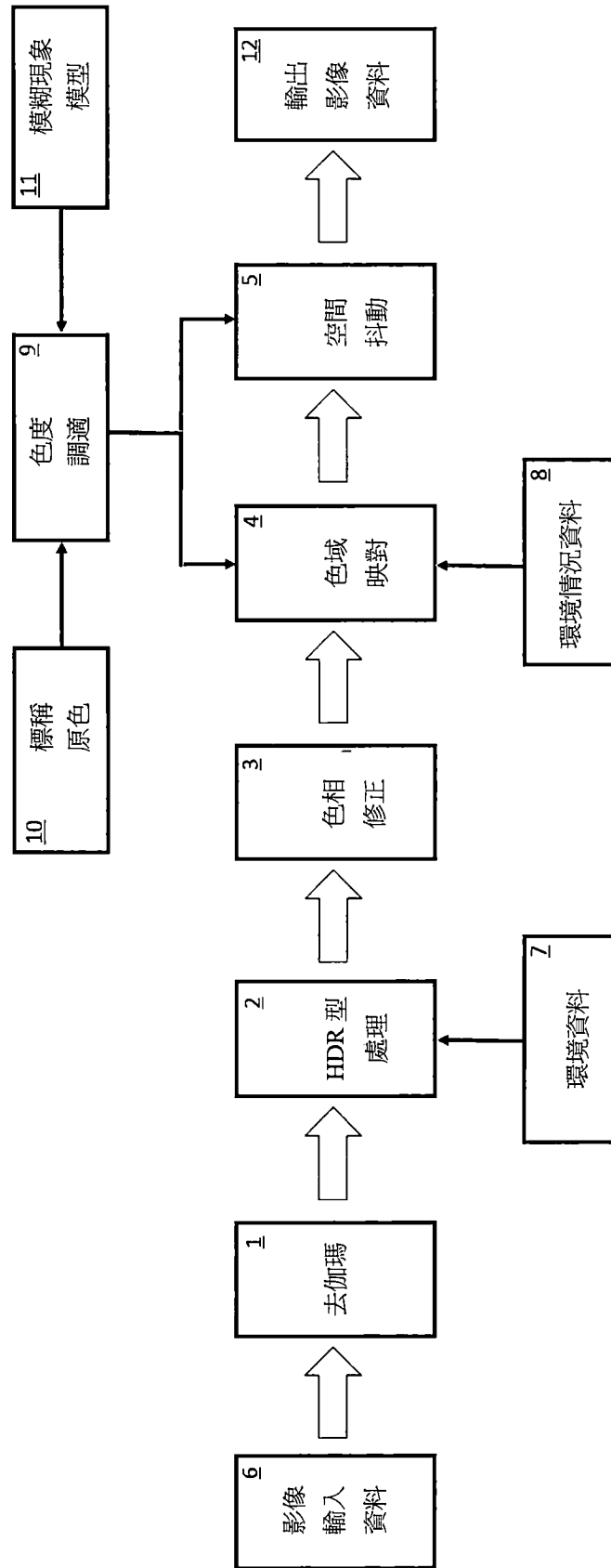
第2圖



第3圖



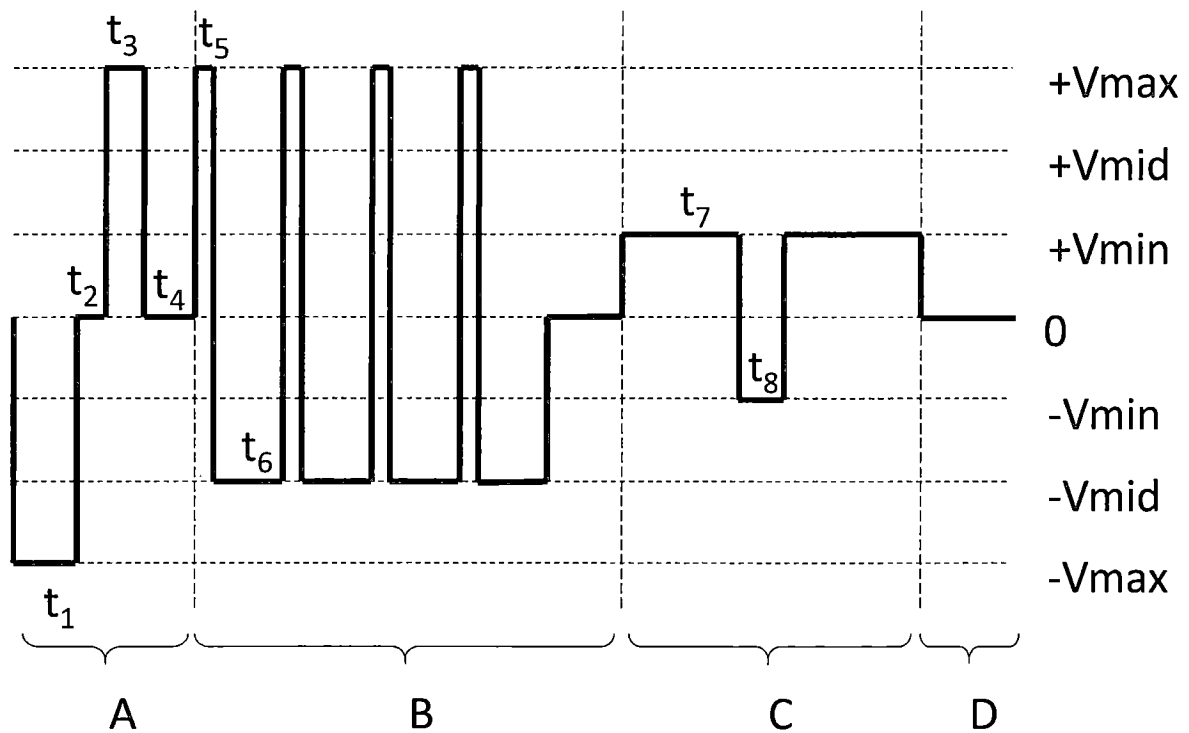
第7圖



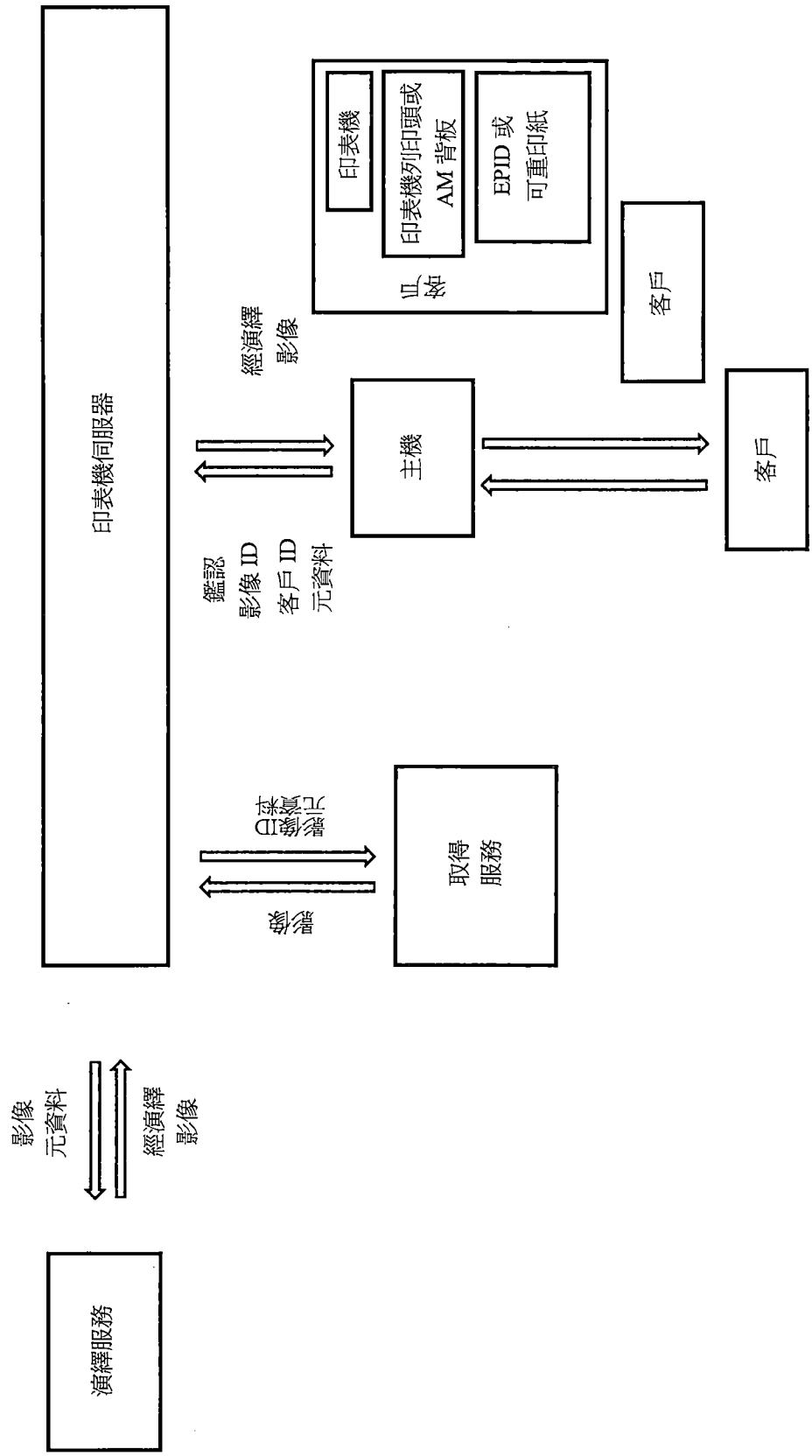
第11圖

		洋紅色		青色		黃色	青色
	黃色	黃色	洋紅色	洋紅色	青色	青色	洋紅色 黃色
白色	白色	白色	白色	白色	白色	白色	白色
青色	青色	青色	青色	黃色	洋紅色	洋紅色	
洋紅色	洋紅色		黃色		黃色		
黃色							
白色	黃色	紅色	洋紅色	藍色	青色	綠色	黑色
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]	[G]	[H]

第14圖



第15圖



第19圖

