

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-298950

(P2007-298950A)

(43) 公開日 平成19年11月15日(2007.11.15)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 5/20 (2006.01)	G02B 5/20 1 O 1	2 H O 4 8
B05C 5/00 (2006.01)	B05C 5/00 1 O 1	4 D O 7 5
B05C 11/10 (2006.01)	B05C 11/10	4 F O 4 1
B05D 1/26 (2006.01)	B05D 1/26 Z	4 F O 4 2
B05D 3/00 (2006.01)	B05D 3/00 D	
審査請求 未請求 請求項の数 38 O L 外国語出願 (全 37 頁)		

(21) 出願番号 特願2007-26439 (P2007-26439)
 (22) 出願日 平成19年2月6日(2007.2.6)
 (31) 優先権主張番号 60/771, 284
 (32) 優先日 平成18年2月7日(2006.2.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100101502
 弁理士 安齋 嘉章
 (72) 発明者 栗田 真一
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 148 サンノゼ ローリングサイド ド
 ライブ 3532

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 カラーフィルタのムラ不整を低減するための方法及び装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】フラットパネルディスプレイ用のカラーフィルタを印刷するため、インクジェットヘッドを用いて基板上に効率的に印刷するための改善された方法及び装置を提供する。

【解決手段】液滴サイズと同様に、液滴着地位置をランダムに、あるいは正弦曲線等の関数に基づいて変化させてもよい。液滴着地位置 1 0 1 2 の変動は、印刷中に印字ヘッド位置を変化させること及び/又は印刷中に基板の位置を横方向に(例えば、印刷方向と直角に)移動させることによって達成してもよい。印字ヘッド 1 0 0 2 をステージ(基板を支持する台)又は基板位置の関数として、あるいは時間の関数として移動させてもよい。基板をステージによって印刷方向に移動させるにつれ、印字ヘッドをステージ位置に応じて、あるいは所定の周期、定数、変数に基づいて継続的に移動させる。

【選択図】図 1 1

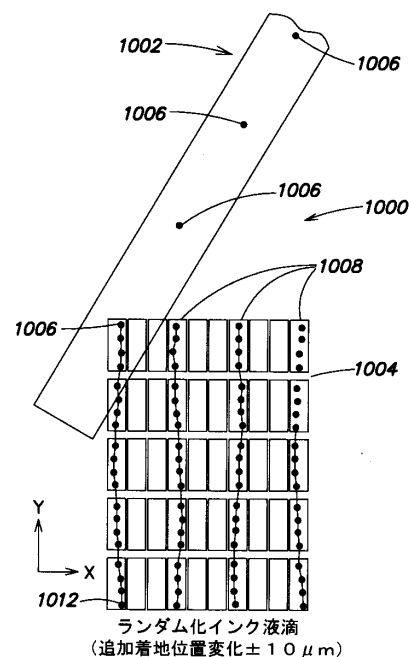


FIG. 11

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数のインク液滴を基板上でピクセルウェルのコラムに堆積し、
ピクセルウェルに堆積させるインク液滴のサイズを意図的に変化させることを含む方法
。

【請求項 2】

インク液滴のサイズをランダムに変化させてムラ不整の発生を防止する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

インク液滴のサイズの公称誤差を上げることでムラ不整の発生を防止する請求項 1 記載の方法。 10

【請求項 4】

インク液滴のサイズを基板の位置の関数に基づいて変える請求項 1 記載の方法。

【請求項 5】

インク液滴のサイズを時間の関数に基づいて変える請求項 1 記載の方法。

【請求項 6】

ピクセルウェルに堆積させるインク液滴の相対横位置を意図的に変化させることを含む請求項 1 記載の方法。

【請求項 7】

インク液滴の相対横位置を意図的に変化させることは、印刷中に印字ヘッドの横位置を変化させることを含む請求項 6 記載の方法。 20

【請求項 8】

インク液滴のサイズを各インク液滴ごとに変える請求項 1 記載の方法。

【請求項 9】

インク液滴のサイズをインク液滴群ごとに変える請求項 1 記載の方法。

【請求項 10】

インク液滴のサイズをピクセルウェルごとに変える請求項 1 記載の方法。

【請求項 11】

複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積するよう構成した印字ヘッドと、
印字ヘッドによってピクセルウェルに堆積されるインク液滴のサイズを変化できるよう
構成した制御装置とを含む装置。 30

【請求項 12】

制御装置が、インク液滴のサイズをランダムに変化させることでムラ不整の発生を防止するよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 13】

制御装置が、インク液滴のサイズの公称誤差を上げることでムラ不整の発生を防止するよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 14】

制御装置が、基板の位置の関数に基づいてインク液滴のサイズを変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。 40

【請求項 15】

制御装置が、時間の関数に基づいてインク液滴のサイズを変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 16】

制御装置が、印刷中に印字ヘッドの横位置を変化させることでピクセルウェルに堆積されるインク液滴の相対横位置を変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 17】

制御装置が、インク液滴のサイズを各インク液滴ごとに変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 18】

制御装置が、インク液滴のサイズをインク液滴群ごとに変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 19】

制御装置が、インク液滴のサイズをピクセルウェルごとに変えるよう構成されている請求項 11 記載の装置。

【請求項 20】

複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積し、
ピクセルウェルに堆積させるインク液滴の相対横位置を意図的に変化させることを含む方法。

【請求項 21】

インク液滴の相対横位置をランダムに変化させることでムラ不整の発生を防止する請求項 20 記載の方法。

【請求項 22】

インク液滴の相対横位置の公称誤差を上げることでムラ不整の発生を防止する請求項 20 記載の方法。

【請求項 23】

インク液滴の相対横位置を基板の位置の関数に基づいて変える請求項 20 記載の方法。

【請求項 24】

インク液滴の相対横位置を時間の関数に基づいて変化させる請求項 20 記載の方法。

【請求項 25】

ピクセルウェルに堆積させるインク液滴のサイズを意図的に変化させることをさらに含む請求項 20 記載の方法。

【請求項 26】

インク液滴のサイズを意図的に変化させることが、印刷中に印字ヘッドによって噴射されるインクの容量を変化させることを含む請求項 25 記載の方法。

【請求項 27】

インク液滴の相対横位置を各インク液滴ごとに変える請求項 20 記載の方法。

【請求項 28】

インク液滴の相対横位置をインク液滴群ごとに変える、請求項 20 記載の方法。

【請求項 29】

インク液滴の相対横位置をピクセルウェルごとに変える請求項 20 記載の方法。

【請求項 30】

複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積するよう構成した印字ヘッドと、
印字ヘッドによってピクセルウェルに堆積されるインク液滴の相対横位置を変化できるよう構成した制御装置とを含む装置。

【請求項 31】

制御装置が、インク液滴の相対横位置をランダムに変化させることでムラ不整の発生を防止するよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 32】

制御装置が、インク液滴の相対横位置の公称誤差を上げることでムラ不整の発生を防止するよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 33】

制御装置が、インク液滴の相対横位置を基板の位置の関数に基づいて変えるよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 34】

インク液滴の相対横位置を時間の関数に基づいて変えるよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 35】

制御装置が、ピクセルウェルに堆積させるインク液滴のサイズを、印刷中に印字ヘッドによって噴射されるインクの容量を変化させることで変えるよう構成されている請求項 3

10

20

30

40

50

0 記載の装置。

【請求項 36】

制御装置が、インク液滴の相対横位置を各インク液滴ごとに変えるよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 37】

制御装置が、インク液滴の相対横位置をインク液滴群ごとに変えるよう構成されている請求項 30 記載の装置。

【請求項 38】

制御装置が、インク液滴の相対横位置をピクセルウェルごとに変えるように構成されている請求項 30 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【優先権の主張】

【0001】

本出願は、2006年2月7日に、「カラーフィルタにおける不整を低減するための方法及び装置」の名称で出願された米国特許仮出願第60/771284号に基づく優先権を主張し、この出願は引用により全ての目的のため全体的に本願に組み込まれる。

【関連出願への相互参照】

【0002】

本出願は以下の共通して譲渡され、同時に係属中の出願に関連し、これらの出願は引用により全ての目的のため全体的に本願に組み込まれる。

2005年2月18日に「印字ヘッドアセンブリを精密制御するための方法及び装置」の名称で出願された米国特許出願第11/061120号（代理人整理番号9769）。

2005年9月29日に「ディスプレイ用インクジェット印刷カラーフィルタのための方法及び装置」の名称で出願された米国特許出願第11/238632号（代理人事件整理番号9521-5/P01）。

【発明の分野】

【0003】

本発明は一般に電子機器製造方法に係り、特にフラットパネルディスプレイ用カラーフィルタの製造に関する。

【発明の背景】

【0004】

フラットパネルディスプレイ産業は、ディスプレイ装置、特にカラーフィルタを製造するためにインクジェット印刷を用いようと試みてきた。インクジェット印刷を効果的に用いる際の1つの問題点は、高いスループットを保ちながら正確かつ精密に基板上にインク又はその他の材料をインクジェットすることが困難であるということである。従って、インクジェットヘッドを用いて基板上に効率的に印刷するための改善された方法及び装置が必要とされる。

【発明の概要】

【0005】

本発明の一態様において、インク液滴を基板上でピクセルウェル内に堆積し、それに続いて同じピクセルウェル内に堆積させるインク液滴のサイズを意図的に変える方法を提供する。変更サイズをランダムに選択し、ムラ不整の発生を防止する。

【0006】

本発明の他の態様において、インク液滴を基板上でピクセルウェル内に堆積し、それに続いて同じピクセルウェル内に堆積させる液滴の相対位置を意図的に変える方法を提供する。変更位置をランダムに選択し、ムラ不整の発生を防止する。

【0007】

更に、本発明の他の態様において、複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積し、ピクセルウェルに堆積させるインク液滴のサイズを意図的に変えることを含む方法を提供する。

10

20

30

40

50

【0008】

更に、本発明の他の態様において、複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積するよう構成した印字ヘッドと、印字ヘッドによってピクセルウェルに堆積させるインク液滴のサイズを変えられるよう構成した制御装置とを含む装置を提供する。

【0009】

更に、本発明の他の態様において、複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積し、ピクセルウェルに堆積させるインク液滴の相対横位置を意図的に変えることを含む方法を提供する。

【0010】

更に、本発明の他の態様において、複数のインク液滴を基板上でピクセルウェル列に堆積するよう構成した印字ヘッドと、印字ヘッドによってピクセルウェルに堆積させるインク液滴の相対横位置を変えられるよう構成した制御装置とを含む装置を提供する。 10

【0011】

本発明のその他の構成及び態様は、典型的な実施形態についての以下の詳細な説明、特許請求の範囲及び添付図面からより充分に明らかになる。

【詳細な説明】

【0012】

本発明は、フラットパネルディスプレイ用のカラーフィルタの製造で起こる誤差状態を排除するためのシステム及び方法を提供する。誤差状態は、インクジェットプリンタを使用して精密にインク、あるいは別の材料を基板上に堆積してカラーフィルタを形成する際に起こり得る現象に起因する。精度における機械的、電気的な限界により、基板上に噴射されたインク液滴の容量及び位置は理想の目標サイズ及び／又は位置から一様にずれ、インクを堆積しているプリンタが例えば公差内で作動しているとしても、各液滴について同じ小さな誤差を繰り返すことによる蓄積効果は、インクジェットプリンタを用いて製造したカラーフィルタを備えたフラットパネルディスプレイを裸眼で見ても見える不整となって現れる。即ち、1つ1つの液滴の理想位置からのズレが目に見えないものだけとなるようインク液滴を公差内で安定的に堆積させたとしても、このように均一に配置された一連の液滴が全体としては目に見えるムラとなる場合がある。この誤差は、ムラ不整又はムラ効果と呼ぶことができる。ムラとは、日本語を音訳したものであり、明らかに対応する英単語を有さない。 20 30

【0013】

本発明は、フラットパネルディスプレイにムラ不整を起こすことなくカラーフィルタを印刷するための方法及び装置を提供する。本発明により、基板上にインク液滴を堆積する際に起こる量のばらつきは意図的に増大させられ（例えば、プリンタの最高精度によって規定される最小変動量から）、隣接するピクセル又はピクセルの集合における、液滴位置及び／又はサイズにおける目に見える画一的繰り返しが回避される。

【0014】

図1は、理想的なカラーフィルタ100の一例の拡大したものである。カラーフィルタ100はブラックマトリクス材料104によって画成されたピクセル列を備えた基板102を含む。各ピクセル106は、各々が一連のインク液滴110で満たされた三色（例えば、赤、緑、青）のサブピクセルウェル108を含む。図示した例においては、各サブピクセルウェル108には4滴のインク110が一列に堆積されている。製造中、基板102はXYテーブルによって駆動され、印字ヘッド（図示せず）の下のステージ上に移動される。印字ヘッドは、4滴のインクを各サブピクセルウェル108に堆積した。 40

【0015】

図1のカラーフィルタ100は理想的なカラーフィルタの平面図を表したものであり、各サブピクセル108は、各サブピクセルウェル108のちょうど中心に列状に堆積された、同一サイズの液滴110を含む。インク液滴の理想的なサイズ決め及び配置の達成は困難である。個々の印字ヘッドノズルを始動しインクを噴射させるために使用される信号間の電氣的クロストークを含む様々な要因が、液滴サイズにおけるばらつきを生み出す。 50

中でも、XYテーブル（ステージ）はもとより印字ヘッドノズルの整列における機械的誤差は、位置決めにおける誤差につながる可能性がある。こういった類の誤差はかなりの範囲までは修正し得るが、例えば、各ノズルの発信パルス電圧信号（液滴サイズを制御する）を調節して閾値パーセンテージ誤差公差未満になるよう、又は液滴着地精度が±閾値距離未満にまで改善されるようにすることは困難及び／又は非常にコストがかかる。例えば、アプライドマテリアル社製の現在の世代のインクジェットプリンタは、発信パルス電圧を1%公差にまで制御することができ、これは±10%の容量誤差と±5μmまでの液滴着地精度になる。これらの精度閾値又は公差は目的のピクセルウェル内に適切なサイズの液滴を常に着地させるものの、これらの公差はムラ不整の発生を回避するに十分なものではない場合がある。

10

【0016】

図2を参照すると、カラーフィルタ200の平面図の一例を拡大したものが描かれており、矢印はムラ不整202を示す。液滴100は全て各自のピクセルウェル106に適合するよう位置決め、サイズ合わせがされている、つまり公差内にあることに留意する必要がある。公差内にあるにも関わらずムラ不整は起こる場合があり、例えば、サブピクセル列における液滴の一部が各々のサブピクセルウェルの中心から若干ずれて配置される。図3は濃淡のない白い視野を示す一方ムラ不整302を示すフラットパネルディスプレイ300の出力の一例を描いたものである。ムラ不整が存在するとき、線が目に見えることに留意する必要がある。

【0017】

20

図4は、各々3つのサブピクセルを有する二列のピクセルの斜視図である。各サブピクセルの高さが、サブピクセルに堆積されたインクの総量を示す。矢印がムラ不整を示す場所において、隣接するサブピクセル列は2列のインク量間に一貫して比較的大きな差を有することに留意する必要がある。この効果は、公称インク量の列に隣接する列に堆積されるインクの量が一樣に低下及び／又は増加することから起こる。この問題は、インク量が増加した列に隣接する列のインク量が低下することにより悪化する場合がある。従って、図2の例に示される一樣に中心からズレたインク液滴又は図4に示されるインク量の一樣な低下（又は増加）は、図3に示される目に見えるムラ効果につながる可能性がある。更に、一貫して中心からズレた液滴と、一貫して量が低下又は増加したインクが組み合わせることにより、たとえその片方だけでは目に見えるムラ効果は起こらないとしても、累積したムラ効果が生じる場合がある。

30

【0018】

感覚的には逆だが、本発明は、インクジェットプリンタの公称誤差公差を上げることでよりムラ不整問題を解決する。つまり、プリンタの設定作動閾値がなんであれ、その値より低く誤差公差を低減しようと試みるのではなく、本発明は目的液滴サイズ及び／又は液滴位置を変化させて、そのままでは目に見えるムラ不整となる一連の液滴における同じ微誤差を防ぐ。図5は、各々3つのサブピクセルを備えた2列のピクセルの斜視図である。図4と同様に、各サブピクセルの高さは各々のサブピクセルに堆積されたインクの総量を表す。異なるサブピクセル間におけるインク量のばらつきが増大しており、ゆえに、どの列においても一定してインク量が少ない（又は多い）ということがないことに留意する必要がある。従って、液滴サイズにおけるこのばらつきは、液滴サイズ及び／又は液滴位置に関連して起こる目に見えるムラ効果を回避するのに使用することができる。

40

【0019】

図6A、6B、7A、7Bは、図4、図5の例を各々作成するのに使用した実際値を示す表である。集計表600、700は、図4、図5の各々でプロットした総インク量を含む。これらの値は、原表602、604、702、704に記載のランダム生成液滴サイズデータ例を用いて計算された。この例において、各ピクセル（サブピクセル）は表602、604、702、704で1、2、3、4と番号をふられ、液滴サイズで表されている4滴のインクを充填されている。ピクセル識別符号（例えば、aR1、aG1、aB1等）の下に並ぶ値は、各々のサブピクセルに堆積された4滴の液滴サイズの合計（例えば

50

、総量)である。総量値は、集計表600、700の各々の位置に入力される。

【0020】

生成した際、図6A及び6Bのランダム液滴サイズデータ例は理想/目標値の ± 10 パーセント以内に抑制された。よって、目標値が25p1の場合、個々の液滴サイズは22.5p1から27.5p1にわたるが、任意のサブピクセル列内における液滴サイズは一定である。この一貫性は、任意のサブピクセル列にインクを堆積するのに同一の印字ヘッドノズルが使用され、誤差が同一サイズの液滴から液滴へと同じまま残るからである。対照的に、図7A、7Bのランダム生成液滴サイズデータ例は、任意のサブピクセル列(例えば、任意の印字ヘッドノズル)について ± 10 パーセントで変化しており、容量誤差は $\pm 10\%$ であった。これにより、総公称誤差が $\pm 20\%$ 、個々の液滴は20p1から30p1となるが、これらは任意のサブピクセル列内で異なる。同一液滴サイズを繰り返す場合とは異なり、液滴サイズが異なると、誤差の幅は異なるサイズの液滴ごとに変わり得ることに留意する必要がある。これらの値と範囲は単に例として挙げたに過ぎず、多くの異なる値と範囲が使用可能であることに留意する必要がある。液滴サイズ及び位置を変化させるための様々な方法が、引用によって以前に本願に組み込まれた文献に詳細に記載されている。

10

【0021】

図6Aの集計表600と比較した図7Aの集計表700からわかるように、公称誤差を上げることにより、液滴サイズのばらつき度が増大する。集計表600、700のプロットからわかるように、図4及び5において、このばらつきは目に見えるムラ効果の発生を回避するために使用し得る。

20

【0022】

図8、図9は各々、本発明に従って液滴サイズにばらつきを導入することによりピクセルあたりのインク容量の標準偏差が低下することを示す表及びグラフである。図8の表800に示される例において、公称液滴サイズは直径42 μm である。誤差は3.5%であり、よって、液滴サイズの範囲は41.265 μm から42.735 μm まで変動し得る。表800は、1つの印字ヘッドのノズルが平均して41.927 μm の液滴(例えば16滴サブピクセル内に)を標準偏差0.432で列ごとに(例えば、プリントパスごとに)堆積することを表している。しかしながら、各ピクセルに堆積される16滴の液滴サイズを意図的に変えることにより、平均液滴サイズは42.009、標準偏差は0.092となり、これは1印字ヘッドでの結果の四分の一未満である。この結果は、ほぼ平坦な折れ線グラフ902(ノズル全体にわたる、意図的に変えた液滴サイズを示す)と、比較的急な山形の折れ線グラフ904(1つの印字ヘッドの液滴サイズを表す)とを比較させて図9にグラフ状に表されている。

30

【0023】

図10及び図11は、ムラ効果を回避するための付加的又は別の方法を示す。製造中のカラーフィルタ1000の拡大図が示されている。印字ヘッド1002は基板1004上方に位置した状態で示されており、基板1004をY軸指示によって示されるY方向で印字ヘッド1002下方に移動すると、印字ヘッド1002のノズル1006が整列してカラーフィルタ1000のサブピクセルウェル1008にインクが堆積される。各目標サブピクセルウェル1008内において、一連の液滴着地位置1010、1012は相互に繋いだ点によって表されている。

40

【0024】

図10のカラーフィルタ1000は、プリンタの精度に照らし、インクをピクセルウェル1008の中心に可能な限り近接させて堆積する従来の方法を用いて製造されている。しかしながら、インク液滴着地位置オフセットMによって示されるように、サブピクセルウェル1008の一部の列における誤差(例えば、公差範囲内である $\pm 10\mu\text{m}$)には目に見えるムラ効果につながるものもでることが予測される。

【0025】

対照的に、図11のカラーフィルタ1000は、本発明の実施形態によって製造されて

50

いる。インクを各サブピクセルの絶対横中心に直列に堆積しようとする代わりに、図 1 1 の液滴着地位置 1 0 1 2 によって示されるように、ピクセルウェル 1 0 0 8 にインク液滴を様々な横位置（例えば、固有の $\pm 10 \mu\text{m}$ 誤差に加えて $\pm 10 \mu\text{m}$ ）に堆積することを目標とする。

【0026】

一部の実施形態において、液滴サイズと同様に、液滴着地位置をランダムに、あるいは例えば図 1 1 に描かれる正弦曲線等の関数に基づいて変化させてもよい。液滴着地位置 1 0 1 2 の変動は、印刷中に印字ヘッド位置を変化させること及び／又は印刷中に基板の位置を横方向に（例えば、印刷方向と直角に）移動させることによって達成してもよい。一部の実施形態において、印字ヘッド 1 0 0 2 をステージ（基板を支持する台）又は基板位置の関数として、あるいは時間の関数として移動させてもよい。例えば、基板をステージによって印刷方向に移動させるにつれ、印字ヘッドをステージ位置に応じて、あるいは所定の周期、定数、変数に基づいて継続的に移動させる。例えば、フィルタ 1 0 0 0 を印刷しながら（Y 方向に向かって）、印字ヘッド 1 0 0 2 を X 方向に公称目標位置から ± 5 から $20 \mu\text{m}$ で継続的に移動させる。印字ヘッド位置決め機構に連結された乱数発生器を用いて、所定の範囲内の $\pm X$ 方向移動変化量を継続的に選択してもよい。一部の実施形態においては、印字ヘッド 1 0 0 2 の位置は、液滴ごとに（例えば、 20KHz ）、液滴群ごとに（例えば、 $\sim 800 \text{Hz}$ から 20KHz ）、各ピクセルごとに（例えば、 ~ 500 から $\sim 800 \text{Hz}$ ）、及び／又はピクセル群ごとに（例えば、各 5 から 10 ピクセル、50 から 60Hz ）に変化させてもよい。インクジェットプリンタを用いた、液滴サイズと位置を変化させるための様々な方法は、参照することにより以前に本願に組み込んだ上述の文献に詳細に記載されている。一部の実施形態においては、サーボモータ又は圧電アクチュエータを用いて、印刷中に、印字ヘッド及び／又は基板／ステージの位置変化を正確に生じさせてもよい。別の実施形態においては、印字ヘッド 1 0 0 2 を高周波及び／又は可変周波数で振動させて、位置変化を比較的ランダムに発生させてもよい。

【0027】

図 1 2 に示されるように、一部の実施形態において、本発明による液滴サイズ変化法及び位置変化法の双方を同時に用いてもよい。2 つの方法を組み合わせることにより、ムラ効果の発生傾向を最低限に抑えるのに最適な液滴サイズ量及び／又は液滴位置変化量を見つけてもよい。

【0028】

上記説明は本発明の特定の実施形態のみを開示したものであり、上記で開示の方法及び装置を本発明の範囲内で改良したものは当業者には明らかである。例えば、いかなる種類のインク又はカラーフィルタ材料を用いてどの種類又はサイズのカラーフィルタの作成にも本発明は使用し得ることを当業者は理解し得る。従って、本発明はその特定の実施形態に関連して開示されたが、特許請求の範囲によって定義されるように、他の実施形態も本発明の精神と範囲に含まれることを理解しなくてはならない。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図 1】理想的なカラーフィルタの一例の拡大図である。

【図 2】ムラ不整を示す矢印を有するカラーフィルタの平面図の一例の拡大図である。

【図 3】ムラ不整を示すフラットパネルディスプレイの出力の図例である。

【図 4】ムラ不整のある 2 列のピクセルの斜視図である。

【図 5】ムラ不整のない 2 列のピクセルの斜視図である。

【図 6 A】～

【図 7 B】図 4 及び 5 の例を各々作成するために使用した実際値を表す表である。

【図 8】ピクセルあたりのインク容量の標準偏差が、本発明により液滴サイズに差をつけることによって低減されることを示す表である。

【図 9】ピクセルあたりのインク堆積の標準偏差が、本発明により液滴サイズに差をつけることによって低減されることを示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図 10】 製造中のカラーフィルタの拡大図である。

【図 11】 本発明の方法に従って製造されるカラーフィルタの拡大図である。

【図 12】 本発明の方法に従って製造されたカラーフィルタの一例の拡大図である。

【図 1】

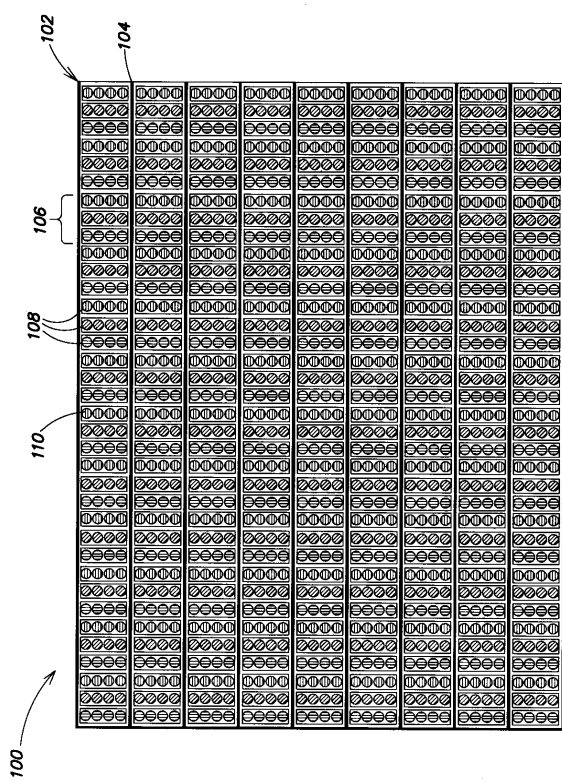


FIG. 1

【図 2】

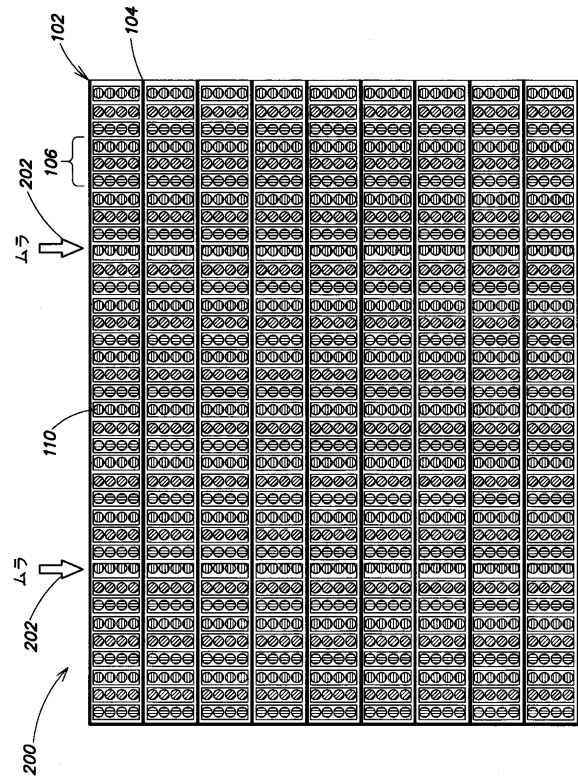


FIG. 2

【図 6 B】

容量誤差 ± 10% の標準インク液滴

ピクセル	bR2				bG2				bB2			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	122.5	22.5	22.5	90.0	1	26	26
2	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	22.5	22.5	22.5	90.0	2	26	26
3	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	32.5	22.5	22.5	90.0	3	26	26
4	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	42.5	22.5	22.5	90.0	4	26	26
5	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	52.5	22.5	22.5	90.0	5	26	26
6	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	62.5	22.5	22.5	90.0	6	26	26
7	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	72.5	22.5	22.5	90.0	7	26	26
8	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	82.5	22.5	22.5	90.0	8	26	26
9	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	92.5	22.5	22.5	90.0	9	26	26
10	27.5	27.5	27.5	27.5	110.0	102.5	22.5	22.5	90.0	10	26	26

FIG. 6B

【図 7 B】

容量誤差 ± 10% の ± 10% ランダム化インク液滴

ピクセル	bR2				bG2				bB2			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	20.0	25.0	30.0	30.0	105.0	1	20.0	25.0	30.0	30.0	30.0	105.0
2	20.0	20.0	20.0	80.0	2	30.0	20.0	20.0	90.0	2	30.0	20.0
3	20.0	20.0	20.0	20.0	80.0	3	20.0	20.0	20.0	90.0	3	20.0
4	30.0	20.0	25.0	20.0	95.0	4	30.0	30.0	30.0	120.0	4	30.0
5	20.0	25.0	20.0	20.0	85.0	5	25.0	20.0	25.0	30.0	100.0	30.0
6	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0	6	30.0	20.0	25.0	20.0	90.0	90.0
7	20.0	30.0	30.0	30.0	110.0	7	30.0	30.0	20.0	100.0	7	20.0
8	25.0	20.0	30.0	20.0	95.0	8	20.0	20.0	20.0	80.0	8	20.0
9	20.0	30.0	25.0	20.0	95.0	9	30.0	20.0	30.0	20.0	105.0	105.0
10	30.0	30.0	30.0	20.0	110.0	10	25.0	20.0	30.0	30.0	30.0	110.0

FIG. 7B

【図 7 A】

容量誤差 ± 10% の ± 10% ランダム化インク液滴

ピクセル	bR1				bG1				bB1			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	100.0	95.0	95.0	105.0	85.0	100.0	100.0	100.0	1	20.0	20.0	25.0
2	90.0	95.0	100.0	80.0	90.0	100.0	100.0	100.0	2	20.0	20.0	30.0
3	100.0	90.0	100.0	80.0	90.0	100.0	100.0	100.0	3	25.0	25.0	25.0
4	115.0	105.0	90.0	95.0	120.0	105.0	105.0	105.0	4	25.0	20.0	25.0
5	120.0	120.0	85.0	85.0	100.0	90.0	90.0	90.0	5	30.0	30.0	30.0
6	90.0	95.0	95.0	95.0	95.0	90.0	90.0	90.0	6	20.0	20.0	25.0
7	85.0	110.0	105.0	110.0	100.0	100.0	100.0	100.0	7	20.0	20.0	25.0
8	105.0	100.0	90.0	95.0	80.0	105.0	105.0	105.0	8	20.0	20.0	25.0
9	100.0	85.0	100.0	100.0	100.0	105.0	105.0	105.0	9	20.0	25.0	25.0
10	105.0	90.0	105.0	110.0	105.0	110.0	110.0	110.0	10	25.0	25.0	25.0

FIG. 7A

【図 8】

800

サイズ (μm)	1 印字ヘッド		2 印字ヘッド		3 印字ヘッド	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
最大	42	3.50%	42	3.50%	42	3.50%
最小	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735	42.735
平均	41.927	41.952	41.952	41.954	41.954	42.009
最大	42.653	42.531	42.531	42.584	42.584	42.222
最小	41.266	41.494	41.494	41.496	41.496	41.749
中央値	41.871	41.978	41.978	41.971	41.971	42.009
平均偏差	0.381	0.196	0.196	0.205	0.205	0.072
標準偏差	0.432	0.239	0.239	0.241	0.241	0.092

FIG. 8

【図 9】

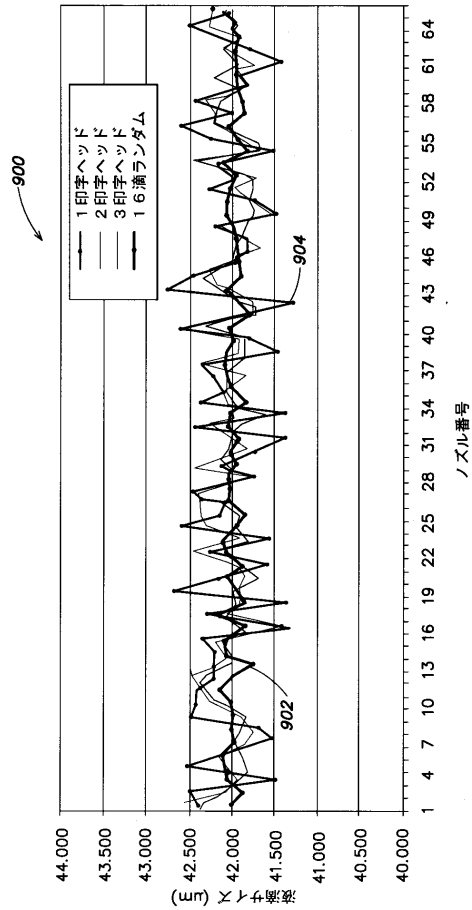


FIG. 9

【図 10】

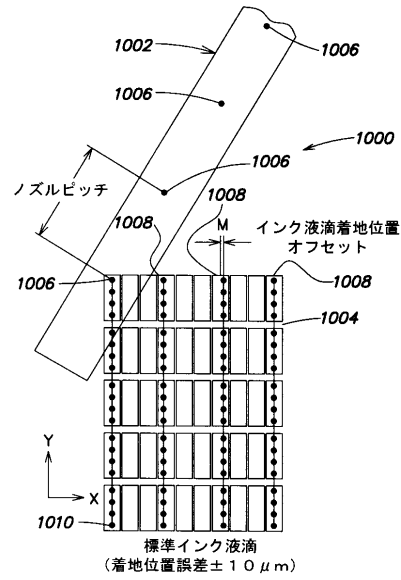


FIG. 10

【図 11】

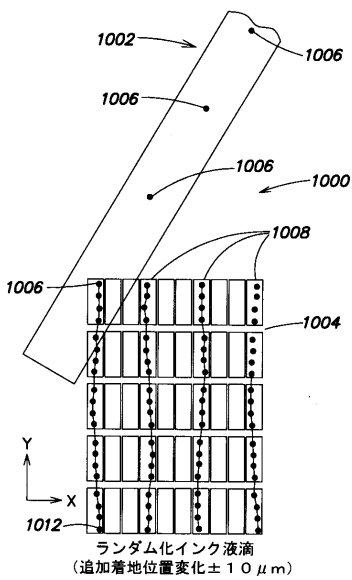


FIG. 11

【図 12】

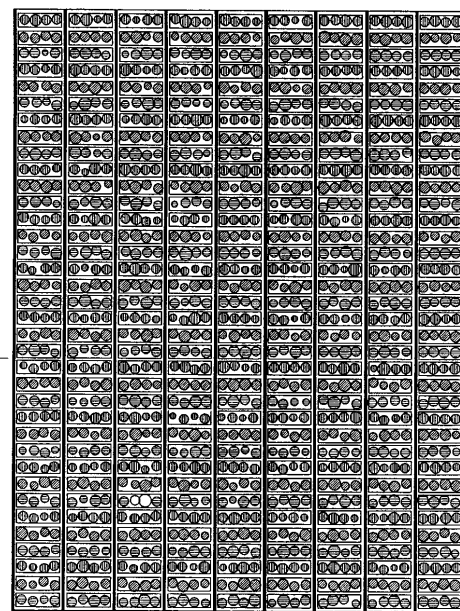


FIG. 12

フロントページの続き

(72)発明者 バッサム シヤマウン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フリーモント ピマ ストリート 4 7 6 5 2

F ターム(参考) 2H048 BA02 BA11 BA55 BA64 BB42

4D075 AC07 AC84 AC88 AC93 DC24

4F041 AA02 AA05 AB01 BA10 BA13 BA34

4F042 AA02 AA06 AA10 BA12 BA27 CB03 CB07

【外国語明細書】

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

Title of the Invention

METHODS AND APPARATUS FOR REDUCING
IRREGULARITIES IN COLOR FILTERS

5

The present application claims priority to U.S. Provisional Patent Application 60/771,284, filed February 7, 2006 and entitled "Methods And Apparatus For Reducing Irregularities In Color Filters" which is hereby incorporated
10 herein by reference in its entirety for all purposes.

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

The present application is related to the following
15 commonly-assigned, co-pending U.S. Patent Applications, which are hereby incorporated herein by reference in their entirety for all purposes:

U.S. Patent Application Serial No. 11/061,120, filed February 18, 2005 and entitled "Methods And Apparatus For
20 Precision Control Of Print Head Assemblies" (Attorney Docket No. 9769), and

U.S. Patent Application Serial No. 11/238,632, filed September 29, 2005 and entitled "Methods And Apparatus For Inkjet Printing Color Filters For Displays" (Attorney Docket
25 No. 9521-5/P01).

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates generally to
30 electronic device fabrication methods, and is more

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

particularly concerned with the manufacture of color filters for flat panel displays.

5 BACKGROUND OF THE INVENTION

The flat panel display industry has been attempting to employ inkjet printing to manufacture display devices, in particular, color filters. One problem with effective employment of inkjet printing is that it is difficult to
10 inkjet ink or other material accurately and precisely on a substrate while having high throughput. Accordingly, there is a need for improved methods and apparatus for efficiently printing using inkjet heads on a substrate.

15

SUMMARY OF THE INVENTION

In an aspect of the invention, a method is provided in which an ink drop is deposited on a substrate within a pixel well and the size of a subsequent ink drop deposited in
20 the pixel well is intentionally varied. The varied size is chosen randomly to prevent an occurrence of a mura irregularity.

In another aspect of the invention, a method is provided in which an ink drop is deposited on a substrate
25 within a pixel well and the relative position of a subsequent ink drop deposited in the pixel well is intentionally varied. The varied position is chosen randomly to prevent an occurrence of a mura irregularity.

In yet another aspect of the invention, a method is
30 provided including depositing a plurality of ink drops on a

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

substrate within a column of pixel wells; and intentionally varying a size of the ink drops deposited in the pixel wells.

In yet another aspect of the invention, an apparatus is provided including a print head adapted to deposit a
5 plurality of ink drops on a substrate within a column of pixel wells; and a controller adapted to vary a size of the ink drops deposited in the pixel wells by the print head.

In yet another aspect of the invention, a method is provided including depositing a plurality of ink drops on a
10 substrate within a column of pixel wells; and intentionally varying a relative lateral position of the ink drops deposited in the pixel wells.

In yet another aspect of the invention, an apparatus is provided including a print head adapted to deposit a
15 plurality of ink drops on a substrate within a column of pixel wells; and a controller adapted to vary a relative lateral position of the ink drops deposited in the pixel wells by the print head.

Other features and aspects of the present invention
20 will become more fully apparent from the following detailed description of exemplary embodiments, the appended claims and the accompanying drawings.

25 BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

Figure 1 is a magnified representation of an example of an ideal color filter.

Figure 2 is a magnified representation of an example of a plan view of color filter with arrows indicating mura
30 irregularities.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

Figure 3 is an example representation of the output of a flat panel display exhibiting mura irregularities.

Figure 4 is a perspective view representation of two columns of pixels with a mura irregularity.

5 Figure 5 is a perspective view representation of two columns of pixels without a mura irregularity.

Figures 6A, 6B, 7A and 7B include tables that depict the actual values used to create the examples in Figs. 4 and 5, respectively.

10 Figure 8 is a table that illustrates that the standard deviation of ink volume per pixel is reduced by introducing a variation to drop size according to the present invention.

15 Figure 9 is a graph that illustrates that the standard deviation of ink volume per pixel is reduced by introducing a variation to drop size according to the present invention.

Figure 10 is a representation of magnified color filter being manufactured.

20 Figure 11 is a representation of magnified color filter being manufactured according to methods of the present invention.

Figure 12 is a magnified representation of an example of a color filter manufactured according to methods of
25 the present invention.

DETAILED DESCRIPTION

The present invention provides systems and methods
30 for eliminating an error condition that may occur in the

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

manufacture of color filters for flat panel displays. The error condition results from a phenomena that may occur when an inkjet printer is used to precisely deposit ink, or other materials, onto a substrate to form a color filter. Due to
5 mechanical and electrical accuracy limitations, the volume and positioning of ink drops jetted onto a substrate may be uniformly off from the ideal target size and/or location such that even though the printer depositing the ink is operating within tolerances, the cumulative effect of repeating the same
10 small error for each drop becomes a visible irregularity to a naked human eye viewing a flat panel display with a color filter manufactured using an inkjet printer. In other words, even if ink drops are consistently deposited within tolerances such that only imperceptible variations from the ideal occur
15 for each and every individual drop, a series of drops that are uniformly so disposed may collectively create a perceptible irregularity. This error may be referred to as a mura irregularity or effect. Mura is a transliterated term from Japanese and has no apparent English equivalent.

20 The present invention provides methods and apparatus for printing color filters without creating mura irregularities in flat panel displays. In accordance with the present invention, the amount of variation that occurs in depositing ink drops on a substrate is intentionally increased
25 (e.g., from the minimum amount of variation defined by the maximum accuracy capability of the printer) so that discernible, repeating uniformity in drop position and/or size is avoided in adjacent pixels or sets of pixels.

Turning to Fig. 1, a magnified representation of an
30 example of an ideal color filter 100 is depicted. The color

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

filter 100 includes a substrate 102 with an array of pixels defined by black matrix material 104. Each pixel 106 includes three different color (e.g., red, green, blue) sub-pixel wells 108 that are each filled with a series of ink drops 110. In
5 the example shown, four drops of ink 110 have been deposited in a column in each sub-pixel well 108. During manufacture, the substrate 102 was moved on a stage, driven by an X-Y table, below a print head (not shown) disposed above the substrate 102. The print head deposited four drops of ink in each sub-
10 pixel well 108.

The color filter 100 depicted in Fig. 1 is a representation of a plan view of an ideal color filter wherein each sub-pixel 108 includes drops 110 of an identical size that have been deposited in a column exactly in the center of
15 each of the sub-pixel wells 108. Ideal sizing and placement of ink drops can be difficult to achieve. Various factors including electrical cross-talk between the signals used to trigger individual print head nozzles to jet ink can cause drop size variations. Among other things, mechanical error in
20 the alignment of print head nozzles as well as the X-Y table (stage) may contribute to positioning error. While these types of errors may be corrected to a large extent, it may be difficult and/or cost prohibitive, for example, to adjust a fire pulse voltage signal for each nozzle (which controls drop
25 size) to have less than a threshold percentage error tolerance or to improve the drop landing accuracy to less than +/- a threshold distance. As an example, the current generation of inkjet printers manufactured by Applied Materials is able to control fire pulse voltage to within a 1% tolerance which may
30 result in a +/- 10% volume error and drop landing accuracy to

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

within +/- 5um. While these accuracy thresholds or tolerances consistently land properly sized drops within target pixel wells, these tolerances may not be sufficient to avoid creating a mura irregularity.

5 Turning to Fig. 2, a magnified representation of an example of a plan view of color filter 200 with arrows indicating mura irregularities 202 is depicted. Note that the drops 100 are all positioned and sized to fit within their respective pixel wells 106, in other words, within tolerances.
10 Despite being within tolerance, mura irregularities may occur, for example, where several drops within a column of sub-pixel wells are displaced slightly off center within their respective sub-pixel wells. Fig. 3 depicts an example representation of the output of a flat panel display 300
15 exhibiting mura irregularities 302 while displaying a field of solid white. Note that lines are visible where the mura irregularities exist.

 Fig. 4 is a perspective view representation of two columns of pixels, each with three sub-pixels. The height of
20 each sub-pixel represents a total amount of ink that was deposited within the sub-pixel. Note that where the arrow indicates a mura irregularity, the adjacent columns of sub-pixels consistently have a relatively large variation in the amount of ink between the two columns. The effect results
25 from a consistently reduced and/or increased amount of ink being deposited in a column next to a column with a nominal amount of ink. The problem can be aggravated by having a reduced ink column adjacent an increased ink column. Thus, either the consistently offset ink drops depicted in the
30 example of Fig. 2 or the consistently reduced (or increased)

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

ink quantities depicted in Fig. 4 may result in the visible mura effect shown in Fig. 3. Further, the combination of consistently offset drops and consistently reduced or increased amount of ink may create a cumulative visible mura irregularity even where only one of these situations might not have resulted in a visible mura effect.

Counter intuitively, the present invention solves the problem of mura irregularities by increasing the nominal error tolerances of the inkjet printer. In other words, instead of attempting to reduce error tolerances below whatever thresholds at which the printer was designed to operate, the present invention varies the target drop size and/or drop position to prevent the repetition of the same small error in a series of drops that would otherwise become visible as a mura irregularity. Fig. 5 is a perspective view representation of two columns of pixels, each with three sub-pixels. As with Fig. 4, the height of each sub-pixel represents a total amount of ink that was deposited within the respective sub-pixel. Note that there is an increased amount of variation of ink quantity between different sub-pixels and thus, there is no consistent series of reduced (or increased) amounts of ink in any of the columns. This variation of drop size may therefore be used to avoid creating visible mura effects related to drop size and/or drop position.

Figs. 6A, 6B, 7A and 7B are tables that show the actual values used to create the examples in Figs. 4 and 5, respectively. The summary tables 600, 700 include the total quantity of ink values plotted in Figs. 4 and 5, respectively. These values were calculated using the example randomly generated drop size data shown in the source tables 602, 604,

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

702, 704. In this example, each pixel (sub-pixel) is filled with four drops represented by the drop sizes listed under the "1", "2", "3", and "4" headings in the tables 602, 604, 702, 704. The value listed under the pixel identification heading (e.g., aR1, aG1, aB1, etc.) is the sum of the four drop sizes (e.g., the total quantity) deposited into the respective sub-pixel. The total quantity values are feed into their respective position in the summary tables 600, 700.

When generated, the example random drop size data in Figs. 6A and 6B was constrained to be within +/- 10 percent of the ideal/target value. Thus, with a target value of 25 pl, the individual drop sizes can range from 22.5 pl to 27.5 pl but they are consistent within a given column of sub-pixels. This consistency is because the same print head nozzle is used for depositing ink into a given column of sub-pixels and the error remains the same from same size drop to drop. In contrast, example randomly generated drop size data in Figs. 7A and 7B was varied by +/- 10 percent for a given column of sub-pixels (e.g., for a given print head nozzle) with a +/- 10 percent volume error. This results in a total nominal error of +/- 20 percent such that individual drops can range from 20 pl to 30 pl but they vary within a given column of sub-pixels. Note that, unlike in the case of repeating that same drop size, at different drop sizes the amount of error may vary from differently sized drop to drop. Further note that these values and ranges are merely provided as examples and that many different values and ranges could be used. Various methods of varying drop size and position are described in detail in the documents previously incorporated by reference listed above.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

As can be seen from the summary table 700 in Fig. 7A compared to the summary table 600 of Fig. 6A, by increasing the nominal error, the amount of variation in drop size is increased. As shown in the plots of the summary tables 600, 5 700, in Figs. 4 and 5, this variation may be used to avoid creating visible mura effects.

Turning to Figs. 8 and 9, a table and graph are provided respectively that illustrate that the standard deviation of ink volume per pixel is reduced by introducing a 10 variation to drop size according to the present invention. In the example depicted in the table 800 of Fig. 8, the nominal drop size is 42 μm in diameter. The error is 3.5% and thus, the range of drop sizes can vary from 41.265 μm to 42.735 μm . The table 800 shows that a nozzle of one print head will on 15 average deposit 41.927 μm drops (in, for example, a 16 drop sub-pixel) with a standard deviation of 0.432 from column to column (e.g., print pass to print pass). However, by intentionally varying the drop size of the sixteen drops that are to be deposited in each pixel, the average drop size is 20 42.009 with a standard deviation of 0.092 which is less than one quarter of the one print head result. This result is graphically depicted in Fig. 9 by comparison of the substantially flatter line plot 902 (which represents the intentionally varied drop size across the nozzles) versus the 25 relatively spiky line plot 904 (which represents the drop sizes of one print head).

Turning to Figs. 10 and 11, an additional or alternative method of avoiding mura effects is depicted. Representations of magnified color filters 1000 are shown 30 being manufactured. Print heads 1002 are shown positioned

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

above the substrates 1004 such that the nozzles 1006 of the print heads 1002 are aligned to deposit ink into the sub-pixel wells 1008 of the color filters 1000 when the substrates 1004 are moved under the print heads 1002 in the Y-direction

5 indicated by the Y-axis reference. Within each target sub-pixel well 1008, a series of drop landing positions 1010, 1012 are indicated by interconnected dots.

The color filter 1000 of Fig. 10 is being manufactured using a conventional method of depositing ink as close to the center of the pixel wells 1008 as possible given the accuracy of the printer. However, as shown by the ink drop landing position offset M, some error (e.g., $\pm 10\mu\text{m}$, an amount within tolerances) in some columns of sub-pixel wells 1008 can be expected such that a visible mura effect may
15 result.

In contrast, the color filter 1000 of Fig. 11 is shown being manufactured according to embodiments of the present invention. Instead of attempting to deposit ink in a straight column in the absolute lateral center of each of the sub-pixels, the ink drops are targeted to be deposited at
20 varying lateral positions (e.g., $\pm 10\mu\text{m}$ in addition to the inherent $\pm 10\mu\text{m}$ of error) within the pixel wells 1008 as shown by the drop landing positions 1012 in Fig. 11.

In some embodiments, as with drop size, the drop landing positions may be varied randomly or they may be varied based upon a function, such as for example, a sine curve as depicted in Fig. 11. Varying the drop landing positions 1012 may be achieved by varying the print head position during printing and/or by shifting the substrate's position laterally
30 (e.g., perpendicular to the printing direction) during

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

printing. In some embodiments, the print head 1002 may be moved as a function of the stage (the table supporting the substrate) or the substrate position, or as a function of time. For example, as the substrate is moved by the stage in the print direction, the print head may be continuously shifted laterally depending on the stage position or based some predetermined frequency, constant or variable. For example, the print head 1002 may be continuously moved in the X-direction +/- 5 to 20 μ m from the nominal target position while the filter 1000 is being printed (in the Y-direction). A random number generator coupled to the print head positioning mechanism may be used to continuously select the amounts of +/- X-direction movement variation within the predefined range. In some embodiments, the position of the print head 1002 may be changed with every drop (e.g., 20 KHz), with groups of drops (e.g., ~800 Hz to 20 KHz), with each pixel (e.g., ~500 to ~800 Hz), and/or with groups of pixels (e.g., every 5 to 10 pixels, 50 to 60 Hz). Various methods of varying drop size and position using an inkjet printer are described in detail in the documents previously incorporated by reference listed above. In some embodiments a servo motor or piezoelectric actuator may be employed to accurately generate the position variations of the print head and/or substrate/stage during printing. In other embodiments, the print head 1002 may be vibrated at a high frequency and/or variable frequency to relatively randomly generate the position variations.

As depicted in Fig. 12, in some embodiments, both drop size variation and position variation methods of the present invention may be concurrently employed. Combinations of the two methods may be used to find an optimal amount of drop size

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

and/or drop position variation to minimize the likelihood of creating a mura effect.

- The foregoing description discloses only particular embodiments of the invention; modifications of the above
- 5 disclosed methods and apparatus which fall within the scope of the invention will be readily apparent to those of ordinary skill in the art. For instance, it will be understood that the invention also may be employed with any type of ink or color filter material to make any type or size color filter.
- 10 Accordingly, while the present invention has been disclosed in connection with specific embodiments thereof, it should be understood that other embodiments may fall within the spirit and scope of the invention, as defined by the following claims.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

Claims

1. A method comprising:
depositing a plurality of ink drops on a substrate within
5 a column of pixel wells; and
intentionally varying a size of the ink drops deposited
in the pixel wells.
2. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is
10 varied randomly to prevent an occurrence of a mura
irregularity.
3. The method of claim 1 wherein a nominal tolerance of the
size of the ink drops is increased to prevent an occurrence of
15 a mura irregularity.
4. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is
varied based on a function of a position of the substrate.
- 20 5. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is
varied based on a function of time.
6. The method of claim 1 further including intentionally
varying a relative lateral position of the ink drops deposited
25 in the pixel wells.
7. The method of claim 6 wherein intentionally varying a
relative lateral position of the ink drops includes varying a
lateral position of a print head during printing.

30

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

8. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is varied between each ink drop.
9. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is
5 varied between groups of ink drops.
10. The method of claim 1 wherein the size of the ink drops is varied between pixel wells.
- 10 11. An apparatus comprising:
a print head adapted to deposit a plurality of ink drops on a substrate within a column of pixel wells; and
a controller adapted to vary a size of the ink drops deposited in the pixel wells by the print head.
- 15 12. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops randomly to prevent an occurrence of a mura irregularity.
- 20 13. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to increase a nominal tolerance of the size of the ink drops to prevent an occurrence of a mura irregularity.
- 25 14. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops based on a function of a position of the substrate.
- 30 15. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops based on a function of time.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

16. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary a relative lateral position of the ink drops deposited in the pixel wells by varying a lateral position of a print head during printing.

5

17. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops between each ink drop.

10

18. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops between groups of ink drops.

15

19. The apparatus of claim 11 wherein the controller is adapted to vary the size of the ink drops between pixel wells.

20. A method comprising:

depositing a plurality of ink drops on a substrate within a column of pixel wells; and

intentionally varying a relative lateral position of the ink drops deposited in the pixel wells.

25

21. The method of claim 20 wherein the relative lateral position of the ink drops is varied randomly to prevent an occurrence of a mura irregularity.

30

22. The method of claim 20 wherein a nominal tolerance of the relative lateral position of the ink drops is increased to prevent an occurrence of a mura irregularity.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

23. The method of claim 20 wherein the relative lateral position of the ink drops is varied based on a function of a position of the substrate.
- 5
24. The method of claim 20 wherein the relative lateral position of the ink drops is varied based on a function of time.
- 10 25. The method of claim 20 further including intentionally varying a size of the ink drops deposited in the pixel wells.
26. The method of claim 25 wherein intentionally varying a size of the ink drops includes varying a volume of ink jetted
- 15 by a print head during printing.
27. The method of claim 20 wherein the relative lateral position of the ink drops is varied between each ink drop.
- 20 28. The method of claim 20 wherein the relative lateral position of the ink drops is varied between groups of ink drops.
29. The method of claim 20 wherein the relative lateral
- 25 position of the ink drops is varied between pixel wells.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

30. An apparatus comprising:

a print head adapted to deposit a plurality of ink drops
on a substrate within a column of pixel wells; and

a controller adapted to vary a relative lateral position
5 of the ink drops deposited in the pixel wells by the print
head.

31. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
adapted to vary the relative lateral position of the ink drops
10 randomly to prevent an occurrence of a mura irregularity.

32. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
adapted to increase a nominal tolerance of the relative
lateral position of the ink drops to prevent an occurrence of
15 a mura irregularity.

33. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
adapted to vary the relative lateral position of the ink drops
based on a function of a position of the substrate.
20

34. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
adapted to vary the relative lateral position of the ink drops
based on a function of time.

25 35. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
adapted to vary a size of the ink drops deposited in the pixel
wells by varying a volume of ink jetted by a print head during
printing.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

36. The apparatus of claim 30 wherein the controller is adapted to vary the relative lateral position of the ink drops between each ink drop.

5 37. The apparatus of claim 30 wherein the controller is adapted to vary the relative lateral position of the ink drops between groups of ink drops.

38. The apparatus of claim 30 wherein the controller is
10 adapted to vary the relative lateral position of the ink drops between pixel wells.

10899/DISPLAY/INKJET/RKK

Abstract of the Disclosure

1 Abstract

Methods, apparatus and systems are disclosed for printing color filters for flat panel displays and avoiding mura effects by depositing a plurality of ink drops on a substrate within a column of pixel wells and intentionally varying the size and/or the relative lateral position of the ink drops deposited in the pixel wells. Numerous other aspects are disclosed.

10

2 Representative Drawing

FIG. 11

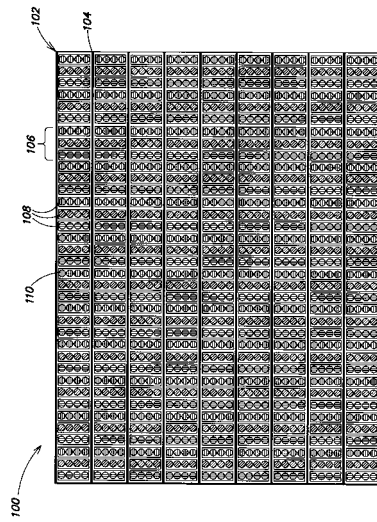


FIG. 1

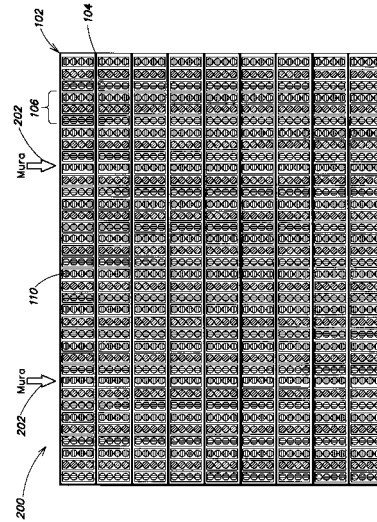


FIG. 2

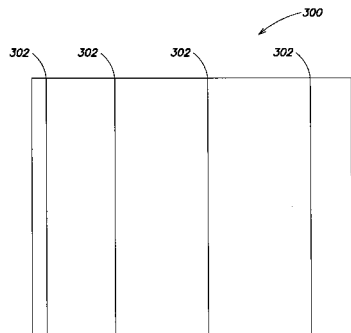


FIG. 3

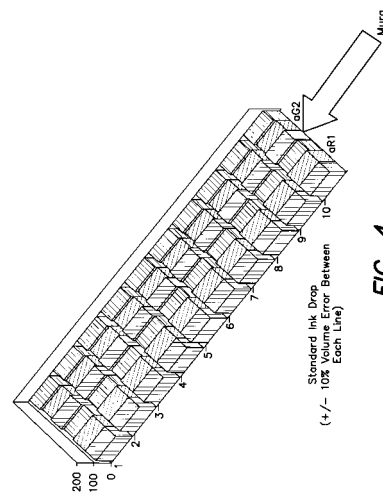


FIG. 4

Standard Ink Drop with $\pm 10\%$ Volume Error

Pixel	1	2	3	4	Ar2	Pixel	1	2	3	4	Ar2
1	27.5	27.5	27.5	110.0	1	22.5	22.5	22.5	90.0	1	26
2	27.5	27.5	27.5	110.0	2	22.5	22.5	22.5	90.0	2	26
3	27.5	27.5	27.5	110.0	3	22.5	22.5	22.5	90.0	3	26
4	27.5	27.5	27.5	110.0	4	22.5	22.5	22.5	90.0	4	26
5	27.5	27.5	27.5	110.0	5	22.5	22.5	22.5	90.0	5	26
6	27.5	27.5	27.5	110.0	6	22.5	22.5	22.5	90.0	6	26
7	27.5	27.5	27.5	110.0	7	22.5	22.5	22.5	90.0	7	26
8	27.5	27.5	27.5	110.0	8	22.5	22.5	22.5	90.0	8	26
9	27.5	27.5	27.5	110.0	9	22.5	22.5	22.5	90.0	9	26
10	27.5	27.5	27.5	110.0	10	22.5	22.5	22.5	90.0	10	26

FIG. 6B

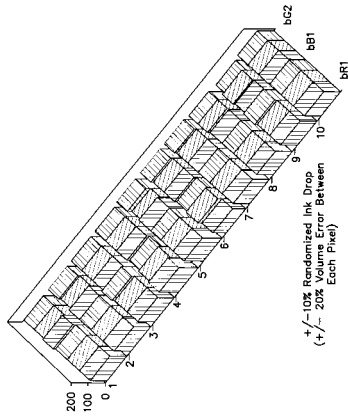


FIG. 5

Standard Ink Drop with $\pm 10\%$ Volume Error

Pixel	1	2	3	4	bR1	bR2	bR3	Pixel	1	2	3	4	bR1
1	100.0	95.0	95.0	105.0	85.0	105.0	1	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0
2	100.0	95.0	100.0	80.0	90.0	100.0	2	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	100.0
3	100.0	95.0	100.0	80.0	90.0	100.0	3	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	100.0
4	115.0	105.0	90.0	95.0	120.0	105.0	4	25.0	20.0	20.0	25.0	30.0	90.0
5	100.0	95.0	95.0	105.0	85.0	105.0	5	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0
6	100.0	95.0	95.0	105.0	85.0	105.0	6	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0
7	85.0	110.0	105.0	110.0	100.0	100.0	7	30.0	20.0	25.0	30.0	105.0	90.0
8	105.0	100.0	90.0	95.0	120.0	105.0	8	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	105.0
9	100.0	95.0	100.0	80.0	90.0	100.0	9	20.0	20.0	20.0	25.0	30.0	100.0
10	105.0	90.0	105.0	110.0	105.0	110.0	10	25.0	25.0	25.0	30.0	105.0	90.0

FIG. 7A

FIG. 7B

FIG. 7A

Standard Ink Drop with $\pm 10\%$ Volume Error

Pixel	1	2	3	4	Ar1	Ar2	Ar3	Pixel	1	2	3	4	Ar1
1	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	1	25	25	25	100.0	1	22.5
2	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	2	25	25	25	100.0	2	22.5
3	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	3	25	25	25	100.0	3	22.5
4	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	4	25	25	25	100.0	4	22.5
5	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	5	25	25	25	100.0	5	22.5
6	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	6	25	25	25	100.0	6	22.5
7	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	7	25	25	25	100.0	7	22.5
8	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	8	25	25	25	100.0	8	22.5
9	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	9	25	25	25	100.0	9	22.5
10	95.0	100.0	90.0	110.0	90.0	104.0	10	25	25	25	100.0	10	22.5

FIG. 6A

FIG. 6B

FIG. 6A

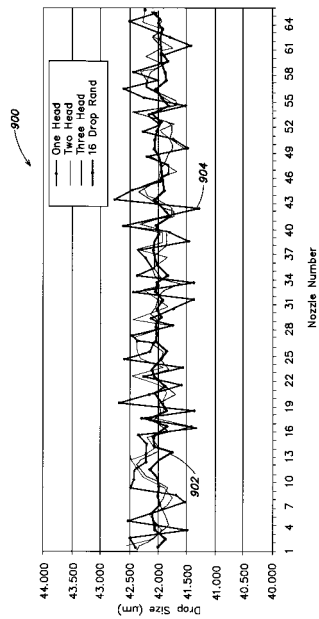


FIG. 9

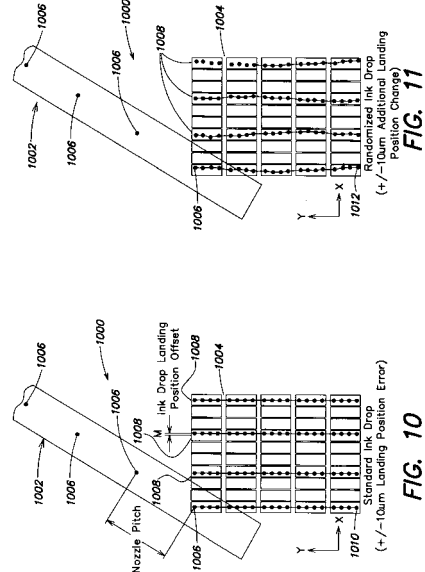


FIG. 10

FIG. 11

704

±10% Randomized Ink Drop with +/- 10% Volume Error

Pixel	1	2	3	4	bR2	Pixel	1	2	3	4	bR2	Pixel	1	2	3	4	bR2
1	20.0	25.0	30.0	30.0	105.0	1	20.0	20.0	25.0	25.0	85.0	1	20.0	25.0	30.0	30.0	105.0
2	20.0	25.0	30.0	30.0	105.0	2	20.0	20.0	25.0	25.0	85.0	2	20.0	20.0	25.0	25.0	85.0
3	20.0	20.0	20.0	20.0	80.0	3	20.0	20.0	20.0	20.0	90.0	3	25.0	20.0	30.0	25.0	100.0
4	30.0	20.0	25.0	20.0	95.0	4	30.0	30.0	30.0	30.0	120.0	4	30.0	25.0	20.0	30.0	105.0
5	20.0	25.0	20.0	20.0	85.0	5	25.0	20.0	25.0	30.0	100.0	5	20.0	20.0	20.0	30.0	90.0
6	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0	6	30.0	20.0	25.0	20.0	95.0	6	25.0	20.0	25.0	20.0	90.0
7	20.0	20.0	25.0	30.0	95.0	7	20.0	20.0	25.0	20.0	85.0	7	20.0	20.0	25.0	20.0	85.0
8	25.0	20.0	30.0	20.0	95.0	8	20.0	20.0	20.0	20.0	80.0	8	20.0	30.0	25.0	30.0	105.0
9	20.0	30.0	25.0	20.0	95.0	9	30.0	20.0	20.0	20.0	100.0	9	20.0	30.0	30.0	25.0	105.0
10	30.0	30.0	30.0	20.0	110.0	10	25.0	20.0	30.0	30.0	105.0	10	20.0	30.0	30.0	30.0	110.0

FIG. 7B

800

Size (μm)	One Head	Two Head	Three Head	16 Drop Rand
Ave	42	Averaging	Averaging	42
Error	3.50%	3.50%	3.50%	3.50%
Max	42.735	42.735	42.735	42.735
Min	41.265	41.265	41.265	41.265
Ave	41.927	41.952	41.954	42.009
Max	42.553	42.531	42.584	42.222
Min	41.286	41.494	41.496	41.749
Ave Dev	0.381	0.196	0.197	0.052
Std Dev	0.432	0.239	0.241	0.092

FIG. 8

0001	0002	0003	0004	0005	0006	0007	0008
0009	0010	0011	0012	0013	0014	0015	0016
0017	0018	0019	0020	0021	0022	0023	0024
0025	0026	0027	0028	0029	0030	0031	0032
0033	0034	0035	0036	0037	0038	0039	0040
0041	0042	0043	0044	0045	0046	0047	0048
0049	0050	0051	0052	0053	0054	0055	0056
0057	0058	0059	0060	0061	0062	0063	0064
0065	0066	0067	0068	0069	0070	0071	0072
0073	0074	0075	0076	0077	0078	0079	0080
0081	0082	0083	0084	0085	0086	0087	0088
0089	0090	0091	0092	0093	0094	0095	0096
0097	0098	0099	0100	0101	0102	0103	0104
0105	0106	0107	0108	0109	0110	0111	0112
0113	0114	0115	0116	0117	0118	0119	0120
0121	0122	0123	0124	0125	0126	0127	0128
0129	0130	0131	0132	0133	0134	0135	0136
0137	0138	0139	0140	0141	0142	0143	0144
0145	0146	0147	0148	0149	0150	0151	0152
0153	0154	0155	0156	0157	0158	0159	0160
0161	0162	0163	0164	0165	0166	0167	0168
0169	0170	0171	0172	0173	0174	0175	0176
0177	0178	0179	0180	0181	0182	0183	0184
0185	0186	0187	0188	0189	0190	0191	0192
0193	0194	0195	0196	0197	0198	0199	0200
0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208
0209	0210	0211	0212	0213	0214	0215	0216
0217	0218	0219	0220	0221	0222	0223	0224
0225	0226	0227	0228	0229	0230	0231	0232
0233	0234	0235	0236	0237	0238	0239	0240
0241	0242	0243	0244	0245	0246	0247	0248
0249	0250	0251	0252	0253	0254	0255	0256
0257	0258	0259	0260	0261	0262	0263	0264
0265	0266	0267	0268	0269	0270	0271	0272
0273	0274	0275	0276	0277	0278	0279	0280
0281	0282	0283	0284	0285	0286	0287	0288
0289	0290	0291	0292	0293	0294	0295	0296
0297	0298	0299	0300	0301	0302	0303	0304
0305	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312
0313	0314	0315	0316	0317	0318	0319	0320
0321	0322	0323	0324	0325	0326	0327	0328
0329	0330	0331	0332	0333	0334	0335	0336
0337	0338	0339	0340	0341	0342	0343	0344
0345	0346	0347	0348	0349	0350	0351	0352
0353	0354	0355	0356	0357	0358	0359	0360
0361	0362	0363	0364	0365	0366	0367	0368
0369	0370	0371	0372	0373	0374	0375	0376
0377	0378	0379	0380	0381	0382	0383	0384
0385	0386	0387	0388	0389	0390	0391	0392
0393	0394	0395	0396	0397	0398	0399	0400
0401	0402	0403	0404	0405	0406	0407	0408
0409	0410	0411	0412	0413	0414	0415	0416
0417	0418	0419	0420	0421	0422	0423	0424
0425	0426	0427	0428	0429	0430	0431	0432
0433	0434	0435	0436	0437	0438	0439	0440
0441	0442	0443	0444	0445	0446	0447	0448
0449	0450	0451	0452	0453	0454	0455	0456
0457	0458	0459	0460	0461	0462	0463	0464
0465	0466	0467	0468	0469	0470	0471	0472
0473	0474	0475	0476	0477	0478	0479	0480
0481	0482	0483	0484	0485	0486	0487	0488
0489	0490	0491	0492	0493	0494	0495	0496
0497	0498	0499	0500	0501	0502	0503	0504
0505	0506	0507	0508	0509	0510	0511	0512
0513	0514	0515	0516	0517	0518	0519	0520
0521	0522	0523	0524	0525	0526	0527	0528
0529	0530	0531	0532	0533	0534	0535	0536
0537	0538	0539	0540	0541	0542	0543	0544
0545	0546	0547	0548	0549	0550	0551	0552
0553	0554	0555	0556	0557	0558	0559	0560
0561	0562	0563	0564	0565	0566	0567	0568
0569	0570	0571	0572	0573	0574	0575	0576
0577	0578	0579	0580	0581	0582	0583	0584
0585	0586	0587	0588	0589	0590	0591	0592
0593	0594	0595	0596	0597	0598	0599	0600
0601	0602	0603	0604	0605	0606	0607	0608
0609	0610	0611	0612	0613	0614	0615	0616
0617	0618	0619	0620	0621	0622	0623	0624
0625	0626	0627	0628	0629	0630	0631	0632
0633	0634	0635	0636	0637	0638	0639	0640
0641	0642	0643	0644	0645	0646	0647	0648
0649	0650	0651	0652	0653	0654	0655	0656
0657	0658	0659	0660	0661	0662	0663	0664
0665	0666	0667	0668	0669	0670	0671	0672
0673	0674	0675	0676	0677	0678	0679	0680
0681	0682	0683	0684	0685	0686	0687	0688
0689	0690	0691	0692	0693	0694	0695	0696
0697	0698	0699	0700	0701	0702	0703	0704
0705	0706	0707	0708	0709	0710	0711	0712
0713	0714	0715	0716	0717	0718	0719	0720
0721	0722	0723	0724	0725	0726	0727	0728
0729	0730	0731	0732	0733	0734	0735	0736
0737	0738	0739	0740	0741	0742	0743	0744
0745	0746	0747	0748	0749	0750	0751	0752
0753	0754	0755	0756	0757	0758	0759	0760
0761	0762	0763	0764	0765	0766	0767	0768
0769	0770	0771	0772	0773	0774	0775	0776
0777	0778	0779	0780	0781	0782	0783	0784
0785	0786	0787	0788	0789	0790	0791	0792
0793	0794	0795	0796	0797	0798	0799	0800
0801	0802	0803	0804	0805	0806	0807	0808
0809	0810	0811	0812	0813	0814	0815	0816
0817	0818	0819	0820	0821	0822	0823	0824
0825	0826	0827	0828	0829	0830	0831	0832
0833	0834	0835	0836	0837	0838	0839	0840
0841	0842	0843	0844	0845	0846	0847	0848
0849	0850	0851	0852	0853	0854	0855	0856
0857	0858	0859	0860	0861	0862	0863	0864
0865	0866	0867	0868	0869	0870	0871	0872
0873	0874	0875	0876	0877	0878	0879	0880
0881	0882	0883	0884	0885	0886	0887	0888
0889	0890	0891	0892	0893	0894	0895	0896
0897	0898	0899	0900	0901	0902	0903	0904
0905	0906	0907	0908	0909	0910	0911	0912
0913	0914	0915	0916	0917	0918	0919	0920
0921	0922	0923	0924	0925	0926	0927	0928
0929	0930	0931	0932	0933	0934	0935	0936
0937	0938	0939	0940	0941	0942	0943	0944
0945	0946	0947	0948	0949	0950	0951	0952
0953	0954	0955	0956	0957	0958	0959	0960
0961	0962	0963	0964	0965	0966	0967	0968
0969	0970	0971	0972	0973	0974	0975	0976
0977	0978	0979	0980	0981	0982	0983	0984
0985	0986	0987	0988	0989	0990	0991	0992
0993	0994	0995	0996	0997	0998	0999	1000

FIG. 12