

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6355626号
(P6355626)

(45) 発行日 平成30年7月11日(2018.7.11)

(24) 登録日 平成30年6月22日(2018.6.22)

(51) Int.Cl.

F 1

B29C	64/147	(2017.01)	B 2 9 C	64/147	
B29C	64/386	(2017.01)	B 2 9 C	64/386	
B41J	2/01	(2006.01)	B 4 1 J	2/01	103
B41J	2/21	(2006.01)	B 4 1 J	2/01	109
B41M	5/00	(2006.01)	B 4 1 J	2/01	201

請求項の数 18 (全 24 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2015-513047 (P2015-513047)
 (86) (22) 出願日 平成25年5月22日 (2013.5.22)
 (65) 公表番号 特表2015-528752 (P2015-528752A)
 (43) 公表日 平成27年10月1日 (2015.10.1)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2013/025003
 (87) 國際公開番号 WO2014/015994
 (87) 國際公開日 平成26年1月30日 (2014.1.30)
 審査請求日 平成28年5月17日 (2016.5.17)
 (31) 優先権主張番号 1208993.4
 (32) 優先日 平成24年5月22日 (2012.5.22)
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)

前置審査

(73) 特許権者 510148245
 エムコア テクノロジーズ リミテッド
 アイルランド国 ラウス ダンリアー ア
 ーディー ロード アイディーエイ ビジ
 ネス パーク ユニット1
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100180655
 弁理士 鈴木 俊樹
 (72) 発明者 ジェームス トーラバース
 アイルランド国 ダブリン ラッシュ シ
 ーフィールド コート 20

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3次元色域マッピングを用いるカラー3次元印刷

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

カラーの3次元オブジェクトを形成するように構成される積層オブジェクト製造システム(500)であって、

a. 複数の表面から形成される3次元オブジェクトを決定し、決定された3次元オブジェクトと一致する印刷状態を提供するように構成される3次元オブジェクト色域マッピングモジュールであって、前記決定された3次元オブジェクトのすべての表面の全体的な色強度を正規化するように層に印刷されたカラーを最適に修正するために、完成した3次元オブジェクトの複数の媒体層の各々の表面の方向を分析して、前記決定された3次元オブジェクトの表面の角度とその表面に塗布されたカラーのどこに依存性があるかを特定するように構成される前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールと、

b. 前記印刷状態に従って前記複数の層の各々の第1表面の少なくとも一部にカラー印刷するように構成されるプリンタと、を備えるシステム。

【請求項2】

前記プリンタは前記媒体層の各々の第2表面を印刷するように構成される、請求項1に記載のシステム。

【請求項3】

前記プリンタは第1表面および第2表面を印刷する、請求項1または2に記載のシステム。

【請求項4】

10

20

前記プリンタは、前記複数の層の前記第1表面の少なくとも一部に複数のカラーを塗布するように構成される、請求項1から3のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項5】

前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールは、前記3次元オブジェクトの個々のエッジ表面を特定可能であって、選択的に前記エッジ表面にカラーの塗布が可能であるように、輪郭加工モジュールとのインターフェースを有するように構成される、請求項1から4のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項6】

前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールは、前記3次元オブジェクトの範囲内で、前記複数の表面の個々の表面を特定するように構成される、請求項1から5のいずれか一項に記載のシステム。

10

【請求項7】

前記複数の表面のうち選択されたものについて、前記3次元オブジェクトのすべての表面の全体的な色強度の正規化が行われるように構成される、請求項6に記載のシステム。

【請求項8】

前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールは、前記複数の層の各々のための媒体タイプを定めるように構成され、

前記システムは、3次元オブジェクトを形成する場合に定義済みの媒体タイプを使うように構成される、請求項1から7のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項9】

前記複数の層の各々についてインクと媒体のセットを定めるように構成される、請求項1から8のいずれか一項に記載のシステム。

20

【請求項10】

前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールは、経験的に、少なくとも1つの較正3次元オブジェクトを用いることで使用される、各々のインクおよび/または媒体タイプの写像関数を決定する、請求項9に記載のシステム。

【請求項11】

いくつかの3次元試験片の寸法、カラー測定装置を用いて測定されるような様々な壁角度を反映したデータを含む寸法、および光源を表すデータを受け取るように構成される、請求項10に記載のシステム。

30

【請求項12】

前記カラー測定装置は比色計を備える、請求項11に記載のシステム。

【請求項13】

前記写像関数は線形写像関数、多項式の写像関数または変則の写像関数を含む、請求項10に記載のシステム。

【請求項14】

前記写像関数が変則の写像関数を含む場合に前記写像関数はルックアップテーブルを使って決定される、請求項13に記載のシステム。

【請求項15】

前記3次元オブジェクト色域マッピングモジュールは、前記媒体層のカラーを考慮して印刷状態の提供する、請求項1から14のいずれか一項に記載のシステム。

40

【請求項16】

前記プリンタは、それぞれ前記媒体層の厚みのほぼ中間まで透過する十分なインクを用いて、前記第1表面および前記第2表面の各々を印刷する、請求項1から15のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項17】

前記プリンタは第1表面および第2表面を印刷する、請求項16に記載のシステム。

【請求項18】

前記プリンタは、前記複数の層の各々の前記第1表面の少なくとも一部に複数のカラーを塗布するように構成される、請求項1から17のいずれか一項に記載のシステム。

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、ラピッドプロトタイピング (R P : Rapid Prototyping) のための積層オブジェクト製造 (L O M : Layered Object Manufacture) システムに関し、特に、L O M システムでカラー 3 次元 (3 D) オブジェクトを形成するために 3 D オブジェクト層を印刷する印刷モジュールおよび 3 D オブジェクト色域マッピング方法に関する。また、本発明は、このような L O M システムで使用するためのインクも提供する。

【背景技術】

10

【0002】

ラピッドプロトタイピングは、材料の除去すなわち削減に頼る従来の機械加工方法とは対照的に材料の追加によってオブジェクトが製作され得るという点で、コンピュータ制御される加法的な製作と定義される。「ラピッド」という語は相対的な用語であるが、3 次元物品の作成は、使われる手法、サイズ、およびモデルの複雑さに依存して完成まで数時間から数日かかるものであり、当該技術分野において特定の意味を持つことが理解される。ラピッドプロトタイピングの分野において一般的に使用される多くの既知の方法がある。そして、積層オブジェクト製造 (L O M) は、連続した層状の粘着コート紙、プラスチックまたは金属ラミネートが連続的に接着されて、ナイフまたはレーザーカッターで形に切断されるラピッドプロトタイピング (R P) の 1 つの形態である。

20

【0003】

L O M は、従来、他のラピッドプロトタイピング技術と同様に、作られるオブジェクトまたはパーツの 3 次元 (3 D) コンピュータ支援設計 (C A D) の使用を含み、そこから C A D パッケージの範囲内でステレオリソグラフィー (S T L) または他の適切なフォーマットファイルを生成する。S T L ファイルは処理されて、実質的に、使われる基板材料の厚さに合う厚みで Z 軸方向にスライスされる。このことにより一連の部分断面図がつくれられ、いかなる特定の高さであっても、それぞれの断面図は単純な二次元 (2 D) 輪郭 (profile) を有する。(2 D) 輪郭をトレースして、原材料の薄いシートを切断して形作るために、輪郭加工装置、または切断装置が使用され得る。L O M において、個々の薄いシートは、完成した 3 D オブジェクトを製造するために、他のシートの上に積層されて、接着され得る。輪郭加工、積層、接着プロセスの順番は入れ替え可能である。

30

【0004】

カラー 3 D 印刷は、3 D 印刷物の製作において使われる層の各々にデジタル的にカラーを塗布することを必要とする。カラーは、以下のように、最終的な 3 D 印刷物の各々の表面で必要な色強度であることが要求される。

前部表面 - 印刷媒体の最上面

後部表面 - 印刷媒体の裏面

輪郭エッジ - 3 D 物品の層のデジタル式輪郭に応じて切断された媒体の端

【0005】

インクは、各々のオブジェクト層がその容積のすみずみまでカラーを必要とするときに、例えは紙である媒体層にその厚み全体を通じて吸収されること（裏抜け、またはプリントスルーと呼ばれる）が望ましい。しかし、従来のカラー 3 D 印刷において、インクは、媒体の開いた孔を通じて浸透する傾向があり、イメージがインクと媒体との最初の接触域を超えて広がる原因となる。このことは、特にカラー 3 D 印刷が単独で媒体の片面から実行されるときに問題となる。

40

【0006】

例えは、図 1 a に示されるように、従来の 3 D カラープリンタで用いる粉体層 1 2 0 のような媒体の上のインクジェット印刷用カラー 8 0 a は、片面からの印刷だけに頼る。図 1 b に示されるように、インク 8 0 a は、インクの吸収過程の間に層 1 2 0 の厚さ方向に広がって、最初の接触域より広い範囲に広がり続ける。そのうえ、図 1 b に図示されるよ

50

うに、対象とする層 120 の真下にある先に印刷された層 130 に広がり続けるインクを防ぐ物理的なバリアではなく、印刷された層を混色させ得る。混色領域は、参照番号 80c によって示される。

【0007】

インクの広がりと層の相互の混色は、イメージの明瞭度の劣化、つまり、イメージのぼやけと広がったカラーを生じさせる。図 1c は、拡散した表面およびカラーが混ざった領域 80c を含む完成したオブジェクトを例示する。3D 環境においてカラーを提供するのに、このような解決方法は最適ではないと認められる。これに加え、図 1d を参照すると、媒体層の片面からだけ印刷することによって媒体層の領域が特に下層側の表面で印刷されないままとなることを確実に回避するために、隣接したドットが互いに十分近接して印刷されることが必要である。インクのドットを近接させると、その後に生じる X および Y 面内でのドットのにじみによって、それらのドットが一点に向かって集中し、一般的に茶色または黒色として現れる混ざったカラーを生じる。混ざったカラーを避けるために、印刷密度はインクの混在を回避する程度に低下させなければならず、図 1e に図示されるように、このことによって最適なインク滴の密度よりも低い密度の表面が生じる結果となる。

10

【0008】

従来のインクジェット印刷の別の形態において、媒体はサイズ剤またはフィルターで処理されて、インクが流れる経路を見つけるのに利用される孔の数を減らすことで、媒体の印刷の前部表面から後部表面まで物理的なインクの移動しやすさを減らす。表面のサイズ剤（媒体表面に塗布される）は加工デンプン、ヒドロコロイド（例えばゼラチン）またはアルキルケテンダイマー（alkyl ketene dimers）である場合がある。そして、サイズ剤はセルロース纖維に面する親水性端と、インク側に面する疎水性端を有し、ある程度の水撥水性とインクの流れと浸透に抵抗を生じる両親媒性分子である。インクジェット印刷において使われるインクの例では、主な溶媒として水を使う。

20

【0009】

カラー 3D 印刷において、紙が三次元でカラーであるように、完全にインクが媒体に浸透することが望ましい。従来の LOM システムでの使用に適している媒体タイプ（例えば紙）では限界がある。紙は、纖維がランダムに絡み合う層から成っているため、孔を有する程度が様々な構造をとり得る。紙は非常に多孔性の材料であり、70% もの空気を含む。シートの孔は、紙の吸湿能力または紙のインクまたは水を吸い取る特定の能力の指標である。LOM のための特定のタイプの紙を選択するとき、媒体の孔を考慮することは重要である。

30

【0010】

一般に、紙の上へのデスクトップインクジェット印刷において使われるインクは、水性であり、結合剤を有し、カラーを与える染料または顔料である。

【0011】

複数の媒体オブジェクト層が形成されたあと、輪郭加工と層接着プロセスが実行される。複数の層は合わせて接着され、輪郭加工、または 3D 印刷オブジェクトをあらわにするために印刷された媒体のスタック（stack）から不必要的支持材を取り除くことを含む除去プロセスが実行される。従来の除去プロセスにおいて、作業を実行する作業者は、除去プロセスの間に不必要的層を取り除きながら、コンピュータスクリーン上で 3 次元モデルオブジェクトを観察しなければならない。

40

【0012】

カラー 3D 印刷において、各々の媒体層について、水平の前側（上向き）、水平の後側（下向き）および輪郭を描かれた（切断）垂直壁に、3 つの小平面がある。完成した 3D オブジェクトの各々の表面は、光が当たる前側 / 後側 / 垂直の表面領域を様々な割合で持つことができる。3D オブジェクトの角度がつけられた壁と比べると、前側 / 後側表面での色強度のバリエーションはわずかでしかない。

【0013】

50

このバリエーションは壁（垂直表面と水平表面の混成）への小平面の作り方の種類に依存し得る。そして、2つの寄付する要因に依存し得る。

1. 媒体層の両面から印刷されるインクは、エッジで媒体層の中心にまで一様に入りこまないようにできる。このことで、結果として生じる視覚効果は、媒体層自体のカラーを要素として含み、通常、カラーが飽和するのを減らすことを意味する。

2. 媒体層のエッジに生じる段による濃淡は、印刷されたカラーを暗くするのに役立ち得る。

しかし、このことは主観的なものであって、問題とする表面に対する、観測角度と光源の角度に依存し得る。したがって、光源と観測角度が表面に対して通常の範囲であると仮定する。このとき、濃淡は寄付する要因とならない。

10

【0014】

図1fは、光源に関して方向づけられた、印刷された媒体層のスタック1200を例示する。水平の上部表面1200aおよび下部表面1200bは、小平面を有することなく入射光へ向いており、均一な光強度の輪郭を示す。図1gにおいて、上部表面1200aは水平面に対して30°に方向づけられ、平坦で小平面を有さない表面よりも多くの光を反射する階段状の領域にページの端を含み、その領域において（主に）水平の壁面122と垂直の壁面124の混成が示されている。図1hにおいて、上部表面1200aは水平面に対して45°に方向づけられ、水平の壁面122と垂直の壁面124のより対等な混成を示し、単位面積あたりの段数がより多い。図1iは、水平の壁面122よりも垂直の壁面124を生じるさらに急な壁（水平面に対して60°）、および小平面の増加を示す。最後の図1jの例では、光源が垂直の小平面に対して90°に方向づけられ、表面は完全に垂直の小平面から成る。図1jにおいて、入射光に向いている表面は、水平の表面1200aおよび1200bと異なる表面形状を有し、多層構造である。

20

【0015】

色域は、装置または画像フォーマットによって表わされる視覚の刺激の範囲または、例えばカメラのような入力デバイスまたは実際に人間であるビューアーによって知覚される視覚の刺激の範囲、を描写する。広く用いられる表現は、図1kに示されるCIE1931XY色度図である。軸はXYカラー空間座標を表わし、色域の軌跡のまわりに示されているカラー波長を伴う。より大きな耳たぶ形のものは、人間の視覚の範囲を表す。また、比較的かなり小さいsRGB装置の色域の例も描かれている。三要因（tri-stimulus）のsRGB空間に対して4つの構成要素のインクを使用するために、一般的にカラープリンタの色域はより小さくて、形状がより不規則である。一般的なコンピューターモニターの出力フォーマットで表わされるイメージを印刷しようとする場合に、問題が生じる。より広域なモニターの色域は印刷装置で利用できないため、色域マッピングの分野が、1つの装置の色域を別のものに変換するカラー変換に関わってくる。単純なアプローチは、両方の色域に共通の全てのカラーを保持してから、入力側の色域における中心から離れたカラーのすべてを、出力側の色域の最も近い端部へ再配置する。このアプローチは、いくつかのカラーについては正確さを保持できるが、他のカラーについて、出力側の色域の端部に沿った小さな集合に中心を離れたすべての値を割り当てる。このことから生じる貧弱な視覚効果は、他のカラーについては正確でないアプローチが一般的に使われることを意味する。

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

上記の説明は、2Dペーパープリンタ、カラーモニター、その他に適用されるような伝統的な2Dイメージに関係する。カラーで3D製造分野を考慮するとき、上記のマッピングにもう一つの次元が生じる。すなわち、潜在的な、カラーを特定する物理的な一つまたは複数の方向づけに従属する次元が生じる。このことは、積層オブジェクト製造（LOM）ベースのラピッドプロトタイピングにおいて生じるだけでなく、他の3D印刷テクノロジーにおいても生じる。このとき、物理的な方向づけへの従属は、インクが紙に完全には

40

50

浸透しない可能性があるために生じる。これは、一方または両方の紙の表面に浸透したカラーについて、ページの端から見るときに変化する視覚効果を生じるために、インクと組み合わせる紙自体のカラーの要素があり得ることを意味する。

【0017】

図11において、両面印刷でカラー化されて接着された紙のスタックに関する問題が示されている。インクは完全には浸透しなかったため、紙のベースカラーがまだページの厚みの中央で存在する。このことは、紙の上部表面だけが見えるように示される0°の観測角度において問題とならない。効果は、同じカラーの2Dプリントのときと同じである。しかし、側面から見られるとき、または90°であるとき、紙自体のカラーの要素はインクが浸透しなかった場所の輪郭の一部に関わってくる。視覚効果は、ベースの紙のカラーと印刷された緑色との間のカラー混合物（オリジナルの印刷されたカラーの飽和しないバージョンに近いもの）となり得る。この非飽和の影響は、均一なカラーにおいて、異なる角度がつけられた小平面の部分が横切るような、目に見えるとぎれとなり得る。

【0018】

したがって、ラピッドプロトタイピングのためのLOMシステムで使用するカラー3D印刷プロセスで、取り組むべきいくつかの問題がある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

本開示によって提供されるカラー3D印刷プロセスを実行するように構成される積層オブジェクト製造（LOM）システムによって、これらおよび他の問題は対処される。

【0020】

したがって、本開示は、請求項1で詳述されるようなLOMシステムを提供する。また、請求項34に従う印刷モジュールも提供される。また、請求項60に従う3Dオブジェクト色域マッピング方法も提供される。さらに、請求項75に従うコンピュータソフトウェアプログラムが提供される。また、請求項78および83によると、カラー3D印刷用のインクおよび媒体もそれぞれ提供される。そして、請求項84によると、さらに別のLOMシステムが提供される。従属する請求項において、有利な特徴が提供される。

【0021】

本発明のこれらおよび他の特徴は、以下の図面を参照して、一層よく理解される。

【0022】

本発明は、添付された以下の図面を参照して記述される。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1a】従来のプロセスにより石膏層上にインクジェット印刷されるカラーを例示する断面図である。

【図1b】従来のプロセスにおける、先の層に影響する、現在印刷された層からのインクを例示する図である。

【図1c】従来のプロセスを使用して得られる、拡散表面およびカラーが混ざった領域を示す完成したオブジェクトを例示する図である。

【図1d】媒体層の片面だけに印刷する従来のプロセスを例示する図である。

【図1e】媒体層の片面だけにカラーのドットを印刷する従来のプロセスを例示する図である。

【図1f】水平の上部表面および下部表面を有し、例えば小平面を包含するこがないように入射光へと方向づけられ、均一な光強度の輪郭を有する媒体層のスタックの断面図である。

【図1g】水平面に対して30°に方向づけられた上部表面を有する媒体層のスタックの断面図であり、スタックは平坦で小平面を有さない表面よりも多くの光を反射する階段状の領域（周回している）にページの端を含む、（主に）水平の壁面と垂直の壁面の混成を示す。

【図1h】水平面に対して45°に方向づけられた上部表面を有する媒体層のスタックの

10

20

30

40

50

断面図であり、スタックは水平の壁面と垂直の壁面のより対等な混成を示し、単位面積あたりの段数がより多い。

【図 1 i】水平面に対して 60° に方向づけられた上部表面を有する媒体層のスタックの断面図であり、スタックは水平よりも垂直に面を示し、小平面が増えている。

【図 1 j】完全に垂直の小平面から成る媒体層のスタックの断面図である。

【図 1 k】CIE1931XY色度図を示す。

【図 1 l】インクが層の厚み全体に完全には浸透しなかったカラー印刷物のスタックを例示する図である。

【図 2 a】本発明の実施例の積層オブジェクト製造（LOM）システムのブロック図である。

10

【図 2 b】本発明の別の実施例の積層オブジェクト製造（LOM）システムのブロック図である。

【図 2 c】本発明の実施例の積層オブジェクト製造（LOM）システムのブロック図である。

【図 3】本発明の実施例における、3Dオブジェクト媒体層の前側イメージを印刷している印刷モジュールを例示する図である。

【図 4】前部のイメージの鏡像である後側イメージを印刷するプロセスを例示する図である。

【図 5】プリントヘッドキャリッジの組を用いる水平および垂直の同時両面印刷を例示する図である。

20

【図 6】ページ幅のアレイプリントヘッドを用いる水平および垂直の同時両面印刷を例示する図である。

【図 7】前部のイメージと後部のイメージとを整合させるのに用いられる整合装置の写真イメージである。

【図 8】前部 - 後部のイメージ整合装置を例示する図である。

【図 9 a】媒体層の両面に文字「M」の形が印刷された際ににおける、整合されていない整合装置を例示する図である。

【図 9 b】媒体層の両面に文字「M」の形が印刷された際ににおける、完全に整合された整合装置を例示する図である。

【図 10】本発明の実施例における、媒体層の前側から媒体層上に置かれたインクを例示する図である。

30

【図 11】本発明の実施例における、媒体層のおよそ半分を透過するように十分なインクを置く方法を例示する図である。

【図 12】本発明の実施例における、媒体層の後側から前側イメージに一致する場所で媒体層上に置かれたインクを例示する図である。

【図 13】前側イメージと後側イメージとが結合されるようにインクが吸収される方法を例示する図である。

【図 14】本発明の実施例における、接着プロセス後の 2 つのプレ印刷層を例示する図である。

【図 15】不必要的媒体を取り除いて示される、接着および除去の後の、結合された層のエッジおよびカラー輪郭を例示する図である。

40

【図 16】除去の後で形成される 3D オブジェクトを例示する平面図および横断面図である。

【図 17】印刷後かつ除去の前の 3D オブジェクトを例示する平面図および横断面図である。

【図 18】色を付したハッチングで示された部分的に取り除かれるオブジェクトを例示する図である。

【図 19】本発明の実施例における、3D オブジェクト色域マッピング方法で使用される 4D 変換の例を視覚的に示す図である。

【図 20】本発明の実施例の 3D オブジェクト色域マッピング方法において、較正ステッ

50

プで使用される基本的な八角形の試験片の例を示す図である。

【図21】除去プロセスの間のカラー3Dオブジェクトの写真イメージである。

【図22】除去の後のカラー3Dオブジェクトの写真イメージである。

【発明を実施するための形態】

【0024】

本発明の利点の理解を助けるために、本開示により提供される積層オブジェクト製造(LOM)システムの例示的な構成が以下に記述される。このような構成は提供され得るシステムの種類の例示であり、本開示に限定することを意図するものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、本開示に特定の変更を加えて修正できることが理解されるであろう。

10

【0025】

本発明の一形態では、カラーの3次元(3D)オブジェクトを形成する複数の個々の層を集めるように構成される積層オブジェクト製造(LOM)システムが提供される。本開示の文脈においては、層は媒体層であって、個々の媒体層は個別の物理的な要素または実在物と考えることができる。そして、層は個々に選択されて配置されるか、さもなければシステムの範囲内で運ばれることができる。他の構成として、例えば層は石膏材を使い、3Dオブジェクトが製作される場合にその位置に形成され得る。層は、個々に識別可能であるが、オブジェクトが作られるまでは形成されない。

【0026】

システムは、複数の層の各々の第1表面の少なくとも一部にカラー印刷するように構成されるプリンタを備えることができる。層は媒体層であって、システムは、3Dオブジェクトを形成するために、複数の媒体層の各々を集めるように構成されたコレーター(collator)を更に備えることができる。個々の媒体層の各々は、個別に、または独立して印刷されることができる。

20

【0027】

3Dオブジェクトを形成するために、3Dオブジェクト媒体層を印刷するための印刷モジュールが提供され得る。本開示においても、完成した3Dオブジェクトを形成するために、印刷モジュールと、個々の3Dオブジェクト媒体層を切断し、個々の層を合わせて接着するための輪郭加工および層接着モジュールと、を備えるLOMシステムが提供される。また、3Dオブジェクト媒体層のすべての表面の全体的な色強度の正規化を行う3Dオブジェクト色域マッピング方法も提供される。また、カラー3D印刷用のインクも提供される。また、本開示は、追加情報を各々の層に印刷するためのカラー3Dオフセット印刷プロセスを提供する。この情報は、エラー訂正と、カラー印刷された層のスタックを輪郭で切断する輪郭加工および層接着モジュールへの製作指示と、を提供する。

30

【0028】

印刷モジュールは、従来例のLOM構成の一部を形成し得るコレーターから物理的に分離された処理モジュールであり得る。そのような例は、本出願人による出願であるPCT/EP2008/66473に記載されている。一実施態様において、印刷モジュールは、裏面に印刷する場合に自動的に媒体を反転させるのに、両面印刷モジュールを有するインクジェットプリンタを備えることができる。プリンタは、コレーション(collation)の前にカラーを塗布するように構成されることがある。また、カラーはコレーションのプロセスの間に塗布され得る。カラーは、異なるインクを用いて塗布される。コレーターは、複数の媒体層の各々を接着させるように構成された接着モジュールを備えることができる。接着モジュールは水性接着剤を使うように構成され得る。プリンタは、媒体層の第1表面および第2表面に印刷するように構成され得る。第1表面および第2表面の印刷は、オブジェクトの表面の角度によらずに、画像のにじみを減らし、色の正確さを維持することを実施可能にする。プリンタは、複数の媒体層のうちの1つ以上の各々について、1つ以上の表面に複数のカラーを塗布するように構成され得る。コレーターは、3Dオブジェクトの範囲内で望ましい3D形状を生じるために、複数の媒体層の各々の輪郭が描画されるように構成される輪郭加工モジュールを備えることができる。輪郭加工モジュールと

40

50

接着モジュールとは、1つの輪郭加工および層接着モジュールに集積され得る。

【0029】

好適なプリンタは、大容量の入出力トレイを備え、標準で両面印刷ユニットが同梱されているオフィスプリンタを含むことができる。また、輪郭加工プロセス、および接着プロセスに先行して直ちにカラー印刷されるように、印刷モジュール100は輪郭加工および層接着モジュールに集積されてもよい。

【0030】

本開示によれば、印刷モジュール内で利用される印刷用インクは、大部分のセルロースタイプの媒体に浸透するように最適化され得る。そのようなインクの例については後述する。ここではカラー印刷プロセスについて詳述する。

10

【0031】

本開示によれば、望ましい最終的な幾何学的形状を形成するために集められて、輪郭加工される個々の媒体層のスタックから、完成した3Dオブジェクトは形成される。好ましい構成では、個々の媒体層は、印刷可能か、さもなければ組み立ての前に処理され得る構成のセルロース系の紙のシートである。したがって、複数の3Dオブジェクト媒体層は、例えばセルロース系の紙のように、完成したカラー3D印刷物を形成する準備段階で印刷され得る。カラー3D印刷物用の全ての層のスタックは、一連の作業とは別に(off-line)印刷モジュールで両面印刷によってプレ印刷され得る。そして、その後に、カラー3D印刷物の製作を完了するために、印刷されたスタックは、各々の印刷された層が輪郭加工されて接着される輪郭加工および層接着モジュールにロードされ得る。

20

【0032】

図2aは、本発明の1つの実施例によるLOMシステム500のブロック図である。図2aを参照すると、LOMシステム500は、3Dカラー印刷モジュール510、給紙機構520、および輪郭加工および層接着モジュール530を備えることができる。本実施例において、層は媒体層であって、さらに特定の種類の媒体（具体的には紙）である。紙は、完成されたカラー3Dオブジェクトを製造するために、給紙機構520によって輪郭加工および層接着モジュール530に供給される前に、3Dカラー印刷モジュール510で両面印刷され得る。図2bにおいて、紙は、完成されたカラー3Dオブジェクトを製造するために、給紙機構520を経由して3Dカラー印刷モジュール510に供給され得る。そして、紙は、輪郭加工および層接着モジュール530で輪郭を描かれて、接着され得る。輪郭加工および層接着モジュール530は、別々の輪郭加工モジュールと層接着モジュールとをそれぞれ備えてもよい。図2cにおいて、紙は、給紙機構520を経由して、印刷、輪郭加工および接着プロセスを実行する、統合された「3Dカラー印刷、輪郭加工および層接着モジュール530」に供給され得る。そして、完成されたカラー3Dオブジェクトが製造される。図2cの実施例において、印刷は媒体の片面のみで実行される。

30

【0033】

本発明の実施例によれば、図3は、3Dオブジェクト媒体層を印刷するための印刷モジュール100を示す。印刷モジュール100は、媒体層の両面にカラーを塗るように構成することができる。したがって、カラーが片面だけから塗布される技術とは対照的に、カラーは両側から伝えられる。媒体の両側からのカラーリングを提供するために、3Dオブジェクトのためのイメージ、輪郭およびカラー情報を含むデジタル印刷ファイルが生成され得る。そして、デジタル印刷ファイルは、印刷モジュール100に送信またはロードされる。デジタル印刷ファイルは、最終的なスタックの層ごとに、一連の前側・後側イメージの組を含み得る。印刷ファイルのカラーに関する部分は、印刷されるすべての媒体層について前側および後側のデジタルカラーイメージ情報を含み得る。前部表面・後部表面・前部表面イメージシーケンスの各々は、デジタルファイルの中で互いに整合をとることができる。データセットは、前部表面・後部表面の整合の物理的な特徴を含むことができる。そして、その特徴は媒体上に印刷されることができ、前部・後部の整合が印刷進行中に維持されることを確実とするために実行され、人間と機械の両方が読み取り可能な整合確認テストを可能にする。

40

50

【0034】

印刷モジュール100は、一般的に特定の大きさの筐体を含み、印刷タスクのために十分な白紙の媒体のストックを載せることができる。上で詳述したように、媒体は紙から成ってもよい。給紙の間に媒体の位置が再現可能であることを確実とするために、媒体の後方端（または後部端）および右側端はペーパートレイの中で正確に整列され得る。図3は、本発明の実施例において、印刷モジュール100を使用する前部表面イメージの印刷を例示する。図3を参照すると、印刷モジュール100は、紙を印刷するように構成され、プリントヘッドキャリッジ10、4つのカラーへッド20、給紙ローラーと給紙機構（図示せず）、および媒体を反転させる両面印刷ユニット30を備えてよい。このような構成および変形は、プリンタの技術分野における当業者によく知られている。

10

【0035】

媒体スタックは、同時に、または順番に、層毎に、またはページ毎に印刷されて、各々の層の第1表面および第2表面はカラー印刷される。各々の層の第1表面および第2表面は、互いの反対側であってもよい。層の第1表面は、その層の正面側の平面であってもよい。そして、層の第2表面は背後側の平面であってもよい。媒体は、給紙ローラーによって印刷モジュールに入れられて、給紙機構によって印刷モジュール100の後方に曲げられるか、または前方に送られることができる。それから、媒体は、前部表面イメージを印刷する一つ以上のインクカラーを置くページ幅の印刷バーを取り付けられた往復プリントヘッドキャリッジに提供されることができる。ひとたび前部表面イメージが印刷されると、給紙ローラーは反転して、媒体を反転させる両面印刷ユニット30に媒体層を引き戻し、印刷される後部表面をカラーへッド20に提供できる。後部表面に印刷されるイメージは、前部表面のイメージの鏡像であり得る。図4は、前部表面をすでに印刷しておいたオブジェクト媒体層の後部表面イメージを印刷するプロセスを例示する図である。

20

【0036】

先の例では、印刷する間、媒体層の幅方向にスキャンする一つのプリントヘッドキャリッジを用いて印刷し、媒体層の下側を印刷可能にするために媒体層を反転する両面印刷ユニットが続いて動作する、両面印刷（二つの面の印刷）について説明した。しかし、他の構成を使用することもできる。例えば、ページ幅のアレイプリントヘッドを、スキャンプリントヘッドキャリッジの代わりに使うことができる。この構成では、唯一の可動機構が媒体供給ローラーであることがわかる。別の実施例は、両面印刷ユニットを不要として、それぞれ同時に媒体層の両面を印刷する2つのスキャンキャリッジまたは2つのページ幅のアレイプリントヘッドを使用する。この方法の利点は、媒体供給機構が平面的な媒体供給経路にかなり単純化されるので、前部のイメージと後部のイメージの間の機械的な位置合わせの誤りによるエラーが取り除かれて、同じ変位エンコーダーシステムを共有することによって、2つの印字ヘッドの動きを連動させることができるということである。

30

【0037】

図5に示されるように、印刷モジュールで媒体物層が水平面または垂直面に配置される間、印刷が実行され得る。この実施の形態では、それぞれ上側、下側のプリントヘッドキャリッジが、媒体層の第1表面、第2表面で利用される。図6は、水平または垂直の同時両面印刷のためのページ幅のアレイプリントヘッド110を例示する。また、印字ヘッドは、輪郭加工および層接着モジュールに集積されてもよく、給紙と、輪郭加工および層接着プロセスと、の間の一つの段階プロセスとして動作する。

40

【0038】

テスト両面印刷が実行されて、後部のイメージの輪郭が照らされて前部表面イメージの上に重なるように、媒体の後部を照らすことによって前部と後部のイメージの整合がチェックされ得る。オペレーターが両方のイメージを確実に正しく整合するために、前部と後部のイメージの調整がどの程度実行される必要があるかを判断できる十字線のような整合装置は、オブジェクト媒体層の両面で用いられることがある。

【0039】

層毎に両面印刷された媒体層のオフセットを互いに正確に整合できるようにするために

50

、その後の媒体層のスタックの輪郭加工および接着の間に、輪郭加工および層接着モジュール 530 のセンサーは、印刷された媒体層の前部表面または後部表面の印刷された基準を読み込むことができ、基準の位置情報を使ってモジュールを移動可能にし、現在の媒体層を先に印刷された媒体層と一致させるように設置できる。図 7 は、前部および後部のイメージを整合させるのに用いられ得る整合装置 50 の例の写真イメージである。両側のイメージが完全に一致して不整合がないとき、整合装置は十字線を形成するように調整されて設計される。図 8 において、右上の四分の一区画は媒体層の前部に印刷され、左下の四分の一区画は媒体層の後部に印刷される。図 8 を参照すると、前部のイメージは右に寄りすぎて置かれており、後部のイメージよりも上に位置している。装置 50 の各々の垂直線も水平線も正しく整合されていない。図 9 a に図示されるように、文字「M」は媒体層の両面に印刷されて、きちんと整合されていない。整合装置が完全に整合されるとき、図 9 b に図示されるように、前部のイメージと後部の鏡像は完全に重なる。

【 0 0 4 0 】

上述の方法は、3Dオブジェクト媒体層の両面にプレ印刷されたカラーを含む（オフセット印刷）。このような複数の層が形成された後に、層は合わせて接着され、カラー3D印刷オブジェクトの形成を完了するために輪郭を描かれることができる。輪郭加工プロセスは、予め定められたパターンにしたがって、層を切断することを含むことができる。

【 0 0 4 1 】

本発明の特定の実施例によると、それぞれ媒体層の両側から厚みのほぼ中間まで透過する十分なインクで、媒体層の両面印刷が実行される。図 10 は、媒体層 120 の前部表面 90 の上に置かれたインク 80 を例示する。図 11 に示されるように、十分なインク 80 は、媒体層 120 を通じてほぼ中間まで透過するように置かれることができる。印刷の間、インクは媒体と接触するとすぐに、3 次元的に、つまり、媒体の平面（X および Y 方向）に、および媒体の厚み方向を通じて、媒体へ吸収され始める。結果として、印刷されたドットピクセルのサイズは、最初の表面への接触寸法から時間とともに増大する。片面から媒体層の全ての厚さを通して印刷したい場合、媒体の両側に印刷することによって、このドットサイズの広がりが、イメージにおいてほぼ半分の広がりに減らされると評価される。先に述べたように、両面印刷を使用する場合には同時に、または両面印刷ユニットを使用する場合には媒体層 120 が反転された後で、インク 80 は、同様に媒体層 120 の後部表面 95 に置かれることができる。このステップは、図 12 に例示される。本発明によると、前部および後部のイメージは完全に一致して、プリントスルーフィールド 85 をつくるように構成されることができる。図 13 に示されるように、プリントスルーフィールドは、媒体層 120 の領域の全ての厚みがインクを含むことを意味する。

【 0 0 4 2 】

図 2 b を参照すると、そのような媒体層のスタックが印刷モジュール 100 で印刷されたあと、スタックは輪郭加工および層接着モジュール 530 に送られることができる。図 2 c に示されるように、すでに集められた個々の媒体層のスタックに印刷することもできる。図示しないが、個々に媒体層を両面オフセット印刷して、すぐにそれらを輪郭加工および層接着モジュール 530 に供給することもできる。

【 0 0 4 3 】

最初の層は、輪郭加工および層接着モジュール 530 に置かれるかもしれません、その層はコンピュータ制御の刃で輪郭切断され得る。この切断は、単独でインクジェット印刷を使って得られるぎざぎざの、液体が染み込むエッジと比較して、正確なカラーのエッジを定めて提供できる。それから、次の層が先の層の上に置かれて接着され得る。そして、輪郭が切断される。輪郭加工および層接着モジュール 530 によって、すべてのプレ印刷された層が接着されて、輪郭が切断されるまで、プロセスは続けられる。図 14 は、2つのプレ印刷された層 120、130 の接着後を例示する。そして、図 15 は、接着、および輪郭加工または除去の後の2つの層 120、130 のエッジとカラー輪郭を例示する。輪郭加工または除去プロセスは、媒体層の不必要な部分の除去を含む。

【 0 0 4 4 】

10

20

30

40

50

上述のカラー 3 D 印刷プロセスはいくつかの利点を提供する。媒体層が同時に両側から印刷されるとき、イメージの広がりがより少なくなり、そのため、より良いイメージ特性の次元制御を提供する。印刷された層間のカラー相互作用が起こらない。そして、そのことによって望ましいイメージの忠実性を保つ。オフセット印刷は、層の輪郭加工および接着が実行される場所から離れた実在物（例えば上述の印刷モジュール）によって印刷を可能にする。このことは、完全に輪郭加工および層接着モジュール 530 が輪郭加工と接着に利用されることを可能にするだけでなく、後述するように、例えば 3 D の層を集める前のカラーのプロトタイピングおよび調節といったいくつかの利点を提供する。

【 0045 】

また、本発明は、すべての表面の全体的な強度が正規化された最適な強度の色を印刷するため、印刷される表面の方向を分析する 3 D オブジェクト色域マッピング方法も提供する。上記のように、プリントスルー領域が形成されるように、3 D オブジェクトの各々の層が完全に一致する場所において一方または両方の側でカラー印刷される。各々の層には、水平の前側（上向き）、水平の後側（下向き）および輪郭を描かれた（切断）垂直壁の 3 つの小平面がある。完成した 3 D オブジェクトの各々の表面は、光が当たる前側／後側／垂直の表面領域を様々な割合で持つことはいうまでもない。

【 0046 】

これを補償するために、本実施例の方法では、その層に印刷されるカラーを最適に修正するために、印刷される層の表面の方向を分析するステップを含む。複数の層を集める際に、3 D オブジェクトのすべての表面の全体的な色強度の正規化が行われるように構成されることができる。このプロセスは、更なる次元（すなわち積層方向に対する角度）を含む、程度の進んだ色域マッピングを暗示する。一般的に、色域は 3 次元変換であり、新しい処理は最大で 4 次元である。つまり、三要因（例えば R G B ）+ 角度である。

【 0047 】

図 19 は、4 D 変換の例を視覚的に表示したものである。X Y 色度図のグラフィックにおいて、参照番号 700 が入力および出力の色域を意味する。これは、この図示を可能にするための 3 D 空間の 2 D 視覚化である。三角形 710 はオリジナルの 2 D プリンタ色域の表示である。一方、三角形 720 は表示される角度依存の出力色域である。3 つの独立した出力色域は、0°、45° および 90° において示されているが、全ての潜在的な入力角度の範囲において出力色域の連続性があり得ることが当業者によって理解されるであろう。

【 0048 】

例えば、0° 小平面へマッピングした入力色空間の値は、この値の飽和しないバージョンが印刷可能であることを意味し、より小さな出力を暗示するかもしれない。他方、90° 小平面へのマッピングは、完全に飽和したカラーが紙に印刷されることを意味し得る。しかし、この場合でも上述の輪郭加工によって非飽和化することができる。両方の出力は、同じ視覚効果を見る者に与えるかもしれない。

【 0049 】

この方法は、複数の表面から形成される 3 D オブジェクトを決定するステップと、3 D オブジェクトの範囲内で、複数の表面の個々の表面を特定するステップと、複数の表面のうち選択されたものについて、3 D オブジェクトのすべての表面の全体的な色強度の正規化を行うステップと、を含むことができる。この方法は、複数の層から形成されるカラー 3 D オブジェクトを形成する印刷モジュールで適用され、層に印刷されるカラーを最適に修正するために、印刷される各々の層の表面の方向を分析するステップを含むことができる。この方法は、複数の層を集める際に、3 D オブジェクトのすべての表面の全体的な強度の正規化が行われるように構成され得る。

【 0050 】

この方法は、複数の層の各々で使われるインクを決定するステップを含むことができる。この方法は、複数の層の各々のために媒体タイプを決定するステップを含むことができる。このように、複数の層の各々について、媒体とインクのセットが、複数の層の各々の

10

20

30

40

50

ために定められ得る。それから、経験的に、少なくとも 1 つの較正用 3 D オブジェクトに従って使用される、各々のインクおよび / または媒体タイプの写像関数を決定され得る。少なくとも 1 つの較正用 3 D オブジェクトは、いくつかの 3 D 試験片を含むことができる。

【 0 0 5 1 】

比色計を使用して様々な壁角度でいくつかの 3 D 試験片を測定すること、および 0 ° から 90 ° の間の範囲の壁角度に対する色強度のプロットすることで、使用される各々のインクおよび / または媒体タイプの写像関数は、経験的に決定される。このような技術は、いくつかの異なるアプリケーションで有利となる。例えば、垂直面のもともとの色強度が上述の非飽和のために水平面の色強度の 80 % で測定されるならば、直交する 3 D 形状について均一な色強度を生じるために、マッピングプロセスにおいて 20 % だけ水平面の強度を減らすことができる。

【 0 0 5 2 】

従来の 2 D 色域マッピングと同様に、写像関数は測定データから学習される複雑さの度合いを異ならせることができる。このことはソフトウェアにおいて機能がどのように実装されるかを定めることができる。

【 0 0 5 3 】

実際の変換は、入力カラー空間座標およびそれぞれの出力カラー座標の小平面角度の関数で記述され得る。このことは、下記の方程式 (Eq.) 1 ~ 3 で表わされ、X 値は入力カラー空間の次元を表わし、Y 値は出力空間を表わす。

【 0 0 5 4 】

【 数 1 】

$$Y_1 = f_1(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad Eq.1$$

$$Y_2 = f_2(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad Eq.2$$

$$Y_3 = f_3(X_1, X_2, X_3, \theta) \quad Eq.3$$

【 0 0 5 5 】

入出力および小平面角度のための R G B カラー空間を用いた特定の例では、赤の出力を生じる関数は、変換されて方程式 4 ~ 6 で与えられる。

【 0 0 5 6 】

【 数 2 】

$$R_0 = f_r(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad Eq.4$$

$$G_0 = f_g(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad Eq.5$$

$$B_0 = f_b(R_i, G_i, B_i, \theta) \quad Eq.6$$

【 0 0 5 7 】

実際に使用される関数は、検査される生産技術に特有であり、どのように角度のバリエーションを用いてカラーを変えるかも特有である。最小から最大までの複合物によって、下記の以下の方法のいずれかが使用されるかもしれない。しかし、本発明がこれらの例示的な構成に限られているものとして解釈されてはならないことがわかるであろう。

【 0 0 5 8 】

1. 線形関係：これは、すべての測定値が、直線に収まり、スケーリング係数を角度に依存している生のデータ値に適用することによって得られる。固定された 4 次元スケーリングは、方程式 7 ~ 9 によって説明される入力座標に適用され得る。値 [a ... p] は、力

10

20

30

40

50

ラー較正に由来する定数である。

【0059】

【数3】

$$Y_1 = aX_1 + bX_2 + cX_3 + d\theta + e \quad Eq.7$$

$$Y_2 = fX_1 + gX_2 + hX_3 + i\theta + j \quad Eq.8$$

$$Y_3 = kX_1 + mX_2 + nX_3 + o\theta + p \quad Eq.9$$

【0060】

10

2. 多項式：関係が、線形変換によって記述できない複雑なものであるが、まだ連続関数によって表わされるならば、多項式変換が使用され得る。簡潔さのために、1つのカラー出力 Y_1 だけについて、3次多項式である式10を記述する。選択された多項式関数は、図にマッピングされる値を得るために、生のデータに適用され得る。値 [a ... n] は、同じくカラー較正に由来する定数であるが、方程式7~9の定数とは無関係である。

【0061】

【数4】

$$Y_1 = aX_1 + bX_1^2 + cX_1^3 + dX_2 + eX_2^2 + fX_2^3 + gX_3 + hX_3^2 + iX_3^3 + j\theta + k\theta^2 + m\theta^3 + n \quad Eq.10$$

20

【0062】

線形変換が、単に多項式のアプローチの一次多項式によって実現される点に注意が必要である。高次多項式が扱いにくいことは明白である。

【0063】

3. 変則：この場合、関数は滑らかでない場合があるか、多数の変曲点を持つことがあります。多項式近似はあまりに複雑である場合があるので、ルックアップテーブル (LUT) が使われなければならないことがある。また、このことは、完全にテーブルを定めるのに、より多くの測定データを要求することになり得る。このとき、4つの要素からなる集合 [X_1, X_2, X_3, \dots] の各々が、特有の保存された出力値 [Y_1, Y_2, Y_3, \dots] の各々に直接マッピングされる。これらの値は、較正に由来するかもしれません、また、コンピュータメモリに保存され得る。次元要素はここで相互作用するかもしれません、たとえば、値 [X_1, X_2, X_3, \dots] ならびに出力座標の各々が8ビットから成るならば、結果として生じるLUTは、3つの出力の各々について最大4.3MBのサイズが必要であるかもしれません。実際には、較正段階でこのサイズのデータを集めることは不可能である場合もあるので、より現実的なアプローチは、許容できるエラーマージンを提供するLUTのために十分な数のデータポイントを集めて、望ましい値を生成するために4次元のこれらのデータポイントで補間することである。

30

【0064】

LOM装置で白色紙にカラー印刷する例に戻ると、背景カラーは、ほぼ白、または、ほぼ色合いのない色であり得る。このとき、飽和値を修正するだけの非常にシンプルな変換方法が実装可能である。RGBのようなカラー空間では、飽和調整が3つ全てのカラー値の修正を必要とするので、多くの利点を提供しない。すなわち、カラーの飽和の縮小のために、R、GおよびBの全てを減らす。しかし、座標の1つとして、例えばHSV (hue-saturation-value) およびHSL (hue-saturation-luminance) といった飽和を使用するカラー空間がある。これらの空間の1つが使われるならば、変換は二次元の関数になる。HSVの場合には、例えば、HおよびVの値は、単に入力イメージから出力イメージへコピーされる。そして、Sだけが方程式11に記載されているように変換される。

40

【0065】

50

【数5】

$$S_0 = g(S_i, \theta) \quad Eq.11$$

【0066】

ここで使用される関数 g は、先に述べたように、多項式、LUTなどとして実装され得る。しかし、1つの変換式とより低い次元数に利点がある。

【0067】

3D色域写像関数を特徴づけるために、上記のように較正ステップが3D製造プロセスで使われることが必要である。このプロセスにおいて、一連のサンプルカラーは、様々な小平面角度で、試験部品に印刷され得る。異なる角度の異なるカラーに対する効果が測定されるように、試験部品ではカラー修正が使われないようにできる。そして、カラー測定装置は、小平面の各々から結果を読み取るのに使用され得る。カラー測定装置は光源（例えばD65）とともに使われる比色計であり得て、精度が低くてもよいならば、シンプルなフラットベッドスキャナーであり得る。図20には、基本的な八角形の試験片の例が示されており、0°, 45°および90°（より多くのデータポイントが必要とされ得るが）のカラーの値が提供される。

10

【0068】

十分な較正データが集められたあとで、いくつかの最初の分析が写像関数を選択するために必要とされ得る。例えば、飽和さえ修正すればよいならば、上述の単純な二次元の変換が使われ得る。また、写像関数はデータを調べることによって選択されるかもしれません、多項式に曲線適合されるかもしれません。あるいは、後に特定の値について補完するために生のデータがLUTに挿入されるかもしれません。また、写像関数の選択において、要求されるカラーの正確さはアプリケーション依存の選択要因であり得る。

20

【0069】

すでに詳述されたアプリケーションの例は、紙ベースのLOMタイプ製造であり、物理的な媒体の輪郭加工はカラーの視覚効果を変える。しかし、3D色域マッピングプロセスは、表面の角度と塗布されるカラーに依存する、カラーリング3D製造オブジェクトに一般的に適用され得る。もう一つの例は、完成したオブジェクトの異なる角度の表面への噴霧またはインクジェット印刷である。インクまたはペンキのしづくが重力に影響を受けるという事実のために、例えば、底部の表面への上向きの噴霧では、上部の表面への下向きの噴霧よりもインクの量が少なくて済むことがある。このときにも、色域マッピングは、影響を正規化するために適用され得る。

30

【0070】

本開示に従って提供される1つの構成において、本開示に従う印刷モジュールに集積される3Dオブジェクト色域マッピングエンジンによって、3Dオブジェクト色域マッピング方法が実行され得る。上記のように、3Dオブジェクト色域マッピングエンジンは、ソフトウェアソリューションを用いて実装され得る。コンピュータまたはコンピュータネットワークで実行されるコンピュータソフトウェアプログラムは、上記の3Dオブジェクト色域マッピング方法を実行し得る。プログラムは、コンピュータにおいて、コンピュータで読み取り可能な適当な媒体に格納することができる。3Dオブジェクト色域マッピングエンジンは、3Dオブジェクトの個々のエッジ表面を識別可能であって、それらのエッジ表面に選択的にカラーを塗布できるように、輪郭加工モジュールとインターフェースをとるように構成され得る。輪郭加工モジュールは、3Dオブジェクトの範囲内で、望ましい3Dの形状を生じるために複数の媒体層の個々の輪郭加工を生じるように構成される。

40

【0071】

コンピュータで読み取り可能な媒体は、メモリ記憶および磁気もしくは光学的媒体の検索のための取り外し可能な記憶装置または取り外し不可能な記憶装置（例えば、メモリカード、磁気ディスクドライブ、磁気テープドライブと光ドライブ）である場合がある。記憶媒体は、揮発性および不揮発性媒体（取り外し可能、取り外し不可能のいずれも）を含む

50

かもしれない、データを格納するのに用いられ、処理装置によってアクセス可能ないいくつかの構成（例えば、RAM、ROM、EEPROM、フラッシュメモリ、CD-ROM、DVD、または他の光記憶媒体、磁気カセット、磁気テープ、磁気ディスク、または他の磁気記憶装置、または他の記憶技術もしくは媒体）のいずれかで提供され得る。上述の3Dオブジェクト色域マッピング方法は、データ（例えばコンピュータで読み取り可能な命令、データ構造、およびプログラムモジュール）の記憶のためのどのような方法またはテクノロジーを使用する記憶装置にも保存され得る。記憶装置は、上述の印刷モジュールまたはLOMシステムの一部である場合がある。

【0072】

また、本開示は3Dカラー印刷のために最適化される媒体（紙）と、媒体用のインクを提供する。本発明の実施例によると、3Dカラー印刷の媒体は、媒体のボディのサイズ剤の集中、および媒体の2つの表面上でのサイズ剤の集中を減少させて設計される。これに加えて、製造中または製造後に、後処理の表面スプレーとして、水に0.1%から1.0%の濃度で調合される、例えば2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオール、エトキシ化アセチレンジオールの非イオン界面活性剤の溶液で、媒体は処理され得る。

【0073】

媒体が、この方法でつくられて、水性の（または水とエタノールの混合物ベースの）染料着色剤のインクジェットインクで印刷されたとき、インクの流体は媒体に素早く吸着されて、素早く媒体の厚みに浸透することができる。

【0074】

カラー3D印刷において使われるインクに関して、本発明は、受け入れ可能に設計されて、媒体の厚みを通じて素早く吸着されるインクを提供する。さらにインクの表面張力を減らすことができる界面活性剤の追加によって、このことは達成されて、インクが大部分のセルロース媒体タイプに浸透することを確実にする。このことは、媒体の表面だけにカラーが浸透するように保持して、媒体のボディにはインクがないままにしておくことが実質上望ましいという、従来のデスクトップインクジェット印刷での直観に反する。インク構成は、例えば、インクの0.1%から1.0%の濃度で調合される、例えば2,4,7,9-テトラメチル-5-デシン-4,7-ジオール、エトキシ化アセチレンジオールの非イオン界面活性剤を含むかもしれない。インク構成のバランスは、水（75%-85%）、水溶性染料（最高で5%まで）、例えばグリセリドのような保湿剤（最高で5%まで）、抗菌物質、およびアルコール類（最高で8%まで）を含むことができる。従来の2Dインクジェットインクでは、34-38ダイン/cmの表面張力がある。しかし、本開示に従えば、3D印刷ではインクの表面張力を30ダイン/cm以下に下げることが望ましい。本発明者によって、エトキシ化アセチレンジオールの1%の追加は、インクの表面張力をおよそ26ダイン/cmの値に下げて、インクが紙に素早く吸収されることが示された。

【0075】

エラー訂正と製作指示とを提供するために、3Dオフセットカラー印刷プロセスの間に、追加情報が各々の層の余白に印刷され得る。印刷された各々の層は、輪郭加工モジュールで読みられるシーケンスコードを含み、輪郭を描かれる層が正しい順序であることを確かめることができる。印刷された各々の層は、媒体タイプが何であるかを輪郭加工モジュールに知らせるコードをシーケンスコードに含むことができる。3D製作プロセスで使われる基板を指す媒体はセルロース紙であり得る。しかし、他のタイプの媒体も使用でき、ポリマーフィルム、金属箔、セラミック粉末を含浸させた紙シート、金属粉を含浸させたシート、ポリマー粉末を含浸させたシート、水溶紙、およびワックスでできた基板を含むことができる。コードは、特定の層が異なる輪郭加工レシピ（例えば、よりゆっくりとした切断、厚さがあるためのより深い切断、または、切断するのが難しい媒体タイプ）を必要とすることを、輪郭加工するもの（profiler）に知らせるかもしれない。コードは、例えば次の3つの層は同一の輪郭を有することを、輪郭加工するものに知らせて、複数の層の

10

20

30

40

50

切断が実行されるかもしれない。また、媒体は、プロフィーラーテーブルと比較して各々の媒体層を整合させる方法を輪郭加工するものに知らせる媒体アラインメントマークも含むことができる。

【 0 0 7 6 】

本発明によると、印刷による3Dオブジェクト製作で、材料の2つのゾーンがあり得る。a) 接着ゾーン - このゾーンの媒体層は、合わせて強く接着され得る。完成したオブジェクトは、これらの層からつくられる。

b) 仮留めゾーン - このゾーンの媒体層は、一時的な、サポート層であり得る。これらの層は、3D印刷オブジェクトをあらわにするために印刷された媒体のスタックから不必要的支持材を取り除く場合に、除去プロセスの間に簡単に分離できるように、合わせて弱く接着（仮留め）され得る。

10

【 0 0 7 7 】

仮留めゾーンの材料は、接着ゾーンに接近しているいくつかの層において、コード化されたカラーを付され得る。そのようなカラーコーディングは赤で陰影をつけられた領域であってもよく、このことは、カラーの陰影をつけられた領域の下に持続的に接着された層が存在するので、注意して除去を進めるように除去作業者を指導する。図16は、除去後に形成された3Dオブジェクトの平面図と断面図を示す。3Dオブジェクトは、複数のカラー3D媒体層120を含むことができる。図17は、印刷後であって除去前の3Dオブジェクトの平面図と断面図を示す。3Dオブジェクトは、複数の媒体オブジェクト層を含み、各々が接着ゾーン127と仮留めゾーン128を含む。仮留めゾーンのいくつかの層は、陰影をつけられたパターンで印刷されることができる。3D印刷プロセスの間に、仮留めゾーンは3D印刷オブジェクトと共に印刷されて、3Dオブジェクトの接着層より上のいくつかの仮留め層が実質的なオブジェクトがすぐ近くにあることを示す陰影をつけられたパターンで印刷されるようにできる。印刷後、3Dオブジェクトと仮留めに使われる不要な材料（陰影をつけられた層を含む材料）は、仮留めおよび接着された媒体層がまとまった1つのブロックで共存し得る。

20

【 0 0 7 8 】

除去の間、印を付されていない仮留め層ははがされ得る。カラーの陰影をつけられた領域に達したとき、除去作業者は実質的なオブジェクトに達するまで注意して作業を進めることができる。図18は、仮留め材料が除去されるにつれて明らかにされる3D印刷されたピラミッド構造を表す。図18において、より暗い陰の付されたゾーンによって、陰影をつけられた領域が示されている。これらの領域は慎重に除去され得る。カラーコードおよび/または他のマークは、製作オブジェクトへの近接を示すのに用いられ得る。図21は除去プロセスの間のカラー3Dオブジェクトの写真イメージの例である。また、図22は除去が実行された後の完成したカラー3Dオブジェクトの写真イメージである。カラー・リングプロセスを通じて、端部切断領域から意図された3Dオブジェクトを区切ることによって、最終的な3Dオブジェクトが仮留め材料の除去の間に、確実にダメージを受けないようにできることは明らかである。

30

【 0 0 7 9 】

上述のカラー印刷プロセスが、輪郭加工および層接着モジュールとは別のモジュールで実行可能であることは、当業者によって理解される。しかし、代わりに、印刷モジュールは輪郭加工および層接着モジュールに集積することができ、カラー印刷プロセスが最初に実行されて、続いて接着および輪郭加工が実行される。この実施例において、印刷プロセスは「オフセット」ではなく、むしろ組み立てプロセスに統合される。本発明は、印刷モジュールと、それとは別の、完成した3Dオブジェクトを形成するために個々の3Dオブジェクト媒体層を切断して個々の層を合わせて接着する輪郭加工および層接着モジュールと、を備えるLOMシステムをさらに提供する。このとき、カラー印刷は、接着と輪郭加工に関して「オフセット」である。また、本開示に従うインクが印刷モジュールで使用され得ることが理解されよう。さらに、上述のように、3Dオブジェクト色域マッピング方法が、本開示に従う印刷モジュールまたはLOMシステムで実行され得る。

40

50

【 0 0 8 0 】

本明細書において、「含む」や「備える」との単語は、所定の特徴、整数、ステップまたは構成要素の存在を特定するが、一つ以上の他の特徴、整数、ステップ、構成要素またはそのグループの存在または追加を排除するものではない。

【 0 0 8 1 】

本発明がいくつかの例示的な構成を参照して記述されたが、本発明はそのような構成に限定されることを意図して開示されたのではなく、本発明の要旨から逸脱しない範囲で修正がなされることが理解されるであろう。このように、本発明は、添付の請求項に照らして必要とみなされる範囲において制限されるだけがあることが理解されるであろう。

【図 1 a】

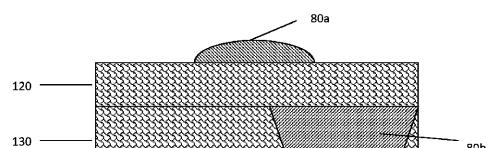
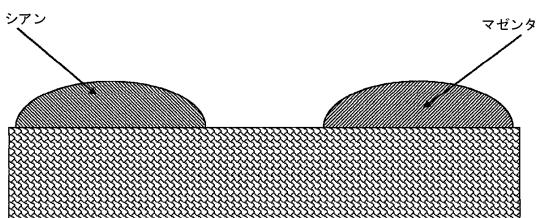


Figure 1a

【図 1 d】



【図 1 b】

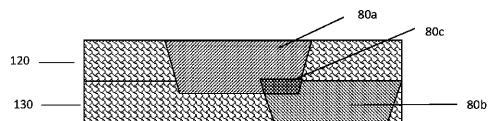


Figure 1b

【図 1 c】

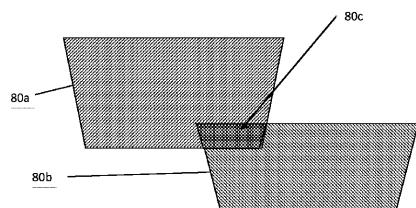
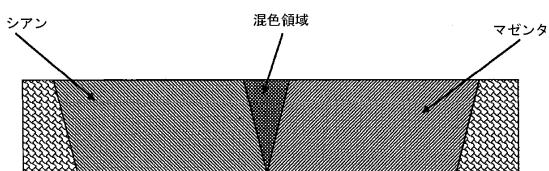
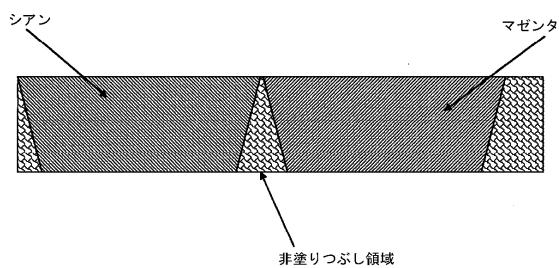


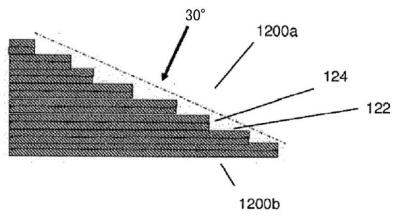
Figure 1c



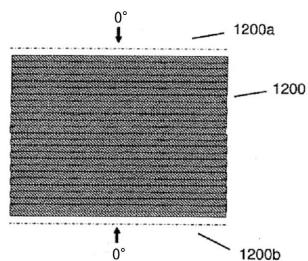
【図1e】



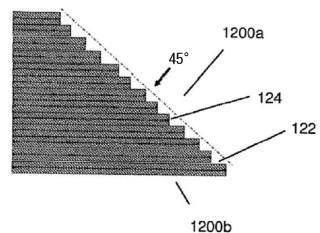
【図1g】



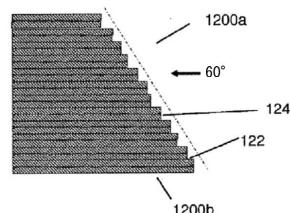
【図1f】



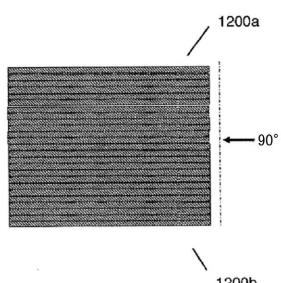
【図1h】



【図1i】



【図1j】



【図1k】

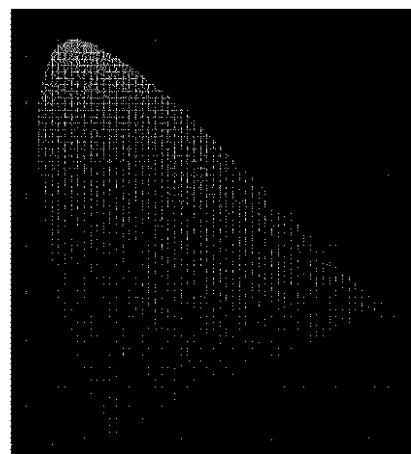
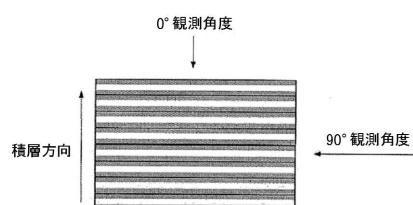
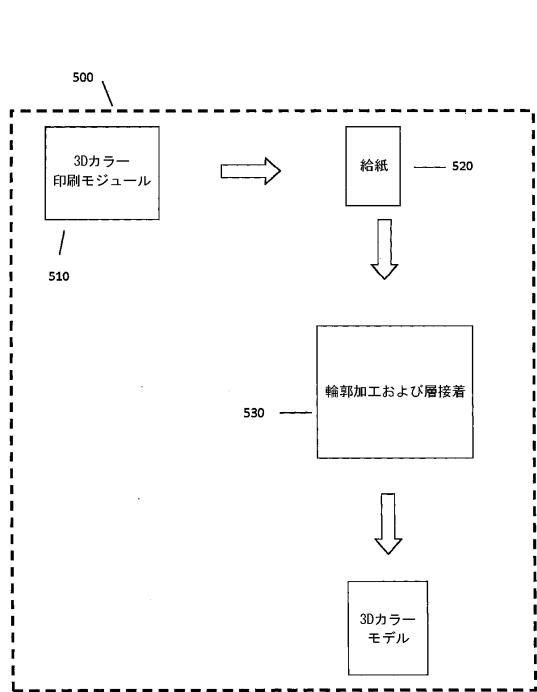


Figure 1k

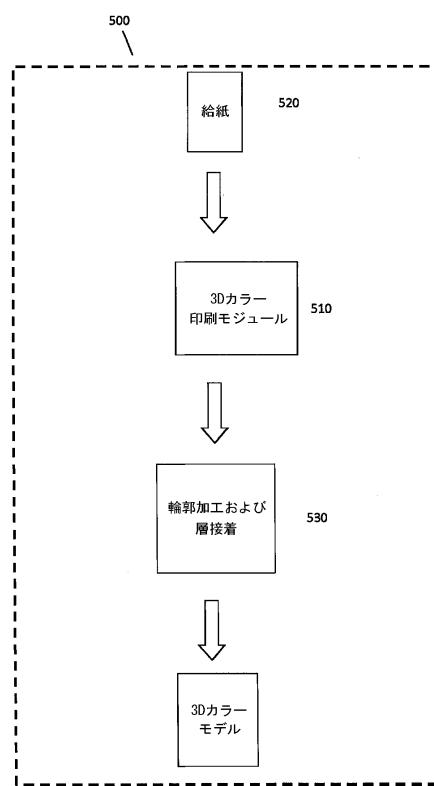
【図1l】



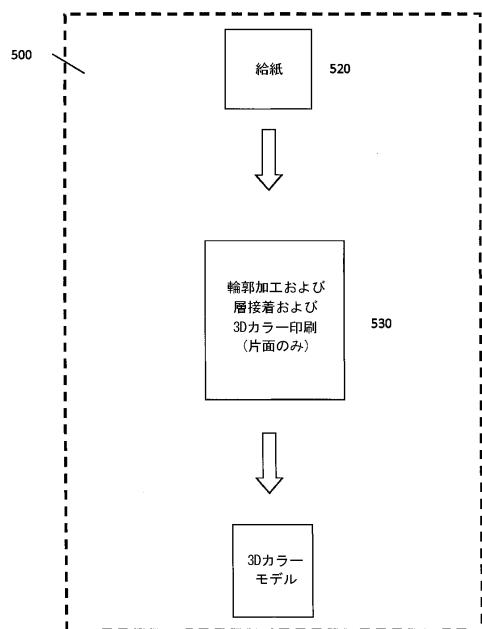
【図2a】



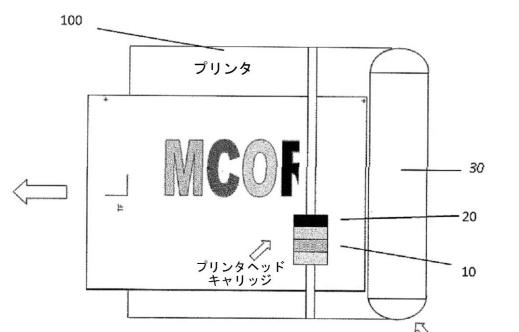
【図2b】



【図2c】



【図3】



【図4】

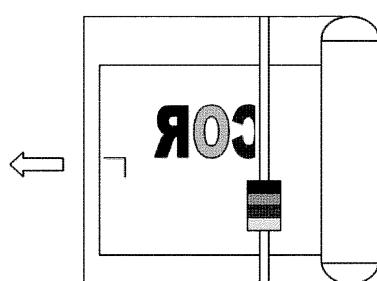
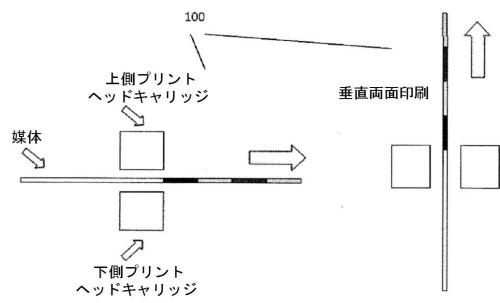
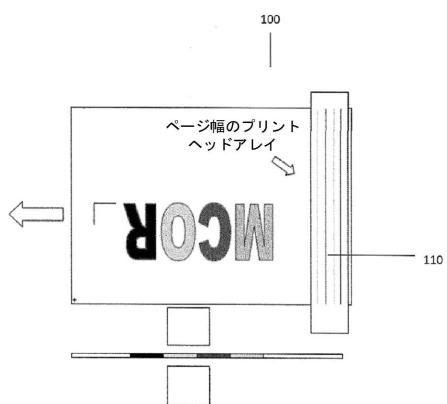


Figure 4

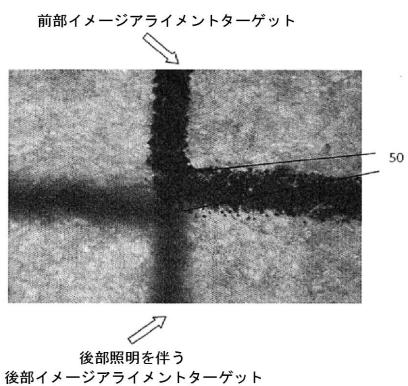
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

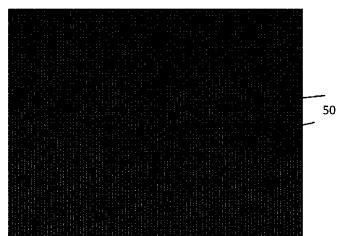


Figure 8

【図9a】



Figure 9a

【図9b】



Figure 9b

【図10】

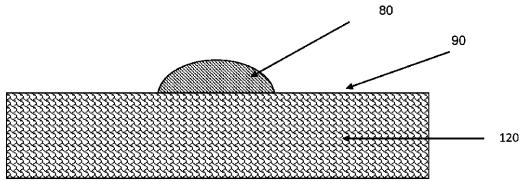


Figure 10

【図11】

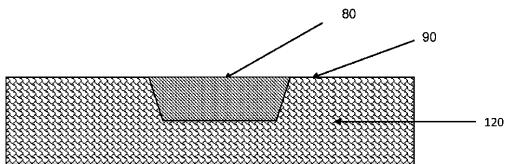


Figure 11

【図12】

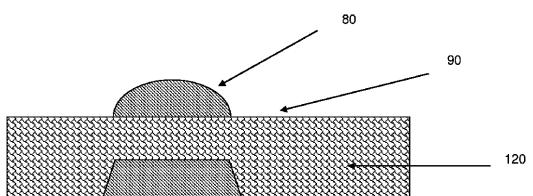


Figure 12

【図13】

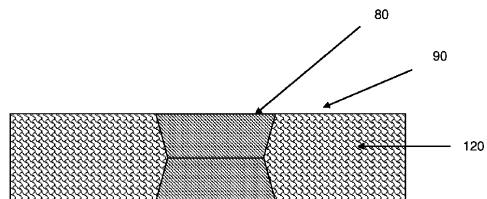


Figure 13

【図16】

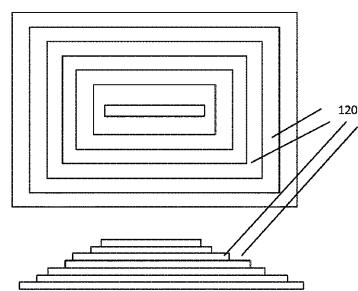


Figure 16

【図14】

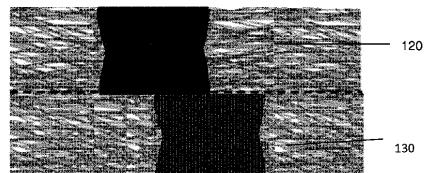


Figure 14

【図17】

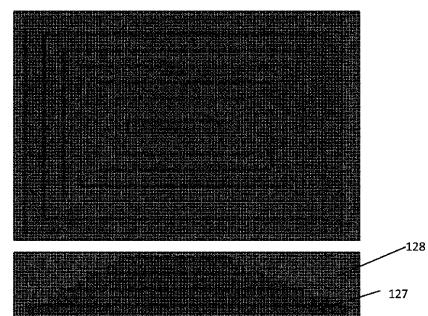


Figure 17

【図15】

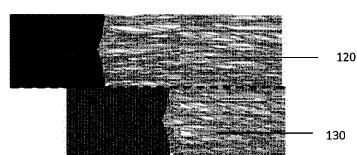


Figure 15

【図18】

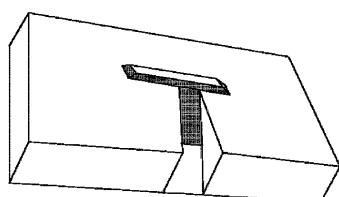


Figure 18

【図19】

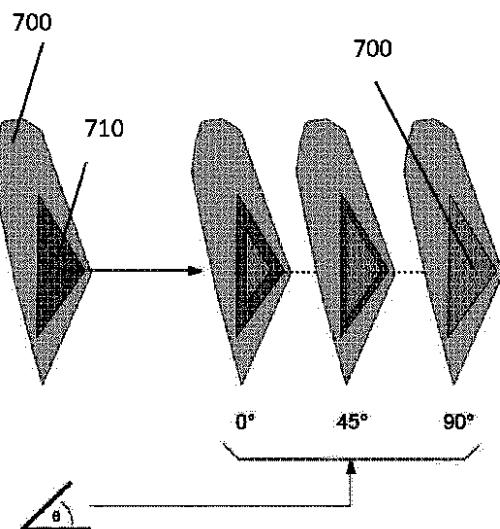
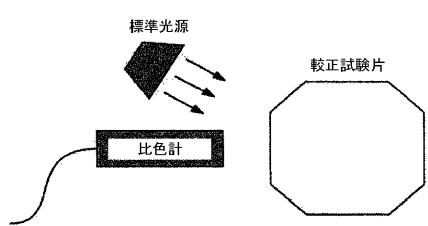


Figure 19

【図20】



【図21】

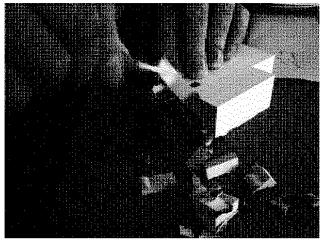


Figure 21

【図22】



Figure 22

フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I		
<i>B 0 5 C</i>	5/00	(2006.01)	B 4 1 J	2/01 2 0 9
<i>G 0 6 T</i>	1/00	(2006.01)	B 4 1 J	2/01 4 5 1
<i>H 0 4 N</i>	1/56	(2006.01)	B 4 1 J	2/01 5 0 1
<i>H 0 4 N</i>	1/60	(2006.01)	B 4 1 J	2/21
<i>B 3 3 Y</i>	30/00	(2015.01)	B 4 1 M	5/00 1 2 0
<i>B 3 3 Y</i>	10/00	(2015.01)	B 0 5 C	5/00 1 0 1
<i>B 3 3 Y</i>	50/00	(2015.01)	G 0 6 T	1/00 5 1 0
			H 0 4 N	1/56
			H 0 4 N	1/60 0 2 0
			H 0 4 N	1/60 3 0 0
			B 3 3 Y	30/00
			B 3 3 Y	10/00
			B 3 3 Y	50/00

(72)発明者 フィリップ キーナン

イギリス国 ヘレフォードシャー エスジー7 6ディーアール バルドック サーナル クローズ 18

(72)発明者 フィンタン マッコーマック

アイルランド国 ラウス アーディー クロンモア クローズ 125

(72)発明者 コナー マッコーマック

アイルランド国 ラウス アーディー ロックフィールド クローズ 13

審査官 今井 拓也

(56)参考文献 特開2002-292752(JP, A)

特開2004-151104(JP, A)

特開2000-177019(JP, A)

米国特許第05015312(US, A)

米国特許出願公開第2004/0085377(US, A1)

米国特許出願公開第2004/0080078(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B 2 9 C	6 4 / 0 0	-	6 4 / 4 0
B 0 5 C	5 / 0 0		
B 4 1 J	2 / 0 1		
B 4 1 J	2 / 2 1		
B 4 1 M	5 / 0 0		
G 0 6 T	1 / 0 0		
H 0 4 N	1 / 5 6		
H 0 4 N	1 / 6 0		
B 3 3 Y	1 0 / 0 0	-	9 9 / 0 0