

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成29年11月9日(2017.11.9)

【公表番号】特表2016-508232(P2016-508232A)

【公表日】平成28年3月17日(2016.3.17)

【年通号数】公開・登録公報2016-016

【出願番号】特願2015-548447(P2015-548447)

【国際特許分類】

G 03 F 7/20 (2006.01)

B 8 1 B 7/04 (2006.01)

【F I】

G 03 F 7/20 501

B 8 1 B 7/04

【誤訳訂正書】

【提出日】平成29年9月26日(2017.9.26)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】均一な光分布を形成する方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、空間光変調器を用いて均一な光分布を形成する方法並びにそのような方法が適用されるラピッドプロトタイピング法に関するもの。

【背景技術】

【0002】

ラピッドプロトタイピング法では、UVレーザーの他にUV-LEDプロジェクタが使用されている。このための方法は、例えば欧州特許出願公開第1880830号明細書および欧州特許出願公開第1894705号明細書から公知である。ここでは、UV光が光硬化性プラスチック上に結像されている。この結像では、光学系と空間光変調器が使用される。そこでは光学系に起因して、不均一な光分布や強度分布が生じる。典型的には露光フィールドの縁部領域は、露光フィールドの中心領域よりも強度が低くなる。この色調画像とも称される作用は、光硬化性プラスチックが各場所において同じ強度で受光することにはつながらず、そのため種々の不均一な硬化が生じる。

【0003】

欧州特許出願公開第1982824号明細書では、UVプロジェクタのより明るい画素をグレー分布により縁部における画素の強度レベルまで低減させることで強度分布を均一化することが提案されている。

【0004】

ただしこの方法は、強度を正確に制御しなければグレー分布の達成ができないという欠点を伴う。それ故本発明の課題も、少ないコストで同等の効果が得られる方法を提供することにある。

【0005】

つまり本発明の課題は、従来技術の欠点を克服することにある。特にここでは、露光フィールドの光強度の十分な均一化が達成される低コストの方法が提供されるべきであり、さらにこの方法はできるだけ安価に実現されるべきである。

## 【0006】

本発明の前記課題は、空間光変調器を用いて均一な光量分布を形成する本発明による方法により、前記空間光変調器は、複数の行及び列に配列された駆動制御可能でかつ傾斜可能な複数のマイクロミラーを有し、面状に照射する光源の光が光学系を介して結像され、結像される前記光源の露光フィールドは前記空間光変調器を用いて投影面上で誘導され、前記露光フィールドの中心に向かって増加する数の画素は照明されず、それによって積分時間において前記投影面を照明する全ての画素の光強度の均一化が達成されるようにして解決される。

## 【0007】

前記画素とは、本発明の範囲内では、駆動制御可能な最小単位の光源と理解されたい。そこからはプロジェクタの画像が合成される。

## 【0008】

前記空間光変調器として、例えばテキサスインスツルメンツ社の特に良好に適しているDLPチップ（登録商標）が使用されてもよい。

## 【0009】

本発明によれば、前記面状に照射する光源として、プロジェクタ、好適にはLEDプロジェクタ、特に好適にはUV-LEDプロジェクタが用いられる。また代替的に、レーザーシステムが使用されてもよい。

## 【0010】

前記プロジェクタも前記レーザーシステムも、好適には180nm乃至600nmから選択された波長の光、殊更に好適には230nm乃至450nmから選択された波長の光を照射する。基本的には多色光源が前記プロジェクタとして使用されてもよい。但し、単色光源又は実質的に単色の光源は、特に好適である。なぜなら単色光源を使用することにより、光強度ないし照射強度を統一化することができ、それによって均一な合成を達成することができるからである。とりわけ、385nm付近の波長を有するLED-UVプロジェクタ又は285nm付近の波長を有するレーザーを備えたレーザーシステムが好ましい。特に1024×800画素以上の解像度、より好ましくは1920×1080画素以上の解像度を有するプロジェクタが好適であり、特に100000画素までの高解像度又はそれ以上の高解像度が好ましい。特に好ましくは、コヒーレントな光ビームを有する面状の光源が使用される。空間的コヒーレントは、露光フィールド5から光源1及び/又は構成ユニット0までの非常に短い間隔によっても達成される。

## 【0011】

前記露光フィールドから前記面状の光源、アレイ及び/又はユニットまでの僅かな間隔として、3mm乃至500mm、特に3mm乃至250mm、特に好ましくは3mm乃至150mm、好適には3mm乃至50mmが選択され、また1mm乃至50mmの間隔も代替的に可能である。本発明によれば、面状に照射する光源、空間光変調器、及び光学系、特にレンズシステム系は、1つのアレイを形成している。さらに、面状に照射する光源、空間光変調器及び光学系、特にレンズシステムは、アレイとして一つのユニット内に存在する。

## 【0012】

そこでは、プロジェクタの駆動制御のために使用されるマスクによって、特にプログラミング可能なマスクによって、これは照明されない画素を規定し、その中で照明器の特定の発光ドットは常時オフされ続ける。本発明に係るマスクは、光源のオフされた発光ドットのモチーフに相当し、このモチーフは、露光フィールドにおいて照明されない画素、特に照明されない画素の静的モチーフとして現れる。

## 【0013】

挿入されたマスクによって、露光フィールドの所定の領域における光強度の低減が、最も簡単な手法で達成される。このマスクを用いることによって、露光フィールドの均一化、特に露光フィールドの光強度の均一化、特に好適には露光フィールドの光強度の時間積分における均一化が達成される。

## 【0014】

また挿入されたマスクを使用する代わりに、マイクロミラーの黒化により、または間隙を有する空間光変調器のマイクロミラーを用いた占有により、またはマイクロミラーによる発光ドットの偏向により、照明されない画素が規定されるようにしてもよい。

## 【0015】

個々のマイクロミラーの省略により、空間光変調器に対するコストないしは必要な接続端子の数を低減することが可能である。黒化を使用する場合には、市場全体において一般的に占められている空間光変調器を用いることも可能である。

## 【0016】

本発明による方法の改善例によれば、照明されない画素の数を、関数に応じて、中心に向かって増加するように、好適には線形に若しくは放物線状に増加するようにしてもよい。特に好適には、発生した干渉を考慮するような関数に応じて増加するように、さらに好適には、露光フィールド、好ましくは露光すべきないしは印刷すべきモチーフの露光フィールドのコヒーレンスを改善するような関数に応じて増加するようにしてもよい。

## 【0017】

これにより、光学系に基づいて発生する露光フィールドの強度に関する典型的なずれが特に良好に補償される。そのような関数は、露光フィールドの中心において強度の増加を良好に補償する。

## 【0018】

その際この関数は、光学系、特にレンズシステムによって引き起こされる、露光フィールドの不均一性に依存して定められ、好適には算出される。

## 【0019】

好ましくは前記関数は、面状の光源によって引き起こされるか、面状の光源、空間光変調器及び／又は光学系を含むアレイによって引き起こされる露光フィールドの不均一性に依存して定められ、好適には算出される。代替的に前記関数は、前記光源を含むユニットによって引き起こされる不均一性に依存して算出される。

## 【0020】

照明フィールドの中心に向かって照明されない画素の数が増加するようになる関数は、基準1の関数として求められ、これは投影面（平面）上の露光フィールドにおける光源の元の光強度を示す。投影面の均一でフラットな光強度（X画素にわたって平均化された平面内のエネルギー密度）を示す基準2は、特に $12 \times 13 \sim 1920 \times 1080$ 画素に関する相関付けに用いられる。この投影面は画素における高い解像度も含んでいる。

## 【0021】

この手段もまた強度分布における構造に起因する誤差の可及的に正確な補償調整に用いことができ、それによって可及的に均一な露光フィールドが生成される。

## 【0022】

本発明による方法の特に好ましい実施形態によれば、光源と空間光変調器とによる最大の照明のもとで露光フィールドの強度分布が測定または算出され、その結果から、各行及び／又は各列における照明されない画素の数が求められる。

## 【0023】

これによって、個別プロジェクタ又はプロジェクタタイプの所定の光源の特定の強度偏差も簡単な方法で補償することができる、特に良好に適した方法が提供される。

## 【0024】

本発明の好ましい実施形態によれば、結像される光源の露光フィールドを投影面に誘導するために、面状に照射する光源、好適には面状に照射する光源を含むアレイ及び／又は面状に照射する光源を含むユニットが投影面に誘導される。この露光フィールドは、投影面上を往復するように誘導されてもよい。またこの誘導は連続的に行われてもよいし、非連続的に行われてもよい。

## 【0025】

これにより、当該方法をラピッドプロトタイピング法に置き換えるための特に簡単な手

法が提供される。この手法は、特に露光フィールドが投影面に誘導されるだけの他の方法よりも誤差が少ない。

#### 【0026】

本発明による方法の改善例によれば、前記露光フィールドが周期的に投影面に誘導されることが提案される。この投影面の周期的な走査によれば、露光フィールドの移動方向に沿って均一な強度が達成される。

#### 【0027】

照明されるモチーフ画像は、

a) 抽出されたモチーフ個別画像と、すなわちスクロール過程中の個々のモチーフとして表される印刷すべきモチーフから導出されるか投影面上で光源を含めたアレイの誘導から導出されたモチーフ個別画像と、

b) 遮断された発光ドット若しくはマスクのモチーフとの、

重畳によって得られる。照明されたモチーフ個別画像の光強度は、空間光変調器またはマスクなしの照明に比べて均一化されている。

#### 【0028】

当該方法における特に好ましい変化実施例によれば、露光フィールド内で照明されたフレーム個別画像は、

a) 抽出されたモチーフ個別画像と、

b) 遮断された発光ドットのモチーフとの、

重畳が行われることによって製造される。抽出されたフレーム個別画像は、スクロール過程のためにモチーフ個別画像に分解された印刷すべきモチーフに相応する(図3b)。

#### 【0029】

遮断された発光ドットのモチーフ(図3c)は、照明されない画素を示し、照明されない画素の静的モチーフである。照明されるべきモチーフ個別画像(図3d)は、それぞれのモチーフ画像(抽出されたモチーフ画像、図3b)と、照明されていない画素を有する静的モチーフとして表される遮断された発光ドットの静的モチーフとの重畳によって得られる。

#### 【0030】

印刷すべきモチーフは、投影面上での照明されたモチーフ個別画像を用いた露光フィールドの誘導によって得られる。

#### 【0031】

また、前記投影面として液状の光硬化性プラスチックの表面が使用されてもよい。特に、光硬化性の歯科用材料は、光硬化性プラスチックとして使用される。本発明によれば、光硬化性プラスチックの開始剤系と光源の波長とが相互に最適に調整される。

#### 【0032】

前記投影面として、液状の光硬化性プラスチックを使用する場合には、当該方法は、三次元の成形体の製造に適している(いわゆるラピッドプロトタイピング法として)。

#### 【0033】

本発明の基礎をなす課題は、液状の光硬化性プラスチックがそのような方法によって照明される、好ましくはUV光によって照明される、ラピッドプロトタイピング法によっても解決される。その場合、前記プラスチックの表面に露光フィールドが結像され、この露光フィールド内の照明によって前記プラスチックが硬化する。

#### 【0034】

本発明による、露光フィールドの光強度を均一化する方法は、特にラピッドプロトタイピング法に影響を与える。なぜならそれによって生成されるプラスチック体は、均一な構造化が可能だからである。

#### 【0035】

本発明は、デッド状態若しくは常時黒い状態の画素を利用すること、すなわち照明されていない画素の利用という驚くべき認識に基づくものであり、これによれば、面状の光源を用いたグレー値の調整を必要とせずに、UV光強度の均一化を達成することが可能にな

る。ここでは一度規定されたマスクが使用可能であり、それがプロジェクタ内に、好適にはUVプロジェクタ内に格納されている。複数の行または列内で黒を規定している画素の数、ここでは照明されていない画素の数が、露光フィールドの中心に向かって増加し、それによって、縁部に対する露光フィールドの光強度減衰が光学系に基づいて補償される。このことは絶対に必要である。なぜなら中央側の行若しくは列は、構造に起因して（光学系に基づき）より明るく照明されてしまうからである。

#### 【0036】

本発明の方法によれば以下の効果が得られる。すなわち露光の際のプロジェクタの移動若しくはプロジェクタから照射されるビームの移動によって、露光フィールドの行全体が駆動制御される。それにより、駆動時に最大光量（UV光量）が生成される。例えば1920×1080画素の露光フィールドの場合、1080画素によって最大光量が生成されるようになる。それより少ない画素で駆動する場合には、電力または時間積分された光強度は緩和される。本発明によれば、このようにして光学系の不揃いな照明が補償される。

#### 【0037】

以下では本発明の実施例を、概略的に示された2つの図面に基づいて説明するが、このことは本発明の限定を意味するものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0038】

【図1】本発明による方法を実施するための概略的な断面構造を示した図

【図2】従来技法によるフル照明されたUVプロジェクタチップ（図2A）と、本発明による方法に従って動作するUVプロジェクタチップ（図2B）とを概略的に比較して示した図

【図3a】発光ドットが黒い画素として描写されている、印刷すべきモチーフ（13）を示した図

【図3b】プロジェクタの光源（1）から個別に描写される画像を示した図（（マスクなしで）投影面上を光源が移動している間の印刷すべきモチーフ（13）を生成するための抽出されたモチーフ個別画像（13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13f）、ここでは発光ドットが黒い画素として示されている）

【図3c】マスクを介して形成されるかまたは空間光変調器によって生成される、照明差を補償するための遮断された発光ドット（14）のモチーフを示した図（ここでの遮断された発光ドットはグレーの画素として示されている）

【図3d】空間光変調器及び/又はマスクによって生成される遮断された発光ドット（14）と、抽出されたモチーフ個別画像13a～13fとの重畠ないし付加を示した図、この場合マスクによる遮断された発光ドット（14）はグレー画素として示され、発光ドットは黒画素として示されている。グレー画素を用いて示される遮断された発光ドットのモチーフ（14、負のモチーフ）は、全てのモチーフ画像において重畠又は減算として静的に示され、すなわち永続的にマスキングされるないしスイッチングされる発光ドットのモチーフ（14）と、印刷すべきモチーフ（13）のモチーフ個別画像（13a～13f）との重畠ないし減算として、照明すべきモチーフ個別画像（14a, 14b, 14c, 14d, 14e, 14f）に示される。

#### 【0039】

#### 実施例

図1には、本発明による方法を実施するための構造の概略的な断面が示されている。UV-LEDプロジェクタ1（これはUV光を照射する）は、空間光変調器4を照射する。このUV-LEDプロジェクタ1は、1920×1080画素の解像度を有し、これは当該UV-LEDプロジェクタ1のチップ表面の矩形面から照射される。前記空間光変調器4は、複数の駆動制御可能なマイクロミラーを含み、これらのマイクロミラーを用いて前記UV-LEDプロジェクタ1からの光を反射し、レンズシステム2を用いて液状の光硬化性プラスチック6の表面に結像される。これらのマイクロミラーは図1においては、様々な向きに配向された小さな矩形領域として当該表面光変調器4の表面に示されている。

液状の前記プラスチック6は、容器8内に配置されており、この容器8は前記空間光変調器4ないし前記レンズシステム2に対して上側が開口している。

#### 【0040】

図1中に単純なレンズとして概略的に示されているだけの前記レンズシステム2は、UV-L ED プロジェクタ1の画素の面を光硬化性プラスチック6の表面に結像する。適切なモータ(図示せず)を用いることによって、前記UV-L ED プロジェクタ1は、容器8の上方を移動し、それによって光硬化性プラスチック6の表面が露光フィールドでもって走査される。そのため前記UV-L ED プロジェクタ1のチップの各行は、露光すべき各ポイントを完全に移動または通過することができる。

#### 【0041】

それによって光硬化性プラスチック6の表面上に生じる露光フィールドは、液状の成分を硬化させてるので、固形のプラスチック体10が形成される。この固形のプラスチック本体10は、支持台12に保持されており、これは下方へ緩慢に移動し、それによって前記プラスチック体10の上面が液状の光硬化性プラスチック6によって濡らされ、新たな固体層が露光フィールドを用いて前記プラスチック体10上に形成され得る。このような処理の詳細については、欧州特許出願公開第1880830号明細書または欧州特許出願公開1894705号明細書が参照される。

#### 【0042】

露光フィールドの均一化と共にそのようにして生成されたプラスチック体10は、UV-L ED プロジェクタ1のチップ中央に配置された画素を使用しないことによって実現される。すなわちこれらの画素は黒いままである。そのような本発明によるチップの利用ないし制御は、よりよい理解のために図2Bに示され、以下で詳細に説明する。

#### 【0043】

図2には、本発明によって動作されるUV プロジェクタチップ(図2B)と、従来技術によりフルに照明しているUV プロジェクタチップ(図2A)との概略的な比較が示されている。ここで例示的に示されているUV-L EDチップでは、本発明の基本原理を簡単に説明できるように12×13画素しか示していない。実際の実施例では、実質的により高い解像度のUV-L ED プロジェクタ、例えば1920×1080画素のUV-L ED プロジェクタが使用される。

#### 【0044】

UV-L EDチップの各々は、12の列と13の行を有している。従来技術(図2A)によるフルに照明されたUV-L EDチップのもとでは、露光フィールドの内側領域が、外側領域よりも高いUV強度で照射される。そのため中央の列において、最も高い強度が発生し、この強度は外方に向けて低下する。散乱効果と他の光学系によって引き起こされる特性に基づいて、当該UV-L ED プロジェクタの個々の画素は任意に鮮明に結像することはできない。つまり各画素は、本来はそこに隣接する画素によって照明されるはずの露光フィールドの領域までも照明してしまう。これにより、露光フィールドの内側の画素によって照射される領域は、露光フィールドの外側の画素によって照射される領域よりも高い強度を受ける。

#### 【0045】

このことは、列に関して(図2中上方から下方への)、UV-L ED プロジェクタを露光フィールド上で移動方向Xに沿って移動させることによって補償される。UV-L ED プロジェクタないし露光フィールドの移動方向Xは、図2Aおよび図2Bの両方に亘る矢印によって示されている。UV-L EDチップによって照射される画像は、露光フィールド上で行の方向(図2中左方から右方へ、すなわち矢印Xに沿って)移動する。この結像に対しては、テキサスインスツルメンツ社のDLPチップ(登録商標)が使用されている。

#### 【0046】

遮断ないしオフ状態のままか又は空間光変調器から液状の光硬化性プラスチックの表面に反射されていない、図2Bに示した黒画素によって、本発明によって動作しているUV

- L E D プロジェクタの様々な列の光強度は、中心に向けて一段と減少する。これにより、移動方向Xに沿って走査される露光フィールドの中央領域が、紫外線照射強度に関して外側領域（行）と同じ強度を得ることが達成される。

#### 【0047】

本発明による方法の最も簡単な実施例は、プロジェクタに対してマスクを挿入し、このマスクによって、投入若しくは使用されない黒のままの画素が特定されることによって実現され得る。また代替的に、中央領域に、より少ないミラー若しくは黒にされたミラーを備えた空間光変調器を使用することも可能である。

#### 【0048】

図2Bでは、最も外側の2つの行のみが12のすべての画素を照射される。それに対して、中央の行により近づく各行毎にそれぞれ1つの画素分だけ少なく照明されるかないし結像される。従って中央の行においては、もはや6つの画素だけがアクティブであるか6つの画素のみが結像される。移動方向Xに沿って露光面を走査した場合、露光フィールドの照明箇所において、UV-L E D プロジェクタの使用ないし結像される画素の数に正比例する平均露光強度が発生する。好適なプロジェクタは、10万画素から150万画素までの解像度を持つ。同様にXGA規格及び $1280 \times 1024$ 画素のスーパーXGA(SXGA)規格のプロジェクタが使用されてもよい。

#### 【0049】

光硬化性プラスチックの表面または投影面の表面で一様に均一な光量分布を得るために、露光フィールドは一定の速度で構造プラットフォーム上を誘導される。この構造プラットフォームは、ここでは $1920 \times 2000$ 画素の大きさである（ここでの画素サイズは $50 \times 50 \mu\text{m}$ ）。移動中は、画像の一部が露光フィールド上で連続的に再生される。

#### 【0050】

UV-プロジェクタ内に挿入され一度確定されたマスクは、個々の行において死滅画素（常時黒）を形成する。このケースでは、行内で黒に確定された画素の数が、中央に向けて増加している。なぜなら中央の行は、構造に起因して（光学系によって）より明るく照明されるからである。

#### 【0051】

以下では効果を説明する。UV-プロジェクタの動きにより、露光の際に、露光フィールドの全体行が駆動制御される。そのため通過の際には、1080の最大UV光量が生成される。より少ない画素を駆動制御するのであれば、電力が低減され、光学系の不均一な照明が補償され得る。

#### 【0052】

図3aには、複数の発光ドットが黒画素として示されている印刷すべきモチーフ13が示されている。図3bには、光源またはアレイの印刷すべきモチーフ13生成のための、投影面上を移動中の、光源によって個別に描写される画像（抽出されたモチーフ個別画像13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13f）のシーケンスが（遮断された発光ドットのモチーフなし及び/又はマスクなしで）示されている。ここでは複数の発光ドットが黒画素として示されている。図3cには、遮断された発光ドット14のモチーフが再現されている。この遮断された発光ドットのモチーフは、空間光変調器及び/又はマスクによって生成される。これらの遮断された発光ドットはグレー画素として表される。そのため照明の差分を補償するために、前記発光ドットは空間光変調器によってスイッチオフ又はスイッチオンされる。

#### 【0053】

図3dには、空間光変調器及び/又はマスクによって生成された、遮断された発光ドット14のモチーフ、とりわけ静的モチーフと、抽出されたモチーフ個別画像13a, 13b, 13c, 13d, 13e, 13fとの重畳が示されている。これらの遮断された発光ドット14のモチーフ又はマスクは、グレー画素として描写されている。

#### 【0054】

露光フィールド内の照明された画素は黒画素として示され、照明すべきモチーフ個別画

像 ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d , 1 4 e , 1 4 f ) を形成している。

【 0 0 5 5 】

前述してきた説明並びに特許請求の範囲、図面および実施例において開示されてきた本発明の特徴は、個別においても、本発明を実現するための各任意の組み合わせにおいても、様々な実施形態で重要となり得る。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 6 】

0 光源 ( 1 ) 、例えば UV - LED プロジェクタ ( 1 ) 若しくはレーザーシステムと、光学系、特にレンズシステム ( 2 ) と、空間光変調器 ( 4 ) とを含んだ構成ユニット

1 UV - LED プロジェクタ

2 レンズシステム

3 面状の光源 ( 1 ) 、空間光変調器 ( 4 ) 、及び / 又は、光学系 / レンズシステム ( 2 ) を含むアレイ

4 空間光変調器

5 露光フィールド

6 液状の光硬化性プラスチック

8 容器

1 0 硬化した光硬化性プラスチック / プラスチック体

1 2 支持台

1 3 印刷すべきモチーフ

1 3 a ~ 1 3 f 印刷すべきモチーフ生成のための個別描写画像 ( 1 3 a , 1 3 b , 1 3 c , 1 3 d , 1 3 e , 1 3 f )

1 4 遮断された発光ドットのモチーフ / 照明されない画素のモチーフ

1 4 a ~ 1 4 f 均一化された光量分布を有する照明すべきモチーフ個別画像 ( 個別に描写された画像 ( 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c , 1 4 d , 1 4 e , 1 4 f ) は、印刷すべきモチーフ 1 3 生成のための個別に描写された画像 ( 1 3 a , 1 3 b , 1 3 c , 1 3 d , 1 3 e , 1 3 f ) と、走査の際に遮断された発光ドットのモチーフ ( 1 4 ) との静的重畳によって形成される )