

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年11月19日(19.11.2015)



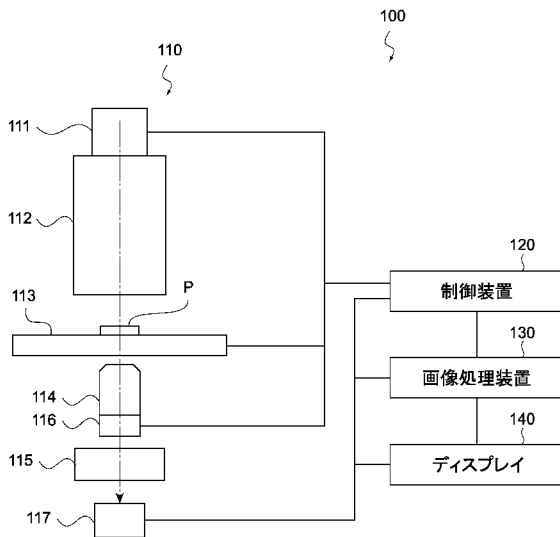
(10) 国際公開番号
WO 2015/174011 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 21/36 (2006.01) H04N 5/225 (2006.01)
G02B 21/06 (2006.01) H04N 5/232 (2006.01)
G06T 3/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/002009
- (22) 国際出願日: 2015年4月9日(09.04.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-100757 2014年5月14日(14.05.2014) JP
- (71) 出願人: ソニー株式会社 (SONY CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 辰田 寛和 (TATSUTA, Hirokazu); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 堂脇 優 (DOWAKI, Suguru); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 松居 恵理子 (MATSUI, Eriko); 〒1080075 東京都港区港南1丁目7番1号ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 大森 純一 (OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-47 U&M赤坂ビル2F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: IMAGE-PROCESSING DEVICE, IMAGE-PROCESSING PROGRAM, IMAGE-PROCESSING METHOD, AND MICROSCOPE SYSTEM

(54) 発明の名称: 画像処理装置、画像処理プログラム、画像処理方法及び顕微鏡システム



120 Control device
130 Image-processing device
140 Display

(57) Abstract: [Problem] To provide an image-processing device, an image-processing program, an image-processing method, and a microscope system, with which it is possible to obtain high-resolution images suitable for scientific validation applications. [Solution] This image-processing device is equipped with an image conversion unit and an image generation unit. The image conversion unit decomposes, into their frequency components, a first captured image and a second captured image, the first captured image being of an observed object captured under a first illuminating light through a microscope optical system and the second captured image being of the observed object captured under a second illuminating light through a microscope optical system, and the second captured image being constituted such that the contrast in the low-frequency region is lower than that of the first captured image, and the contrast in the high-frequency region is higher than that of the first captured image. The image generation unit synthesizes the low-frequency component of the first captured image and the high-frequency component of the second captured image, and generates a synthesized image.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2015/174011 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

【課題】科学的な検証用途に適した高解像度画像を得ることが可能な画像処理装置、画像処理プログラム、画像処理方法及び顕微鏡システムを提供すること。【解決手段】本技術に係る画像処理装置は、画像変換部と、画像生成部とを具備する。画像変換部は、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、第1の撮像画像と第2の撮像画像とを周波数成分に分解する。画像生成部は、第1の撮像画像の低周波数成分と、第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する。

明 細 書

発明の名称：

画像処理装置、画像処理プログラム、画像処理方法及び顕微鏡システム 技術分野

[0001] 本技術は、顕微鏡光学系を解して撮像された画像に対して画像処理を行う画像処理装置、画像処理プログラム及び画像処理方法並びに画像処理対象の画像を撮像する顕微鏡システムに関する。

背景技術

[0002] 観察対象物を顕微鏡を介して撮像した顕微鏡撮像画像は、高解像度であることが望ましい。しかしながら、顕微鏡光学系はNA（開口数）が非常に大きく、色収差（波長帯域による焦点のずれ）を解消することは技術的に困難である。また、顕微鏡光学系のコストやサイズといった点からも、光学的に撮像画像の解像度を向上させるには限度がある。

[0003] 例えば映像技術の分野では、撮像された画像に対して画像処理を施し、実際に撮像された画像よりも高解像度の画像を得る技術（超解像技術）が普及している。しかしながら、光学的に解像できていないものを画像処理によって解像することは、科学的な検証用途に用いるには不適當である。

[0004] 例えば、特許文献1には、複数枚の画像を重ね合わせて合成し、合成画像を生成する画像処理装置について記載されている。この装置は、カメラ等の撮像装置によって撮像された画像からの合成画像（パノラマ画像）の生成が想定されており、顕微鏡撮像画像のような科学的な検証用途に用いられるものではない。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許4814840号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 上記のように、科学的な検証用途に利用することが可能な高解像度画像を得るためには、顕微鏡光学系の光学的な解像性能を向上させる必要がある。

[0007] 以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、科学的な検証用途に適した高解像度画像を得ることが可能な画像処理装置、画像処理プログラム、画像処理方法及び顕微鏡システムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る画像処理装置は、画像変換部と、画像生成部とを具備する。

上記画像変換部は、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する。

上記画像生成部は、上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する。

[0009] この構成によれば、画像処理装置は、低周波数帯域のコントラストが大きい第1の撮像画像の低周波数成分と、高周波数帯域のコントラストが大きい第2の撮像画像の高周波数成分からなり、全周波数帯域でコントラストが大きい高解像画像を生成することが可能である。第1の撮像画像の低周波成分と第2の撮像画像の高周波成分はそれぞれ顕微鏡光学系によって光学的に解像されたものであり、合成画像は科学的な検証用途に適している。即ち、上記構成によれば、科学的な検証用途に適した高解像度画像を得ることが可能である。

[0010] 上記第1の照明光は、上記第2の照明光より長い波長帯域の狭帯域光であり、上記第2の照明光は、上記第1の照明光より短い波長帯域の狭帯域光であってもよい。

[0011] 複数の波長帯域の成分を含む白色光を照明光とすると、顕微鏡光学系の焦

点位置が波長帯域毎がわずかにずれてしまい、完全には一致しない。これに対して、狭帯域光を照明光とすると、顕微鏡光学系の焦点位置が完全に一致し、白色光よりも高い解像性能を得ることができる。ここで、顕微鏡の拡大倍率によっては、最も高いコントラストを得ることができる照明光の波長帯域が観察対象物の空間周波数によって異なり、長い周波数帯域の照明光では低周波数帯域のコントラストが大きくなり、短い周波数帯域の照明光は高周波数帯域のコントラストが大きくなる。このため、長い波長帯域の狭帯域光である第1の照明光によって観察対象物を撮像することにより、低周波数帯域のコントラストが大きい第1の撮像画像を得ることができ、短い波長帯域の狭帯域光である第2の照明光によって観察対象物を撮像することにより、高い周波数帯域のコントラストが大きい第2の撮像画像を得ることができる。上記のように、本技術によれば、第1の撮像画像の低周波数成分と、第2の撮像画像の高周波数成分から全周波数帯域でコントラストが大きい高解像画像を生成することが可能であるので、波長帯域の異なる2種類の狭帯域光を照明光とすることにより、高解像度画像の生成に利用可能な第1の撮像画像と第2の撮像画像を撮像することが可能となる。

[0012] 上記第1の照明光は、赤色光であり、上記第2の照明光は、青色光であってもよい。

[0013] 赤色光と青色光は、可視光の波長帯域の中で最も離間しており、周波数特性の差異が大きい。具体的には、顕微鏡光学系の拡大倍率が一定以上の場合、赤色光は低周波数帯域のコントラストが大きくなり、青色光は高周波数帯域のコントラストが大きくなる傾向がある。このため、赤色光を第1の照明光とし、青色光を第2の照明光とすることにより、より接近した二つの波長帯域の狭帯域光を第1の照明光及び第2の照明光とする場合に比べ、より顕著な効果が得られる。

[0014] 上記第1の照明光は、上記第2の照明光より小さい照明NAを有し、上記第2の照明光は、上記第1の照明光より大きい照明NAを有してもよい。

[0015] 照明光のNA（照明NA）によっても周波数帯域によるコントラストの傾

向が異なる。具体的には小さい照明NAを有する照明光は低周波数帯域のコントラストが大きく、高い照明NAを有する照明光は高周波数帯域のコントラストが大きくなる。このため、小さい照明NAを有する照明光を第1の照明光とし、大きい照明NAを有する照明光を第2の照明光とすることによっても低周波数帯域のコントラストが大きい第1の撮像画像と高周波数帯域のコントラストが大きい第2の撮像画像を生成させることが可能である。

[0016] 上記画像変換部は、上記第1の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第1の空間周波数領域画像を生成し、上記第2の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第2の空間周波数領域画像を生成し、上記画像生成部は、上記第1の空間周波数領域画像の低周波数領域と、上記第2の空間周波数領域画像の高周波数領域とから上記合成画像を生成してもよい。

[0017] この構成によれば、第1の撮像画像及び第2の撮像画像を空間周波数領域画像に変換（例えばフーリエ変換）することにより、第1の撮像画像の低周波成分と第2の撮像画像の高周波成分をそれぞれ低周波領域と高周波領域として扱うことが可能となる。

[0018] 上記画像生成部は、上記低周波数領域と上記高周波数領域とを結合した結合画像を生成し、上記結合画像を空間領域画像に変換し、上記合成画像を生成してもよい。

[0019] この構成によれば、空間周波数領域画像の段階で、第1の撮像画像の低周波成分（第1の空間周波数領域画像の低周波領域）と第2の撮像画像の高周波成分（第2の空間周波数領域画像の高周波領域）を結合することができるため、それを空間領域に変換（例えば逆フーリエ変換）することにより、第1の撮像画像の低周波成分と、第2の撮像画像の高周波成分からなる合成画像を生成することが可能となる。

[0020] 上記画像生成部は、上記低周波数領域を空間領域画像に変換した低周波数成分画像と、上記高周波数領域を空間領域画像に変換した高周波数成分画像とを生成し、上記低周波数成分画像と上記高周波数成分画像とを加算して上記合成画像を生成してもよい。

[0021] この構成によれば、第1の撮像画像の低周波成分（第1の空間周波数領域画像の低周波領域）からなる低周波数成分画像と、第2の撮像画像の高周波成分（第2の空間周波数領域画像の高周波領域）からなる高周波数成分画像を生成することができるため、これらを加算することにより、空間領域画像の段階で、第1の撮像画像の低周波数成分と、第2の撮像画像の高周波数成分からなる合成画像を生成することが可能となる。

[0022] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る画像処理プログラムは、画像変換部と、画像生成部とを具備する。

上記画像変換部は、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する。

上記画像生成部は、上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する。

[0023] この構成によれば、上記のように科学的な検証用途に適した高解像度画像を得ることが可能である。

[0024] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る画像処理プログラムは、画像変換部が、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する。

画像生成部は、上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する。

[0025] この構成によれば、上記のように科学的な検証用途に適した高解像度画像

を得ることが可能である。

[0026] 上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る顕微鏡システムは、照明と、顕微鏡光学系と、撮像部と、画像変換部と、画像生成部とを具備する。

上記照明は、第1の照明光と、第2の照明光とを照射する。

上記画像変換部は、観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して上記第1の照明光で上記撮像部により撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して上記第2の照明光で上記撮像部により撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する。

上記画像生成部は、上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する。

[0027] この構成によれば、第1の照明光の照明下で低周波数帯域のコントラストが大きい第1の撮像画像を撮像し、第2の照明光の照明下で高周波数帯域のコントラストが大きい第2の撮像画像を撮像することが可能である。画像処理装置は、第1の撮像画像と第2の撮像画像から、上記のように高解像画像である合成画像を生成することが可能である。

[0028] 上記顕微鏡システムは、さらに、上記顕微鏡光学系の焦点位置を調整する焦点調整機構と、上記焦点調整機構を制御して、上記第1の照明光の照射下で上記顕微鏡光学系の焦点を上記観察対象物に合わせ、上記第2の照明光の照射下で上記顕微鏡光学系の焦点を上記観察対象物に合わせる制御部を具備してもよい。

[0029] この構成によれば、制御部が、第1の照明光の照射下と第2の照明光の照射下でそれぞれ焦点位置の調整を行うため、第1の撮像画像と第2の撮像画像のコントラストを向上させ、即ち合成画像のコントラストを向上させることが可能となる。

[0030] 上記顕微鏡システムは、さらに、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画

像の露出が一致するように、上記第1の照明光と上記第2の照明光の光量を制御する制御部を具備してもよい。

[0031] この構成によれば、第1の撮像画像のコントラストと第2の撮像画像のコントラストが同程度となるため、合成画像における低周波成分（第1の撮像画像に由来）と高周波成分（第2の撮像画像に由来）のコントラストの不均衡を防止することが可能である。

発明の効果

[0032] 以上のように、本技術によれば、科学的な検証用途に適した高解像度画像を得ることが可能な画像処理装置、画像処理プログラム、画像処理方法及び顕微鏡システムを提供することが可能である。なお、ここに記載された効果は必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

- [0033] [図1]本技術の第1の実施形態に係る顕微鏡システムの模式図である。
- [図2]同顕微鏡システムの照明から照射される第1の照明光及び第2の照明光のスペクトルである。
- [図3]同顕微鏡システムの画像処理装置の機能的構成を示す模式図である。
- [図4]同顕微鏡システムの画像処理装置のハードウェア構成を示す模式図である。
- [図5]同顕微鏡システムの動作を示すフローチャートである。
- [図6]同顕微鏡システムの動作を示すフローチャートである。
- [図7]同顕微鏡システムによって撮像される第1の撮像画像の例である。
- [図8]同顕微鏡システムによって撮像される第2の撮像画像の例である。
- [図9]同顕微鏡システムの画像変換部によって生成される第1の空間周波数領域画像の例である。
- [図10]同顕微鏡システムの画像変換部によって生成される第2の空間周波数領域画像の例である。
- [図11]同顕微鏡システムの画像生成部によって第1の空間周波数領域画像に

設定される切り出し境界を示す模式図である。

[図12]同顕微鏡システムの画像生成部によって第2の空間周波数領域画像に設定される切り出し境界を示す模式図である。

[図13]同顕微鏡システムの画像生成部による低周波数領域の切り出しを示す概念図である。

[図14]同顕微鏡システムの画像生成部による高周波数領域の切り出しを示す概念図である。

[図15]同顕微鏡システムの画像生成部によって生成される結合画像の例である。

[図16]同顕微鏡システムの画像生成部によって生成される合成画像の例である。

[図17]20倍の顕微鏡拡大倍率における照明光の空間周波数応答特性を示すグラフである。

[図18]60倍の顕微鏡拡大倍率における照明光の空間周波数応答特性を示すグラフである。

[図19]照明光のスペクトルである。

[図20]本技術の第2の実施形態に係る顕微鏡システムの模式図である。

[図21]同顕微鏡システムの画像処理装置の機能的構成を示す模式図である。

[図22]同顕微鏡システムの動作を示すフローチャートである。

[図23]同顕微鏡システムの画像生成部によって第1の空間周波数領域画像に設定されるマスク範囲を示す模式図である。

[図24]同顕微鏡システムの画像生成部によって第2の空間周波数領域画像に設定されるマスク範囲を示す模式図である

[図25]同顕微鏡システムの画像生成部によって第1の空間周波数領域画像に施されるマスキングを示す模式図である。

[図26]同顕微鏡システムの画像生成部によって第2の空間周波数領域画像に施されるマスキングを示す模式図である。

[図27]同顕微鏡システムの画像生成部によって生成される低周波数成分画像

の例である。

[図28]同顕微鏡システムの画像生成部によって生成される高周波数成分画像の例である。

[図29]本技術の変形例に係る顕微鏡システムの画像生成部によって各空間周波数領域画像に設定される切り出し境界を示す模式図である。

[図30]本技術の実施例に係る低周波数帯域における第1の撮像画像、第2の撮像画像及び合成画像である。

[図31]本技術の実施例に係る低周波数帯域における第1の撮像画像、第2の撮像画像及び合成画像のコントラストを示すグラフである。

[図32]本技術の実施例に係る高周波数帯域における第1の撮像画像、第2の撮像画像及び合成画像である

[図33]本技術の実施例に係る高周波数帯域における第1の撮像画像、第2の撮像画像及び合成画像のコントラストを示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0034] (第1の実施形態)

本技術の第1の実施形態に係る顕微鏡システム100について説明する。

[0035] <顕微鏡システムの構成>

図1は、本実施形態に係る顕微鏡システム100の構成を示す模式図である。同図に示すように顕微鏡システム100は、顕微鏡110、制御装置120、画像処理装置130及びディスプレイ140を備える。顕微鏡110には観察対象物Pが載置されている。

[0036] 顕微鏡110は、観察対象物Pの顕微鏡拡大画像を生成する。同図に示すように、顕微鏡110は、照明111、照明光学系112、ステージ113、対物レンズ114、結像レンズ115、焦点調整機構116及び撮像部117を有する。なお、以下の説明において、顕微鏡110の光軸に沿った方向をZ方向とし、Z方向に垂直な一方向をX方向、Z方向及びX方向に垂直な方向をY方向とする。

[0037] 照明111は、観察対象物Pに照明光を照射する。ここで、照明111は

、2種類の照明光を照射することが可能な構成を有する。照明111が照射する2種類の照明光を第1の照明光L1及び第2の照明光L2とする。図2は、第1の照明光L1及び第2の照明光L2のスペクトルの例を示す模式図である。

[0038] 第1の照明光L1は、第2の照明光L2より長い波長帯域の狭帯域光であるものとすることができる。例えば第1の照明光L1の波長帯域は570nm以上700nm以下の赤色光帯域に含まれているものとすることができる。なお、第1の照明光L1は少なくともピーク波長が上記赤色光帯域に含まれていてもよい。第1の照明光L1は、そのスペクトルの半値幅（図中破線幅）が10nm以上100nm以下の狭帯域光であるものとすることができる。

[0039] 第2の照明光L2は、第1の照明光より短い波長帯域の狭帯域光であるものとすることができる。例えば第2の照明光の波長帯域は400nm以上500nm以下の青色光帯域に含まれているものとすることができる。なお、第2の照明光L2は少なくともピーク波長が上記青色光帯域に含まれていてもよい。第2の照明光L2は、そのスペクトルの半値幅（図中破線幅）が10nm以上100nm以下の狭帯域光であるものとすることができる。

[0040] 第1の照明光L1と第2の照明光L2の波長帯域は上述のものに限られず、第1の照明光L1の波長帯域が第2の照明光L2の波長帯域より長く、第2の照明光L2の波長帯域が第1の照明光L1の波長帯域より短かければよい。例えば、第2の照明光L2は緑色光帯域（500nm以上570nm）に含まれていてもよい。しかしながら、第1の照明光L1の波長帯域と第2の照明光L2の波長帯域が接近していると、本技術の効果が小さくなるため、両波長帯域はある程度離れている方が好適である。

[0041] また、第1の照明光L1と第2の照明光L2は、スペクトルの半値幅が10nm以上100nm以下の狭帯域光が好適であるとしたが、半値幅が100nmを超えると、それぞれの照明光下での撮像画像の解像度が低下するためである。光は波長帯域によって屈折率がわずかに異なるため、半値幅が1

00 nmを超えると焦点位置が波長ごとにずれ、全ての波長の光を同一の焦点位置に厳密に合わせることができなくなる。また、半値幅が10 nm未満であると、観察対象物Pにおいて干渉が発生するため、半値幅は10 nm以上が好適である。

[0042] 以下の説明では、第1の照明光L1は赤色波長帯域に含まれ、第2の照明光L2は青色波長帯域に含まれるものとして説明する。

[0043] 照明111は、上記第1の照明光L1と第2の照明光L2の両者を別々に照射することが可能な構成を有する。具体的には、照明111は、第1の照明光L1用の光源と第2の照明光L2用の光源を備えるものとしてすることができる。それぞれの光源は放出光の波長帯域が比較的狭いLED (Light Emitting Diode) やレーザーを利用することができる。また、照明111は単一的光源であってもよく、切替可能なカラーフィルタ等によって、第1の照明光L1と第2の照明光L2を照射することが可能に構成されていてもよい。

[0044] 照明光学系112は、照明111から照射された第1の照明光L1及び第2の照明光L2を均一化する。照明光学系112は例えばケーラー照明光学系であるものとしてすることができる。

[0045] ステージ113は、観察対象物Pを支持する。ステージ113はX方向及びY方向に移動可能なXYステージ又はX方向、Y方向及びZ方向に移動可能なXYZステージであるものとしてすることができる。

[0046] 対物レンズ114は、観察対象物Pの像を光学的に拡大する。観察対象物Pの像は、観察対象物に照射された第1の照明光L1又は第2の照明光L2によって形成されるものである。対物レンズ114の構成は一般的なものとしてすることができる。

[0047] 結像レンズ115は、対物レンズ114によって拡大された観察対象物Pの像を、撮像部117の撮像面に結像する。結像レンズ115の構成は一般的なものとしてすることができる。

[0048] 対物レンズ114と結像レンズ115によって、顕微鏡110の顕微鏡光学系が構成されている。なお、顕微鏡光学系の構成はここに示すものに限ら

れず、観察対象物Pの像を拡大し、撮像部117の撮像面に結像できる構成であればよい。

[0049] 焦点調整機構116は、顕微鏡光学系の焦点位置を調整する。具体的には焦点調整機構116は、図1に示すように、対物レンズ114のZ位置を移動させることによって焦点位置を調整するものとすることができる。また、焦点調整機構116は、ステージ113に組み込まれ、ステージ113のZ位置を移動させることによって焦点位置を調整してもよい。焦点調整機構116は、制御装置120による制御を受けて焦点位置を調整するものとすることができるが、これについては後述する。

[0050] 撮像部117は、結像レンズ115によって結像された観察対象物Pの像を撮像する。撮像部117は、CCD (Charge Coupled Device) やCMOS (Complementary Metal-Oxide Semiconductor) 等の固体撮像素子を備える。ここで、撮像部117は少なくとも第1の照明光L1と第2の照明光L2の波長帯域の光を撮像(光電変換)可能なものであればよく、カラー撮像が可能な一般的な撮像素子を備えるものであってもよい。

[0051] 顕微鏡110は以上のような構成を有する。なお図1では、顕微鏡110は透過型の明視野顕微鏡として示したが、本技術は反射型の明視野顕微鏡、位相差顕微鏡等、蛍光顕微鏡等、光学的に観察対象物の像を拡大することが可能なあらゆる種類の顕微鏡に適用することが可能である。

[0052] 制御装置120は、顕微鏡110の各部を制御する。制御装置120は、図1に示すように照明111、ステージ113及び焦点調整機構116に接続され、これらを制御するものとすることができる。詳細は後述するが、制御装置120は、照明111から照射される第1の照明光L1及び第2の照明光L2の光量や顕微鏡光学系の焦点位置を制御するものとすることができる。

[0053] 画像処理装置130は、撮像部117によって撮像された画像に対して画像処理を施す。図3は、画像処理装置130の機能的構成を示す模式図であり、図4は画像処理装置130の典型的なハードウェア構成を示す模式図で

ある。

- [0054] 図3に示すように、画像処理装置130は、画像変換部131及び画像生成部132を有する。画像変換部131及び画像生成部132の構成の詳細については顕微鏡システム100の動作の説明に合わせて説明する。画像変換部131及び画像生成部132は、図4に示すハードウェア構成とプログラムの共働によって実現される機能的構成である。
- [0055] 図4に示すように、画像処理装置130はハードウェア構成として、CPU133、メモリ134、ストレージ135及び入出力部136を有する。これらはバス138によって互いに接続されている。
- [0056] CPU (Central Processing Unit) 133は、メモリ134に格納されたプログラムに従って他の構成を制御すると共に、プログラムに従ってデータ処理を行い、処理結果をメモリ134に格納する。CPU133はマイクロプロセッサであるものとすることができる。
- [0057] メモリ134はCPU133によって実行されるプログラム及びデータを格納する。メモリ134はRAM (Random Access Memory) であるものとすることができる。
- [0058] ストレージ135は、プログラムやデータを格納する。ストレージ135はHDD (Hard disk drive) やSSD (solid state drive) であるものとすることができる。
- [0059] 入出力部136は画像処理装置130に対する入力を受け付け、また画像処理装置130の出力を外部に供給する。入出力部136は、キーボードやマウス等の入力機器やディスプレイ140等の出力機器、ネットワーク等の接続インターフェイスを含む。
- [0060] 画像処理装置130のハードウェア構成はここに示すものに限られず、上記画像処理装置130の機能的構成を実現できるものであればよい。また、上記ハードウェア構成の一部又は全部はネットワーク上に存在していてもよい。
- [0061] ディスプレイ140は、画像処理装置130の入出力部136に接続され

、画像処理装置130から出力される画像を表示する。また、ディスプレイ140は、顕微鏡110の撮像部117にも接続され、撮像部117によって撮像された画像を直接に表示してもよい。

[0062] 顕微鏡システム100は以上のような構成を有する。なお、制御装置120及び画像処理装置130は、両者の機能を有する一つの装置であってもよい。また、制御装置120及び画像処理装置130の一方又は両方は、顕微鏡110に搭載されていてもよい。

[0063] <顕微鏡システムの動作>

顕微鏡システム100の動作について説明する。図5及び図6は、顕微鏡システム100の動作を示すフローチャートである。

[0064] まず、制御装置120によって照明111が制御され、照明111から第1の照明光L1が照射される(S t 1 0 1)。第1の照明光L1は上述のように、長い波長帯域に含まれる狭帯域光である。第1の照明光L1は照明光学系112によって均一化され、観察対象物Pを透過し、対物レンズ114によって拡大され、結像レンズ115によって撮像部117の撮像面に結像される。

[0065] 続いて、制御装置120によって焦点調整機構116が制御され、顕微鏡光学系(対物レンズ114及び結像レンズ115)の焦点位置が調整される(S t 1 0 2)。制御装置120は、撮像部117によって撮像された画像のコントラストが最も大きくなるように焦点調整機構116を制御し、焦点位置を調整することができる。

[0066] また、制御装置120は、事前に白色光の照明光(通常の見視野像)での撮像が実行されている場合には、その際の焦点位置から所定量ずれた位置に焦点位置を設定してもよい。例えば、白色光の焦点位置に対して、特定の波長帯域の光ではどの程度焦点位置がずれるかを事前に測定あるいは算出しておくことで、制御装置120は第1の照明光L1の波長帯域に応じて焦点位置のシフト量を決定することができる。

[0067] また、焦点位置の調整は、ユーザがディスプレイ140に表示された撮像

画像を参照しながら制御装置 120 を操作し、撮像画像のコントラストが最も高くなるように手動で実行してもよい。

[0068] 第 1 の照明光 L 1 の照射下での焦点位置調整が完了すると、制御装置 120 は撮像部 117 を制御し、画像を撮像する (St 103)。以下、この撮像された画像を第 1 の撮像画像 G 1 とする。図 7 は第 1 の撮像画像 G 1 の例である。この画像は、所定幅のライン&スペースからなる解像力チャート (観察対象物 P の例) を撮像した画像であり、第 1 の照明光 L 1 の波長帯域 (赤色波長帯域) で撮像されているため、図 7 の画像で白色の領域は実際には赤色である。撮像部 117 は第 1 の撮像画像 G 1 を画像処理装置 130 に供給する。

[0069] 続いて、制御装置 120 によって照明 111 が制御され、照明 111 から第 2 の照明光 L 2 が照射される (St 104)。第 1 の照明光 L 1 は上述のように、短い波長帯域に含まれる狭帯域光である。第 2 の照明光 L 2 は照明光学系 112 によって均一化され、観察対象物 P を透過し、対物レンズ 114 によって拡大され、結像レンズ 115 によって撮像部 117 の撮像面に結像される。

[0070] 続いて、制御装置 120 によって焦点調整機構 116 が制御され、顕微鏡光学系 (対物レンズ 114 及び結像レンズ 115) の焦点位置が調整される (St 105)。第 1 の照明光 L 1 と第 2 の照明光 L 2 の波長帯域が異なるため、焦点位置がわずかに異なり、再度の焦点位置調整を行うことにより、第 2 の照明光 L 2 の照明下での撮像画像の解像度を向上させることが可能である。

[0071] 制御装置 120 は、第 1 の照明光 L 1 の場合と同様に、撮像部 117 によって撮像された画像のコントラストが最も大きくなるように焦点調整機構 116 を制御し、焦点位置を調整することができる。また、制御装置 120 は、第 1 の照明光 L 1 の際に調整した焦点位置から、第 2 の照明光 L 2 の波長帯域に応じて所定量焦点位置をずらしてもよい。また、ユーザが手動で焦点位置の調整を実行してもよい。

- [0072] 第2の照明光L2の照射下での焦点位置調整が完了すると、制御装置120は撮像部117を制御し、画像を撮像する(St106)。以下、この撮像された画像を第2の撮像画像G2とする。図8は第2の撮像画像G2の例である。この画像は、上記のように解像力チャート(観察対象物Pの例)を撮像した画像であり、第2の照明光L2の波長帯域(青色波長帯域)で撮像されているため、図8の画像で白色の領域は実際には青色である。撮像部117は第2の撮像画像G2を画像処理装置130に供給する。
- [0073] このようにして、第1の照明光L1の照射下で第1の撮像画像G1が撮像され、第2の照明光L2の照射下で第2の撮像画像G2が撮像される。なお、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2の撮像順序は逆でもよい。
- [0074] また、制御装置120は、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2の撮像の際に、照明111を制御し、第1の照明光L1と第2の照明光L2の光量を調整してもよい。第1の照明光L1と第2の照明光L2の明るさ(露出)が大きく異なると、後述する画像処理において問題が生じるためである。具体的には制御装置120は、第1の照明光L1の照明下での撮像画像の平均輝度値と、第2の照明光L2の照明下での撮像画像の平均輝度値が一致するように、照明111を制御するものとすることができる。
- [0075] 続いて、図6に示すように、画像変換部131は、第1の撮像画像G1と撮像第2の撮像画像G2を空間周波数領域の画像に変換する(St107)。第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2は、観察対象物Pを撮像した画像であり、空間領域の画像である。画像変換部131は、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2に周波数解析を施し、第1の撮像画像G1を第1の空間周波数領域画像に変換し、第2の撮像画像G2を第2の空間周波数領域画像変換するものとすることができる。
- [0076] 具体的には、画像変換部131は、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2のそれぞれに対してフーリエ変換を施し、周波数成分に分解して所定の座標に配置し、両撮像画像を空間周波数領域の画像に変換するものとすることができる。フーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT:Fast Fourier Tran

sform) を利用することができる。また、画像変換部 131 は他の周波数解析アルゴリズムを用いて、第 1 の撮像画像 G 1 と第 2 の撮像画像 G 2 を空間周波数領域画像に変換してもよい。

[0077] 画像変換部 131 は、第 1 の撮像画像 G 1 及び第 2 の撮像画像 G 2 のそれぞれを分解した周波数成分を、画像の中心が低周波数成分であり、画像の周縁が高周波数成分となるように周波数成分を配置して、空間周波数領域画像を生成するものとすることができる。

[0078] 図 9 は、第 1 の撮像画像 G 1 から変換された第 1 の空間周波数領域画像 H 1 を示し、図 10 は第 2 の撮像画像 G 2 から生成された第 2 の空間周波数領域画像 H 2 を示す。図 9 及び図 10 は第 1 の撮像画像 G 1 及び第 2 の撮像画像 G 2 に対して高速フーリエ変換を施して得られた画像であり、画像の中心が低周波数成分であり、画像の周縁が高周波数成分となるように生成した画像である。

[0079] 続いて、画像生成部 132 は、第 1 の空間周波数領域画像 H 1 と第 2 の空間周波数領域画像 H 2 において、切り出し境界を設定する (St 108)。図 11 は、第 1 の空間周波数領域画像 H 1 において設定された切り出し境界 S 1 を示す図であり、図 12 は第 2 の空間周波数領域画像 H 2 において設定された切り出し境界 S 2 を示す図である。

[0080] 画像生成部 132 は、これらの図に示すように両空間周波数領域画像において、画像中央を中心とする同一直径の円を切り出し境界 S 1 及び切り出し境界 S 2 として設定するものとするすることができる。両空間周波数領域画像における画像中央からの距離は周波数であり、画像中央を中心とする円は特定の周波数に相当する。この周波数は予め定められた周波数であってもよく、画像生成部 132 が第 1 の空間周波数領域画像 H 1 及び第 2 の空間周波数領域画像 H 2 を解析して決定してもよいが、後述する逆転周波数と同一の周波数又はこれに近い周波数が好適である。

[0081] また、切り出し境界は必ずしも円形でなくてもよく、画像中央を中心とする矩形や楕円形であってもよい。しかし、上記のように空間周波数領域画像

における画像中央を中心とする円は一定の周波数に相当し、好適である。

[0082] 続いて、画像生成部132は、第1の空間周波数領域画像H1から低周波数領域を切り出し、第2の空間周波数領域画像H2から高周波数領域を切り出す(S t 1 0 9)。図13は、第1の空間周波数領域画像H1からの低周波数領域の切り出しの概念図である。同図に示すように、画像生成部132は、第1の空間周波数領域画像H1における切り出し境界S1の内周領域(斜線の領域)を切り出すものとしてすることができる。上記のように第1の空間周波数領域画像H1は、画像中心が低周波数成分であるので、切り出し境界Sの内周領域は低周波数成分の領域である。以下この領域を低周波数領域F1とする。

[0083] 図14は、第2の空間周波数領域画像H2からの高周波数領域の切り出しの概念図である。同図に示すように、画像生成部132は、第2の空間周波数領域画像H2における切り出し境界S2の外周領域(斜線の領域)を切り出すものとしてすることができる。上記のように第2の空間周波数領域画像H2も、画像中心が低周波数成分であるので、切り出し境界S2の外周領域は高周波数成分の領域である。以下この領域を高周波数領域F2とする。

[0084] 続いて、画像生成部132は、低周波数領域F1と高周波数領域F2とを結合する(S t 1 1 0)。図15は結合画像Uを示す模式図である。同図に示すように画像生成部132は、低周波数領域F1と高周波数領域F2を、切り出し境界S1と切り出し境界S2(図11及び図12参照)が一致するように結合する。

[0085] 続いて、画像生成部132は、結合画像Uを空間領域の画像に変換する(S t 1 1 1)。具体的には、画像生成部132は、結合画像Uに対して逆フーリエ変換を施し、両画像を空間周波数領域の画像に変換するものとしてすることができる。逆フーリエ変換は逆高速フーリエ変換(I F F T : Inverse Fast Fourier Transform)を利用することができる。また、画像変換部131は他の周波数解析アルゴリズムを用いて、結合画像Uを空間領域画像に変換してもよい。

- [0086] この変換によって、合成画像が生成される。図16は、生成された合成画像G3を示す。画像生成部132は、合成画像G3を例えばディスプレイ140に表示し、ユーザに提示するものとすることができる。
- [0087] なお、画像変換部131は、画像の中心が低周波数成分であり、画像の周縁が高周波数成分である第1の空間周波数領域画像H1及び第2の空間周波数領域画像H2を生成する（St107）ものとして説明したが、他の形式で空間周波数領域画像を生成してもよい。例えば画像変換部131は、画像の中心が高周波数成分であり、画像の周縁が低周波数成分となるように生成してもよい。
- [0088] この場合、画像生成部132は、第1の空間周波数領域画像H1と第2の空間周波数領域画像H2において一定の周波数の位置又は所定形状に切り出し境界S1及び切り出し境界S2を設定し、第1の空間周波数領域画像H1から低周波数領域F1を切り出し、第2の空間周波数領域画像H2から高周波数領域F2を切り出すものとすることができる。
- [0089] <顕微鏡システムの効果>
顕微鏡システム100の効果について説明する。
- [0090] 上記のように顕微鏡システム100は、第1の照明光L1と第2の照明光L2をそれぞれ照射し、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2を撮像する。ここで、照明光は、その波長帯域によって周波数特性が異なる。
- [0091] 図17及び図18は、照明光を解像力チャートに照射し、顕微鏡光学系を介して撮像し、スラントエッジ法により空間周波数応答を求めた結果である。両図において横軸は解像力チャートのライン密度（line/mm）、即ち空間周波数であり、縦軸はコントラストである。図17は、拡大倍率20倍の対物レンズ（NA0.45）を備える顕微鏡光学系での結果であり、図18は、拡大倍率60倍の対物レンズ（NA0.75）を備える顕微鏡光学系での結果である。
- [0092] 図19は照明光のスペクトルである。照明はLED光源による狭帯域照明であり、466nm（青色）、521nm（緑色）及び638nm（赤色）

にピーク波長が存在する。

[0093] 図17に示す、拡大倍率20倍の空間周波数応答では、全体的に赤色(R)に比べて青色(B)及び緑色(G)のコントラストが大きくなっている。即ち、この拡大倍率では、赤色光よりも青色光又は緑色光を照明光とすることにより、コントラストが大きい画像が撮像できることがわかる。

[0094] 一方、図18に示す拡大倍率60倍の空間周波数応答では、1000 line/mm付近より大きい空間周波数では、赤色(R)に比べて青色(B)又は緑色(G)のコントラストが大きいものの、1000 line/mm付近より小さい空間周波数では、青色(B)又は緑色(G)に比べて赤色(R)のコントラストが大きくなっている。この赤色(R)と青色(B)のコントラストが逆転する空間周波数を逆転周波数T1として示す。

[0095] このことから、この拡大倍率では、赤色光を照明光として撮像された画像は逆転周波数T1より低周波数の帯域のコントラストが大きく、青色光を照明光として撮像された画像は逆転周波数T1より高周波数の帯域のコントラストが大きいことがわかる。

[0096] また、図17及び図18において、青色と緑色のコントラストが逆転する空間周波数を逆転周波数T2として示す。

[0097] このように、光学顕微鏡では、顕微鏡光学系の拡大倍率が高い場合、観察対象物の空間周波数毎に最も高いコントラストが得られる照明光の波長帯域が異なり、赤色の照明光をによって撮像された画像は低周波数帯域のコントラストが大きく、青色又は緑色の照明光によって撮像された画像は高周波数帯域のコントラストが大きくなることがわかる。

[0098] 本実施形態に係る第1の撮像画像G1は長い波長帯域に含まれる狭帯域光である第1の照明光L1(例えば赤色光)の照明下で撮像され、第2の撮像画像G2は短い波長帯域に含まれる狭帯域光である第2の照明光L2(例えば青色光)の照明下で撮像されている。したがって、第1の撮像画像G1は、第2の撮像画像G2と比較して低周波数帯域のコントラストが大きく、第2の撮像画像G2は第1の撮像画像G1と比較して高周波数帯域のコントラ

ストが大きい。

[0099] そして、画像生成部 132 は上述のように、第 1 の撮像画像 G 1 を第 1 の空間周波数領域画像 H 1 に変換し、低周波数領域 F 1 を切り出す。即ち、低周波数領域 F 1 は、第 1 の撮像画像 G 1 においてコントラストが大きい低周波数帯域の成分を抽出したものである。また、画像生成部 132 は、第 2 の撮像画像 G 2 を第 2 の空間周波数領域画像 H 2 に変換し、高周波数領域 F 2 を切り出す。即ち、高周波数領域 F 2 は、第 2 の撮像画像 G 2 においてコントラストが大きい高周波数帯域の成分を抽出したものである。

[0100] したがって、画像生成部 132 が低周波数領域 F 1 と高周波数領域 F 2 を結合して生成する結合画像 U は、第 1 の撮像画像 G 1 の低周波数成分と第 2 の撮像画像 G 2 の高周波数成分から構成された空間周波数領域画像である。このため、結合画像 U を空間領域画像に変換した合成画像 G 3 は、第 1 の撮像画像 G 1 の低周波数成分と第 2 の撮像画像 G 2 の高周波数成分を含む。

[0101] 上記のように第 1 の撮像画像 G 1 の低周波数帯域は第 2 の撮像画像 G 2 の低周波数帯域よりコントラストが大きく、第 2 の撮像画像 G 2 の高周波数帯域は第 1 の撮像画像 G 1 の高周波数帯域よりコントラストが大きい。このため、合成画像 G 3 は、第 1 の撮像画像 G 1 より高周波数帯域のコントラストが大きく、かつ第 2 の撮像画像 G 2 より低周波数帯域のコントラストが大きい。即ち、合成画像 G 3 は、全周波数帯域（低周波数帯域及び高周波数帯域）のコントラストが大きく、解像度に優れた画像となる。

[0102] なお、上記のように第 1 の撮像画像 G 1 は第 1 の照明光 L 1 の照明下で、第 2 の撮像画像 G 2 は第 2 の照明光 L 2 の照明下で、それぞれ顕微鏡光学系の焦点が調整されている。狭帯域光でない光（例えば白色光）では、波長帯域によって焦点の位置がずれるため、狭帯域光でない光を照明光とした撮像画像は、第 1 の撮像画像 G 1 及び第 2 の撮像画像 G 2 に比較して低周波数帯域と高周波数帯域の両者のコントラストが小さい。即ち、合成画像 G 3 は、狭帯域光でない光を照明光とした撮像画像に比較しても、全周波数帯域のコントラストが大きく、解像度に優れた画像である。

[0103] 以上のように、顕微鏡システム100を利用することによって、観察対象物Pの高解像度画像を得ることが可能である。上記のように顕微鏡システム100では、第1の照明光L1と第2の照明光L2の照明下でそれぞれ光学的に解像できているものを合成画像G3として描画している。したがって、合成画像G3は光学的に解像できていないものを画像処理によって描画したものではなく、科学的な正確さを維持しているため、科学的な検証用途に不都合なく利用することが可能である。

[0104] (第2の実施形態)

本技術の第2の実施形態に係る顕微鏡システム200について説明する。なお、本実施形態の説明において、第1の実施形態に係る顕微鏡システム100と同一の構成については同一の符号を付し、説明を省略する。

[0105] <顕微鏡システムの構成>

図20は、本実施形態に係る顕微鏡システム200の構成を示す模式図である。顕微鏡システム200は、画像処理装置230を備える他は第1の実施形態に係る顕微鏡システム100の同一の構成であるため、画像処理装置230の構成について説明する。

[0106] 画像処理装置230は、撮像部117によって撮像された画像に対して画像処理を施す。図21は、画像処理装置130の機能的構成を示す模式図である。同図に示すように、画像処理装置230は、画像変換部231及び画像生成部232を有する。画像変換部231及び画像生成部232の構成の詳細については顕微鏡システム200の動作の説明に合わせて説明する。画像処理装置230のハードウェア構成は、第1の実施形態に係る画像処理装置130と同様の構成(図4参照)とすることができる。画像変換部231及び画像生成部232はこれらのハードウェア構成とプログラムの共働によって実現される機能的構成である。

[0107] <顕微鏡システムの動作>

顕微鏡システム200の動作について説明する。第2の撮像画像G2の撮像まで(図5参照)は、第1の実施形態と同様である。即ち、顕微鏡システ

ム200は、長い波長帯域の狭帯域光である第1の照明光L1の照明下で焦点位置を調整し、第1の撮像画像G1を撮像する。また、顕微鏡システム200は短い波長帯域の狭帯域光である第2の照明光L2の照明下で焦点位置を調整し、第2の撮像画像G2を撮像する。

[0108] 続いて、図22に示すように、画像変換部231は、第1の撮像画像G1と撮像第2の撮像画像G2を空間周波数領域の画像に変換する(St201)。第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2は、観察対象物Pを撮像した画像であり、空間領域の画像である。画像変換部231は、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2に周波数解析を施し、第1の撮像画像G1を第1の空間周波数領域画像に変換し、第2の撮像画像G2を第2の空間周波数領域画像変換するものとすることができる。

[0109] 具体的には、画像変換部231は、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2のそれぞれに対してフーリエ変換を施し、周波数成分に分解して所定の座標に配置し、両画像を空間周波数領域の画像に変換するものとすることができる。フーリエ変換は高速フーリエ変換(FFT:Fast Fourier Transform)を利用することができる。また、画像変換部231は他の周波数解析アルゴリズムを用いて、第1の撮像画像G1と第2の撮像画像G2を空間周波数領域画像に変換してもよい。

[0110] 画像変換部131は、第1の撮像画像G1及び第2の撮像画像G2のそれぞれを分解した周波数成分を、画像の中心が低周波数成分であり、画像の周縁が高周波数成分となるように周波数成分を配置して、空間周波数領域画像を生成するものとすることができる。画像変換部231は、第1の撮像画像G1から第1の空間周波数領域画像H1(図9参照)を生成し、第2の撮像画像G2から第2の空間周波数領域画像H2(図10参照)を生成する。

[0111] 続いて、画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1と第2の空間周波数領域画像H2において、マスク範囲を設定する(St202)。図23は、第1の空間周波数領域画像H1において設定されたマスク範囲M1を示す図であり、図24は第2の空間周波数領域画像H2において設定され

たマスク範囲M2を示す図である。

[0112] 画像生成部232は、これらの図に示すように両空間周波数領域画像において、画像中央を中心とする同一直径の円をマスク範囲M1及びマスク範囲M2として設定するものとすることができる。両空間周波数領域画像における画像中央からの距離は周波数であり、画像中央を中心とする円は特定の周波数に相当する。この周波数は予め定められた周波数であってもよく、画像生成部232が第1の空間周波数領域画像H1及び第2の空間周波数領域画像H2を解析して決定してもよいが、上記の逆転周波数に近い周波数が好適である。

[0113] また、マスク範囲は必ずしも円形でなくてもよく、画像中央を中心とする矩形や楕円形であってもよい。しかし、上記のように空間周波数領域画像における画像中央を中心とする円は一定の周波数に相当し、好適である。

[0114] 続いて、画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1及び第2の空間周波数領域画像H2にマスキングを施す（St203）。図25は、第1の空間周波数領域画像H1に施されたマスキングを示す模式図である。同図に示すように、画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1におけるマスク範囲M1内にマスキングA1を施す。白色で表されているマスキングA1は、マスキングA1内の周波数成分を通過させる（次の空間領域画像への変換に利用する）ことを意味する。

[0115] 図26は、第2の空間周波数領域画像H2に施されたマスキングを示す模式図である。同図に示すように、画像生成部232は、第2の空間周波数領域画像H2におけるマスク範囲M2内にマスキングA2を施す。黒色で表されているマスキングA2は、マスキングA2内の周波数成分を遮蔽する（次の空間領域画像への変換に利用しない）ことを意味する。

[0116] 続いて、画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1及び第2の空間周波数領域画像H2をそれぞれ空間領域画像に変換する（St204）。画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1に対してIFFT等の逆フーリエ変換を施し、第1の空間周波数領域画像H1を空間周波数領域

の画像に変換する。ここで、第1の空間周波数領域画像H1にはマスクングA1が施されているため、第1の空間周波数領域画像H1の中央付近に位置する低周波数領域のみが逆フーリエ変換によって変換され、第1の空間周波数領域画像H1の低周波数成分のみからなる低周波数成分画像が生成される。図27は、第1の空間周波数領域画像H1から変換された低周波数成分画像B1を示す。

[0117] また、画像生成部232は、第2の空間周波数領域画像H2に対してもIFFT等の逆フーリエ変換を施し、第2の空間周波数領域画像H2を空間周波数領域の画像に変換する。ここで、第2の空間周波数領域画像H2にはマスクングA2が施されているため、第2の空間周波数領域画像H2の周縁付近に位置する高周波数の領域のみが逆フーリエ変換によって変換され、第2の空間周波数領域画像H2の高周波数成分のみからなる高周波数成分画像が生成される。図28は、第2の空間周波数領域画像H2から変換された高周波数成分画像B2を示す。

[0118] 続いて、画像生成部232は、低周波数成分画像B1と高周波数成分画像B2を加算する(St205)。具体的には、画像生成部232は、低周波数成分画像B1の輝度値と高周波数成分画像B2の輝度値を、画素の座標毎に加算する。これにより、合成画像(図16参照)が生成される。画像生成部232は、生成した合成画像を例えばディスプレイ140に表示し、ユーザに提示するものとすることができる。

[0119] なお、画像変換部231は、画像の中心が低周波数成分であり、画像の周縁が高周波数成分である第1の空間周波数領域画像H1及び第2の空間周波数領域画像H2を生成する(St201)ものとして説明したが、他の形式で空間周波数領域画像を生成してもよい。例えば画像変換部231は、画像の中心が高周波数成分であり、画像の周縁が低周波数成分となるように生成してもよい。

[0120] この場合、画像生成部232は、第1の空間周波数領域画像H1と第2の空間周波数領域画像H2において一定の周波数の位置又は所定形状にマスク

範囲M1及びマスク範囲M2を設定し、第1の空間周波数領域画像H1において高周波数成分がマスクングされ、第2の空間周波数領域画像H2において低周波数成分がマスクングされるものとすることができる。

[0121] <顕微鏡システムの効果>

顕微鏡システム200の効果について説明する。

[0122] 顕微鏡システム200による効果は第1の実施形態に係る顕微鏡システム100による効果と同等である。第1の実施形態では、撮像画像を空間周波数領域画像に変換(St107)し、空間周波数領域上で低周波数領域と高周波数領域とを結合し(St110)、空間領域画像に変換(St111)する。

[0123] これに対し、本実施形態では、撮像画像を空間周波数領域画像に変換(St201)し、空間周波数領域画像にマスクングを施し(St203)た上で空間領域画像に変換し(St204)、空間領域画像を加算(St205)する。

[0124] 即ち、両実施形態では、低周波成分と高周波成分の結合を空間周波数領域において実施するか空間領域において実施するかの違いしかなく、同等の結果が得られる。したがって、顕微鏡システム200を利用することによって、観察対象物Pの高解像度画像を得ることが可能であると共に、同画像は科学的な正確さを維持しているため、科学的な検証用途に不都合なく利用することが可能である。

[0125] (変形例)

第1の実施形態及び第2の実施形態の変形例について説明する。

[0126] これらの実施形態では、第1の照明光L1と第2の照明光L2の二種の照明光を利用するものとしたが、さらに、第1の照明光L1及び第2の照明光L2とは波長帯域が異なり、狭帯域光である第3の照明光を利用してもよい。第3の照明光は例えばスペクトルの半値幅が10nm以上100nm以下の緑色光(500nm以上570nm)であるものとすることができる。

[0127] この場合、画像変換部は、第3の照明光の照明下で撮像された第3の撮像

画像を、第1の撮像画像及び第2の撮像画像と共に空間周波数領域画像に変換する。さらに画像生成部は、各空間周波数領域画像に切り出し境界を設定する。図29は、この場合の切り出し境界を示す模式図である。図29(a)は第1の空間周波数領域画像H1に設定された切り出し境界S1を示し、図29(b)は第3の空間周波数領域画像H3に設定された切り出し境界S3、図29(c)は第2の空間周波数領域画像H2に設定された切り出し境界S2を示す。切り出し境界S1は例えば上記逆転周波数T1(図18参照)に相当する周波数とし、切り出し境界S2は例えば上記逆転周波数T2(図18参照)に相当する周波数とすることができる。

[0128] なお、各空間周波数領域画像は、第1から第3の順に、変換元の撮像画像の照明光の波長帯域が長いものとする。続いて、画像生成部は、各空間周波数領域画像において各切り出し境界に囲まれた周波数領域を結合して結合画像とし、空間領域画像である合成画像に変換する。ここでは、第1の実施形態に即して説明したが、第2の実施形態と同様に、マスキングを施して空間領域画像に変換し、各空間領域画像を加算してもよい。また、三種の照明光を利用する場合、画像生成部が色演算を実行し、カラー画像を生成することも可能である。

[0129] また、第1の照明光と第2の照明光は、周波数帯域が異なる狭帯域光に限られない。照明光の照明NAを高NAとすると、高周波数帯域での解像力が向上する一方で低周波数帯域のコントラストが低下する。したがって、低NAの照明光を第1の照明光とし、高NAの照明光を第2の照明光として上記実施形態を適用してもよい。この場合でも低周波数帯域と高周波数帯域のコントラストが大きい高解像度画像を得ることが可能である。

実施例

[0130] 本技術の実施例について説明する。

[0131] 図18に示した空間周波数応答から、顕微鏡光学系の拡大倍率が60倍の場合、逆転周波数T1は1000 line/mm程度であることがわかる。このため、その前後の周波数である625 line/mmと1250 line/mm

e/mmの解像力チャートを赤色照明光と青色照明光の照明下でそれぞれ撮像し、上記実施形態に示した手法により合成画像を作成した。また、それぞれの画像のコントラストを算出した。

[0132] 図30は、625 line/mmの解像力チャートを撮像した撮像画像と、作成した合成画像であり、図31は各画像のコントラストを示すグラフである。なお、図31に示すグラフは、ピークで正規化されている。

[0133] 図30(a)は、赤色照明光（ピーク波長638nm）下での撮像画像であり、コントラストは0.95であった。図30(b)は青色照明光（ピーク波長466nm）下での撮像画像であり、コントラストは0.69であった。図18に示すように、625 line/mmの周波数では赤色照明光下のコントラストが大きくなるが、実際に赤色照明光下でのコントラスト（0.95）は青色照明光下でのコントラスト（0.68）より大きかった。

[0134] 図30(a)に示す赤色照明光下での撮像画像と、図30(b)に示す青色照明光下での撮像画像から、第2の実施形態に記載した手法により合成画像を作成した。マスク範囲は、逆転周波数（1000 line/mm）とした。図30(c)は作成された高解像度画像を示す。この画像のコントラストは0.97であり、赤色照明光下での撮像画像のコントラスト（0.95）と同等であった。

[0135] この解像力チャートの周波数（625 line/mm）は、逆転周波数より小さいため、赤色照明光下での撮像画像のコントラストが合成画像に反映され、赤色照明光下での撮像画像と同等の高いコントラストが得られることがわかる。

[0136] 図32は、1250 line/mmの解像力チャートを撮像した撮像画像と、作成した合成画像であり、図33は各画像のコントラストを示すグラフである。なお、図33に示すグラフは、ピークで正規化されている。

[0137] 図32(a)は、赤色照明光（ピーク波長638nm）下での撮像画像であり、コントラストは0.17であった。図32(b)は青色照明光（ピーク波長466nm）下での撮像画像であり、コントラストは0.42であっ

た。図18に示すように、 1250 line/mm の周波数では青色照明光下のコントラストが大きくなるが、実際に青色照明光下でのコントラスト（0.42）は赤色照明光下でのコントラスト（0.17）より大きかった。

[0138] 図32（a）に示す赤色照明光下での撮像画像と、図32（b）に示す青色照明光下での撮像画像から、第2の実施形態に記載した手法により合成画像を作成した。マスク範囲は、逆転周波数（ 1000 line/mm ）とした。図32（c）は作成された高解像度画像を示す。この画像のコントラストは0.38であり、青色照明光下での撮像画像のコントラスト（0.42）と同等であった。

[0139] この解像力チャートの周波数（ 1250 line/mm ）は、逆転周波数より大きいため、青色照明光下での撮像画像のコントラストが高解像度画像に反映され、青色照明光下での撮像画像と同等の高いコントラストが得られることがわかる。

[0140] また、図33においては、青色照明光下でのコントラストの段差が合成画像のコントラストでは除去されており（図中矢印）、回折によるアーティファクトが軽減されている。

[0141] このように、本技術の実施形態の手法により作成された合成画像は、低周波数帯域のコントラストが長い波長帯域の照明光（赤色光）下での低周波帯域のコントラストと同等であり、高周波数帯域のコントラストが短い波長帯域の照明光（青色光）下での高周波数帯域のコントラストと同等である。即ち、本技術の実施形態による効果が実証されている。

[0142] なお、本技術は以下のような構成もとることができる。

[0143] （1）

観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像

と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、

上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と

を具備する画像処理装置。

[0144] (2)

上記(1)に記載の画像処理装置であって、

上記第1の照明光は、上記第2の照明光より長い波長帯域の狭帯域光であり、

上記第2の照明光は、上記第1の照明光より短い波長帯域の狭帯域光である

画像処理装置。

[0145] (3)

上記(1)又は(2)に記載の画像処理装置であって、

上記第1の照明光は、赤色光であり、

上記第2の照明光は、青色光である

画像処理装置。

[0146] (4)

上記(1)から(3)のいずれか一つに記載の画像処理装置であって、

上記第1の照明光は、上記第2の照明光より小さい照明NAを有し、

上記第2の照明光は、上記第1の照明光より大きい照明NAを有する

画像処理装置。

[0147] (5)

上記(1)から(4)のいずれか一つに記載の画像処理装置であって、

上記画像変換部は、上記第1の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第1の空間周波数領域画像を生成し、上記第2の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第2の空間周波数領域画像を生成し、

上記画像生成部は、上記第1の空間周波数領域画像の低周波数領域と、上記第2の空間周波数領域画像の高周波数領域とから上記合成画像を生成する

画像処理装置。

[0148] (6)

上記(1)から(5)のいずれか一つに記載の画像処理装置であって

上記画像生成部は、上記低周波数領域と上記高周波数領域とを結合した結合画像を生成し、上記結合画像を空間領域画像に変換し、上記合成画像を生成する

画像処理装置。

[0149] (7)

上記(1)から(6)のいずれか一つに記載の画像処理装置であって

上記画像生成部は、上記低周波数領域を空間領域画像に変換した低周波数成分画像と、上記高周波数領域を空間領域画像に変換した高周波数成分画像とを生成し、上記低周波数成分画像と上記高周波数成分画像とを加算して上記合成画像を生成する

画像処理装置。

[0150] (8)

観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第1の撮像画像と上記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、

上記第1の撮像画像の低周波数成分と、上記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と

を具備する画像処理プログラム。

[0151] (9)

画像変換部が、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、上記第2の撮像画像は低周波

数帯域のコントラストが上記第 1 の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第 1 の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第 1 の撮像画像と上記第 2 の撮像画像とを周波数成分に分解し、

画像生成部が、上記第 1 の撮像画像の低周波数成分と、上記第 2 の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する

画像処理方法。

[0152] (10)

第 1 の照明光と、第 2 の照明光とを照射する照明と、

顕微鏡光学系と、

撮像部と、

観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して上記第 1 の照明光で上記撮像部により撮像された第 1 の撮像画像と、上記観察対象物が上記顕微鏡光学系を介して上記第 2 の照明光で上記撮像部により撮像された第 2 の撮像画像であって、上記第 2 の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが上記第 1 の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが上記第 1 の撮像画像より大きくなるよう構成されており、上記第 1 の撮像画像と上記第 2 の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、

上記第 1 の撮像画像の低周波数成分と、上記第 2 の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と

を具備する顕微鏡システム。

[0153] (11)

上記 (10) に記載の顕微鏡システムであって、さらに、

上記顕微鏡光学系の焦点位置を調整する焦点調整機構と、

上記焦点調整機構を制御して、上記第 1 の照明光の照射下で上記顕微鏡光学系の焦点を上記観察対象物に合わせ、上記第 2 の照明光の照射下で上記顕微鏡光学系の焦点を上記観察対象物に合わせる制御部

を具備する顕微鏡システム。

[0154] (12)

上記（１０）に記載の顕微鏡システムであって、さらに、
上記第１の撮像画像と上記第２の撮像画像の露出が一致するように、上記
第１の照明光と上記第２の照明光の光量を制御する制御部
を具備する顕微鏡システム。

符号の説明

- [0155] １００、２００…顕微鏡システム
１１０、２１０…顕微鏡
１１１…照明
１１２…照明光学系
１１３…ステージ
１１４…対物レンズ
１１５…結像レンズ
１１６…焦点調整機構
１１７…撮像部
１２０…制御装置
１３０…画像処理装置
１３１…画像変換部
１３２…画像生成部
１４０…ディスプレイ

請求の範囲

- [請求項1] 観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、前記観察対象物が前記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、前記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、前記第1の撮像画像と前記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、
- 前記第1の撮像画像の低周波数成分と、前記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と
- を具備する画像処理装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の画像処理装置であって、
- 前記第1の照明光は、前記第2の照明光より長い波長帯域の狭帯域光であり、
- 前記第2の照明光は、前記第1の照明光より短い波長帯域の狭帯域光である
- 画像処理装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の画像処理装置であって、
- 前記第1の照明光は、赤色光であり、
- 前記第2の照明光は、青色光である
- 画像処理装置。
- [請求項4] 請求項1に記載の画像処理装置であって、
- 前記第1の照明光は、前記第2の照明光より小さい照明NAを有し、
- 前記第2の照明光は、前記第1の照明光より大きい照明NAを有する
- 画像処理装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の画像処理装置であって、

前記画像変換部は、前記第1の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第1の空間周波数領域画像を生成し、前記第2の撮像画像を空間周波数領域画像に変換して第2の空間周波数領域画像を生成し、

前記画像生成部は、前記第1の空間周波数領域画像の低周波数領域と、前記第2の空間周波数領域画像の高周波数領域とから前記合成画像を生成する

画像処理装置。

[請求項6]

請求項5に記載の画像処理装置であって、

前記画像生成部は、前記低周波数領域と前記高周波数領域とを結合した結合画像を生成し、前記結合画像を空間領域画像に変換し、前記合成画像を生成する

画像処理装置。

[請求項7]

請求項5に記載の画像処理装置であって、

前記画像生成部は、前記低周波数領域を空間領域画像に変換した低周波数成分画像と、前記高周波数領域を空間領域画像に変換した高周波数成分画像とを生成し、前記低周波数成分画像と前記高周波数成分画像とを加算して前記合成画像を生成する

画像処理装置。

[請求項8]

観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、前記観察対象物が前記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、前記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、前記第1の撮像画像と前記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、

前記第1の撮像画像の低周波数成分と、前記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と

を具備する画像処理プログラム。

[請求項9] 画像変換部が、観察対象物が顕微鏡光学系を介して第1の照明光で撮像された第1の撮像画像と、前記観察対象物が前記顕微鏡光学系を介して第2の照明光で撮像された第2の撮像画像であって、前記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、前記第1の撮像画像と前記第2の撮像画像とを周波数成分に分解し、

画像生成部が、前記第1の撮像画像の低周波数成分と、前記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する

画像処理方法。

[請求項10] 第1の照明光と、第2の照明光とを照射する照明と、
顕微鏡光学系と、
撮像部と、

観察対象物が前記顕微鏡光学系を介して前記第1の照明光で前記撮像部により撮像された第1の撮像画像と、前記観察対象物が前記顕微鏡光学系を介して前記第2の照明光で前記撮像部により撮像された第2の撮像画像であって、前記第2の撮像画像は低周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より小さく、高周波数帯域のコントラストが前記第1の撮像画像より大きくなるよう構成されており、前記第1の撮像画像と前記第2の撮像画像とを周波数成分に分解する画像変換部と、

前記第1の撮像画像の低周波数成分と、前記第2の撮像画像の高周波数成分を合成し、合成画像を生成する画像生成部と

を具備する顕微鏡システム。

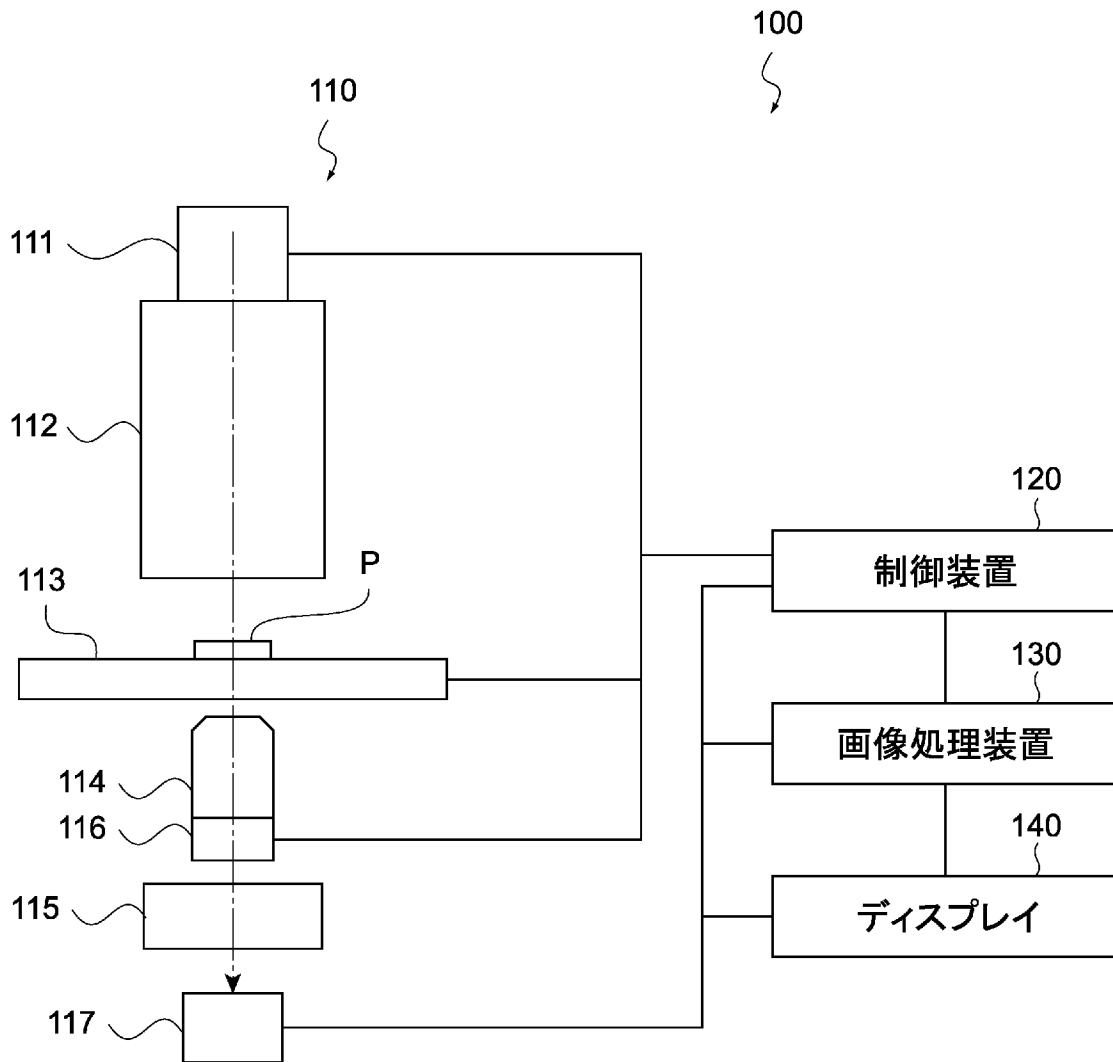
[請求項11] 請求項10に記載の顕微鏡システムであって、さらに、
前記顕微鏡光学系の焦点位置を調整する焦点調整機構と、
前記焦点調整機構を制御して、前記第1の照明光の照射下で前記顕微鏡光学系の焦点を前記観察対象物に合わせ、前記第2の照明光の照

射下で前記顕微鏡光学系の焦点を前記観察対象物に合わせる制御部を具備する顕微鏡システム。

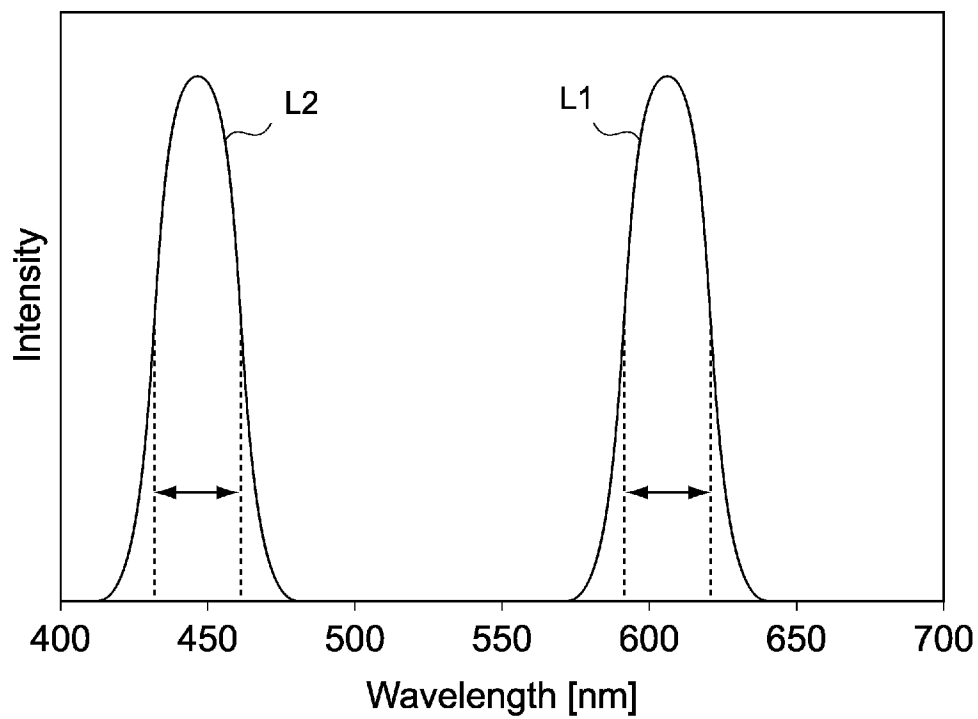
[請求項12]

請求項10に記載の顕微鏡システムであって、さらに、前記第1の撮像画像と前記第2の撮像画像の露出が一致するように、前記第1の照明光と前記第2の照明光の光量を制御する制御部を具備する顕微鏡システム。

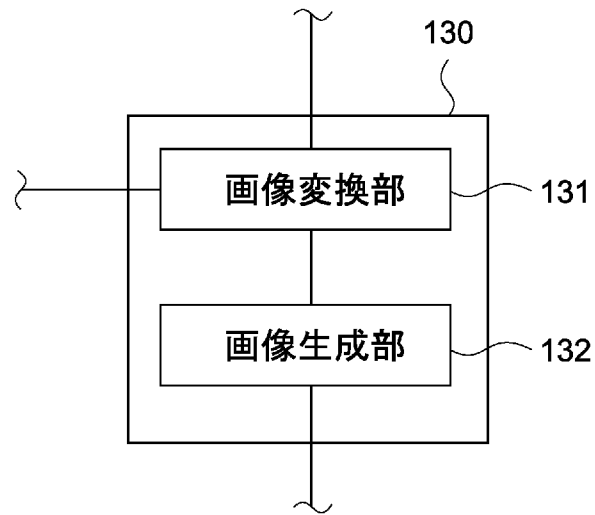
[図1]



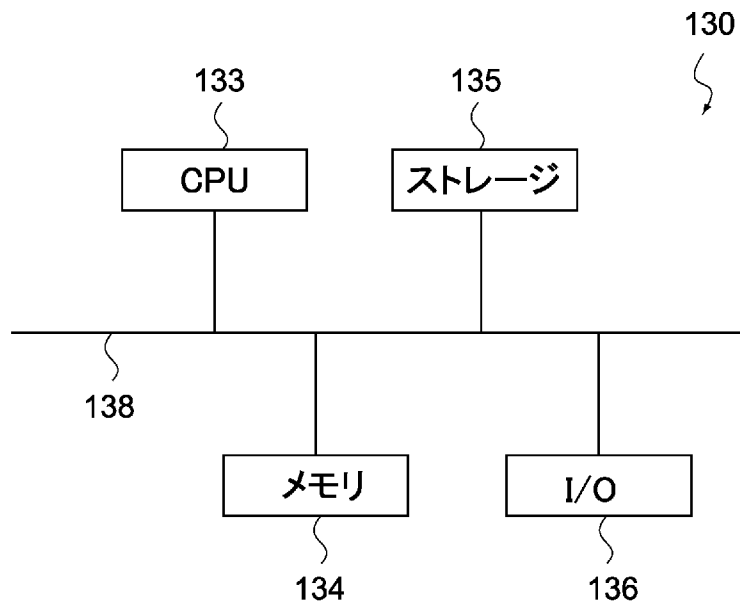
[図2]



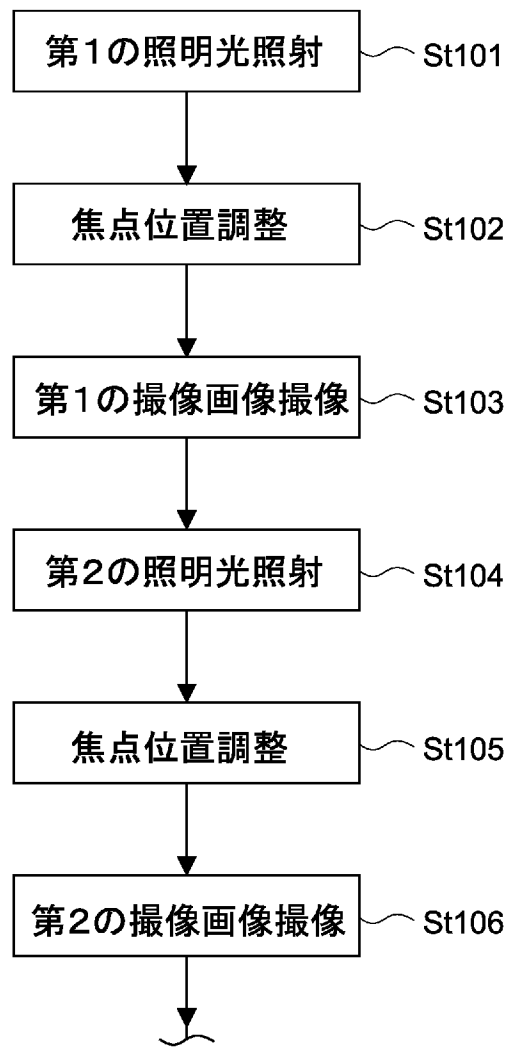
[図3]



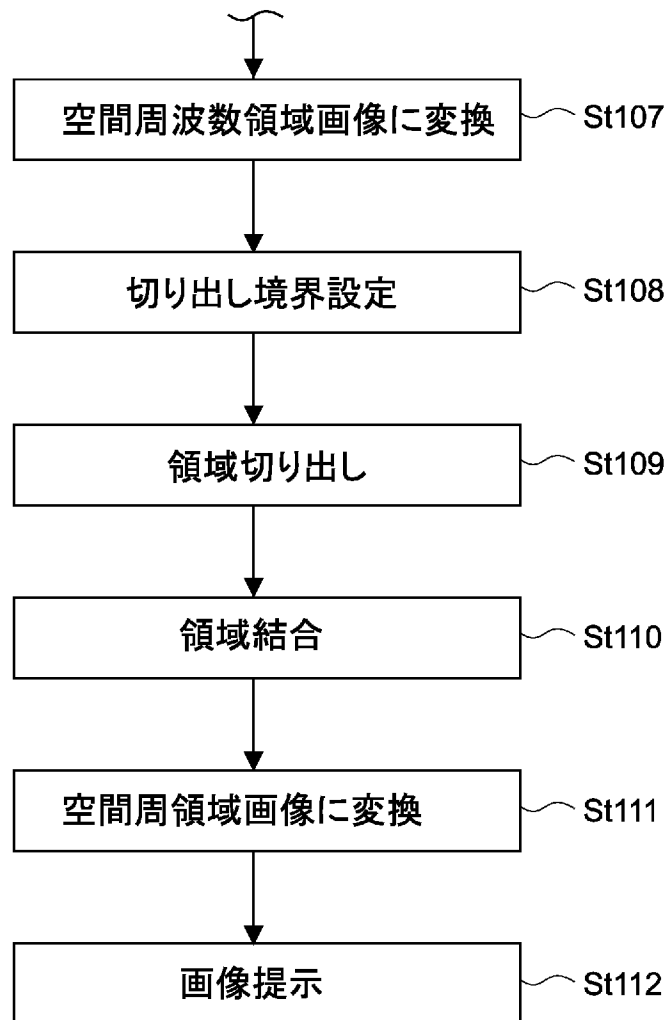
[図4]



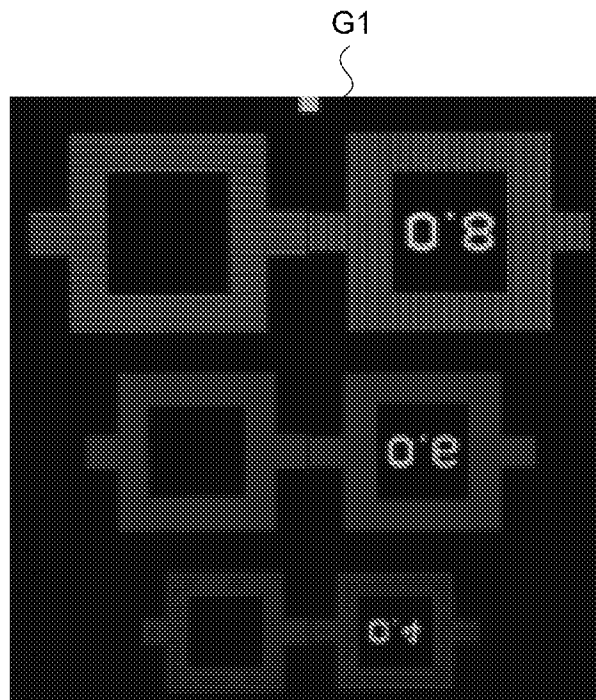
[図5]



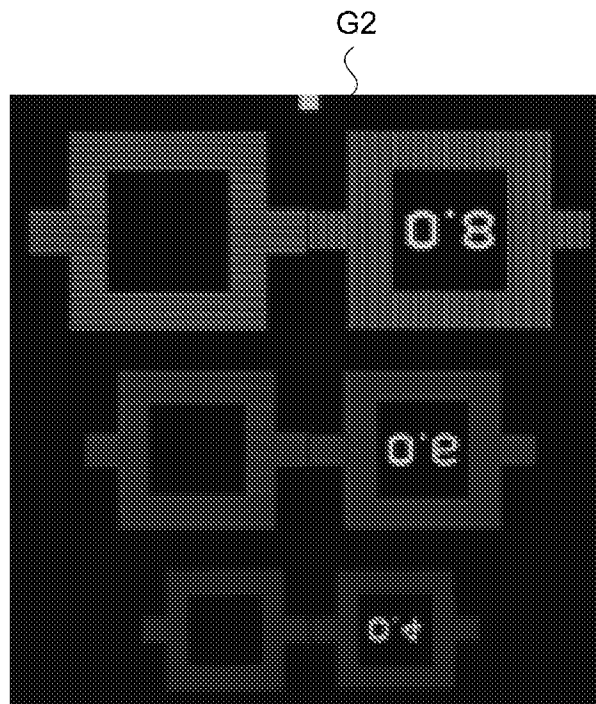
[図6]



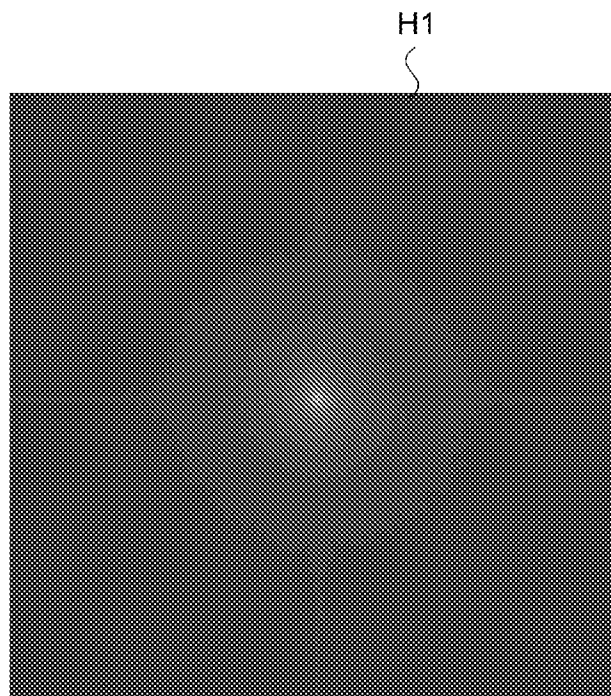
[図7]



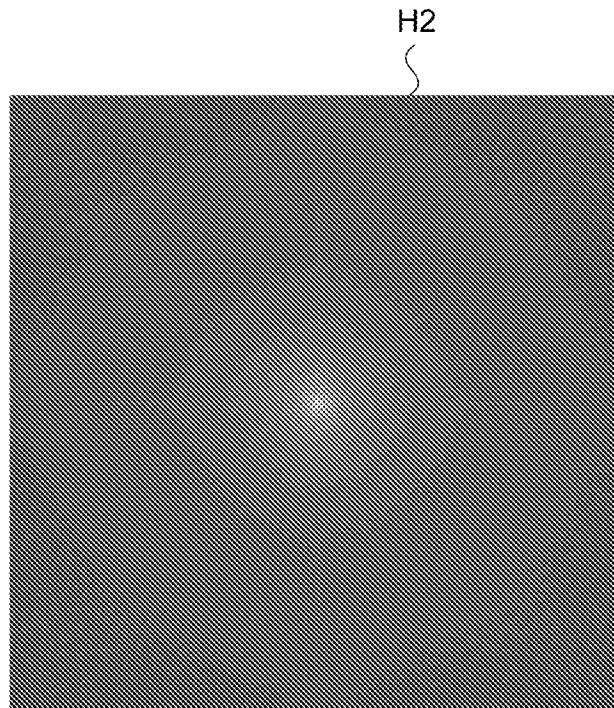
[図8]



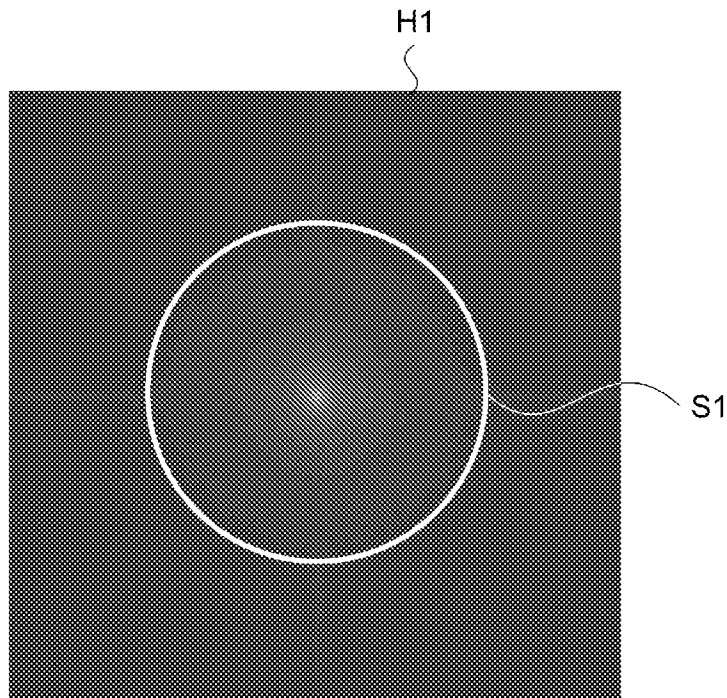
[図9]



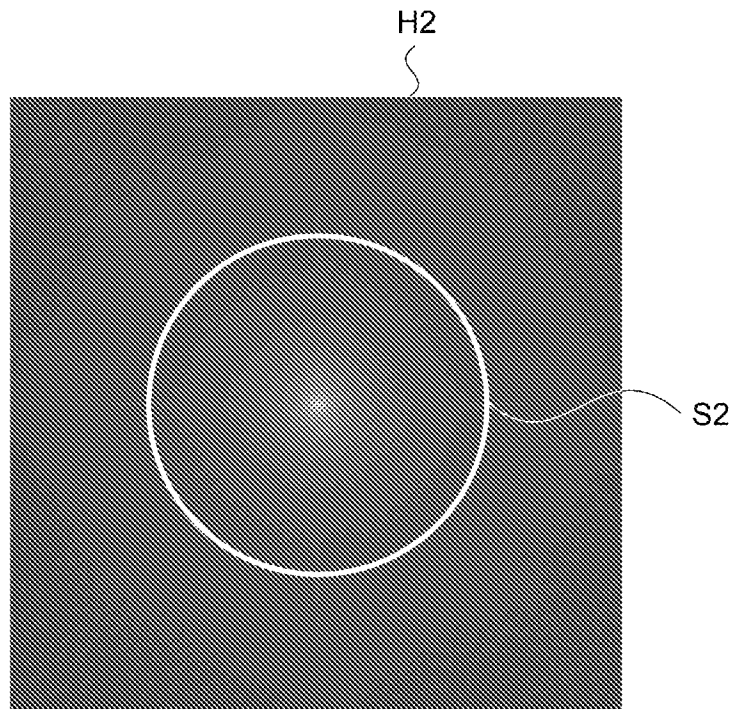
[図10]



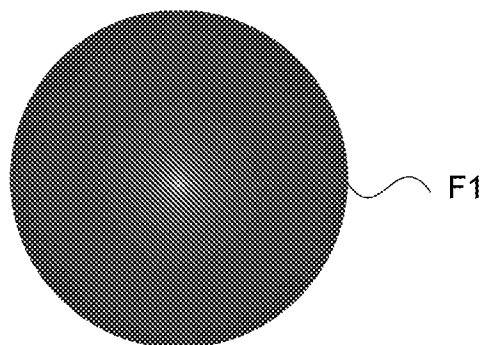
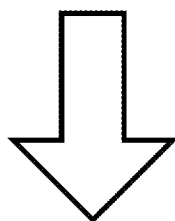
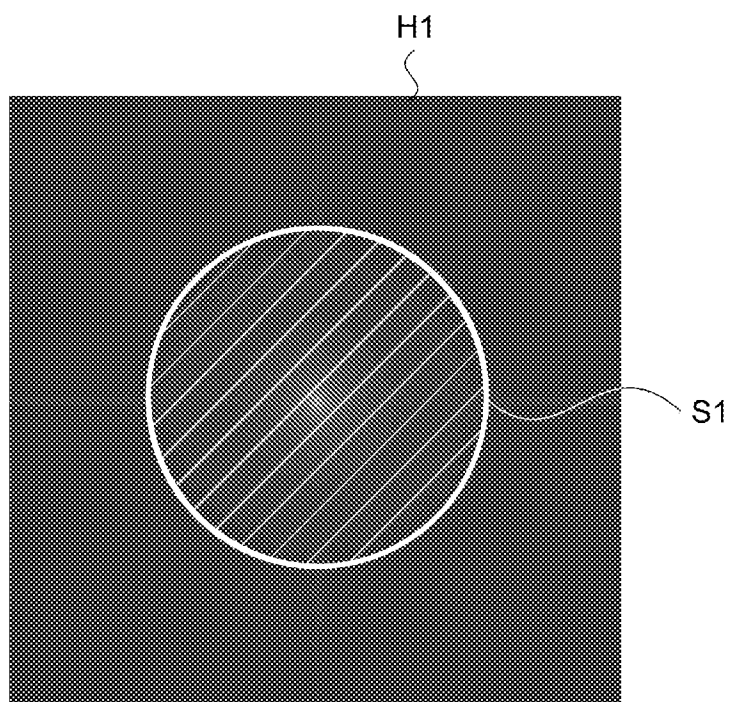
[図11]



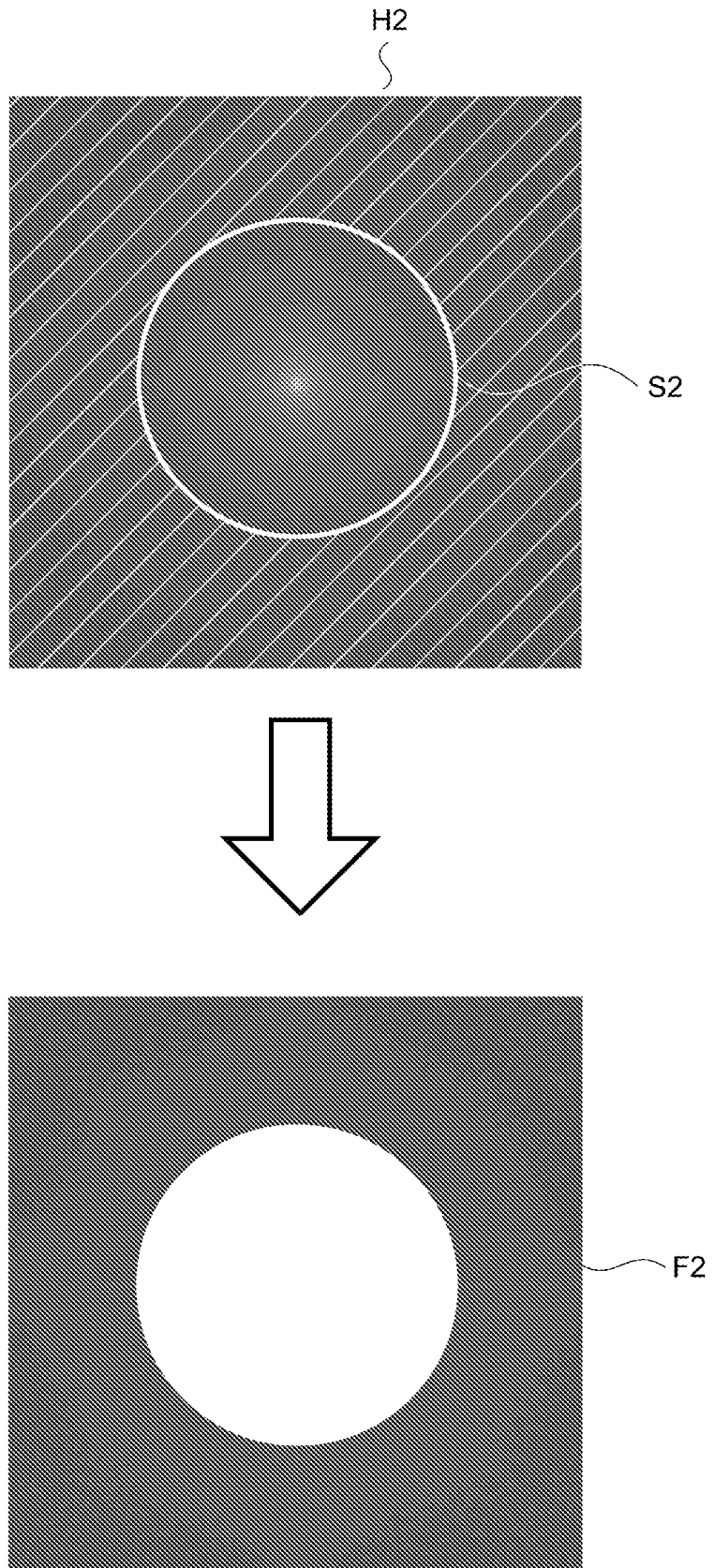
[図12]



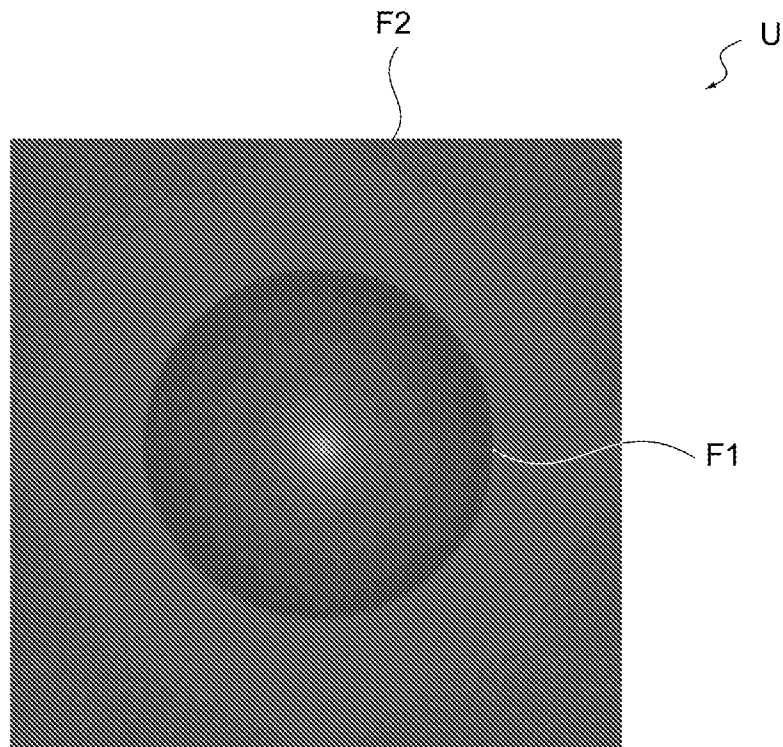
[図13]



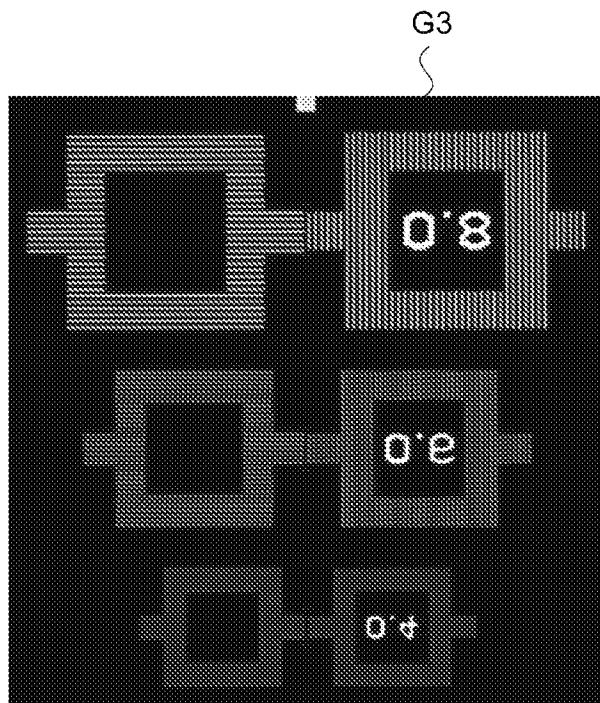
[図14]



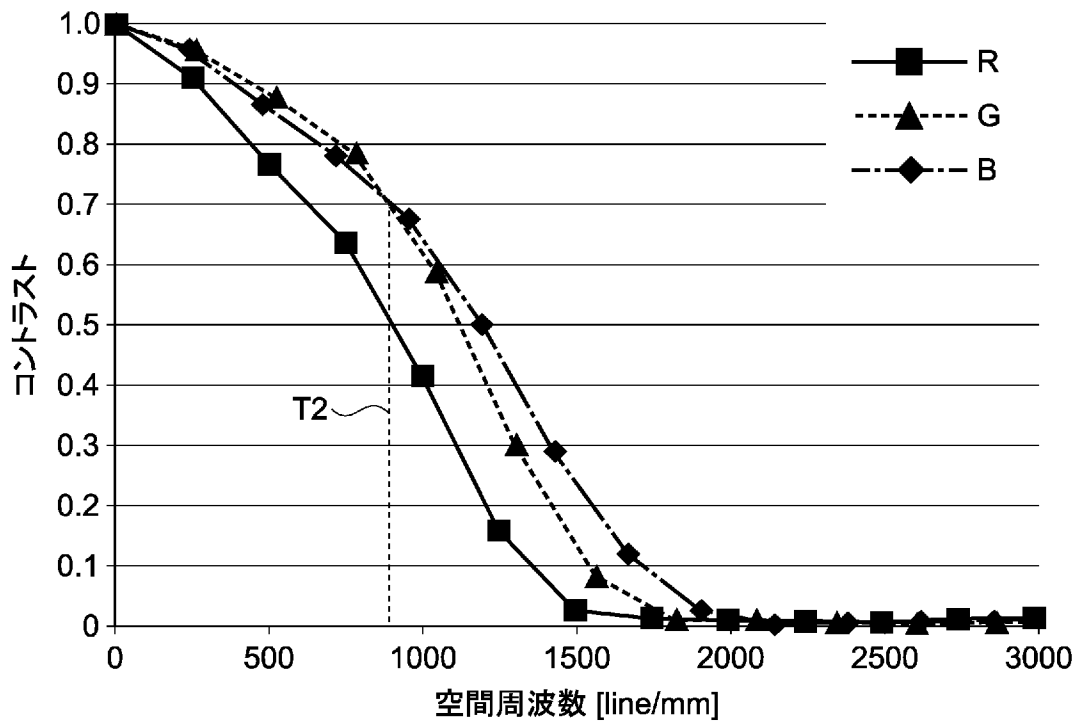
[図15]



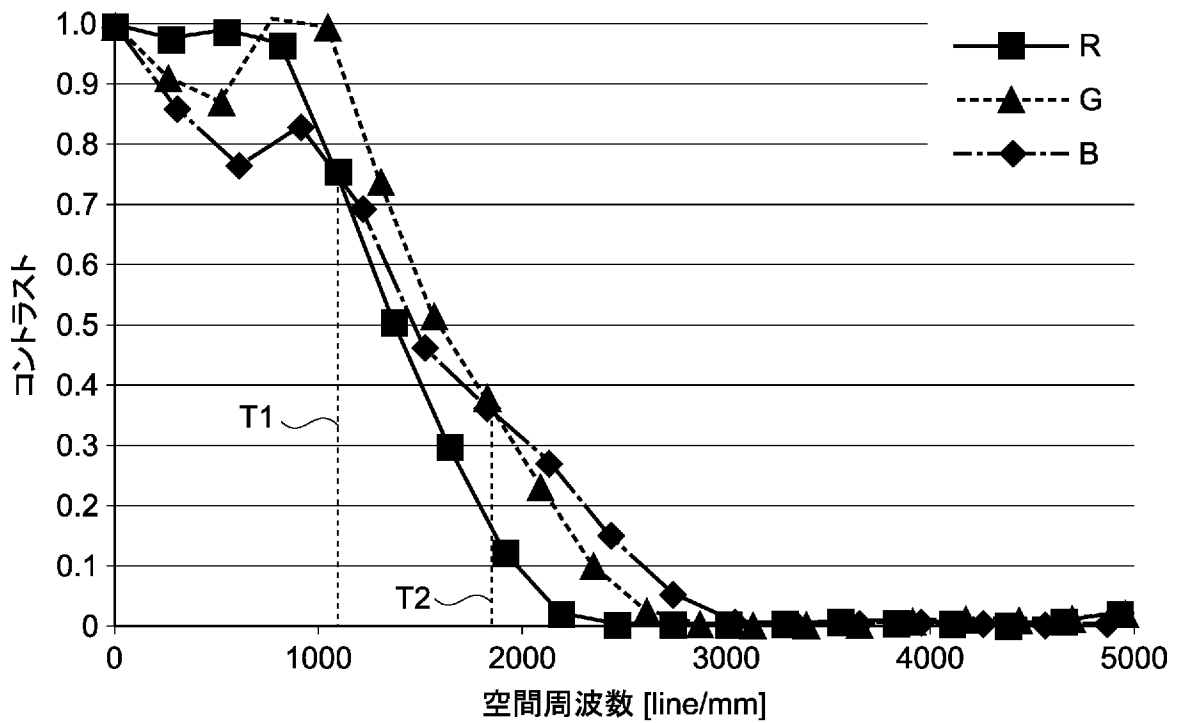
[図16]



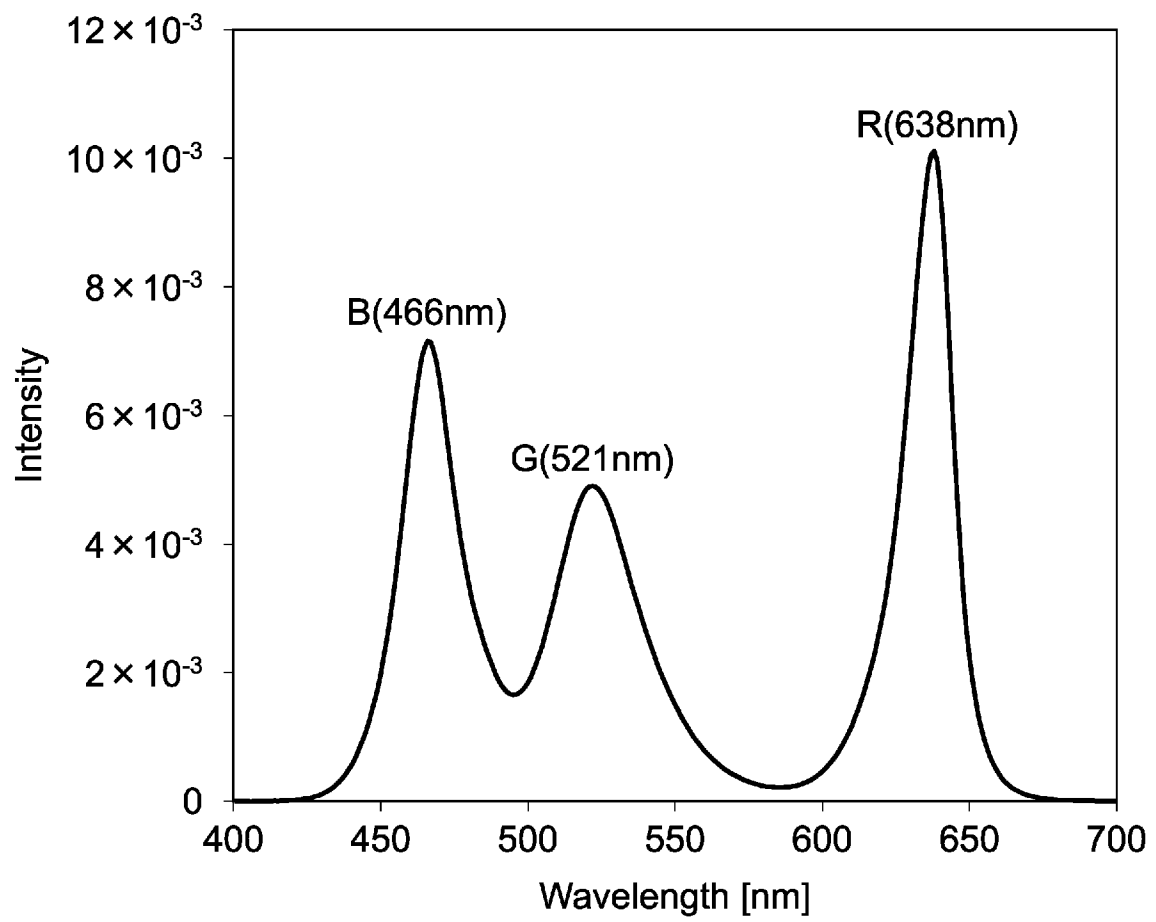
[図17]



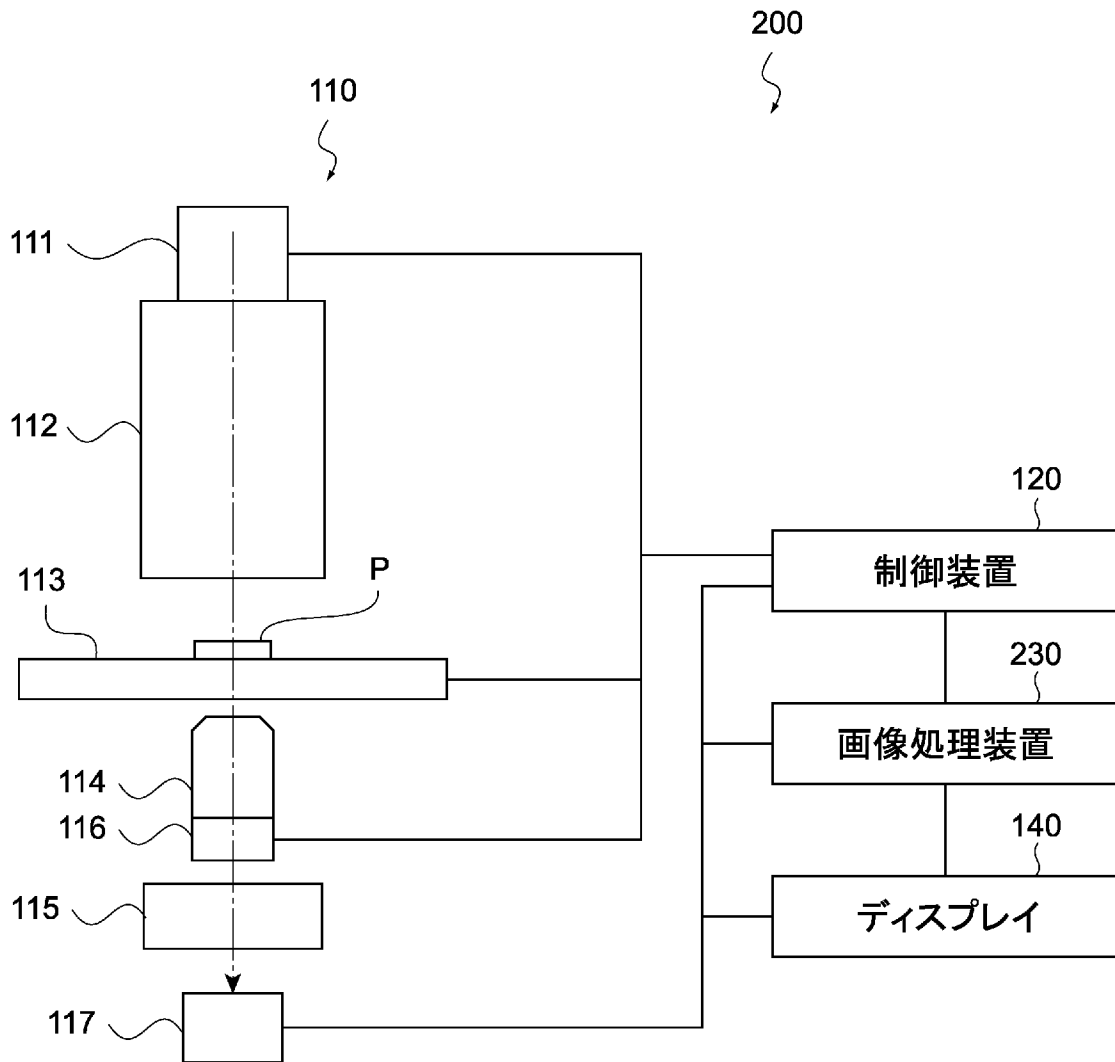
[図18]



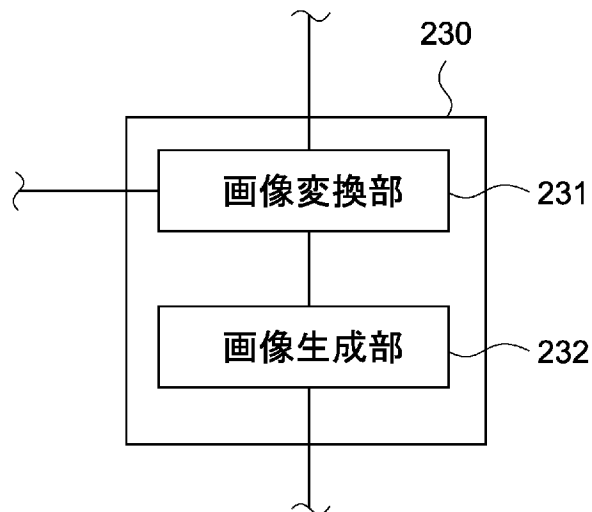
[図19]



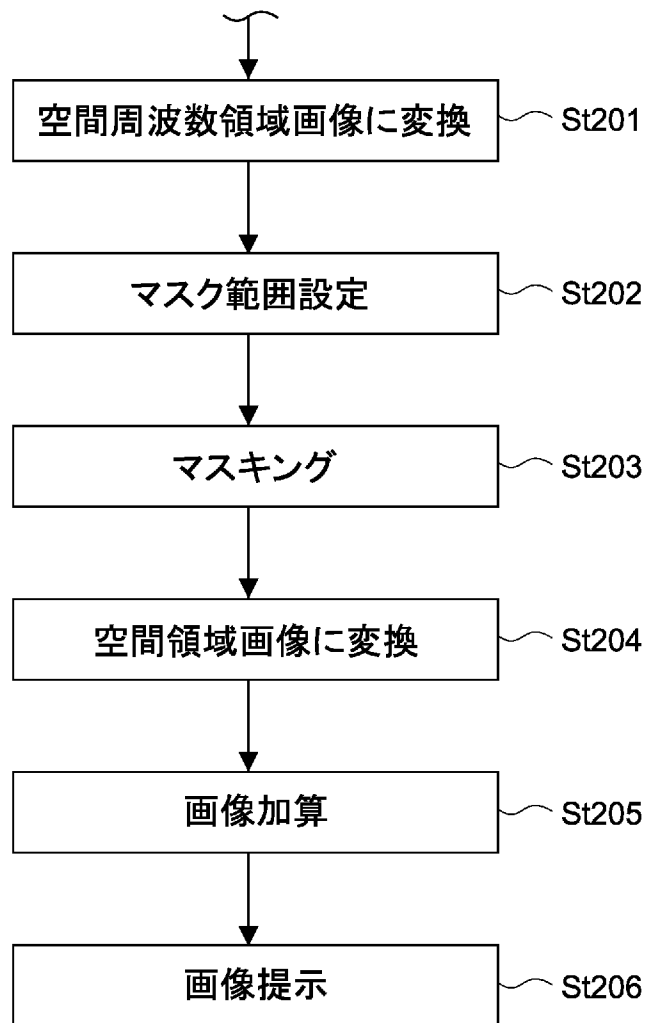
[図20]



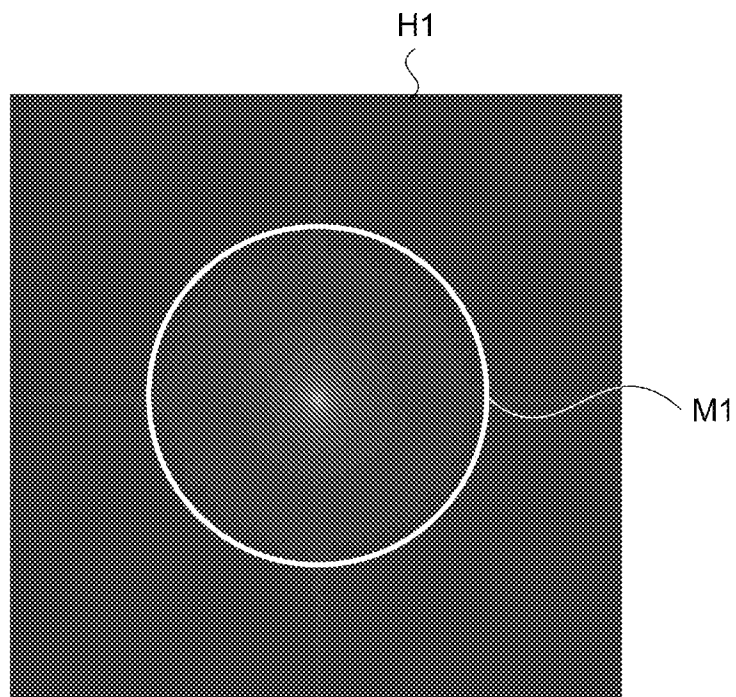
[図21]



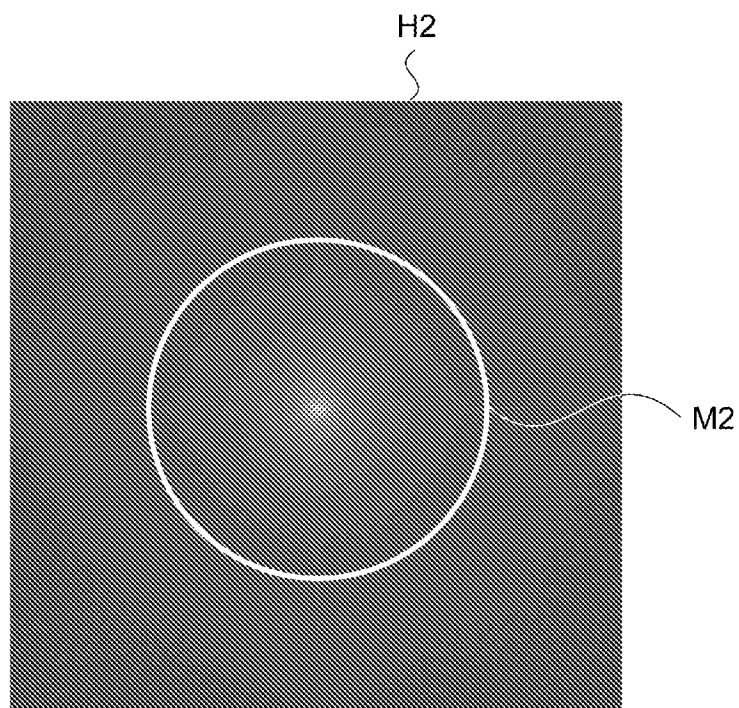
[図22]



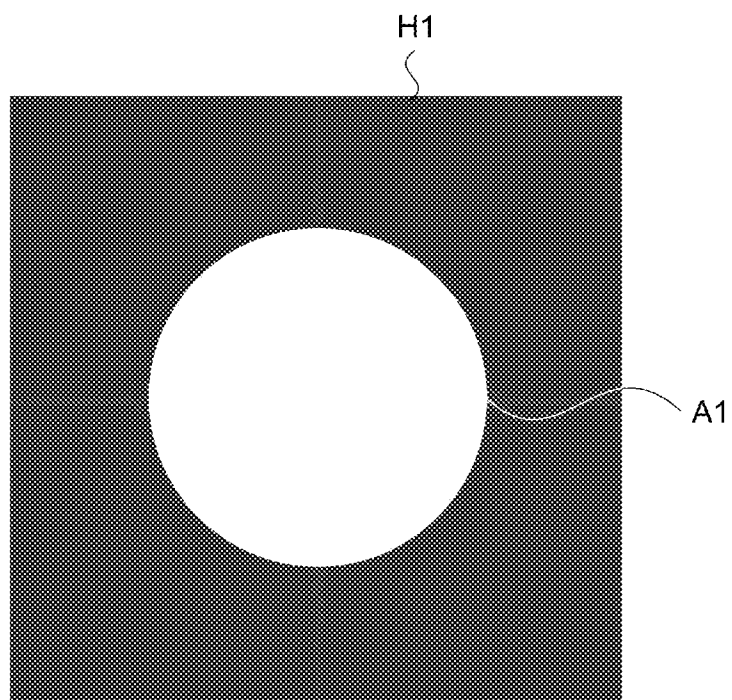
[図23]



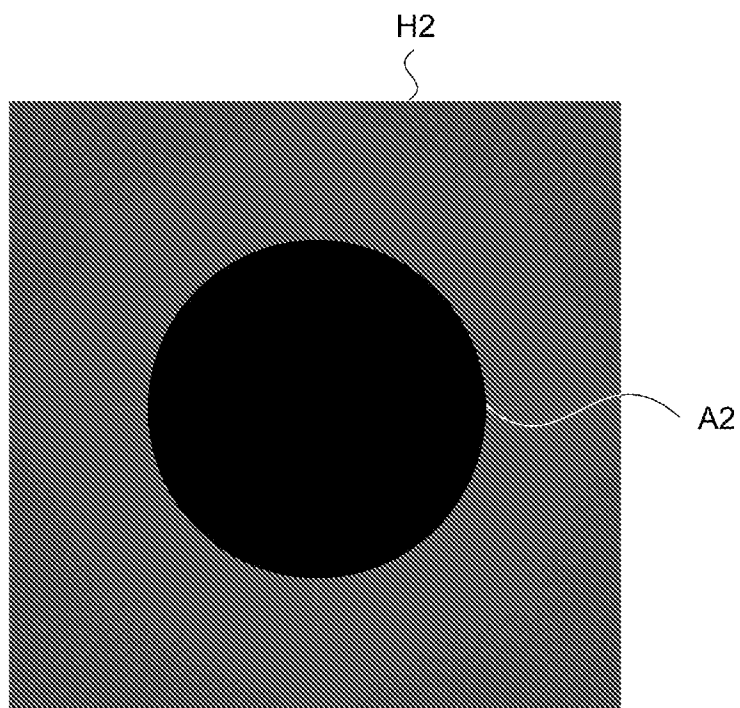
[図24]



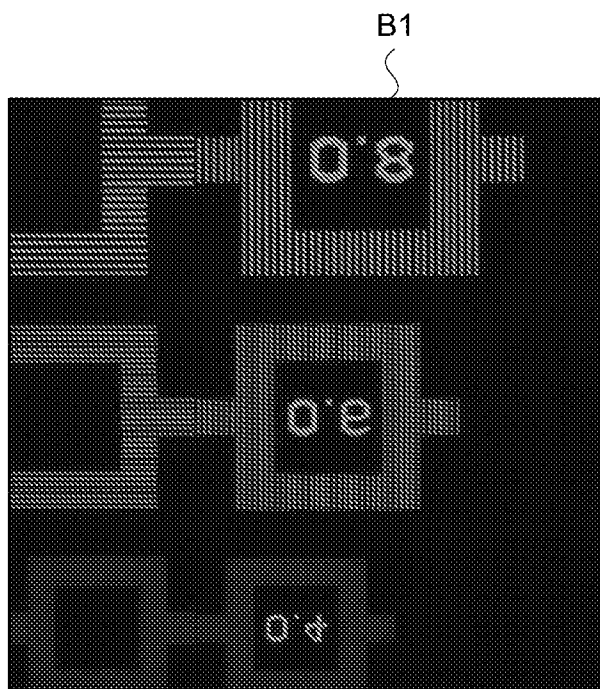
[図25]



[図26]

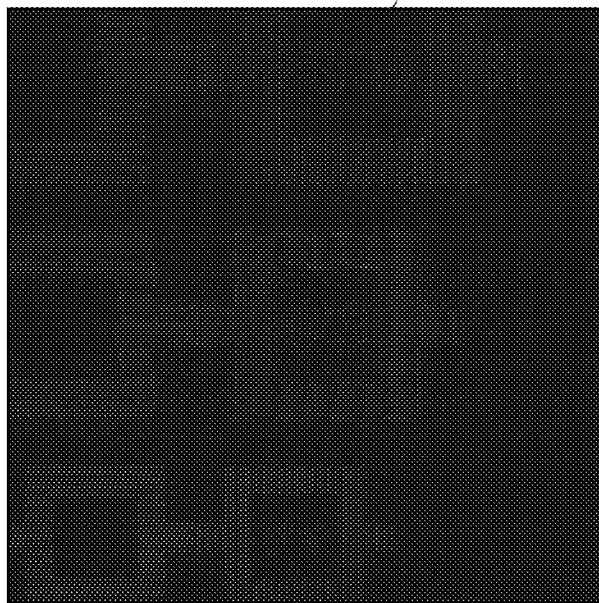


[図27]

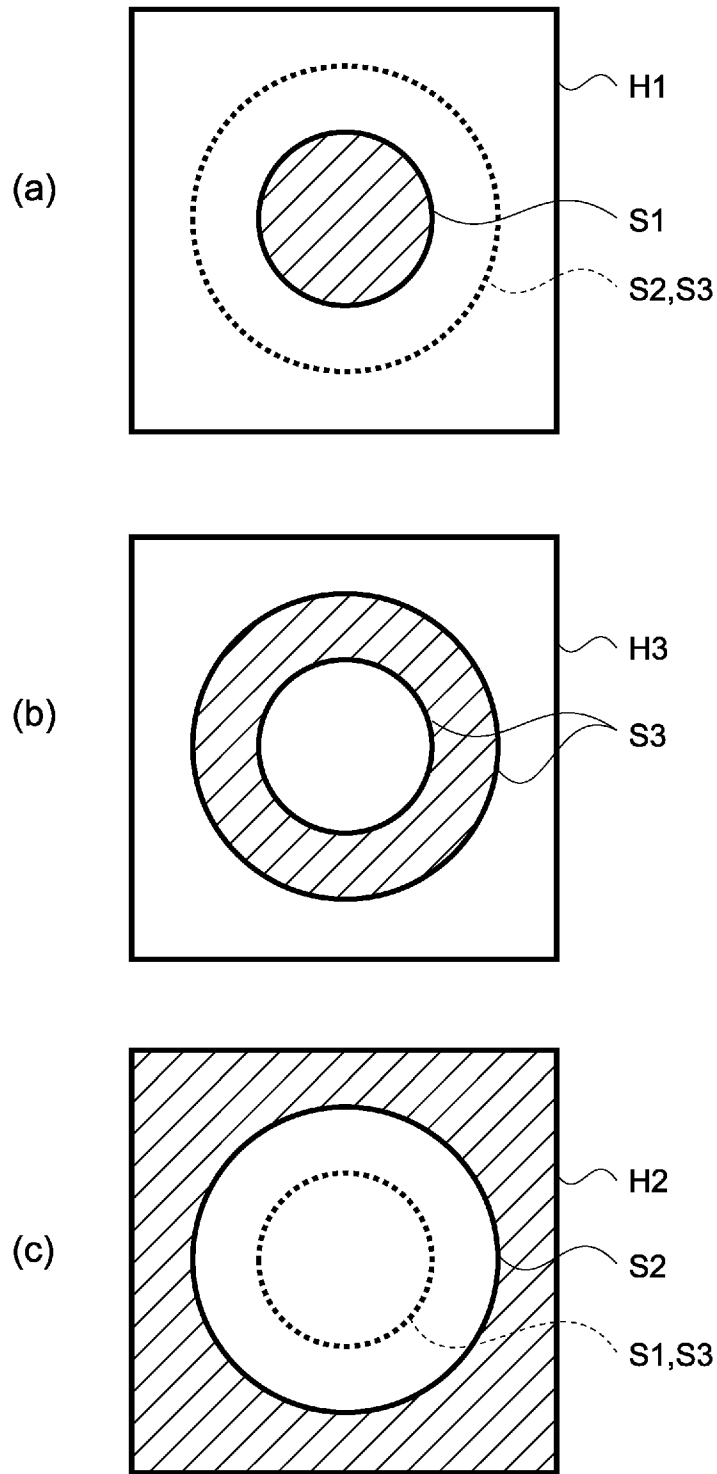


[図28]

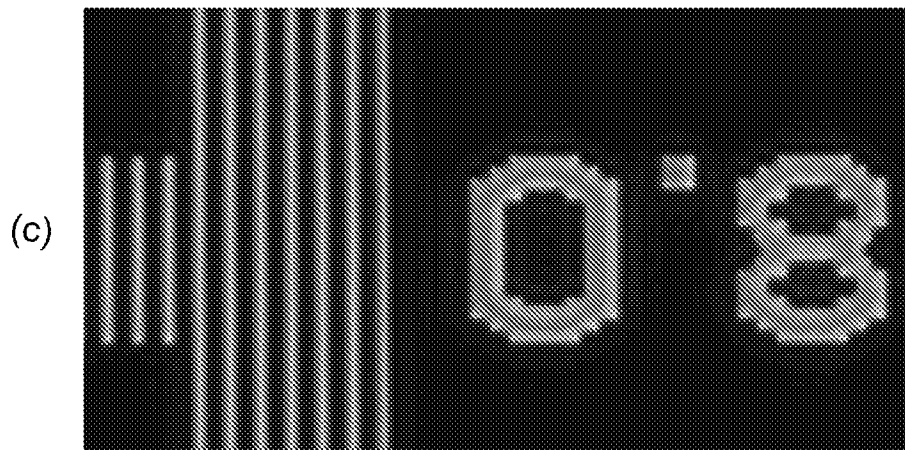
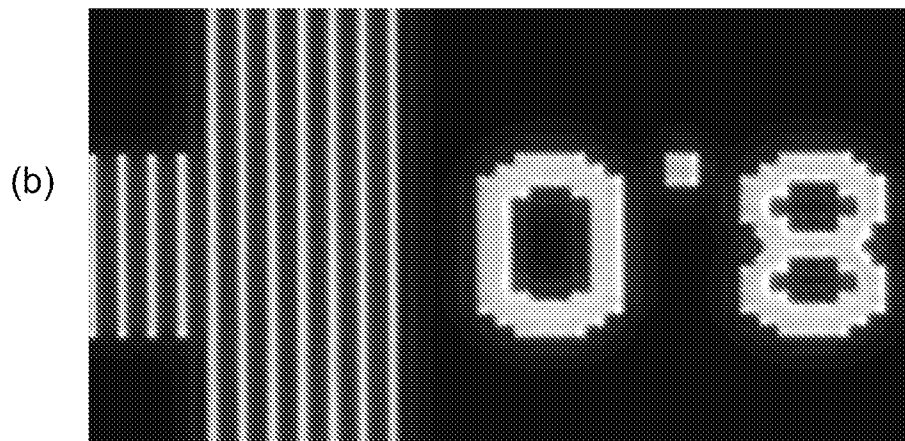
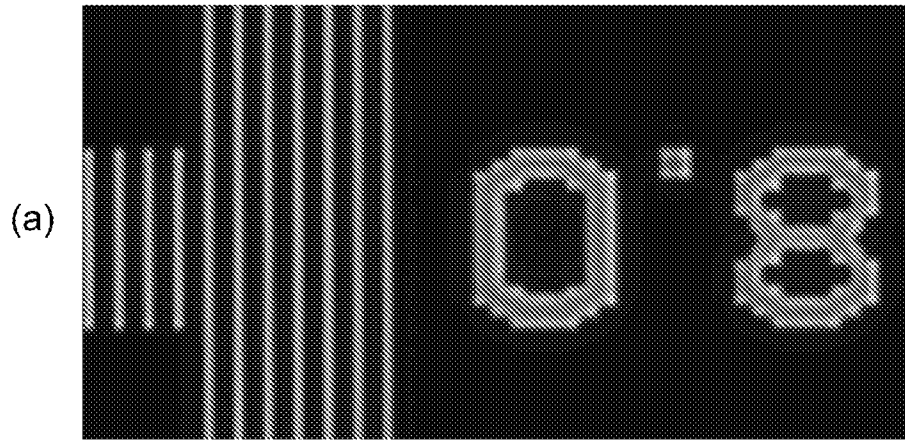
B2



[図29]

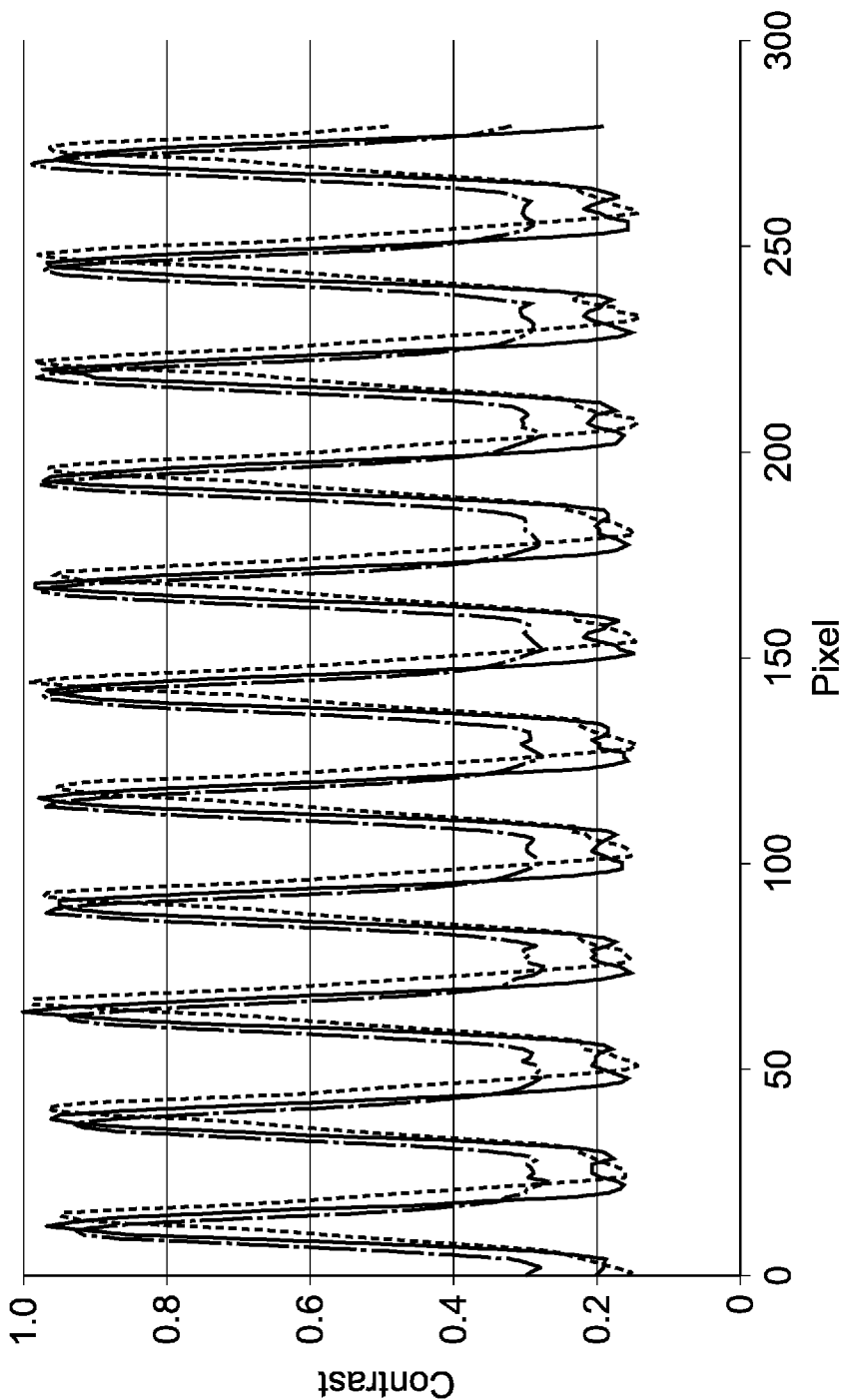


[図30]

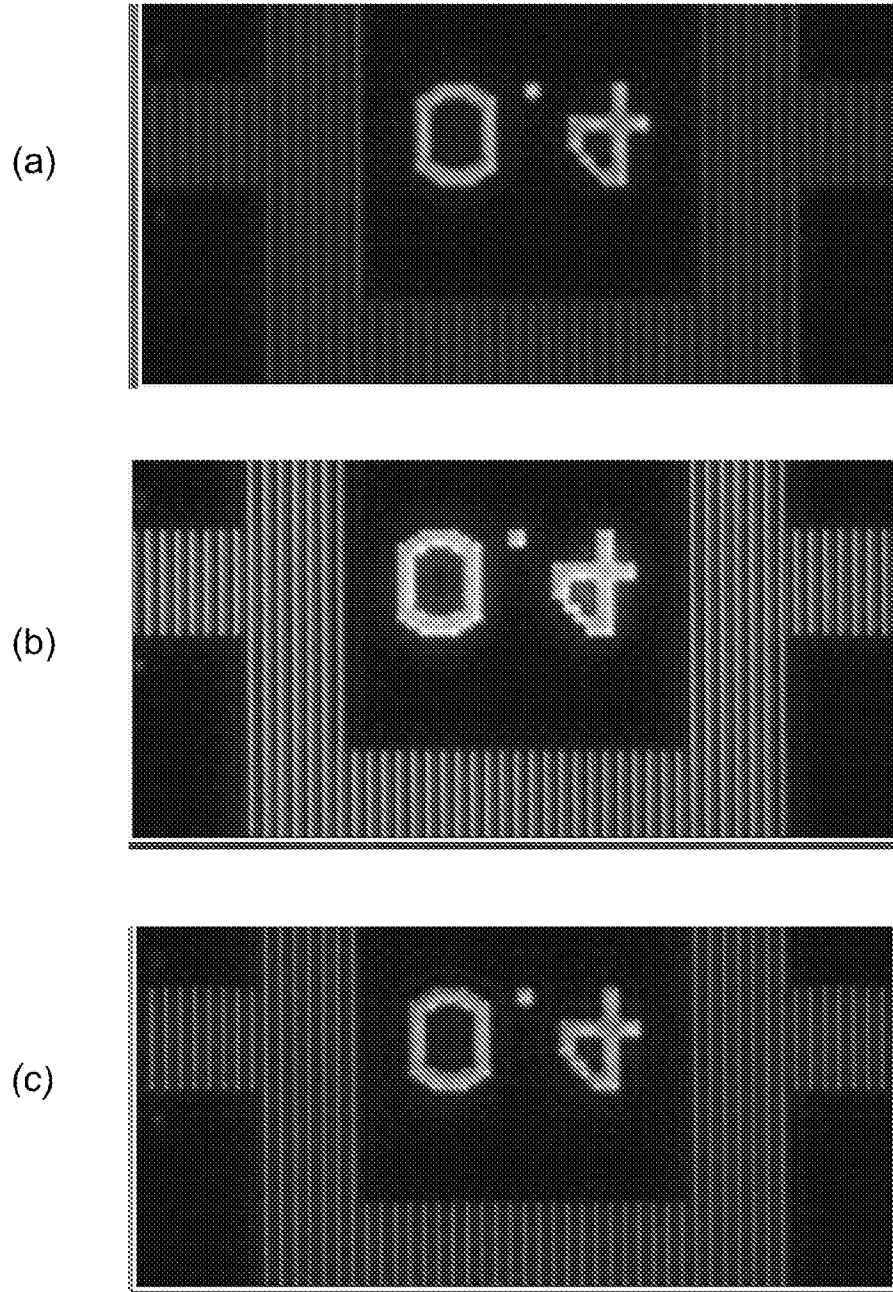


[图31]

—— 赤色光撮像画像
- - - 青色光撮像画像
- · - 合成画像

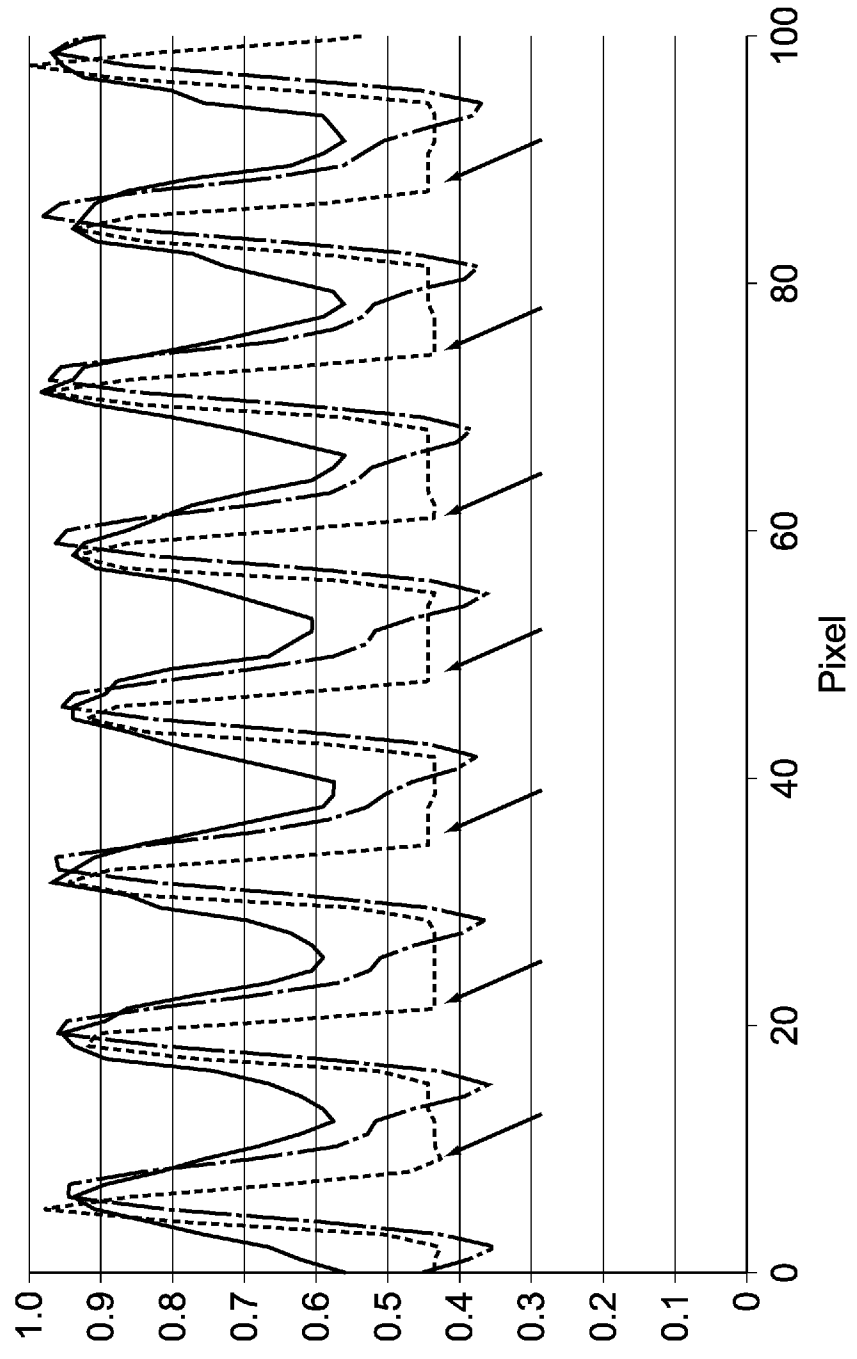


[図32]



[图33]

—— 赤色光撮像画像
- - - 青色光撮像画像
- · - · 合成画像



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/002009

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B21/36(2006.01)i, G02B21/06(2006.01)i, G06T3/00(2006.01)i, H04N5/225
(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B21/36, G02B21/06, G06T3/00, H04N5/225, H04N5/232

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 02-192276 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 30 July 1990 (30.07.1990), claims; entire text; all drawings & US 5124842 A & DE 3905619 A	1-12
A	JP 2012-230401 A (Keyence Corp.), 22 November 2012 (22.11.2012), claims; entire text; all drawings (Family: none)	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 02 July 2015 (02.07.15)	Date of mailing of the international search report 14 July 2015 (14.07.15)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B21/36(2006.01)i, G02B21/06(2006.01)i, G06T3/00(2006.01)i, H04N5/225(2006.01)i, H04N5/232(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. G02B21/36, G02B21/06, G06T3/00, H04N5/225, H04N5/232		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2015年 日本国実用新案登録公報 1996-2015年 日本国登録実用新案公報 1994-2015年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 02-192276 A（オリンパス光学工業株式会社）1990.07.30, 特許請求の範囲、全文、全図 & US 5124842 A & DE 3905619 A	1-12
A	JP 2012-230401 A（株式会社キーエンス）2012.11.22, 特許請求の範囲、全文、全図（ファミリーなし）	1-12
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 02.07.2015		国際調査報告の発送日 14.07.2015
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 越河 勉 電話番号 03-3581-1101 内線 3271
		2V 9313