

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3785458号  
(P3785458)

(45) 発行日 平成18年6月14日(2006.6.14)

(24) 登録日 平成18年3月31日(2006.3.31)

(51) Int. Cl.		F I	
HO 1 J	37/295	(2006.01)	HO 1 J 37/295
HO 1 J	37/147	(2006.01)	HO 1 J 37/147 A
HO 1 J	37/22	(2006.01)	HO 1 J 37/22 5 O 1 C

請求項の数 10 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2002-336392 (P2002-336392)	(73) 特許権者	504139662
(22) 出願日	平成14年11月20日(2002.11.20)		国立大学法人名古屋大学
(65) 公開番号	特開2004-171922 (P2004-171922A)		愛知県名古屋市千種区不老町1番
(43) 公開日	平成16年6月17日(2004.6.17)	(74) 代理人	100072051
審査請求日	平成14年11月20日(2002.11.20)		弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100100125
			弁理士 高見 和明
		(74) 代理人	100101096
			弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100107227
			弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292
			弁理士 来間 清志
		(74) 代理人	100124280
			弁理士 大山 健次郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透過型電子顕微鏡及び立体観察法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子線照射源と、

前記電子線照射源の前方に設けられ、前記電子線照射源から発せられた電子線を偏向して得た第1の電子線を、試料面の所定部分に対して第1の角度で照射するとともに、前記電子線照射源から発せられた前記電子線を偏向して得た第2の電子線を、前記試料面の前記所定部分に対して前記第1の角度と異なる第2の角度で照射させるための偏向装置と、

前記第1の電子線による第1の像及び前記第2の電子線による第2の像を結合させ、前記試料面の前記所定部位の像を立体的に表示する3次元画像表示装置とを具備、

前記偏向装置は、一対のフィラメントと、この一対のフィラメントの外方に設けられた一対のアース電極とからなる電子線台形プリズムを含み、

さらに、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムと、前記3次元画像表示装置との間において、前記第1の電子線による前記第1の像、及び前記電子線照射源から発せられた第3の電子線により、前記試料面を介することなく得た第3の像を重ね合わせた第1の電子線ホログラムと、前記第2の電子線による前記第2の像、及び前記第3の像を重ね合わせた第2の電子線ホログラムとを形成するための結像装置を具備することを特徴とする、透過型電子顕微鏡。

【請求項2】

前記第1の角度は、前記試料面の法線方向から右側に1度～5度に設定するとともに、前記第2の角度は、前記試料面の前記法線方向から左側に1度～5度に設定することを特

10

20

徴とする、請求項 1 に記載の透過型電子顕微鏡。

【請求項 3】

前記結像装置の、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムに対する反対側において、前記電子線ホログラムを撮像するための撮像素子を用意することを特徴とする、請求項 1 又は 2 に記載の透過型電子顕微鏡。

【請求項 4】

前記第 1 の電子線の前記試料面の前記所定部分に対する照射時期と、前記第 2 の電子線の前記試料面の前記所定部分に対する照射時期とを、前記撮像素子の操作信号と同期させたことを特徴とする、請求項 1 ~ 3 のいずれか一に記載の透過型電子顕微鏡。

【請求項 5】

前記第 1 の電子線ホログラム及び前記第 2 の電子線ホログラムを分離再生するための分離再生回路を用意することを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の透過型電子顕微鏡。

【請求項 6】

電子線照射源から電子線を発射する工程と、

前記電子線照射源の前方に設けた偏向装置によって前記電子線を偏向して得た第 1 の電子線を、試料面の所定部分に対して第 1 の角度で照射するとともに、前記偏向装置によって前記電子線を偏向して得た第 2 の電子線を、前記試料面の前記所定部分に対して前記第 1 の角度と異なる第 2 の角度で照射する工程と、

3 次元画像表示装置によって、前記第 1 の電子線によって得られた第 1 の像及び前記第 2 の電子線によって得られた第 2 の像を結合させ、前記試料面の前記所定部位の像を立体的に表示する工程とを具備、

前記偏向装置は、一对のフィラメントと、この一对のフィラメントの外方に設けられた一对のアース電極とからなる電子線台形プリズムを含み、前記フィラメントに印加する電圧の極性を切り替えることにより、前記電子線の偏向方向を変化させ、前記第 1 の電子線及び前記第 2 の電子線を形成し、

さらに、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムと、前記 3 次元画像表示装置との間において結像装置を設け、前記第 1 の電子線による前記第 1 の像、及び前記電子線照射源から発せられた第 3 の電子線により、前記試料面を介することなく得た第 3 の像を重ね合わせた第 1 の電子線ホログラムと、前記第 2 の電子線による前記第 2 の像、及び前記第 3 の像を重ね合わせた第 2 の電子線ホログラムとを形成する工程を具備することを特徴とする、立体観察法。

【請求項 7】

前記第 1 の角度は、前記試料面の法線方向から右側に 1 度 ~ 5 度に設定するとともに、前記第 2 の角度は、前記試料面の前記法線方向から左側に 1 度 ~ 5 度に設定することを特徴とする、請求項 6 に記載の立体観察法。

【請求項 8】

前記結像装置の、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムに対する反対側において撮像素子を設け、前記電子線ホログラムを撮像する工程を具備することを特徴とする、請求項 6 又は 7 に記載の立体観察法。

【請求項 9】

前記第 1 の電子線の前記試料面の前記所定部分に対する照射時期と、前記第 2 の電子線の前記試料面の前記所定部分に対する照射時期とを、前記撮像素子の操作信号と同期させる工程を含むことを特徴とする、請求項 6 ~ 8 のいずれか一に記載の立体観察法。

【請求項 10】

前記第 1 の電子線ホログラムと、前記第 2 の電子線ホログラムとを分離再生回路において分離再生した後、前記 3 次元画像表示装置によって立体的に表示することを特徴とする、請求項 6 ~ 9 のいずれか一に記載の立体観察法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

20

30

40

50

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、透過型電子顕微鏡及び立体観察法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、透過型電子顕微鏡を用いた立体観察法としては、CT法及びステレオ法が広く使用されている。CT法は、一つの試料を0度から180度回転させるとともに、前記角度範囲内において試料の所定部分の投影画像を多数枚撮影し、得られた画像を計算機処理することによって前記所定部分の3次元構造を得、立体観察を可能ならしめるものである。ステレオ投影法は試料を回転させ、前記試料の傾きが視差角だけ異なる2枚の像を撮影し、現像及び焼き付けした後にステレオビューアなどを用いることにより立体観察するものである。

10

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記CT法においては計算機処理に時間を要し、前記試料の変化を実時間で観察することができないという問題があった。また、前記ステレオ投影法においては前記試料の回転という操作に加えて、現像及び焼き付けという操作が加わり、これら一連の操作には数十分を要することから、この場合においても前記試料の変化を実時間で観察することができないという問題があった。

## 【0004】

本発明は、試料の変化を実時間で観察できる透過型電子顕微鏡及びこの顕微鏡を用いた立体観察法を提供することを目的とする。

20

## 【0005】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成すべく、本発明は、

電子線照射源と、

前記電子線照射源の前方に設けられ、前記電子線照射源から発せられた電子線を偏向して得た第1の電子線を、試料面の所定部分に対して第1の角度で照射するとともに、前記電子線照射源から発せられた前記電子線を偏向して得た第2の電子線を、前記試料面の前記所定部分に対して前記第1の角度と異なる第2の角度で照射させるための偏向装置と、

前記第1の電子線による第1の像及び前記第2の電子線による第2の像を結合させ、前記試料面の前記所定部位の像を立体的に表示する3次元画像表示装置とを具え、

30

前記偏向装置は、一对のフィラメントと、この一对のフィラメントの外方に設けられた一对のアース電極とからなる電子線台形プリズムを含み、

さらに、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムと、前記3次元画像表示装置との間において、前記第1の電子線による前記第1の像、及び前記電子線照射源から発せられた第3の電子線により、前記試料面を介することなく得た第3の像を重ね合わせた第1の電子線ホログラムと、前記第2の電子線による前記第2の像、及び前記第3の像を重ね合わせた第2の電子線ホログラムとを形成するための結像装置を具えることを特徴とする、透過型電子顕微鏡に関する。

## 【0006】

40

また、本発明は、

電子線照射源から電子線を発射する工程と、

前記電子線照射源の前方に設けた偏向装置によって前記電子線を偏向して得た第1の電子線を、試料面の所定部分に対して第1の角度で照射するとともに、前記偏向装置によって前記電子線を偏向して得た第2の電子線を、前記試料面の前記所定部分に対して前記第1の角度と異なる第2の角度で照射する工程と、

3次元画像表示装置によって、前記第1の電子線によって得られた第1の像及び前記第2の電子線によって得られた第2の像を結合させ、前記試料面の前記所定部位の像を立体的に表示する工程とを具え、

前記偏向装置は、一对のフィラメントと、この一对のフィラメントの外方に設けられた

50

一对のアース電極とからなる電子線台形プリズムを含み、前記フィラメントに印加する電圧の極性を切り替えることにより、前記電子線の偏向方向を変化させ、前記第1の電子線及び前記第2の電子線を形成し、

さらに、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムと、前記3次元画像上表示装置との間において結像装置を設け、前記第1の電子線による前記第1の像、及び前記電子線照射源から発せられた第3の電子線により、前記試料面を介することなく得た第3の像を重ね合わせた第1の電子線ホログラムと、前記第2の電子線による前記第2の像、及び前記第3の像を重ね合わせた第2の電子線ホログラムとを形成する工程を具えることを特徴とする、立体観察法に関する。

【0007】

本発明者らは上記目的を達成すべく鋭意検討を実施した。その結果、所定の電子線照射源より発せられた電子線を偏向させて2種類の電子線を形成し、それぞれ異なる角度で試料面の同一部分に入射させることにより、前記2種類の電子線に対応させた2種類の像を得、これらを結合することによって、前記試料面の前記部分を3次元的に観察できることを見出したものである。すなわち、前記試料面の前記部分に対して、前記2種類の電子線を異なる角度で照射するようにしているので、前記2種類の像は、前記角度に対応した視差角だけ異なる2種類の像に相当する。したがって、これらの像を結合して、所定の3次元画像表示装置上に表示するにすれば、前記部分の立体表示が可能となり、立体観察が可能となるものである。

【0008】

また、本発明によれば、上述したCT法などのような複雑な計算機処理を必要とせず、さらにステレオ投影法などのように現像及び焼き付けなどの操作を必要としないので、前記試料面の観察に要するタクトタイムは前記第1の電子線及び前記第2の電子線の、前記試料面に対する照射時期のずれ(時間間隔)に依存する。しかしながら、前記照射時間のずれは限りなく小さくすることができ、所定の外部信号などと同期させることにより、100分の1秒オーダ程度まで簡易に低減することができる。したがって、前記試料面の観察を実時間で実行することができるようになる。

【0009】

また、本発明では、前記偏向装置は、一对のフィラメントと、この一对のフィラメントの外方に設けられた一对のアース電極とからなる電子線台形プリズムを含み、前記フィラメントに印加する電圧の極性を切り替えることにより、前記電子線の偏向方向を変化させ、前記第1の電子線及び前記第2の電子線を形成する。これによって、前記試料面の同一部分に対して異なる角度で照射すべき、前記第1の電子線及び前記第2の電子線を簡易に形成することができる。したがって、前記試料面の立体観察を簡易に行なうことができるようになる。

【0010】

さらに、前記電子線照射源及び前記電子線台形プリズムの前方において結像装置を設けることにより、前記第1の電子線による前記第1の像、及び前記電子線照射源から発せられた第3の電子線により、前記試料面を介することなく得た第3の像を重ね合わせた第1の電子線ホログラムと、前記第2の電子線による前記第2の像、及び前記第3の像を重ね合わせた第2の電子線ホログラムとを形成することができる。したがって、前記電子線ホログラムから分離して得た前記第1の像及び前記第2の像の再生像を3次元画像表示装置上に表示することにより、前記部分の立体表示を簡易に実現することができ、前記試料面の立体観察を簡易に行なうことができるようになる。

【0011】

なお、「電子線台形プリズム」とは、一对のフィラメント及びこの一对のフィラメントの外方に設けられた一对のアース電極間の電位分布が台形状となるために、便宜上呼称しているものである。

【0012】

なお、前記偏向装置は、前記電子線台形プリズムの代わりに偏向板を含み、前記偏向板

10

20

30

40

50

に印加する電圧の極性を切り替えることにより、前記電子線の偏向方向を変化させ、前記第1の電子線及び前記第2の電子線を形成するようにすることもできる。これによって、前記試料面の同一部分に対して異なる角度で照射すべき、前記第1の電子線及び前記第2の電子線を簡易に形成することができる。したがって、前記試料面の立体観察を簡易に行なうことができるようになる。

**【0013】****【発明の実施の形態】**

以下、本発明を発明の実施の形態に基づいて詳細に説明する。

図1は、本発明の透過型電子顕微鏡における一態様の構成を概略的に示す図である。図1に示す透過型電子顕微鏡10は、電子線照射源1、並びにこの電子線照射源1の前方に順次に設けられた偏向板2、照射レンズ3、結像レンズ4及び撮像素子6を具えている。撮像素子6はステレオ表示モニタ8に接続されている。また、観察すべき試料Sは照射レンズ3及び結像レンズ4間に配置されている。

10

**【0014】**

電子線照射源1から発せられた電子線は、偏向板2を通過する際に偏向板2に印加された電圧によって左方向に偏向され、その結果第1の電子線E1が形成される。第1の電子線E1は試料Sの所定部分に角度 $\theta_1$ で照射される。次いで、偏向板2に印加する電圧の極性を切り替えることにより、電子線照射源1から発せられた前記電子線は右方向に偏向され、その結果第2の電子線E2が形成される。

**【0015】**

第1の電子線E1及び第2の電子線E2は試料Sを透過し、第1の電子線E1による試料Sの第1の像及び第2の電子線E2による試料Sの第2の像は、それぞれ結像レンズ4を通過して、撮像素子6で撮像される。次いで、前記第1の像及び前記第2の像に相当する電気信号がステレオ表示モニタ8に送信される。モニタ8においては、前記第1の像及び前記第2の像を結合し、試料Sの前記所定部分の画像が立体的に表示され、結果として前記所定部分の立体観察を行なうことができる。

20

**【0016】**

図1に示す透過型電子顕微鏡において、前記試料面の観察に要するタクトタイムは前記第1の電子線及び前記第2の電子線の、前記試料面に対する照射時期のずれ(時間間隔)に依存する。そして、この時間間隔は、偏向板2に対する印加電圧の極性の切り替え時間に相当する。したがって、前記電圧極性の切り替えを所定の外部信号などと同期させて行なうことにより、前記時間間隔を極めて短く、例えば100分の1秒オーダ程度まで簡易に低減することができる。したがって、試料Sの前記所定部分の立体観察を実時間で行なうことができる。

30

**【0017】**

なお、前記電圧極性の切り替えは、撮像素子6に対する操作信号と同期させることができる。この場合、第1の電子線E1による前記第1の像及び第2の電子線E2による前記第2の像を、それぞれ撮像素子6のフレーム毎に簡易に取り込むことができるようになる。したがって、同一フレーム中に前記第1の像及び前記第2の像が同時に取り込まれたり、前記第1の像及び前記第2の像を取り込まないフレームの出現を回避することができるため、立体観察をより正確に行なうことができるようになる。

40

**【0018】**

また、試料Sに対する第1の電子線E1の照射角度 $\theta_1$ は、試料Sの前記所定部分に立てた法線から1度~5度の範囲に設定することが好ましい。また、試料Sに対する第2の電子線E2の照射角度 $\theta_2$ は、前記法線から1度~5度の範囲に設定することが好ましい。これによって、試料Sの前記所定部分の立体画像を制度良く得ることができ、立体観察を高精度に行なうことができるようになる。

**【0019】**

図2は、図1に示す透過型電子顕微鏡の変形例を示す構成図である。図1に示す透過型電子顕微鏡10においては、偏向板2と試料Sとの間に照射レンズ3を配置しているが、図

50

2に示す透過型電子顕微鏡10-1においては、電子線照射源1と偏向板2との間に照射レンズ3を配置している。

【0020】

図1及び図2から明らかなように、照射レンズ3を偏向板2と試料Sとの間に配置した場合においては、単一の偏向板2を準備するのみで電子線照射源1からの電子線を偏向することができるが、照射レンズ3を電子線照射源1と偏向板2との間に設けた場合においては、2組の偏向板2-1及び2-2を準備して電子線照射源1からの電子線を偏向する。システムの構成を簡易化するという観点からは、図1に示すような構成のものが好ましい。

【0021】

図3は、本発明の透過型電子顕微鏡における本質的な態様の構成を概略的に示す図である。図3に示す透過型電子顕微鏡20は、電子線照射源11、並びにこの電子線照射源11の前方に順次に設けられた電子線台形プリズム12、照射レンズ13、結像レンズ14、電子線バイプリズム15及び撮像素子16を具えている。撮像素子16は分離再生回路17を介してステレオ表示モニタ18に接続されている。また、観察すべき試料Sは照射レンズ13及び結像レンズ14間に配置されている。なお、結像レンズ14及び電子線バイプリズム15は、結像レンズ系を構成する。

【0022】

図4は、電子線台形プリズムの構成を示す概略図である。図4に示すように、電子線台形プリズム12は、一対のフィラメント122と、このフィラメント122と外方に設けられた一対のアース電極123とを具えている。この場合、フィラメント122及びアース電極123間の電位分布は台形状となる。したがって、電子線台形プリズム12を用いた場合、一対のフィラメント122間の領域Aを通過する電子線は偏向されず、フィラメント122及びアース電極123間を通過する電子線のみ、それらの間に発生する電場によって偏向される。

【0023】

電子線照射源11から発せられた電子線は、電子線台形プリズム12の領域Bを通過する際に、フィラメント122及びアース電極123間に発生する電場によって左方向に偏向され、その結果第1の電子線E1が形成される。第1の電子線E1は試料Sの所定部分に角度1で照射される。次いで、フィラメント122及びアース電極123間に印加する電圧の極性を切り替えることにより、電子線照射源1から発せられた前記電子線は、電子線台形プリズム12の領域Bを通過する際に右方向に偏向され、その結果第2の電子線E2が形成される。

【0024】

第1の電子線E1及び第2の電子線E2は試料Sを透過し、第1の電子線E1による試料Sの第1の像及び第2の電子線E2による試料Sの第2の像は、それぞれ結像レンズ14を通過して、電子線バイプリズム15に至る。一方、電子線照射源11から発せられた第3の電子線E3は試料Sを介さずに進行し、結像レンズ14を経て電子線バイプリズム15に至る。次いで、物体波としての前記第1の像及び前記第2の像、並びに参照波としての第3の電子線E3は、電子線バイプリズム15でそれぞれ重ね合わされ、電子線ホログラムHを形成する。

【0025】

次いで、電子線ホログラムHは撮像素子16で撮像され、分離再生回路17で分離された後、前記第1の像及び前記第2の像がステレオ表示モニタ18に取り込まれる。その結果、試料Sの前記所定部分の画像が立体的に表示され、前記所定部分の立体観察を行なうことができる。

【0026】

図3に示す透過型電子顕微鏡においても、前記試料面の観察に要するタクトタイムは前記第1の電子線及び前記第2の電子線の、前記試料面に対する照射時期のずれ(時間間隔)に依存する。そして、この時間間隔は、電子線台形プリズム12のフィラメント122及

10

20

30

40

50

びアース電極 1 2 3 間に印加する電圧の極性の切り替え時間に相当する。したがって、前記電圧極性の切り替えを所定の外部信号などと同期させて行なうことにより、前記時間間隔を極めて短く、例えば 100 分の 1 秒オーダー程度まで簡易に低減することができる。したがって、試料 S の前記所定部分の立体観察を実時間で行なうことができる。

【0027】

なお、この場合においても、前記電圧極性の切り替えは、撮像素子 16 に対する操作信号と同期させることができ、上述した作用効果を得ることができる。

【0028】

但し、図 3 に示す透過型電子顕微鏡においては、前記第 1 の電子線及び前記第 2 の電子線の切り替えを外部信号と同期させなくても電子線ホログラム H を得ることができる。したがって、前述した同期操作を実行しなくても、試料 S の所定部分の立体観察を行なうことができる。

10

【0029】

また、試料 S に対する第 1 の電子線 E 1 の照射角度  $\theta_1$  は、試料 S の前記所定部分に立てた法線から 1 度～5 度の範囲に設定することが好ましい。また、試料 S に対する第 2 の電子線 E 2 の照射角度  $\theta_2$  は、前記法線から 1 度～5 度の範囲に設定することが好ましい。これによって、試料 S の前記所定部分の立体画像を精度良く得ることができ、立体観察を高精度に行なうことができるようになる。

【0030】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない限りにおいてあらゆる変形や変更が可能である。

20

【0031】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、試料の変化を実時間で観察できる透過型電子顕微鏡及びこの顕微鏡を用いた立体観察法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の透過型電子顕微鏡における一態様の構成を概略的に示す図である。

【図 2】 図 1 に示す透過型電子顕微鏡の変形例を示す構成図である。

【図 3】 本発明の透過型電子顕微鏡における本質的な態様の構成を概略的に示す図である。

30

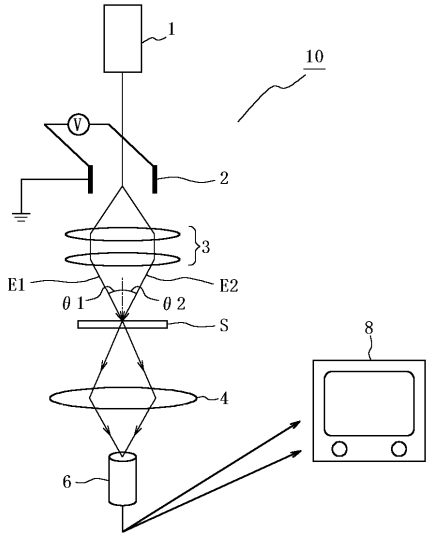
【図 4】 電子線台形プリズムの構成を示す概略図である。

【符号の説明】

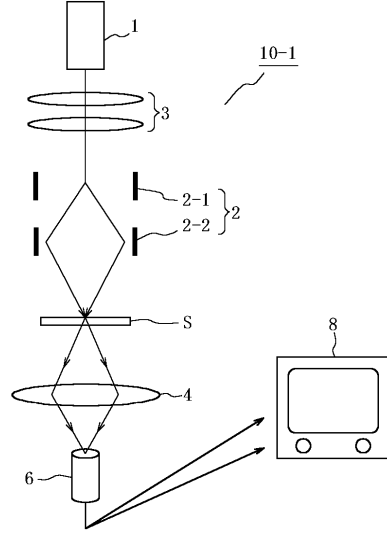
- 1、11 電子線照射源
- 2、2-1、2-2 偏向板
- 3、13 照射レンズ
- 4、14 結像レンズ
- 6、16 撮像素子
- 8、10 ステレオ表示モニタ
- 10、10-1、20 透過型電子顕微鏡
- 12 電子線台形プリズム
- 15 電子線パイプリズム
- 17 分離再生回路
- E1 第 1 の電子線
- E2 第 2 の電子線
- E3 第 3 の電子線
- S 試料
- H ホログラム

40

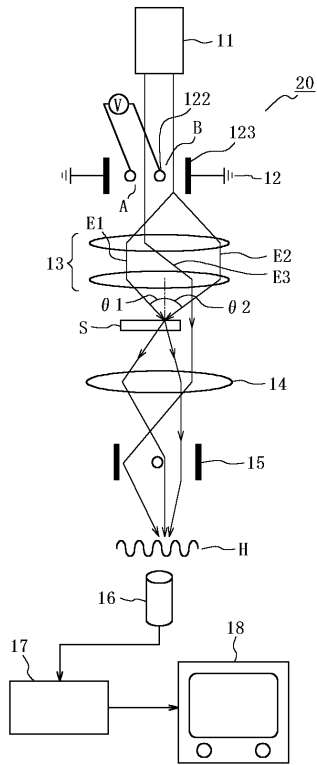
【 図 1 】



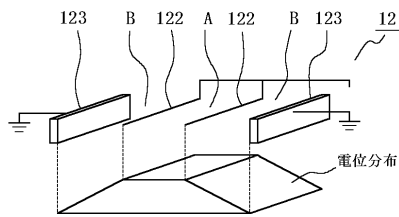
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100119530

弁理士 富田 和幸

(74)代理人 100110180

弁理士 阿相 順一

(72)発明者 丹司 敬義

愛知県名古屋市東区矢田町2 - 6 6 - 1 5 3

審査官 堀部 修平

(56)参考文献 特開平03 - 246861 (JP, A)

特公昭49 - 022576 (JP, B1)

特開平01 - 264151 (JP, A)

実開昭61 - 101954 (JP, U)

特開昭52 - 027349 (JP, A)

実開平03 - 071314 (JP, U)

特開昭61 - 022550 (JP, A)

特開平05 - 002362 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/26 - 37/295

H01J 37/22