

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5765022号  
(P5765022)

(45) 発行日 平成27年8月19日(2015.8.19)

(24) 登録日 平成27年6月26日(2015.6.26)

(51) Int.Cl. F I  
GO 1 N 15/14 (2006.01) GO 1 N 15/14 D

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2011-80621 (P2011-80621)	(73) 特許権者	000002185 ソニー株式会社
(22) 出願日	平成23年3月31日(2011.3.31)		東京都港区港南1丁目7番1号
(65) 公開番号	特開2012-215458 (P2012-215458A)	(74) 代理人	100112874 弁理士 渡邊 薫
(43) 公開日	平成24年11月8日(2012.11.8)	(72) 発明者	棚瀬 広宣 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
審査請求日	平成26年2月24日(2014.2.24)	(72) 発明者	外石 満 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
		審査官	谷垣 圭二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微小粒子分析装置及び微小粒子分析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

流路内を通流する微小粒子にレーザ光を照射する光照射部と、  
前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する検出部と、  
を有し、

前記光照射部は、少なくとも、

半導体レーザからなる光源と、

該光源から発生したレーザ光のビームパターンをトップハット型に変換する光ファイバと、

前記光源に直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を供給する光源駆動制御部と、  
を備える微小粒子分析装置であって、

前記光源駆動制御部には、少なくとも、高周波発振器と、広帯域増幅器と、エミッタ結合型回路であり前記光源に接続されていない出力端子から取り出された平均電流に基づいて重畳電流を調節する電流スイッチ回路と、が設けられており、これらが直流的に結合されている、微小粒子分析装置。

【請求項 2】

前記光ファイバの出射端側のコアの断面形状が矩形状又は略矩形状である請求項 1 に記載の微小粒子分析装置。

【請求項 3】

半導体レーザからなる光源から出射したレーザ光を光ファイバに入射し、該光ファイバ

10

20

により前記レーザ光のビームパターンをトップハット型に変換した後、流路内を通流する微小粒子に変換後のレーザ光を照射する工程と、

前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する工程と、  
を有し、

高周波発振器と、広帯域増幅器と、エミッタ結合型回路であり前記光源に接続されていない出力端子から取り出された平均電流に基づいて重畳電流を調節する電流スイッチ回路と、を設け、これらを直流的に結合することにより、前記光源に直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を供給する微小粒子分析方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本技術は、微小粒子等の試料を光学的に検出する微小粒子分析装置及び微小粒子分析方法に関する。より詳しくは、光源に半導体レーザを使用した微小粒子分析装置及び微小粒子分析方法に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、細胞、微生物及びリポソームなどの生体関連微小粒子を識別する場合は、フローサイトメトリー（フローサイトメーター）を用いた光学的測定方法が利用されている（例えば、非特許文献1参照。）。フローサイトメトリーは、流路内を1列になって通流する微小粒子に特定波長のレーザ光を照射し、各微小粒子から発せられた蛍光又は散乱光を検出することで、複数の微小粒子を1個ずつ識別する方法である。

20

【0003】

具体的には、流路内において、測定対象の微小粒子を含むサンプル液と、その周囲を流れるシース（鞘）液とで層流を形成し、サンプル液中に含まれる複数の微小粒子を1列に並べる。その状態で流路に向けてレーザ光を照射すると、微小粒子がレーザービームを横切るように1個ずつ通過する。このとき、レーザ光により励起されて各微小粒子から発せられた蛍光及び/又は散乱光を、CCD（Charge Coupled Device；電荷結合素子）又はPMT（Photo-Multiplier Tube；光電子増倍管）などの光検出器を用いて検出する。そして、光検出器で検出した光を電気的信号に変換して数値化し、統計解析を行うことにより、個々の微小粒子の種類、大きさ及び構造などを判定する。

30

【0004】

一方、前述したフローサイトメトリーにおいて、試料を定量的及び安定的に分析するためには、試料に照射される励起光（レーザ光）の光量を常に一定にしておくことが望ましい。しかしながら、一般に、励起光（レーザ光）のビームスポットは数十 $\mu\text{m}$ と小さく、また、ビームスポット内でも、3次元方向（光軸深さ方向及び光軸と直交する方向）において、パワー密度にばらつきが生じてしまう。

【0005】

そこで、従来、レーザ駆動を制御することにより、光源に由来するノイズ低減を図った微小粒子分析装置が提案されている（特許文献1～4参照）。例えば、特許文献1に記載の装置では、光源にシングルモード発振型半導体レーザを使用し、このレーザに内蔵された光量センサの出力が一定になるようにレーザ電流を制御すると共に、モードホップを検出した時点でレーザの温度制御における設定温度を切り換えている。

40

【0006】

一方、特許文献2に記載の装置では、直流電流に高周波成分を重畳した駆動電流を出力するレーザ駆動回路によって、光源であるレーザダイオードを駆動し、このレーザダイオードの縦モードをマルチモードにしている。また、特許文献3に記載の装置では、レーザダイオードがマルチモード発振するように、直流駆動回路から出力される直流電流回路から出力された直流電流の大きさに応じて、高周波重畳回路から出力される高周波の振幅を制御している。更に、特許文献4に記載の装置では、半導体レーザの駆動電流に、発振器

50

からの高周波電流成分を重畳することにより、半導体レーザの発振中心波長を共振波長に追従させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平5-232012号公報

【特許文献2】特開平9-178645号公報

【特許文献3】特開2009-53020号公報

【特許文献4】特開2005-172465号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】中内啓光監修，「細胞工学別冊 実験プロトコルシリーズ フローサイトメトリー自由自在」，第2版，株式会社秀潤社，2006年8月31日発行

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

フローサイトメーターなどの微小粒子分析装置は、励起光（レーザ光）の照射スポットの位置ずれによる検出信号の変化が大きいため、装置性能を安定化し、測定精度を向上させるためには、照射スポットの位置を常に一定にしておく必要がある。しかしながら、シングルモードファイバを用いた場合、励起光のスポット位置ずれを厳しく管理する必要があるにもかかわらず、実際には装置に加わる振動や温度変化などで容易に発生し、また、経時的に自然にずれが生じることもある。特に、マイクロチップを使用して測定する場合、チップを交換する毎に光軸調整を行わなければならない、更に、チップに形成された流路の位置精度や装置にチップを取り付ける際の精度も影響するため、調整が適正に行われていないと、検出信号が劣化するという問題点がある。

【0010】

一方、特許文献1～4に記載されている装置のようにレーザ駆動を制御すると、照射スポットの光量などを一定にすることが可能であるが、これらの従来技術は、シングルモードファイバの使用を前提としている。このため、そのままトップハットファイバに適用すると、ビーム強度のプロファイルがスポット内で一様にならず、斑（スペックル）が発生し、スポットと細胞の流れる流路の位置によっては、検出信号の信号成分対ノイズ成分（S/N比）が低下する。

【0011】

そこで、本開示は、光源に起因するノイズが少なく、マイクロチップを使用した測定においても高精度な測定を安定して行うことができる微小粒子分析装置及び微小粒子分析方法を提供することを主目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本開示に係る微小粒子分析装置は、流路内を通流する微小粒子にレーザ光を照射する光照射部と、前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する検出部と、を有し、前記光照射部は、少なくとも、半導体レーザからなる光源と、該光源から発生したレーザ光のビームパターンをトップハット型に変換する光ファイバと、前記光源に直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を供給する光源駆動制御部と、を備える。

この装置は、前記光源駆動制御部に、少なくとも、高周波発振器と、広帯域増幅器と、電流スイッチ回路とを設け、これらを直流的に結合してもよい。

その場合、前記電流スイッチ回路をエミッタ結合型回路とし、光源に接続されていない出力端子から取り出された平均電流に基づいて重畳電流を調節することができる。

また、前記光ファイバの出射端側のコアの断面形状は、矩形状又は略矩形状にすることができる。

【0013】

10

20

30

40

50

本開示に係る微小粒子分析方法は、半導体レーザからなる光源から出射したレーザ光を光ファイバに入射し、該光ファイバにより前記レーザ光のビームパターンをトップハット型に変換した後、流路内を通流する微小粒子に変換後のレーザ光を照射する工程と、前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する工程と、を有し、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を、前記光源に供給する。

【発明の効果】

【0014】

本開示によれば、トップハットファイバを介して励起光を照射すると共に、光源となる半導体レーザの駆動電流に大振幅の高周波電流を重畳しているため、光源に起因するノイズが少なく、マイクロチップを使用した測定においても高精度な測定を安定して行うことができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本開示の第1の実施形態の微小粒子分析装置の構成を模式的に示す図である。

【図2】(a)はトップハット型光ファイバ25から出射したレーザ光のビーム強度を示す図であり、(b)はそのビームスポット形状を示す図である。

【図3】光源駆動制御部27の構成を示す図である。

【図4】(a)～(e)は図3に示す高周波駆動回路50の動作を示す図である。

【図5】本開示の第1の実施形態の変形例の微小粒子分析装置の構成を模式的に示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本開示を実施するための形態について、添付の図面を参照して詳細に説明する。なお、本開示は、以下に示す各実施形態に限定されるものではない。また、説明は、以下の順序で行う。

【0017】

< 1. 第1の実施の形態 >

[微小粒子分析装置の全体構成]

まず、本開示の第1の実施形態に係る微小粒子分析装置の構成について説明する。図1は本実施形態の微小粒子分析装置の構成を模式的に示す図である。図1に示すように、本実施形態の微小粒子分析装置1は、サンプル流4内を1列になって通流する微小粒子5に、レーザ光を照射する光照射部2と、レーザ光が照射された微小粒子5から発せられた蛍光及び/又は散乱光を検出する検出部3が設けられている。

30

【0018】

[光照射部2]

光照射部2は、少なくとも、励起光となるレーザ光を発生する光源21と、光源21から出射したレーザ光のビームパターンをトップハット型に変換する光ファイバ25と、光源21の駆動を制御する光源駆動制御部27とを備えている。また、光照射部2には、必要に応じて、コリメータレンズ22、ミラー23、集光レンズ24、26などを設けることができる。

40

【0019】

図2(a)はトップハット型光ファイバ25から出射したレーザ光のビーム強度を示す図であり、図2(b)はそのビームスポット形状を示す図である。トップハット型光ファイバ25の入射端25aから入射したレーザ光は、コア内を多くのモードに分かれて伝搬し、コア中を広がりながら進み、出射端25bからコアの全領域に均一に広がった状態で出射される。

【0020】

そして、トップハット型光ファイバ25を通過し、サンプル流4に照射される励起光(レーザ光)の断面強度は、図2(a)に示すように、出射端25bにおけるコア形状に対応した形状(出射スポットL)で、略均一に分布する。なお、トップハット型光ファイバ

50

25の出射端25bにおけるコア形状は、矩形状又は矩形状に近い形状（以下、略矩形状という。）であることが望ましい。これにより、微小粒子の通流位置が変動しても、レーザー光を均一に照射することができる。

【0021】

一方、トップハット型光ファイバ25を使用した場合でも、近視野像（NFP）のスペックルにより、ビームがトップハット形状を成さなかったり、モードホップに起因する光源21の変動が生じたりすることがある（図2（a）の破線で囲った部分参照）。そして、出射スポットLにおけるビーム強度が弱い領域（図2（b）の黒で塗りつぶした部分）を微小粒子が通過すると、検出精度を低下させる原因となる。

【0022】

そこで、本実施形態の微小粒子分析装置1においては、光源21に半導体レーザー（レーザーダイオード）を使用し、光源駆動制御部27によって、このレーザーダイオードの駆動を制御する。図3は光源駆動制御部27の構成を示す図である。また、図4（a）～（e）は図3に示す高周波駆動回路50の動作を示す図である。なお、図3においては、光源21にレーザーダイオードLDを使用し、検出器33にフォトダイオードPDを使用した場合を例に示している。

【0023】

光源駆動制御部27は、光源21であるレーザーダイオードLDに、直流電流に大振幅の高周波電流を重畳した駆動電流を供給するものであり、少なくとも、高周波発振器（重畳信号発振回路51）と、広帯域増幅器（高周波増幅回路52）と、電流スイッチ回路（高周波駆動回路50）とを備えている。また、重畳信号発振回路51、高周波増幅回路52及び高周波駆動回路50は、直流的に結合されている。

【0024】

高周波駆動回路50は、光源21であるレーザーダイオードLDを駆動するものであり、レーザーダイオードLDの近傍に設けられており、例えば、エミッタ結合の電流スイッチ回路の構成をとることができる。ただし、電流スイッチ回路そのものの回路構成で駆動すると、重畳のONとOFFとで、レーザーダイオードLDに流れる平均電流値に変化が生じてしまう。つまり、通常のエミッタ結合の電流スイッチ回路は、APC（Auto Power Control）などを經由して供給される直流電流から、パルス状の電流を引き算する形式であるため、パルス形状に応じて平均電流が低下する。

【0025】

このため、低下した分の電流を補う必要があるが、仮に、APCによって電流低下分を賄おうとすると、重畳振幅を上昇させたときに、APCが自動的に平均電流を上昇させてしまうため、レーザーダイオードLDの閾値電流を割り込みにくくなる。その結果、高周波重畳の効果が低くなり、更には効果がなくなる場合もある。

【0026】

そこで、本実施形態の微小粒子分析装置1においては、重畳をかけても平均電流が変化しない構成を採っている。具体的には、高周波駆動回路50について、電流スイッチ回路の出力端子のうち一方をレーザーダイオードLDに接続すると共に、他方を外部に接続し、レーザーダイオードLDに供給されない電流を、外部に取り出す構成としている。そして、その取りだした平均電流と設定振幅で演算を行い、更に、APC60からの制御電流Dに直流電流Cを加算する。これにより、高周波重畳のON/OFFに関わらず、レーザーダイオードLDに流れる平均電流を一定にすることができる。

【0027】

なお、光源駆動制御部27におけるAPC60は、例えば、引き算回路61、62、電流電圧変換回路63、差動増幅回路64、電圧電流変換回路65などで構成され、電源6に接続されている。

【0028】

また、高周波駆動回路50は、レーザーダイオードLDの近傍（数mm以内）に配置されているが、一方の直流の加算電流Cは、APC60による制御電流Dに加算して、駆動す

10

20

30

40

50

ることが可能であるため、レーザダイオードLDから離れた位置(数十cm)に配置してもよい。ただし、その場合、高周波電流と、直流電流とを混合する前に、コイルにより交流的に分離することが望ましい。

【0029】

図4(a)~(e)は図3に示す高周波駆動回路50の動作を示す図である。重畳の振幅Aを、図4(d)に示す設定にすると、図4(e)に示すように、重畳電流の平均、即ちレーザダイオードLDに接続されていない方の電流スイッチの出力が検出される。図4(a)に示すように、この値をBとすると、加算すべき直流電流はCとなる。そして、図4(b)に示すように、このCを、APC60からの制御電流D(直流)に加算して、レーザダイオードLDに印加する。

10

【0030】

そうすると、図4(c)に示すように、レーザダイオードLDには、C+Dの直流電流とスイッチング電流Gの引き算した電流が流れる。これにより、レーザダイオードLDへの電流平均値( $D \times gm - k \times gm \times A$ ) +  $k \times gm \times A = D \times gm$ となり、レーザダイオードLDに流れる平均電流は一致することとなる。なお、図4(b)及び図4(c)の縦軸方向のディメンジョンは、図4(b)から図4(c)へは、gmをかける関係、即ち $P \times gm = E$ となる。なお、gmは、電圧を電流に変換するアンプの固有係数である。

【0031】

前述した方法により、直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を光源21に供給することで、トップハット型光ファイバ25の出射端25bから出射するレーザ光のスペクルを軽減できると共に、モードホップによる光源21のパワー変動を抑制することが可能となる。

20

【0032】

なお、光源駆動制御部27においては、フォトダイオードPDにより検出した結果を、APC回路にフィードバックしてもよい。

【0033】

[検出部3]

検出部3は、例えば、CCD(Charge Coupled Device; 電荷結合素子)及びPMT(Photo-Multiplier Tube; 光電子増倍管)などの光検出器33、対物レンズ31、波長フィルタ32などを備えている。そして、微小粒子5から発せられた蛍光及び/又は散乱光は、対物レンズ31で集光された後、波長フィルタ32により検出対象の波長のみが反射され、光検出器33に入射する。

30

【0034】

[動作]

次に、微小粒子分析装置1の動作、即ち、本実施形態の微小粒子分析装置1を使用して微小粒子を分析する方法について説明する。本実施形態の微小粒子分析方法において測定される「微小粒子」には、細胞、微生物及びリボゾームなどの生体関連微小粒子、又はラテックス粒子、ゲル粒子及び工業用粒子などの合成粒子などが広く含まれる。

【0035】

そして、生体関連微小粒子には、各種細胞を構成する染色体、リボゾーム、ミトコンドリア、オルガネラ(細胞小器官)などが含まれる。また、細胞には、植物細胞、動物細胞及び血球系細胞などが含まれる。更に、微生物には、大腸菌などの細菌類、タバコモザイクウイルスなどのウイルス類、イースト菌などの菌類などが含まれる。この生体関連微小粒子には、核酸や蛋白質、これらの複合体などの生体関連高分子も包含され得るものとする。

40

【0036】

一方、工業用粒子としては、例えば有機高分子材料、無機材料又は金属材料などで形成されたものが挙げられる。有機高分子材料としては、ポリスチレン、スチレン・ジビニルベンゼン、ポリメチルメタクリレートなどを使用することができる。また、無機材料としては、ガラス、シリカ及び磁性材料などを使用することができる。金属材料としては、例

50

えば金コロイド及びアルミニウムなどを使用することができる。なお、これら微小粒子の形状は、一般には球形であるが、非球形であってもよく、また大きさや質量なども特に限定されない。

【0037】

本実施形態の微小粒子分析装置1においては、光照射部2の光源21から出射されたレーザー光を、トップハット型光ファイバ25を介して、マイクロチップ(図示せず)に形成された流路内を通流する微小粒子5に照射する。そして、微小粒子5から発せられた蛍光及び/又は散乱光を、検出部3の対物レンズ31で捕捉した後、波長フィルタ32により試料から発せられた光以外の外乱成分を除去し、光検出器33で検出する。

【0038】

その際、光源駆動制御部27において、直流電流に、大振幅の高周波電流を重畳し、これを駆動電流として光源21を構成するレーザーダイオードLDに供給する。具体的には、光源駆動制御部27に設けられた高周波駆動回路50において、パルス状のsink電流を生成し、レーザーダイオードLDに流れる直流電流を「減らす」又は「減らさない」の動作を繰り返し行う。なお、ここでいう「大振幅の高周波電流」とは、振幅が100mA<sub>p-p</sub>以上の電流をいう。

【0039】

以上詳述したように、本実施形態の微小粒子分析装置1においては、光源21から出射したレーザー光を、トップハット型光ファイバ25を介して微小粒子5に照射しているため、励起光(レーザー光)の断面強度を均一にすることができる。また、光源駆動制御部27により、高周波重畳によるレーザーダイオードLDの波長スペクトルのマルチモード化を図っているため、光ファイバの出射端面から発せられるNFPのスペckルを抑制することができると共に、モードホップによる光源であるレーザーダイオードLDのパワー変動を抑制することも期待できる。

【0040】

そして、本実施形態の微小粒子分析装置1では、高周波駆動回路50を、電流で駆動する形式とし、重畳電流がレーザーの微分抵抗の温度変化で変動しにくい構成としている。また、高周波重畳電流の振幅によらず、光源21を構成するレーザーダイオードLDのもつ閾値電流を割り込む時間及び間隔(デューティ)が変わらないようパルス駆動としている。更に、高周波駆動回路50におけるレーザーダイオードLD駆動側の電源電圧は、レーザーダイオードLDの通電電圧と、APC及び重畳用の加算電流Cを利用した構成としている。

【0041】

その結果、光源に起因するノイズを低減することができると共に、マイクロチップを使用した測定においても、高精度でかつ安定した測定を行うことができる。これにより、光軸調整の難易度だけでなく、チップに形成される流路の位置精度や装置へのチップの取り付け精度も緩和されるため、作業者の負担が軽減されると共に、測定安定性(信頼性)の向上にも貢献することができる。

【0042】

< 2. 第1の実施の形態の変形例 >

本開示の微小粒子分析装置は、図1に示す構成に限定されるものではなく、光照射部に、少なくとも、光源、トップハット型光ファイバ及び光源駆動制御部が設けられていればよい。図5は本開示の第1の実施形態の変形例に係る微小粒子分析装置の構成を模式的に示す図である。

【0043】

例えば、図5に示す本開示の変形例の微小粒子分析装置41のように、光照射部42に、結晶の粗密波による回折を利用して、光の周波数を変化させる音響光学素子(AOM)28が配設されていてもよい。この場合、音響素子28は、光源21とトップハット型光ファイバ25との間に配置される。このように、音響素子28を併用することにより、出射スポット内のビーム強度を、更に均一にすることができる。即ち、音響素子28を併用することにより、トップハット型光ファイバ25によりレーザー光のビームパターンをトッ

10

20

30

40

50

プハット型にした効果を、更に高めることができる。

【 0 0 4 4 】

なお、本開示は、以下のような構成をとることもできる。

( 1 )

流路内を通流する微小粒子にレーザ光を照射する光照射部と、  
前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する検出部と、  
を有し、  
前記光照射部は、少なくとも、  
半導体レーザからなる光源と、  
該光源から発生したレーザ光のビームパターンをトップハット型に変換する光ファイ  
バと、  
前記光源に直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を供給する光源駆動制御部と、  
を備える微小粒子分析装置。

10

( 2 )

前記光源駆動制御部には少なくとも、高周波発振器と、広帯域増幅器と、電流スイッチ  
回路とが設けられており、これらが直流的に結合されている( 1 )に記載の微小粒子分析  
装置。

( 3 )

前記電流スイッチ回路は、エミッタ結合型回路であり、光源に接続されていない出力端  
子から取り出された平均電流に基づいて重畳電流を調節する( 2 )に記載の微小粒子分析  
装置。

20

( 4 )

前記光ファイバの出射端側のコアの断面形状が略矩形状である( 1 ) ~ ( 3 )のいずれ  
かに記載の微小粒子分析装置。

( 5 )

半導体レーザからなる光源から出射したレーザ光を光ファイバに入射し、該光ファイバ  
により前記レーザ光のビームパターンをトップハット型に変換した後、流路内を通流する  
微小粒子に変換後のレーザ光を照射する工程と、

前記レーザ光が照射された微小粒子から発せられた光を検出する工程と、  
を有し、

30

直流電流に高周波電流を重畳した駆動電流を、前記光源に供給する微小粒子分析方法。

【符号の説明】

【 0 0 4 5 】

1、4 1 微小粒子分析装置

2、4 2 光照射部

3 検出部

4 サンプル流

5 微小粒子

6 電源

2 1 光源

2 5 光ファイバ

2 7 光源駆動制御部

2 8 音響素子

5 0 高周波駆動回路

5 1 重畳信号発振回路

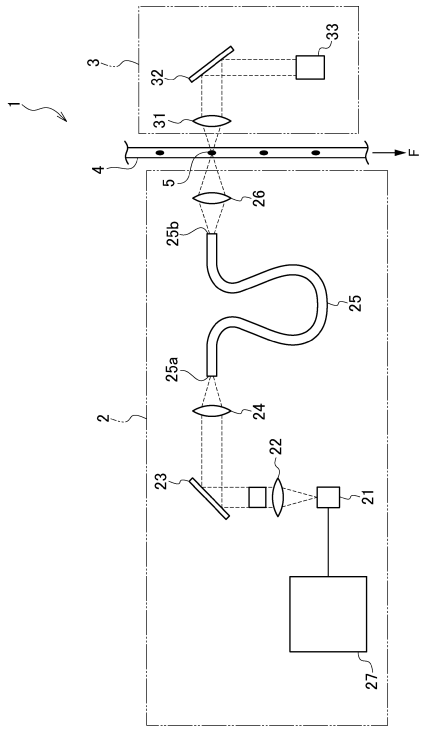
5 2 高周波増幅回路

6 0 A P C

40

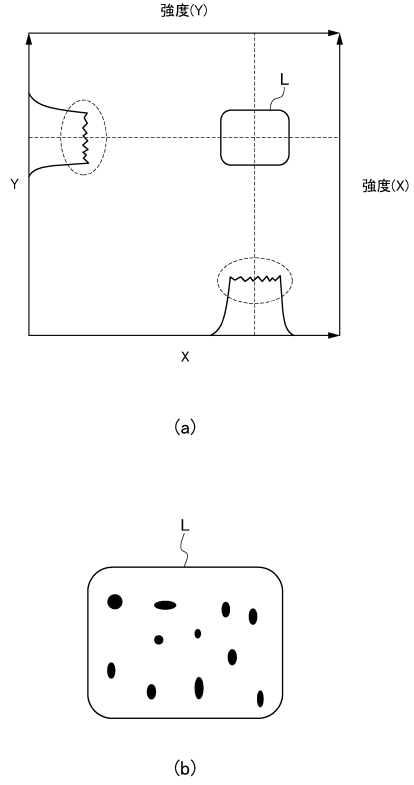


【図1】

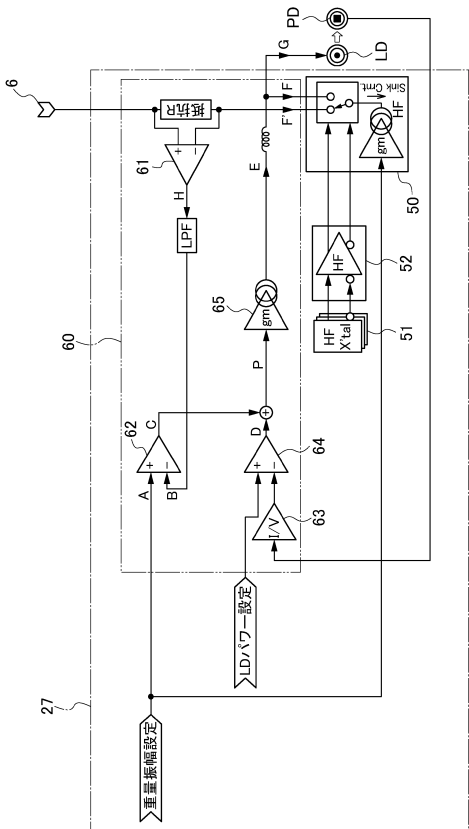


1: 微小粒子分析装置 2: 光照射部 3: 検出部 4: サンプル流 5: 微小粒子  
 21: 光源 22: コリメーターレンズ 23: ミラー 24: 集光レンズ 25: 光ファイバ  
 27: 光源駆動制御部 31: 対物レンズ 32: 波長フィルタ 33: 光検出器

【図2】

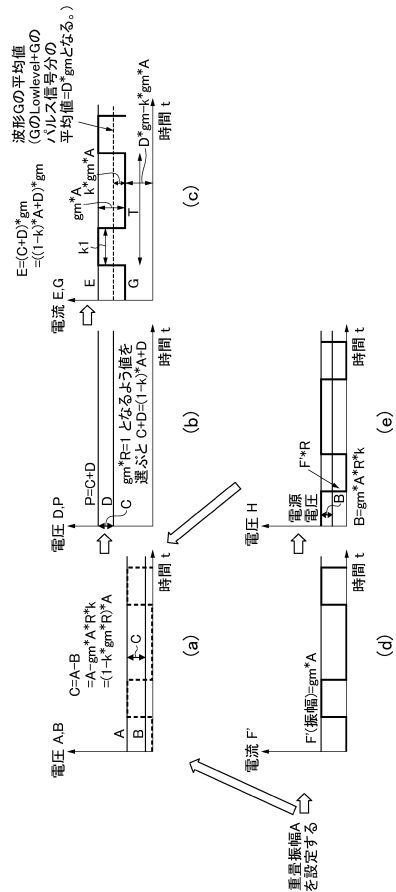


【図3】

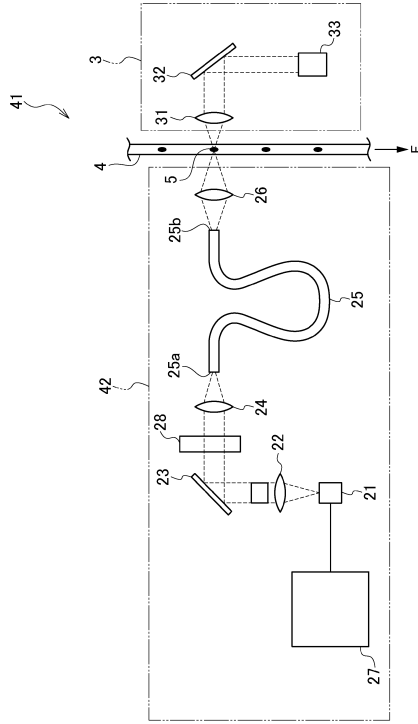


6: 電源 27: 光源駆動制御部 50: 高周波駆動回路 51: 重畳信号発生回路  
 52: 高周波増幅回路 60: APC LD: レーザダイオード PD: フォトダイオード

【図4】



【図5】



3: 検出部 4: サンプル流 5: 微小粒子 21: 光源 22: コリメーターレンズ  
23: ミラー 24, 26: 集光レンズ 25: 光ファイバ 27: 光源駆動制御部  
28: 平面分光素子 31: 対物レンズ 32: 波長フィルタ 33: 光検出器  
41: 微小粒子分析装置 42: 光照射部

---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平09-178645(JP,A)

国際公開第92/008120(WO,A1)

前田昌信,LDV計測の歴史と可能性 粒子を追って,自動車技術,1989年,Vol.43,No.11,6-11

GREHAN G et al,Combined measurements of velocity and size of supermicronic particles in flows using a top-hat laser beam technique,Particle Size Analysis 1985,1987年,409-421

GREHAN G et al,Simultaneous measurements of velocities and sizes of particles in flows using a combined system incorporating a top-hat beam technique,Applied Optics,1986年,Vol.25,No.19,3527-3538

(58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)

G01N 15/00-15/14

G01N 1/00-1/44

G01N 21/00-21/958

JSTPlus/JST7580(JDreamIII)