

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3635267号
(P3635267)

(45) 発行日 平成17年4月6日(2005.4.6)

(24) 登録日 平成17年1月7日(2005.1.7)

(51) Int. Cl.⁷

G O 1 N 15/02

F I

G O 1 N 15/02

B

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2002-113402 (P2002-113402)	(73) 特許権者	502136344
(22) 出願日	平成14年4月16日(2002.4.16)		西野 耕一
(65) 公開番号	特開2003-307484 (P2003-307484A)		神奈川県横浜市金沢区六浦東1丁目45番
(43) 公開日	平成15年10月31日(2003.10.31)		3-302号
審査請求日	平成14年4月16日(2002.4.16)	(73) 特許権者	500488867
			株式会社ネクサス
			東京都千代田区神田錦町3丁目11番地
		(74) 代理人	100066153
			弁理士 草野 卓
		(74) 代理人	100100642
			弁理士 稲垣 稔
		(72) 発明者	西野 耕一
			神奈川県横浜市金沢区六浦東1丁目45番
			3-302号

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 粒子特徴量撮影計測装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

噴霧場内の粒子に照射する第1色の背景光を発生する背景光発生装置と、背景光の中心軸と直角方向から噴霧場内の粒子に照射する第2色のシート光を発生するシート光発生装置と、背景光発生装置と対向して設けられ、噴霧場内の粒子の背景光照明による画像とシート光照明による画像を区別して撮像する撮像装置と、を備えたことを特徴とする粒子特徴量撮影計測装置。

【請求項2】

噴霧場内の粒子に照射する水平又は垂直偏波の背景光を発生する背景光発生装置と、背景光の中心軸と直角方向から噴霧場内の粒子に照射する垂直又は水平偏波のシート光を発生するシート光発生装置と、背景光発生装置と対向して設けられ、噴霧場内の粒子の背景光照明による画像とシート光照明による画像を区別して撮像する撮像装置と、を備えたことを特徴とする粒子特徴量撮影計測装置。

【請求項3】

噴霧場内の粒子に照射する背景光を発生する背景光発生装置と、背景光の中心軸と直角方向から噴霧場内の粒子に照射するシート光を発生するシート光発生装置と、背景光発生装置とシート光発生装置から放射される光をそれぞれ開閉する第1シャッタ

10

20

一と第2シャッターと、撮像装置へ入射する光を開閉する第3シャッターと、
第1, 2, 3シャッターの開閉を制御する制御装置と、

背景光発生装置と対向して設けられ、噴霧場内の粒子の背景光照明による画像とシート
光照明による画像を区別して撮像する撮像装置と、
を備えたことを特徴とする粒子特徴量撮影計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、粒子の投影面積、相当粒子径、縦横比、周囲長等の粒子特徴量を計測する粒子
特徴量撮影計測装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図4に従来例1のシャドウ画像解析法（直接撮影法）による粒子径の計測装置の概要構成
図を示す。

粒子径の計測装置は、背景光発生装置8とCCDカメラ1を対向させて配置し、この間隙
にノズル5から粒子を噴出させて構成する。背景光発生装置8は平行光を粒子に間欠的に
照射させることによりCCDカメラ1のレンズを介してCCD素子1-10の撮像面に投影
する。CCD素子からの画像信号はノイズ処理、2値化処理等を行う画像処理部2を介
してモニタ4に出力される。モニタ4に可視化された粒子像から例えば粒子径を計測する
。（簡略して、モニタには撮影された拡大した粒子1個のみを示す。）

【0003】

図5に従来例2のレーザ干渉画像法による噴霧液滴の粒子径の計測装置の概要斜視図を示
す。

光源として用いられるYAGレーザ60からの間欠レーザ光は送光レンズ系でシート光に
され、噴霧場に照射する。噴霧場にタンクに貯蔵された液体をノズル5から噴出させる。
液滴からのシート光の散乱光を0次反射光（表面からの反射光）と1次屈折光（内部を通
る屈折光）の強度がほぼ等しくなる受光にらみ角 θ 、レンズの集光角 α に設置した受光レ
ンズ系、シリンドリカルレンズにより集光してCCDカメラ1でとらえ、画像処理部2を
介してモニタに干渉縞を撮像する。また、レーザ光の間欠時間 y と干渉縞の移動距離 x と
倍率 m （＝像高さ／物理高さ）より、移動速度＝ $x / (m \cdot y)$ を求めることができる。
なお、干渉縞の移動距離 x は公知の画像処理により干渉縞の中心を求めて間欠的に撮影し
た画像を重ね合わせて求めることができる。

【0004】

透明な噴霧液滴にレーザ光を照射すると、液滴表面での反射光（0次反射光）と液滴の内
部を通る二度屈折して前方に出射する屈折光（1次屈折光）の光路の違いによる位相差に
よって観測面上に明暗の干渉縞（フリンジ）ができる。これをレンズ系で撮像面に投影す
る。液滴像の重なり起因する粒子弁別の困難さを改善するためにレンズ系にシリンドリ
カルレンズを用いることにより粒径算出に不必要な干渉縞に平行な方向（縦方向）の余分
な成分を光学的に圧縮する。投影されたレンズの円形状の像は滴径の大小によって変わら
ないので、フリンジの間隔から液滴の径を算出することができる。焦点面では結像が得ら
れるが、焦点をはずすことによりレンズにより空間から切り取られた縞の数を読み取るこ
とにより液滴の径を算出することができる。液滴径 d は以下の式で表される。

【数1】

$$d = \frac{2 \lambda N}{\alpha} \frac{1}{\cos \frac{\theta}{2} + \frac{n \sin \frac{\theta}{2}}{\sqrt{n^2 + 1 - 2 n \cos \frac{\theta}{2}}}}$$

ここで、 λ はレーザ波長、 N は干渉縞数、 α はレンズの集光角、 θ は受光にらみ角、 n は水の屈折率である。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

従来例 1 においては、長所として(1)測定原理が単純である、(2)球形 / 透明粒子に加えて非球形 / 不透明粒子の測定が可能である、(3)短時間間隔で発光するダブルパルス照明を与えることで 2 時刻の粒子像を撮影し、その間の移動距離により粒子速度を測定することが可能であるが、短所として、撮影光学系の被写界深度の範囲（ピントが合っているように見える範囲）にある全ての粒子が撮影されるため、(1)粒子の奥行き位置を特定できない、(2)ボケた粒子像が含まれるため粒径測定の誤差が大きくなる、(3)被写界深度が粒径に依存するため正確な粒径分布が測定されない、といった問題がある。 10

従来例 2 においては液滴の径及び速度を計測することは可能であるが、対象物が透明、かつ球形なものに限られ、正確に液滴形状を評価（計測）することはできない。

本発明は、粒子が透明 / 不透明、球形 / 非球形を問わず液体あるいは固体であっても粒子特徴量の計測（評価）が可能である粒子特徴量撮影計測装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 6 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の粒子特徴量撮影計測装置は、背景光を発生する背景光発生装置と、背景光の中心軸と直角方向からシート光を発生するシート光発生装置と、背景光発生装置と対向して配置され、粒子の背景光照明による画像とシート光照明による画像を区別して撮像する撮像装置と、を備えたことを特徴とする。 20

【 0 0 0 7 】

【発明の実施の形態】

（実施例 1）

図 1 に本発明の実施例である粒子特徴量撮影計測装置の概要斜視図を示す。

粒子特徴量撮影計測装置は、背景光発生装置 8 と、被写界深度限定用シート光発生装置 6 と、背景光発生装置とシート光発生装置を同期して発光させる背景光・シート光発光制御装置 7 と、粒子を撮像する 3 C C D カメラ 1 - 1 と、3 C C D カメラから出力された画像信号を処理する画像処理部 2 及び記憶部 3 と、モニタ 4 から構成される。 30

背景光発生装置 8 と 3 C C D カメラ 1 - 1 は対向させて配置し、背景光発生装置と 3 C C D カメラの間にノズル 5 から粒子を噴出させて噴霧場を形成する。被写界深度限定用シート光発生装置 6 は、背景光発生装置 8 と 3 C C D カメラ 1 - 1 との対向軸と直角の方向からシート光を発生させる。すなわち、シート光は背景光を横切る方向から入射される。背景光発生装置 8 と被写界深度限定用シート光発生装置 6 は、背景光・シート光発光制御装置 7 により制御される。

【 0 0 0 8 】

波長の異なる 2 色のパルスレーザを用いて第 1 色の背景光（例えば、緑色）と第 2 色のシート光（例えば、赤色）を噴霧場の粒子に照射する。レーザ光で照射した粒子は 3 C C D カメラの顕微鏡レンズを介して撮影される。この際、2 色のパルスレーザのうち、第 1 色のレーザはダブルパルス背景照明を供給し、その中に浮かび上がった粒子像を撮影することによって粒子特徴量（粒子面積、相当粒子径、粒子長、縦横比、周囲長など）を測定する。また、この第 1 色のレーザが供給する短い時間間隔で発光するダブルパルス照明によってその時間内の粒子移動距離を測定し、それから粒子速度を測定する。第 2 色のレーザは薄いシート光を形成して測定対象を側方から照明することによって、噴霧場（空気、液体媒質中）での粒子の存在位置を異なる色の像として撮影する。この粒子像と第 1 色レーザの背景照明で撮影された粒子像とを併せて解析することによって、粒子の 3 次元位置情報と粒子特徴量とを同時に測定する。また、第 2 色レーザで照明された粒子像のみを解析対象とすることによって、画像ノイズの影響を受けない粒子解析を行うことができる。上記実施例においては、背景光として第 1 の色（緑色）とシート光として第 2 の色（赤色） 40 50

の可視光を例として説明したが、可視光に限定されることなく、例えばX線等も利用することができる。

また、背景光発生装置において、白発泡スチロール、白セラミック板等の反射板を用いて光源からの光を反射させて背景光とし、この背景光を粒子に照射して3CCDカメラで撮像することにより、従来の粒子撮像装置に比べてスเปックノイズを低減することができる。

【0009】

(実施例2)

実施例1が背景光とシート光として波長の異なる光を用いるものであるのに対し、実施例2は、背景光とシート光として偏光が異なる光を用いる。すなわち、背景光発生装置8は水平偏光（あるいは垂直偏光）、被写界深度限定用シート光発生装置6は垂直偏光（あるいは水平偏光）の光を照明する。

背景光及びシート光照明による粒子の撮影光は、撮像装置に入射される。

図2に、撮像装置の構成を示す。

撮影光はビームスプリッタ1-4により2つに分けられ、一方を背景光のみを通過させる偏光子1-31を介してCCD素子1-30に投影し、他方をシート光のみを通過させる偏光子1-41を介してCCD素子1-40に投影する。各CCD素子の出力信号は画像処理部2を介して、背景光照明により撮影した画像信号はモニタ4の例えばG端子に入力し、シート光照明により撮影した画像信号はモニタ4のR端子に入力することにより、モニタに示すような粒子画像を得ることができる。

【0010】

(実施例3)

図3に実施例3の粒子特徴量撮影計測装置の正面図を示す。

この例は、背景光発生装置8と被写界深度限定用シート光発生装置6とCCDカメラ1-2にシャッタ8-1, 6-1, 1-21を設けてシャッタ制御装置9により各シャッタを制御して、CCDカメラ1-2により背景光照明による粒子画像、シート光照明による粒子画像を撮影する。

まず、▲1▼シャッタ8-1とシャッタ1-21を同期させて開閉し、噴霧場の粒子を背景光照明により撮影する、次に▲2▼シャッタ6-1とシャッタ1-21を同期させて開閉することにより噴霧場の粒子をシート光照明により撮影する。この場合、粒子の移動時間（速度）に比べて、▲1▼, ▲2▼の時間間隔を短くすることにより粒子の移動を無視して背景光、シート光照明による撮影が可能となる。▲1▼, ▲2▼で撮影された画像信号は、モニタ4のG端子、R端子に入力され、実施例2と同様な粒子画像を得ることができる。

なお、実施例1～3において、粒子画像をモニタに表示する代わりにフィルムに撮影、あるいは印刷することもできる。

【0011】

【発明の効果】

本発明は、発明の実施の形態で説明した構成を備えることにより以下の効果を奏する。

1, 発光強度の大きなパルスレーザを用いることにより粒子を遠方から照明することができる、大きな作動距離を確保することができる。

2, 発光時間の短いパルスレーザを用いることにより、媒質中（空气中、液体中）を高速に移動する粒子を計測することができる。

3, 色の異なるパルスレーザによるシート光照明を行うことにより、粒子の3次元位置情報を得ることができる。これによって、背景照明のみによる粒子解析装置の原理的問題である被写界深度問題（撮影された粒子像の視野奥行き方向が特定できないため測定結果に誤差を生じる問題）を解決することができる。

4, シート光照明された粒子のみを解析対象とすることによって画像ノイズと粒子像とを客観的に分離することができる。

5, 従来例1と同様に背景照明を用いるのでどのような形状の粒子でも測定することがで

きる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】実施例 1 の粒子特徴量撮影計測装置の概略斜視図。

【図 2】実施例 2 の粒子特徴量撮影計測装置における撮像装置の構成図。

【図 3】実施例 3 の粒子特徴量撮影計測装置の概略正面図。

【図 4】従来例 1 の粒子径計測装置の概略斜視図。

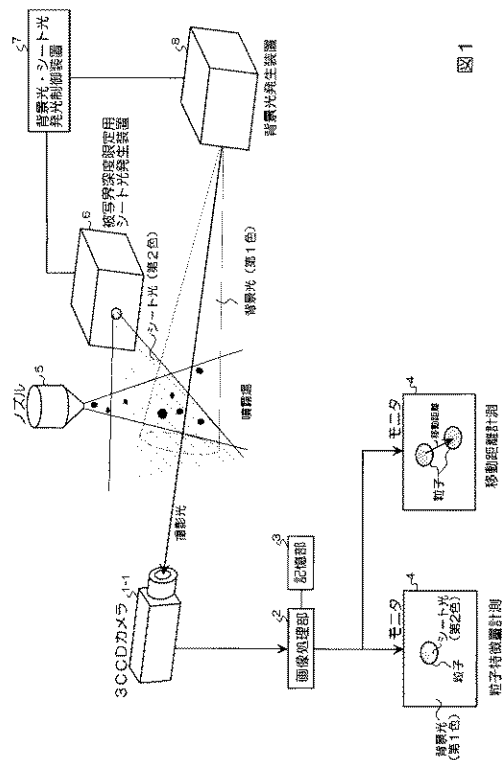
【図 5】従来例 2 の粒子径・粒子移動距離計測装置の概略斜視図。

【符号の説明】

- 1 C C D カメラ
- 4 モニタ
- 6 被写界深度限定用シート光発生装置
- 7 背景光・シート光発生制御装置
- 8 背景光発生装置

10

【図 1】



【図 2】

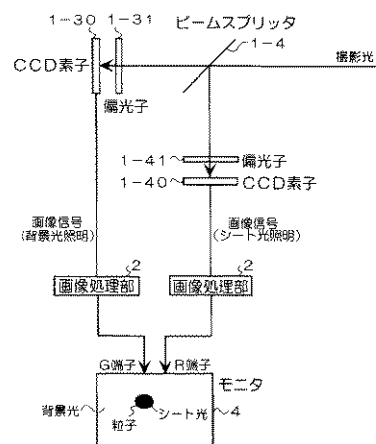


図 2

【図 3】

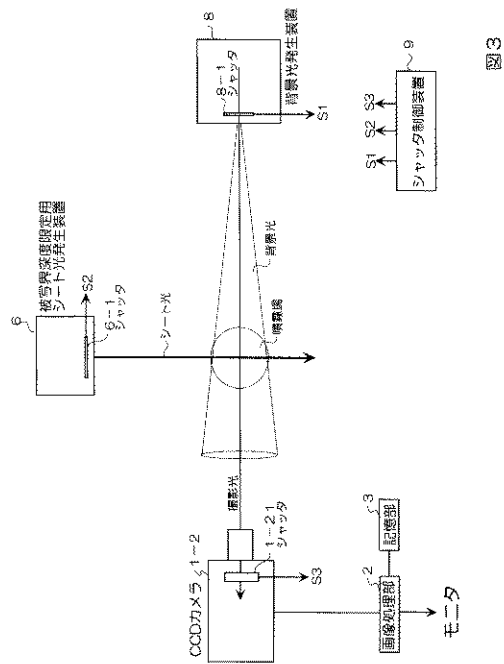


図 3

【図 4】

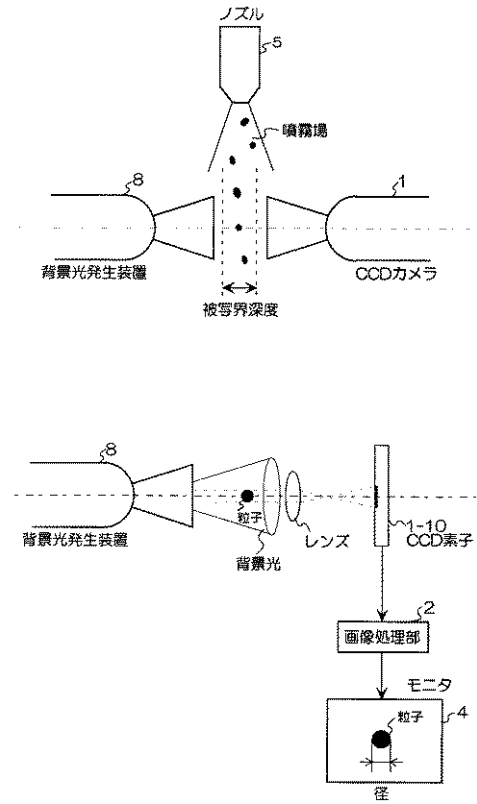


図 4

【図 5】

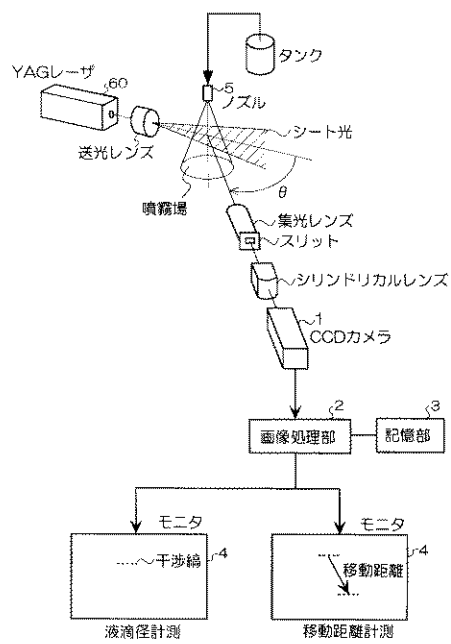


図 5

フロントページの続き

(72)発明者 武田 伸一郎

東京都杉並区阿佐谷南3丁目50番2-102

審査官 西村 直史

(56)参考文献 特開平08-201413(JP,A)

特開昭57-090139(JP,A)

特開平08-086737(JP,A)

特表2001-500247(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G01N 15/00-15/14

G01P 5/00- 5/26

G01P 13/00-13/04

JICSTファイル(JOIS)