



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I472725 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 11 日

(21) 申請案號：103101859

(22) 申請日：中華民國 103 (2014) 年 01 月 17 日

(51) Int. Cl. : G01J3/02 (2006.01)

G01J3/14 (2006.01)

G01J3/28 (2006.01)

(71) 申請人：中央研究院 (中華民國) ACADEMIA SINICA (TW)

臺北市南港區研究院路 2 段 128 號

(72) 發明人：鄭仲翔 CHENG, CHUNG HSIANG (TW) ; 陳敬修 CHEN, CHING HSIU (TW) ; 胡恩德 HWU, EN TE (TW)

(74) 代理人：陳長文

(56) 參考文獻：

TW I305832

TW I340237

TW I377337

CN 1101544C

US 4969740

審查人員：曾世杰

申請專利範圍項數：11 項 圖式數：7 共 14 頁

(54) 名稱

透鏡色差式光譜量測裝置及光譜量測方法

LENS-CHROMATISM SPECTRUM MEASUREMENT DEVICE AND SPECTRUM MEASUREMENT METHOD

(57) 摘要

一種光譜量測裝置(1)，其包括一收光系統(2)及一像散檢測系統(3)，其中該收光系統(2)可接收由一光源(5)所發出之具有不同波長之光線，並將該光線依據其不同之波長聚焦於不同焦點位置，通過收光系統(2)之該光線進一步被導入該像散檢測系統(3)以進行對該光線之一光譜量測。

A spectrum measurement device (1) comprises a lighting-absorption system (2) and an astigmatic detection system (3), wherein the lighting-absorption system (2) can receive a light which is emitted from a light source (5) and has light-beams with different wavelengths and can cause the light-beams to be focused at different positions based on their wavelengths. Further, the light passed through the lighting-absorption system (2) will be led into the astigmatic detection system (3) so as to measure the spectrum of the light.

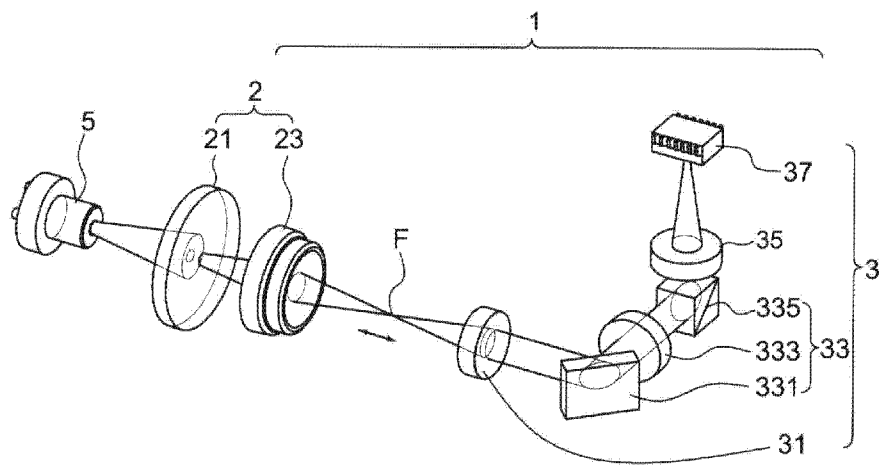


圖3

- 1 . . . 光譜量測裝置
- 2 . . . 收光系統
- 21 . . . 針孔
- 23 . . . 色差聚焦透鏡
- 25 . . . 焦點位置
- 3 . . . 像散檢測系統
- 31 . . . 聚焦透鏡
- 33 . . . 導光透鏡組
- 331 . . . 反射鏡
- 333 . . . 準直透鏡
- 335 . . . 分光鏡
- 35 . . . 像散透鏡
- 37 . . . 光檢測器
- 5 . . . 待測光源

發明摘要

G01J 3/02 (2006.01)

※ 申請案號：103161859

G01J 3/14 (2006.01)

※ 申請日：103. 1. 17

※IPC 分類：G01J 3/28 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

透鏡色差式光譜量測裝置及光譜量測方法

LENS-CHROMATISM SPECTRUM MEASUREMENT DEVICE
AND SPECTRUM MEASUREMENT METHOD

● 【中文】

一種光譜量測裝置(1)，其包括一收光系統(2)及一像散檢測系統(3)，其中該收光系統(2)可接收由一光源(5)所發出之具有不同波長之光線，並將該光線依據其不同之波長聚焦於不同焦點位置，通過收光系統(2)之該光線進一步被導入該像散檢測系統(3)以進行對該光線之一光譜量測。

● 【英文】

A spectrum measurement device (1) comprises a lighting-absorption system (2) and an astigmatic detection system (3), wherein the lighting-absorption system (2) can receive a light which is emitted from a light source (5) and has light-beams with different wavelengths and can cause the light-beams to be focused at different positions based on their wavelengths. Further, the light passed through the lighting-absorption system (2) will be led into the astigmatic detection system (3) so as to measure the spectrum of the light.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 3 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- | | |
|-----|--------|
| 1 | 光譜量測裝置 |
| 2 | 收光系統 |
| 21 | 針孔 |
| 23 | 色差聚焦透鏡 |
| 25 | 焦點位置 |
| 3 | 像散檢測系統 |
| 31 | 聚焦透鏡 |
| 33 | 導光透鏡組 |
| 331 | 反射鏡 |
| 333 | 準直透鏡 |
| 335 | 分光鏡 |
| 35 | 像散透鏡 |
| 37 | 光檢測器 |
| 5 | 待測光源 |

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

透鏡色差式光譜量測裝置及光譜量測方法

LENS-CHROMATISM SPECTRUM MEASUREMENT DEVICE
AND SPECTRUM MEASUREMENT METHOD

【技術領域】

本發明係有關一種透鏡色差式光譜量測裝置及使用該裝置進行一種光譜量測之方法。

【先前技術】

光譜儀或分光儀是將成分複雜的光，分解為光譜線的設備，再透過儀器的顯示和分析，經常被用於比對分析物品中所含有之元素等成分。習知光譜儀或光譜量測技術皆屬分光光譜式，主要是將光源發出之光線透過色散元件，其中所含有之不同波長之光線可依該色散元件之光學特性，而被分開排列在不同位置，最後再藉由檢測所分出之各波長之光線位置，辨別各該光線之波長。

圖1顯示一習知之稜鏡式光譜儀，其使用一稜鏡6將入設光線分成不同波長在不同位置之出射光線。圖2顯示一習知之光柵式光譜儀，其利用一光柵7將入設光線分成不同波長在不同位置之出射光線。此二例中之元件61及71係檢知被分成在不同位置之出射光線，為光檢測元件。

雖然因為製程技術的提升，得以製造出超密像素與超高解析能力之光檢測元件，使光譜儀之檢測能力得以提升，但利用色散元件(如稜鏡或光柵)之分光機制在光譜檢測上仍有一定之極限。雖可藉由導光或將成像位置拉遠等方式以放大分光後之各不同波長之光線的相

對位置，但該等方式卻會同時引入複雜的光學雜訊，或增加該光檢測裝置之體積。另一種提昇各不同波長之光線的相對位置之解析度之方案，係藉由改變光柵線寬來達到更好的分光效果，然其製造上有相當之困難度，且成本更高。

又，針對稜鏡與光柵兩種色散元件之光學極限的限制，進一步發展出法布裡-珀羅干涉式(或干涉法)光譜儀，其對於所量測之光線擁有極高的色散率，因而可得到極高的光譜分辨能力，但該光譜儀需使用較為複雜之光學系統元件及電子電路設備以實現其強大的光譜檢測能力，因此價位很高。

此外，美國專利US 7,483,135B2揭露一種用於共焦光譜儀的像散式光圈(Astigmatic Aperturing)，有別於以往採用共焦技術的聚焦透鏡搭配光圈(針孔)的方法，其利用像散透鏡對於橫軸與縱軸具有不同放大率的特性並搭配針孔，成功地使待測光線聚焦到兩個不同的聚焦平面上，可更有效的濾除離焦光線，並有助於針孔位置的置放與孔徑大小的安排，以利後端單色儀的分光與判斷，但其未直接利用光學像散之方法進行光譜的分色與檢測。又，2011年由鄭仲翔等人所發表之「應用於工具機誤差檢測之自由度雷射光學尺研製」之論文中揭露：利用光柵與一維光檢測器之簡易設置，將其安裝於半導體雷射之出光處可定量量測到半導體雷射之波長變動量(約 10^{-6})，且進而達到檢測與回授控制波長之功能，但其解析度則受限於一維光檢測器之解析能力與雷射光點大小等問題。又如，2013年由Jason K. Streit等人發表之「Chromatic aberration short-wave infrared spectroscopy: Nanoparticle spectra without a spectrometer」(Anal. Chem., Vol. 85, pp1337-1341)揭露：利用一般螢光顯微鏡對於短波長紅外線(SWIR)具有相當嚴重的透鏡色差缺陷，進行奈米碳管表面之檢測，其機制即是利用不同波長對於同一物鏡具有不同的聚焦位置，最後藉由影像裝置判斷聚焦深度的

不同，來判斷奈米碳管表面的特性。

【發明內容】

本發明之主要目的為提供一種透鏡色差式光譜量測裝置，其相較於現有之光檢測裝置可大幅提升對於不同波長之光線之辨別能力，且不必透過複雜的電子處理與計算即可輕易達成；其係利用一般光學透鏡對不同波長之入射光具有不同焦點之特性，再配合像散檢測元件對於不同焦點的離焦訊號具有超高靈敏度的特點，進而可大幅提升對於光譜的解析能力至 10^{-3} 奈米(pm)以下之等級。

本發明之另一目的為提供一種透鏡色差式光譜量測裝置，其具有高度的可靠性、體積微小化、高經濟效益、高準確度及其本身裝置構造簡單等優勢。

為此，本發明之光譜量測裝置包括一收光系統及一像散檢測系統，其中該收光系統由一針孔與一色差聚焦透鏡所組成，其可接收由一光源所發出之具有不同波長之光線並將該光線依據其不同之波長聚焦於不同焦點位置，之後，該光線進一步導入像散檢測系統以進行對該光線之一光譜量測，其中該像散檢測系統係由一聚焦透鏡、一導光透鏡組、一像散透鏡及一光學檢測器所組成。

就本案發明之光譜量測裝置與上述2011年鄭仲翔等人之文獻所揭露者比較，該文獻所使用之檢測機制為「傳統光柵式光譜儀檢測技術」，而本案發明係使用「透鏡色差式之技術」，兩者所使用之分光元件不同，且本案發明較易實現且成本與製程之難易度皆大幅降低。

又，就本案發明之光譜量測裝置與上述Jason K. Streit等人之文獻所揭露者比較，其中最大的差異係在於兩者所使用之訊號檢測裝置之不同；Jason K. Streit等人係使用CCD等影像裝置而藉由判斷光斑大小來計算出聚焦位置，然其靈敏度受限於CCD本身之解晰能力，因此需要較為複雜之影像辨識軟體；而本案發明係利用像散法之檢測機制構

成，其單純靠電壓變化即可得到聚焦點的變異情形，如此則較為直覺且容易分析與處理。

本發明之特徵可藉由以下【實施方式】所揭示之實施例及圖式而更容易理解。

【圖式簡單說明】

圖1為先前技術之稜鏡式光譜儀之示意圖；

圖2為先前技術之光柵式光譜儀之示意圖；

圖3顯示本發明之光譜量測裝置之立體示意圖；

圖4顯示本發明之色差聚焦透鏡對於入射光線之色散技術示意圖；

圖5為光線經色差聚焦透鏡後之波長變化對應焦點位置之關係曲線圖之一示例；

圖6為光檢測器依像散法所得之焦點位置與電壓之關係曲線圖之一示例；及

圖7顯示光檢測器測得650nm與790nm兩種不同波長之光所對應之二焦點之距離差(Δf)之位移訊號圖之一示例。

【實施方式】

圖3係顯示本案之透鏡色差式光譜量測裝置之一實施例。

光譜量測裝置1主要包括一收光系統2及一像散檢測系統3。收光系統2是由一針孔21及一色差聚焦透鏡23所構成，而像散檢測系統3是由一聚焦透鏡31、一導光鏡組33、一像散透鏡35及一光檢測器37所構成。

如圖3所示，由一待測光源5所發出之具有不同波長之光線，進入本發明之光譜量測裝置1之收光系統2，穿過針孔21之光線入射並通過色差聚焦透鏡23；其中，該色差聚焦透鏡23可為具有任意焦點或任意數值孔徑(N/A)之一般光學透鏡、球透鏡或聚焦透鏡等等，其中一

實用例為數值孔徑0.4之透鏡，詳見以下說明。

該入射之光線通過色差聚焦透鏡23後，即因光學色差原理（請參圖4，即光學上，透鏡無法將各種波長的色光都聚焦在同一點上的現象；因為透鏡對不同波長的光線有不同的折射率，而發生之「色散現象」），使該光線依據其所具有之不同波長而分別在不同之位置上聚焦。而該光線之不同波長與其對應之聚焦之焦點位置之關係如下：

$$\frac{1}{f} = \left[\left(B + \frac{C}{\lambda^2} \right) - 1 \right] \times P_{Lens}$$

其中， f 表示色差聚焦透鏡23之焦距，可由此焦距得出實際光束焦點之位置； B 與 C 為柯西方程式(Cauchy's equation)的透鏡材料係數； λ 代表入射光之波長； P_{Lens} 代表該色差聚焦透鏡之透鏡常數。舉例而言，採用數值孔徑0.4之塑料非球面透鏡作為色差聚焦透鏡23，其有效焦距為0.33毫米；圖5顯示此種採用色差聚焦透鏡23時，光線之不同波長及其所對應聚焦焦點位置之一關係曲線圖。圖3中之F為各個波長之光線之不同聚焦焦點位置所形成之聚焦區域之示意。

在該光線通過色差聚焦透鏡23並依其不同之波長而在對應不同位置聚焦之後，隨即進入光譜量測裝置1之像散檢測系統3；該光線經由聚焦透鏡31與導光透鏡組33，而被導引往像散透鏡35。其中，如圖3所示，導光透鏡組33包括有一反射鏡331、一準直透鏡333及一分光鏡335。

關於像散透鏡35，其具有不同之縱向及橫向放大曲率，故對於不同聚焦位置之光線將產生不同的成像光斑，造成像差；此種像差可為該光檢測器37所檢測出，因此推算出不同波長光線之聚焦焦點位置，進一步推算得到各光線之不同波長之訊息。其中，光檢測器37可為任

意之光電轉換元件，例如，光電檢知放大整合電路，判斷上是利用不同焦點位置對於光檢測器將會獲得不同之電壓值；如圖6所示，其係顯示使用光電檢知放大整合電路作為光檢測器37所得到之焦點位置與電壓關係之曲線圖，其中分別顯示有遠焦(Far focus)、正焦(Focus)及近焦(Near Focus)三者，而可藉由光電檢知放大整合電路之光電轉換得出聚焦位置與電壓的關係曲線，此即S-Curve，亦可稱之為聚焦誤差訊號；且經過校正，可得知電壓與位移之相對關係，更藉由訊號擷取裝置，將電壓訊號存取並進行位移分析，以判斷出實際交點位置，最後即可判斷出入射光之光波波長。圖7係顯示使用光電檢知放大整合電路作為光檢測器37所得到之650nm與790nm兩種波長之不同之焦點位置(P1為650nm波長之光之焦點位置；而P2為790nm波長之光之焦點位置)所造成之焦點位置距離差($\Delta f = P2 - P1$)之訊號。由以上可知，光譜量測裝置1可經由光檢測器37檢測一光線通過色差聚焦透鏡23而產生之聚焦焦點位置之不同，間接可得知入射光之波長訊息。

本案之光譜量測裝置1擁有極高的光譜解析能力，甚至可至 10^{-3} 奈米(pm)以下之等級，例如，藉由圖5與圖7所示之數據關係，可確定光譜量測裝置1對於1奈米的波長變動可獲得約150奈米以上之焦點位置距離差；而若要進一步提升其解析能力，只需選擇具有合適之 P_{Lens} 透鏡常數之色差聚焦透鏡23或者改變該色差聚焦透鏡23之參數。

此外，一般市售之光碟機讀取頭亦具有如圖3所示本案之光譜量測裝置1之像散檢測系統3之結構，故本案之像散檢測系統3可直接使用市售任意型號之光碟機讀取頭取代之；而該光碟機讀取頭亦可使用全像光學模組(Holographic Optical Element, HOE)取代之，由外部擷取其中之光檢測器37所檢知之光訊息，透過光電訊號轉換及適當介面，輸出聚焦位置與電壓的關係曲線，以得知入射光之波長訊息。由本案之方式能得到過去所無之簡單且經濟實用之光譜量測手段。

應瞭解，例示性實施例僅說明本發明，且熟習此項技術者

可在不脫離本發明之範疇的情況下設計上文描述之實施例的許多變化。因此希望所有該等變化包括於以下申請專利範圍及其等效物之範疇內。

【符號說明】

1	光譜量測裝置
2	收光系統
21	針孔
23	色差聚焦透鏡
25	焦點位置
3	像散檢測系統
31	聚焦透鏡
33	導光透鏡組
331	反射鏡
333	準直透鏡
335	分光鏡
35	像散透鏡
37	光檢測器
5	待測光源
6	稜鏡
61	光檢測元件
7	光柵
71	光檢測元件
F	聚焦區域

申請專利範圍

1. 一種光譜量測裝置(1)，其包括
一收光系統(2)，其包括：
一針孔(21)，其容許從一待測光源(5)所發射出之一具有不同波長之光線通過；及
一色差聚焦透鏡(23)，其可將該針孔(21)所匯集之該光線依據不同波長而分別聚焦於不同之位置；
一像散檢測系統(3)，其包括：
一聚焦透鏡(31)；
一導光透鏡組(33)；
一像散透鏡(35)，其具有不同的縱向及橫向放大曲率；
及
一光檢測器(37)；
其中，該聚焦透鏡(31)接收已通過該色差聚焦透鏡(23)聚焦之該光線，而該導光透鏡組(33)將該聚焦透鏡(31)所接收之該光線導向該像散透鏡(35)，該光線經導向通過該像散透鏡(35)後進而被該光檢測器(37)所檢測。
2. 如請求項1之光譜量測裝置(1)，其中該導光透鏡組(33)包括一反射鏡(331)、一準直透鏡(333)及一分光鏡(335)。
3. 如請求項1之光譜量測裝置(1)，其中該色差聚焦透鏡(23)可為一可具有任何焦距或任何數值孔徑之光學透鏡、球透鏡或聚焦透鏡。
4. 如請求項1之光譜量測裝置(1)，其中該光檢測器(37)可為一光電轉換元件。
5. 如請求項4之光譜量測裝置(1)，其中該光檢測器(37)可為光電檢知

放大整合電路。

6. 如請求項1之光譜量測裝置(1)，其中該像散檢測系統(3)可為一光碟機讀取頭。
7. 一種光譜量測方法，包含下列步驟：

一待測光源(5)所發射出之一具有不同波長之光線自一針孔(21)通過；

將通過該針孔(21)之該光線通過一色差聚焦透鏡(23)，使該光線依據其不同之波長而分別聚焦於不同之位置；

將該通過該色差聚焦透鏡(23)且已依據其不同之波長而分別聚焦於不同之位置之光線經由一聚焦透鏡(31)及一導光透鏡組(33)而導向一具有不同之縱向與橫向放大曲率之像散透鏡(35)，該像散透鏡(35)可針對該光線之不同波長所對應之不同聚焦之位置而造成像差；及

利用一光檢測器(37)檢測該像差，進一步得到該光線之各波長之訊息。
8. 如請求項7之方法，其中該導光透鏡組(33)包括一反射鏡(331)、一準直透鏡(333)及一分光鏡(335)。
9. 如請求項7之方法，其中該色差聚焦透鏡(23)可為一可具有任何焦距或任何數值孔徑之光學透鏡、球透鏡或聚焦透鏡。
10. 如請求項7之方法，其中該光檢測器(37)可為一光電轉換元件。
11. 如請求項10之方法，其中該光檢測器(37)可為光電檢知放大整合電路。

圖式

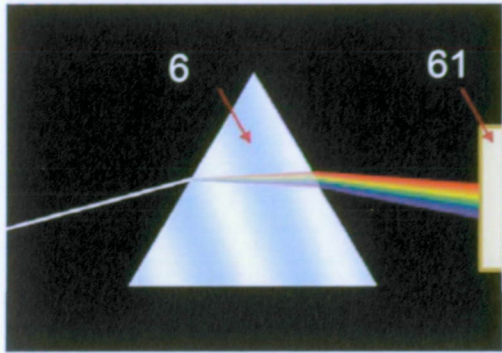


圖1

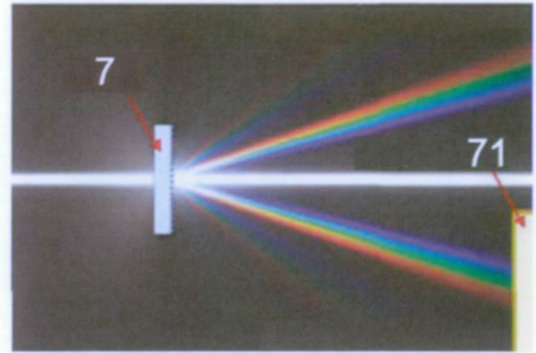


圖2

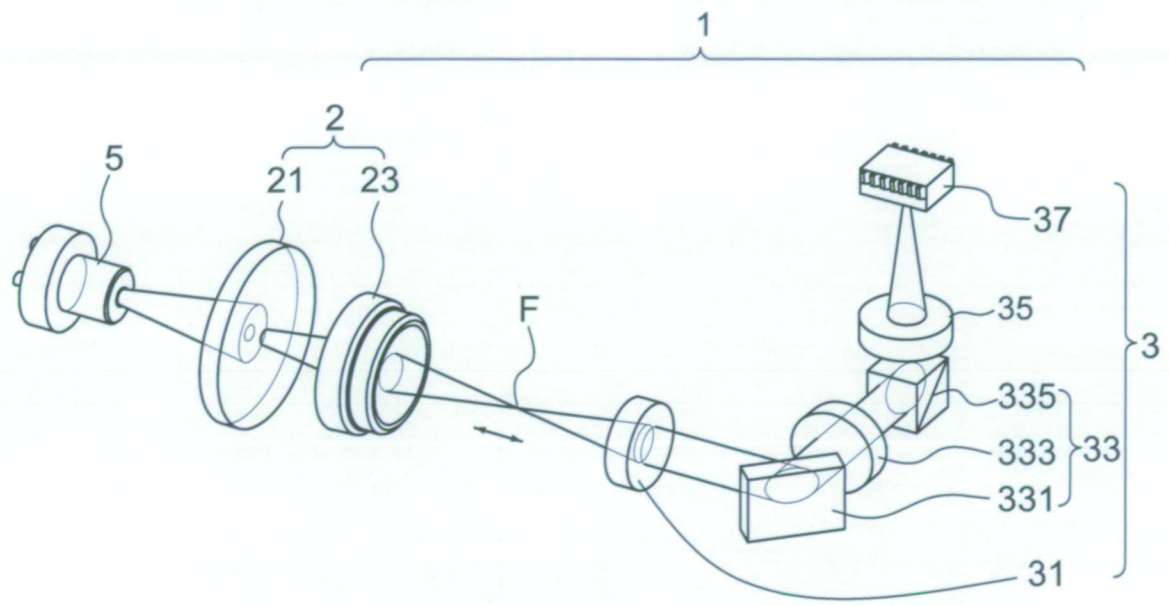


圖3

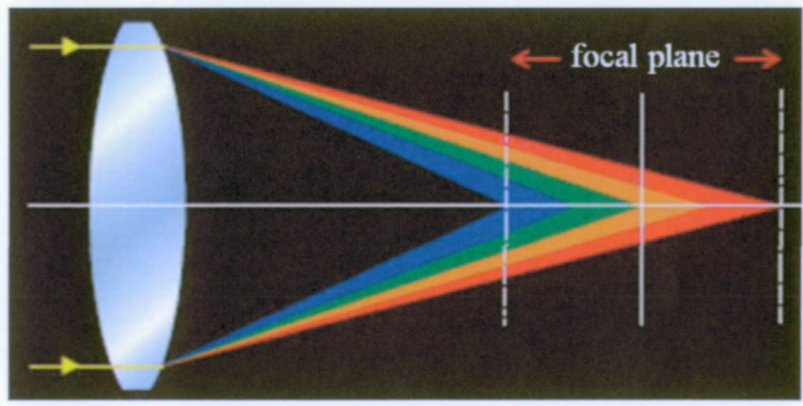


圖4

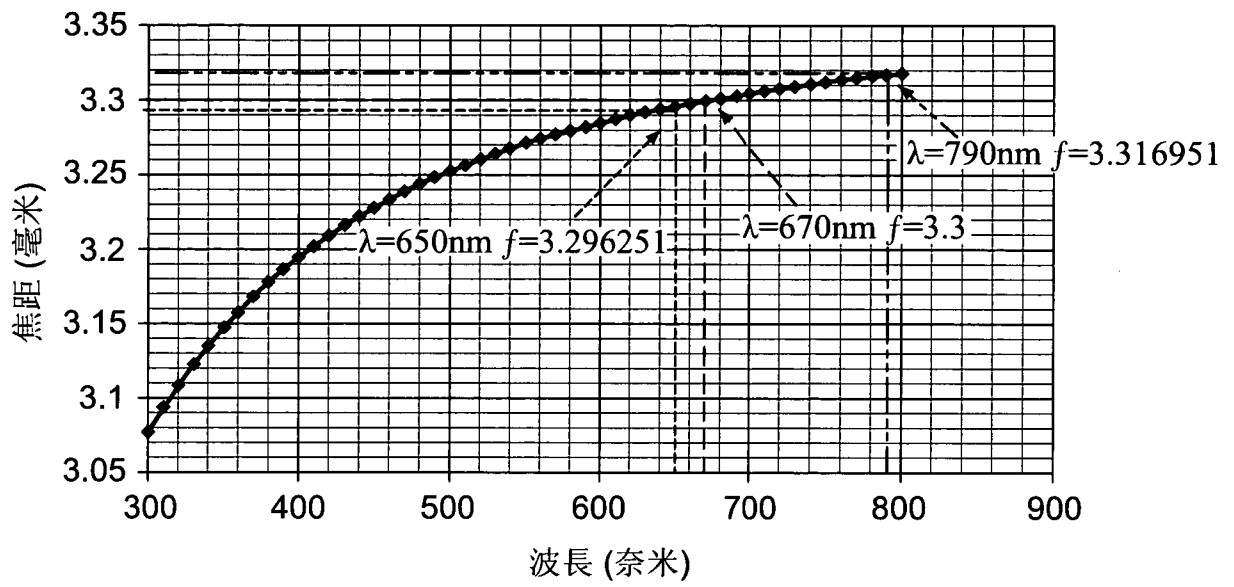


圖5

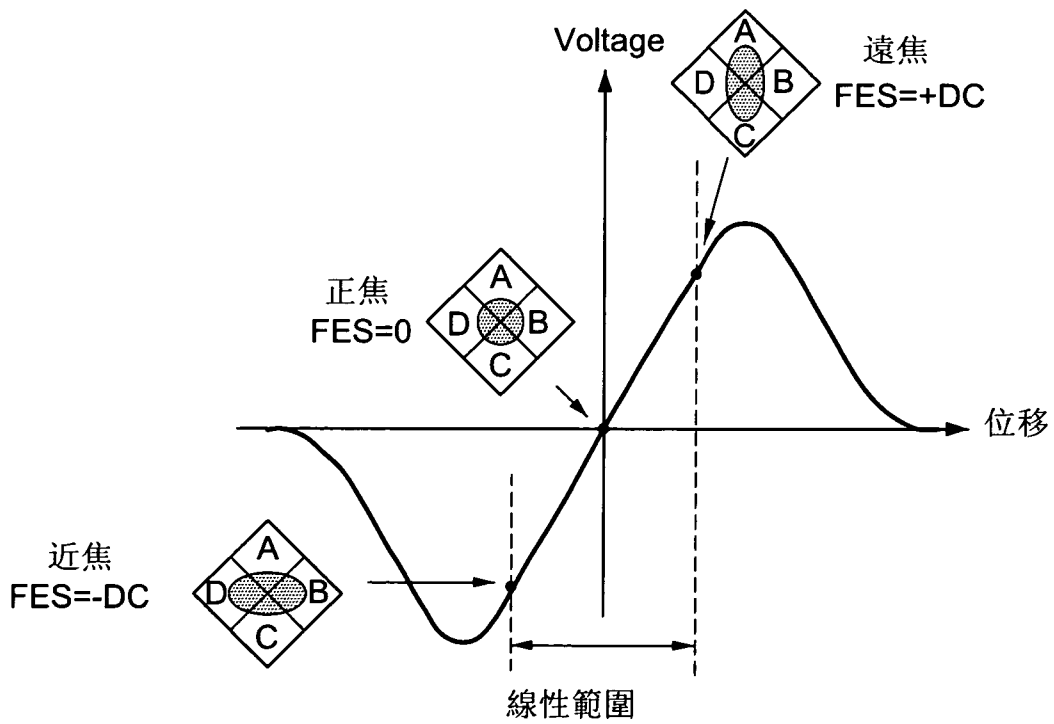


圖6

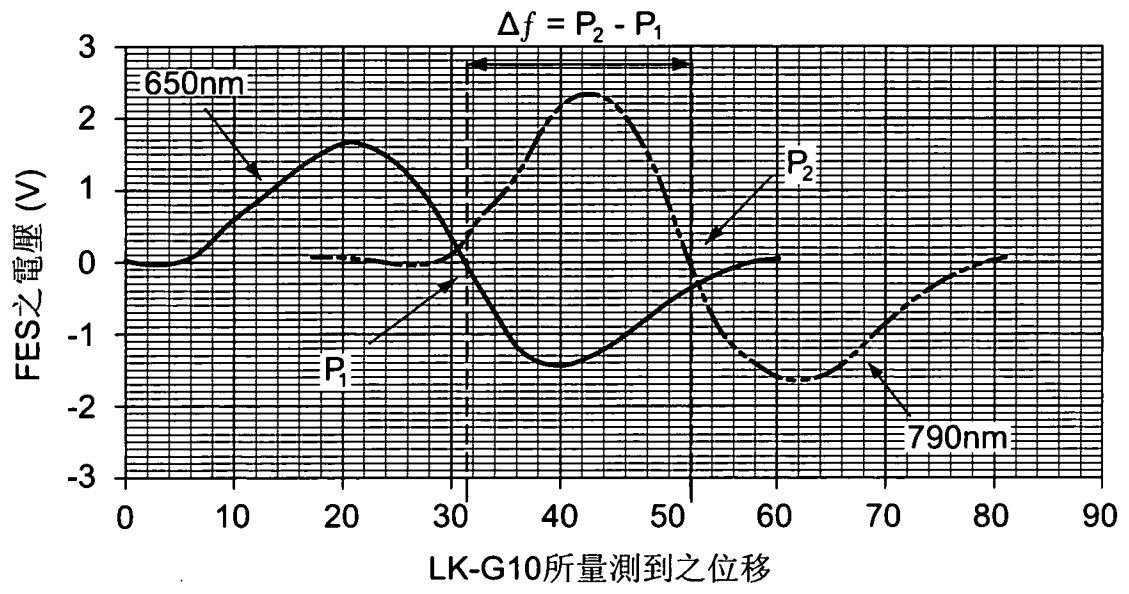


圖7