

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-108911  
(P2004-108911A)

(43) 公開日 平成16年4月8日(2004.4.8)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 11/06	GO 1 B 11/06	Z 2 F 0 6 5
GO 1 J 3/443	GO 1 J 3/443	2 G 0 2 0
GO 1 J 3/45	GO 1 J 3/45	2 G 0 8 6
GO 1 M 11/00	GO 1 M 11/00	T 5 F 0 4 1
HO 1 L 33/00	HO 1 L 33/00	K
審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 15 頁)		

(21) 出願番号	特願2002-271149 (P2002-271149)	(71) 出願人	502339761 有限会社ワイ・システムズ 徳島県徳島市中央通り1丁目13 尾形第1ビル203号
(22) 出願日	平成14年9月18日 (2002.9.18)	(74) 代理人	100085453 弁理士 野▲崎▼ 照夫
		(74) 代理人	100121049 弁理士 三輪 正義
		(72) 発明者	イーヴ・ラクロワ 徳島県徳島市中央通り1丁目13尾形第1ビル401号
		Fターム(参考)	2F065 AA30 CC00 FF46 GG02 GG03 GG21 HH04 HH13 JJ09 LL02 LL67 QQ16 RR06 RR07 UU05
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 発光素子の膜厚及び波長の測定方法と、前記測定に用いられる測定装置

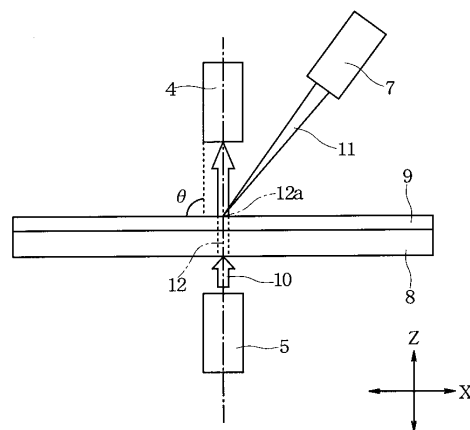
(57) 【要約】

【課題】 特に簡単な方法で誤差が少なく発光素子の膜厚及び波長を求めることができる測定方法及び測定装置を提供することを目的としている。

【解決手段】 基板8上に成膜された発光素子9の上下に第1光源部5と受光部4を設置し、前記第1光源部5から発光される光が前記発光素子9を透過して受光部4で受光され、得られたスペクトルデータから発光素子9の膜厚を測定すると共に、第2光源部7から発光された光が、前記発光素子9表面に照射され、前記発光素子9表面から放出された光子を前記受光部4で受けとって、得られたスペクトルデータから発光素子9の波長を測定する。本発明の測定方法及び測定装置を用いれば、簡単な方法で誤差が少なく発光素子の膜厚及び波長を求めることができる。

【選択図】 図2

図2



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

発光素子の膜厚を測定する方法であって、

(a) 所定帯域の波長を有する光を前記発光素子の膜厚方向から照射し、前記発光素子を透過した光を受光し、スペクトルを測定する工程と、

(b) 前記(a)工程で得られたスペクトルを、前記発光素子が各々の波長{ }時に有する屈折率{ $n(\quad)$ }を前記波長{ }で割った規定値[ $\{n(\quad)\} / \{ \}$ ]に対応するスペクトルデータに変換する工程と、

(c) 前記(b)工程で求められたスペクトルデータを、予め求められた前記発光素子がある膜厚のときの前記規定値[ $\{n(\quad)\} / \{ \}$ ]に対応するスペクトルデータと照らし合わせ、前記データどうしの一致度から発光素子の膜厚を算出する工程と、  
を有することを特徴とする発光素子の膜厚の測定方法。

10

## 【請求項 2】

発光素子が発する光の波長を測定する方法であって、

(d) 前記発光素子の表面に所定帯域の波長を有する光を照射し、前記発光素子から放出される光子を受光してフォトルミネセンススペクトルを得る工程と、

(e) 前記発光素子の膜厚方向から少なくとも前記所定帯域の波長を有する光を透過させてインターフェアランススペクトルを得る工程と、

(f) 前記(d)工程で得られたフォトルミネセンススペクトルから前記(e)工程で得られたインターフェアランススペクトルを除去して、前記発光素子が発する光の波長を算出する工程と、

20

を有することを特徴とする発光素子の波長の測定方法。

## 【請求項 3】

前記(e)工程でのインターフェアランススペクトルには、請求項1記載の(a)工程で得られたスペクトルを用いる請求項2記載の発光素子の波長の測定方法。

## 【請求項 4】

前記(d)工程での波長帯域も含んだ広範囲の波長帯域を有する光を用いて、前記波長測定を、請求項1記載の(a)工程から(c)工程までの膜厚測定と連続して行う請求項2記載の発光素子の波長の測定方法。

## 【請求項 5】

請求項2記載の(d)工程での波長帯域と異なる波長帯域を有する光を用いて請求項1記載の(a)工程を、前記(d)工程と同時に行って、前記発光素子の膜厚測定と波長測定とを同時に行う発光素子の膜厚及び波長の測定方法。

30

## 【請求項 6】

発光素子の膜厚を測定するための装置であって、第1光源部とその受光部とが、前記発光素子の膜厚方向に対向して設けられ、前記第1光源部から発光された光が前記発光素子を透過して前記受光部に受光されて、前記発光素子の膜厚が測定されることを特徴とする測定装置。

## 【請求項 7】

前記第1光源部と受光部とが前記発光素子の膜面に対し垂直方向に設けられる請求項6記載の測定装置。

40

## 【請求項 8】

前記発光素子の下側に前記第1光源部が設けられ、前記発光素子の上側に前記受光部が設けられる請求項6または7に記載の測定装置。

## 【請求項 9】

前記発光素子が発光する光の波長を測定するための第2光源部は、前記受光部と同じ発光素子の上側に設けられ、前記第2光源部から発光された光は、前記発光素子の表面に当てられ、前記発光素子の表面から放出される光子が前記受光部に受光されて、前記発光素子の波長が測定される請求項8記載の測定装置。

## 【請求項 10】

50

前記第 1 光源部と受光部とを結ぶ光軸と前記発光素子表面との焦点に、前記第 2 光源部からの光が当たるように前記第 2 光源部の前記発光素子表面に対する傾きが決定される請求項 9 記載の測定装置。

【請求項 11】

前記第 2 光源部から発光された光は、前記第 1 光源部から発光された光よりも短波長の光である請求項 9 または 10 に記載の測定装置。

【請求項 12】

膜厚あるいは波長の測定時、前記発光素子が形成された基板は、前記基板表面と平行な方向に移動し、前記光源部及び受光部は固定されたままである請求項 6 ないし 11 のいずれかに記載の測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発光ダイオードなどの発光素子の膜厚や波長の測定に係り、特に容易に且つ誤差が少ない測定方法及び測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

円盤状の基板の上に化学蒸着法 (CVD) などを用いて発光ダイオードなどの発光素子を成膜すると、成膜条件等の影響により、領域によって前記発光素子の膜厚や前記発光素子が発光する光の波長にばらつきが発生することが避けられない。

20

【0003】

例えば青色発光ダイオードが発する光 (青色光) の波長は約 450 nm であるが、領域によっては約 ±20 nm 程度の波長差が生じる。基板には数千から数万個に相当する青色発光ダイオードが成膜され、成膜後、個々の青色発光ダイオードに切断されるが、基板の上に青色発光ダイオードを成膜した時点で前記波長差が解れば、個々の青色発光ダイオードに切断するときと同じ波長を有するダイオード毎に区分けしやく、一定の品質を有するダイオードを製造しやすい。

【0004】

【特許文献 1】

特開 2000 - 292128 公報

30

【特許文献 2】

特開平 11 - 2509 号公報

【特許文献 3】

特開平 11 - 173813 号公報

【特許文献 4】

特開 2000 - 2514 公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら従来では前記波長差を誤差が少なく、しかも容易に測定する方法が無かった。

40

【0006】

また前記青色発光ダイオードの膜厚も領域によってばらつきが発生するが、前記膜厚の測定は成膜レートを知る上で極めて重要であり、正確な膜厚差を求めることができる測定方法及びその測定装置の開発が急務であった。

【0007】

そこで本発明は上記従来の問題点を解決するためのものであり、特に簡単な方法で誤差が小さく発光素子の膜厚及び波長を求めることができる測定方法及び測定装置を提供することを目的としている。

【0008】

【課題を解決するための手段】

50

本発明は、発光素子の膜厚を測定する方法であって、

(a) 所定帯域の波長を有する光を前記発光素子の膜厚方向から照射し、前記発光素子を透過した光を受光し、スペクトルを測定する工程と、

(b) 前記(a)工程で得られたスペクトルを、前記発光素子が各々の波長{ }時に有する屈折率{ $n(\quad)$ }を前記波長{ }で割った規定値[ $\{n(\quad)\} / \{ \}$ ]に対応するスペクトルデータに変換する工程と、

(c) 前記(b)工程で求められたスペクトルデータを、予め求められた前記発光素子がある膜厚のときの前記規定値[ $\{n(\quad)\} / \{ \}$ ]に対応するスペクトルデータと照らし合わせ、前記データどうしの一致度から発光素子の膜厚を算出する工程と、  
を有することを特徴とするものである。

10

【0009】

上記した膜厚の測定方法を用いれば、スペクトルデータにノイズが乗っていても、発光素子の膜厚を小さい誤差範囲で測定でき、また前記発光素子の波長に対する屈折率が波長毎に異なっている場合や、(a)工程で得られたスペクトルデータが周期毎に一定のピッチ間でない場合でも、前記発光素子の膜厚を容易に且つ小さい誤差範囲で測定できる。

【0010】

また上記した膜厚測定では(a)工程で、前記発光素子の膜厚方向から光を透過させてスペクトルデータを得ており、このように光を透過させてスペクトルを得る方法であれば、前記発光素子表面と透過光の道筋(光軸)との間の角度が $90^\circ$ から多少ずれている場合でも、前記発光素子の膜厚を小さい誤差範囲で測定することができる。

20

【0011】

また本発明は、発光素子が発する光の波長を測定する方法であって、

(d) 前記発光素子の表面に所定帯域の波長を有する光を照射し、前記発光素子から放出される光子を受光してフォトルミネセンススペクトルを得る工程と、

(e) 前記発光素子の膜厚方向から少なくとも前記所定帯域の波長を有する光を透過させてインターフェアランススペクトルを得る工程と、

(f) 前記(d)工程で得られたフォトルミネセンススペクトルから前記(e)工程で得られたインターフェアランススペクトルを除去して、前記発光素子が発する光の波長を算出する工程と、

を有することを特徴とするものである。

30

【0012】

上記した波長測定の方法を用いれば、前記発光素子が発光する光の波長を容易に且つ小さい誤差範囲で測定できる。

【0013】

特に本発明では、前記(e)工程でのインターフェアランススペクトルには、前記の(a)工程で得られたスペクトルを用いることが好ましい。前記(a)工程で得られたスペクトルを膜厚と波長測定の双方で用いることで、前記発光素子の波長の測定を誤差を小さく行うことができ、しかも測定時間の短縮を図ることができる。

【0014】

また本発明では、前記(d)工程での波長帯域も含んだ広範囲の波長帯域を有する光を用いて、前記波長測定を、請求項1記載の(a)工程から(c)工程までの膜厚測定と連続して行ってもよい。かかる場合、前記(e)工程で必要なインターフェアランススペクトルには、前記(a)工程で得たスペクトルを用いることができ、測定時間の短縮を図ることができる。

40

【0015】

あるいは本発明では、前記に記載の(d)工程での波長帯域と異なる波長帯域を有する光を用いて前記に記載の(a)工程を、前記(d)工程と同時に行って、前記発光素子の膜厚測定と波長測定とを同時に行ってもよい。かかる場合、前記(a)工程と前記(d)工程を同時に行うとともに、前記の(e)工程と(f)工程を省略するため、測定時間の大幅な短縮を図ることができ、特にこの測定方法は、測定精度よりも測定時間を優先させた

50

い場合に有効な手段である。

次に本発明は、発光素子の膜厚を測定するための装置であって、第1光源部とその受光部とが、前記発光素子の膜厚方向に対向して設けられ、前記第1光源部から発光された光が前記発光素子を透過して前記受光部に受光されて、前記発光素子の膜厚が測定されることを特徴とするものである。

【0016】

本発明は、前記発光素子の膜厚測定を、第1光源部からの光を前記発光素子に透過させて行うものであり、前記第1光源部と受光部とを前記発光素子の膜厚方向に対向して設けることで、前記膜厚測定を光透過型で行うことができる測定装置を容易に製造することが可能である。

10

【0017】

また本発明では、前記第1光源部と受光部とが前記発光素子の膜面に対し垂直方向に設けられることが好ましい。

【0018】

また本発明では、前記発光素子の下側に前記第1光源部が設けられ、前記発光素子の上側に前記受光部が設けられることが好ましい。

【0019】

また本発明では、前記発光素子が発光する光の波長を測定するための第2光源部は、前記受光部と同じ発光素子の表面に設けられ、前記第2光源部から発光された光は、前記発光素子の表面に当てられ、前記発光素子の表面から放出されるフォトンが前記受光部に受光されて、前記発光素子の波長が測定されることが好ましい。

20

【0020】

同じ装置内に第1光源部、第2光源部及び受光部を設けることで、前記発光素子の膜厚測定及び波長測定を一つの装置内で行うことができる。特に前記受光部は、前記発光素子の膜厚測定のための受光部のみならず波長測定の受光部としても使用でき、前記装置内に設置される部材の簡素化を図ることができる。

【0021】

本発明では、前記第1光源部と受光部とを結ぶ光軸と前記発光素子表面との焦点に、前記第2光源部からの光が当たるように前記第2光源部の前記発光素子表面に対する傾きが決定されることが好ましい。これにより前記発光素子の波長測定を小さい誤差範囲で且つ容易に行うことができる。

30

【0022】

また本発明では、前記第2光源部から発光された光は、前記第1光源部から発光された光よりも短波長の光であってよい。例えば一例を挙げれば前記発光素子が青色発光ダイオードである場合、第1光源部から発光される光は白色光であり、第2光源部から発光される光は紫外光である。

【0023】

また本発明では、膜厚あるいは波長の測定時、前記発光素子が形成された基板は、前記基板表面と平行な方向に移動し、前記光源部及び受光部は固定されたままであることが好ましい。基板側を動かし、光源部及び受光部側を固定しておくことで、装置内部に設けられた部材のより簡単な動きで発光素子全体の膜厚測定及び波長測定を行うことができ、また発光素子の膜厚及び波長をより小さい誤差範囲で測定することが可能になる。

40

【0024】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明における発光素子の膜厚及び波長を測定するための測定装置の概念図である。

【0025】

符号1は発光ダイオードなどの発光素子が成膜された基板を載せるための台であり、前記台1のほぼ中央に設けられた円盤状の穴部1aに前記基板が嵌め込まれる。

【0026】

50

前記台 1 上に所定距離離れて第 1 の光ファイバ 2 が設けられ、前記第 1 の光ファイバ 2 は前記台 1 の左側端部 1 b から右側端部 1 c にかけて前記台 1 を横断するように設けられる。また前記第 1 の光ファイバ 2 と高さ方向（図示 Z 方向）に平行で且つ、前記台 1 の下に所定距離離れて第 2 の光ファイバ 3 が設けられる。前記第 1 の光ファイバ 2 には後述する受光部 4（図 2 を参照）が設けられ、前記第 2 の光ファイバ 3 には後述する第 1 光源部 5（図 2 を参照）が設けられている。前記第 2 の光ファイバ 3 は前記発光素子の膜厚を測定するための部材である。

【0027】

一方、前記台 1 の図示右側には反射板 6 が設けられており、この反射板 6 で反射した光（点線で示す）が前記台 1 の上に載せられた基板上の発光素子表面に照射される。前記反射板 6 は光を反射してその光を前記発光素子上に照射するための第 2 光源部 7（図 2 を参照）として機能している。前記第 2 光源部 7 は前記発光素子が発光する光の波長を測定するための部材である。

10

【0028】

図 2 は、上記した第 1 光源部 5、第 2 光源部 7 及び受光部 4 と、基板 8 上に形成された発光素子 9 との位置関係を説明するために各部材を正面から見た概念図である。

【0029】

図 2 に示すように、第 1 光源部 5 と受光部 4 とは、基板 8 上に設けられた発光ダイオードなどの発光素子 9 の上下に対向して設けられ、前記第 1 光源部 5 から発光された光 10 は、基板 8 及び発光素子 9 を透過して前記受光部 4 に受光されるようになっている。なお前記第 1 光源部 5 は高輝度放電ランプ（HID）あるいはハロゲンランプであることが好ましい。

20

【0030】

図 2 では、前記受光部 4 と第 1 光源部 5 とが前記発光素子 9 の膜面に対して垂直な方向（図示 Z 方向）に設けられていることが好ましい。本発明では後述するように、前記受光部 4 及び第 1 光源部 5 が、発光素子 9 の膜面に対して垂直な関係にない場合でも、前記発光素子 9 の膜厚をより小さい誤差範囲で測定できるが、より正確に前記発光素子 9 の膜厚を測定するには、前記受光部 4 と前記第 1 光源部 5 とが前記発光素子 9 の膜面に対して垂直な方向に設けられることが好ましい。

【0031】

また図 2 のように前記基板 8 の下側に第 1 光源部 5 があり、前記発光素子 9 の上側に受光部 4 があることが好ましい。図 1 及び図 2 に示す測定装置は、発光素子 9 の膜厚とともに前記発光素子 9 が発光する光の波長も測定できるものであるが、前記発光素子 9 の波長測定のための第 2 光源部 7 は、発光素子 9 表面に光が照射されるように発光素子 9 の表面側に設けられるので、前記第 2 光源部 7 からの光が前記発光素子 9 表面に当てられて、前記発光素子 9 表面から放出される光子を受け取る受光部 4 も前記発光素子 9 の上側に設けられていることが必要である。このため前記受光部 4 は前記発光素子 9 の上側に設けられ、前記第 1 光源部 5 は、前記基板 8 の下側に設けられることが好ましい。

30

【0032】

図 2 に示すように前記発光素子 9 が発光する光の波長を測定するための第 2 光源部 7 は、前記受光部 4 と同じ前記発光素子 9 の上側に設けられ、前記第 2 光源部 7 から発光された光 11 は、前記発光素子 9 表面に当てられ、前記発光素子 9 の表面から光子が前記受光部 4 で受光されて、前記発光素子 9 の波長が測定されるようになっている。

40

【0033】

また図 2 に示すように、前記第 1 光源部 5 と受光部 4 とを結ぶ光軸 12 と前記発光素子 9 表面との焦点 12 a に、前記第 2 光源部 7 からの光 11 が当たるように前記第 2 光源部 7 の前記発光素子 9 表面に対する傾きが決定される。

【0034】

前記第 2 光源部 7 からの光 11 を前記光軸 12 の前記発光素子 9 表面との焦点 12 a に照射させると、前記発光素子 9 内で反射されて前記発光素子 9 表面から出てくる光子を

50

より適切に前記受光部 4 で受光することができ、前記発光素子 9 の波長測定をより正確に行うことが可能である。

【0035】

上記したように第 1 光源部 5 は前記発光素子 9 の膜厚を測定するためのものであり、前記第 2 光源部 7 は前記発光素子 9 が発光する光の波長を測定するためのものである。前記第 1 光源部 5 から発光される光 10 は、ある程度長い波長帯域を有していることがより正確な発光素子 9 の膜厚を測定する上で好ましく、前記第 1 光源部 5 から発光される光は広波長帯域の光であり例えば白色光であり、このとき前記光 10 の波長は可視波長域全体となる。一方、第 2 光源部 7 から発光される光は、発光素子 9 が発光する光よりも短波長域であることが必要で、例えば前記発光素子 9 が青色発光ダイオードであれば、前記第 2 光源部 7 から発光される光は、350 nm 程度の波長域を有する紫外光であり、これによって前記発光素子 9 が発光する光の波長を正確に測定することができる。

10

【0036】

また第 1 光源部 5 から発光された光 10 は、発光素子 9 の膜厚測定と共に、前記発光素子 9 の波長測定の際にも使用できる。よって波長測定を精度良く行いたい場合には、前記第 1 光源部 5 から発光された光 10 の波長は、発光素子 9 の膜厚測定の際に使用される波長帯域と前記発光素子 9 の波長測定の際に使用される波長帯域の双方を合わせた広い波長帯域であることが好ましい。

【0037】

また測定精度よりも測定時間を優先させたい場合には、前記第 1 光源部 5 から発光される光を、前記発光素子 9 の発光波長帯域と重ならないようにフィルター補正を予めかけることで、前記膜厚測定と波長測定で使用するスペクトルデータを同時に測定することができる。

20

【0038】

このため前記第 1 光源部 5 から発光される光は、前記第 2 光源部 7 から発光される光よりも長い波長帯域であることが好ましい。

【0039】

また図 1 及び図 2 に示す測定装置では、発光素子 9 を有する基板 8 を載せた台 1 が前記台 1 の幅方向と平行な方向（図示 X 方向）及び台 1 の長さ方向と平行な方向（図示 Y 方向）に移動して、前記基板 8 上の発光素子 9 の複数箇所の膜厚及び波長を測定できるようになっている。前記発光素子 9 の膜厚及び波長の測定の際には、前記第 1 光源部 5、第 2 光源部 7 及び受光部 4 は動かず固定されており、前記台 1 のみを移動させることでより簡単な動きで、前記発光素子 9 の膜厚及び波長を容易に測定することが可能になっている。また台 1 側を動かし、光源部 5、7 及び受光部 4 側を動かさないことで、前記発光素子 9 の膜厚及び波長測定の際に前記装置内の部材の動きを最小限にでき、よって前記発光素子 9 の膜厚及び波長の測定をより正確なものにできる。

30

【0040】

本発明では図 1 及び図 2 に示す測定装置を用いて前記発光素子 9 の膜厚を測定する。前記発光素子 9 は例えば発光ダイオードであり、図 1 及び図 2 に示す測定装置では、最近話題となっている青色発光ダイオードの膜厚測定にも使用できる。ここで発光ダイオードとは、図 3 に示すように基板上にバッファ層を介して N 型半導体と P 型半導体が成膜され、PN 接合（P 型半導体と N 型半導体との接合境界面）にバイアスを印加すると、P 側から N 側へ正孔の、N 側から P 側へ電子の注入が行なわれ、このとき電子が持っているエネルギーを光として放出するものである。青色発光ダイオードは、P 型半導体及び N 型半導体が GaN で形成されたものである。

40

【0041】

図 4 ないし図 6 で、前記発光素子 9 の膜厚測定の方法について説明するが、この膜厚測定に使用した発光素子 9 は前記青色発光ダイオードである。

【0042】

まず、図 2 に示す第 1 光源部 5 から白色光を、前記基板 8 の裏面から前記発光素子 9 の表

50

面上に向けて照射し、透過した光を前記受光部 4 で受け取り、このときの光のスペクトルを測定したのが図 4 である。図 4 では、前記スペクトルを、500 nm から 700 nm までの波長帯域の光に対して測定したものである

図 4 に示すように前記スペクトルの一周期のピッチ幅は、光の波長が長くなるにつれて広がっており、前記ピッチ幅は一定でないことがわかる。このように前記スペクトルの一周期のピッチ幅が一定でないのは、青色発光ダイオードを構成する GaN が各々の波長 { } に対して異なる屈折率 {  $n(\quad)$  } を有しているからである。

【0043】

前記スペクトルの一周期のピッチ幅が一定であると、例えば従来、半導体素子の膜厚の測定に使用されていたフーリエ変換を使用できるが、上記のようにピッチ幅が一定でない場合には、前記フーリエ変換を使用できない。

10

【0044】

そこで本発明では、図 4 で得られたスペクトルを、青色発光ダイオードが各々の波長 { } 時に有する屈折率 {  $n(\quad)$  } をその波長 { } で割った規定値 [  $\{n(\quad)\} / \{ \quad \}$  ] に対するスペクトルに変換する。その結果が図 5 の実線であり、図 5 の実線で示されたスペクトルの一周期におけるピッチ幅は、前記規定値 [  $\{n(\quad)\} / \{ \quad \}$  ] の大きさに関わらず一定値となる。

【0045】

次に、青色発光ダイオードが各々の膜厚時に、前記規定値 [  $\{n(\quad)\} / \{ \quad \}$  ] に対するスペクトルが如何なるピッチ幅を有するかを予めシミュレーションしておき、そのスペクトルデータを図 5 の実線のスペクトルデータに照らし合わせてそれぞれのデータの一致度を測定する。

20

【0046】

図 5 に示す点線で示されたスペクトルデータは、例えば前記青色発光ダイオードの膜厚が  $1 \mu\text{m}$  のときのデータであり、ある規定値 [  $\{n(\quad)\} / \{ \quad \}$  ] のときの実線データのスペクトルの大きさ ( $I_{A1}$ ) と、点線データのスペクトルの大きさ ( $I_{B1}$ ) を、複数の規定値 [  $\{n(\quad)\} / \{ \quad \}$  ] 毎に求め、前記規定値毎に求められた各スペクトルの大きさを、 $A \text{ 値} = 1 / \{ (I_{A1} - I_{B1})^2 + (I_{A2} - I_{B2})^2 + \dots (I_{An} - I_{Bn})^2 \}$  の式に挿入する。図 5 に示す実線データのスペクトルと、点線データのスペクトルとの一致度が悪いと、A 値は非常に低い値となり、前記実線データのスペクトルと、点線データのスペクトルとの一致度が良くなるほど、前記 A 値は高い値になる。

30

【0047】

既にシミュレーションされた複数の青色発光ダイオードの膜厚に対するスペクトルデータを、図 5 に示す実際に成膜された青色発光ダイオードのスペクトルデータに次々に照らし合わせて前記 A 値を測定していき、前記青色発光ダイオードの膜厚  $d$  と前記 A 値との関係を求める。その結果が図 6 であり、図 6 に示すように、前記膜厚  $d$  が  $3 \mu\text{m}$  のときに最も A 値が高くなっていることがわかる。この結果からあるスポットで測定した前記青色発光ダイオードの膜厚は  $3 \mu\text{m}$  であることがわかる。

【0048】

上記した発光素子 9 の膜厚の測定方法では、次のような効果を得ることができる。既に説明したように、第 1 光源部 5 からの光の波長 { } に対する前記発光素子 9 のスペクトルの一周期のピッチ幅が一定でない場合、すなわち前記発光素子 9 の各々の波長 { } に対する屈折率 {  $n(\quad)$  } が前記波長によって異なるような場合でも、前記発光素子 9 の膜厚を簡単に且つ小さい誤差範囲で求めることができる。

40

【0049】

また図 7 には、波長 { } に対するスペクトルの長さが異なる 3 つの測定結果が載せてあるが、このデータから図 4 ないし図 6 と同じ発光素子 9 の膜厚測定を行うと図 8 に示す結果が得られる。図 7 の最も上に載せてあるスペクトルデータは、図 8 の最も上に載せてある膜厚  $d$  と A 値との関係のデータに対応し、図 7 の中間に載せてあるスペクトルデータは、図 8 の中間に載せてある膜厚  $d$  と A 値との関係のデータに対応し、図 7 の最も下に乗せ

50



であるスペクトルデータは、図 8 の最も下に乘せてある膜厚  $d$  の  $A$  値との関係のデータに対応している。

【0050】

図 7 のスペクトルは最も上のデータが、8 周期で構成され、中間のデータが 1 周期半で構成され、最も下のデータが 1 周期よりも小さい周期で構成されている。図 8 に示すようにスペクトルの周期が長いほど、 $A$  値に鋭いピークが現われ、発光素子 9 の膜厚をより正確に測定できるが、前記スペクトルが一周期に満たない最も下のデータの場合でも図 8 のように、最も高い値を有する  $A$  値から前記発光素子 9 の膜厚を求めることが可能である。

【0051】

このように前記スペクトルのデータが短い周期、特に 1 周期にも満たない場合でも前記発光素子 9 の膜厚を測定することが可能である。 10

【0052】

次に図 9 (a) に示すように、測定したスペクトルのデータにノイズが乗っているような場合でも図 4 ないし図 6 で説明したのと同じ方法で前記発光素子 9 の膜厚測定を行えば、図 9 (b) のように前記発光素子 9 の膜厚と  $A$  値との関係を求め、 $A$  値の大きさの変化を見ることで前記発光素子 9 の膜厚を簡単に且つ小さい誤差範囲で測定でき、ノイズがスペクトルデータに乗っていても図 9 (b) の結果を見れば、前記発光素子 9 の膜厚は  $3 \mu\text{m}$  であることがわかる。

【0053】

また本発明での前記発光素子 9 の膜厚測定は、既に説明したように第 1 光源部 5 から発光された光を発光素子 9 内に膜厚方向から透過させて、透過した光を受光部 4 で受け取って行うものであるため、図 2 に示す前記第 1 光源部 5 と受光部 4 とを結ぶ光軸 1 2 と前記発光素子 9 表面間の角度  $\theta$  が、 $90^\circ$  でなく多少ずれても前記発光素子 9 の膜厚を小さい誤差範囲で求めることができる。 20

【0054】

図 10 に示すスペクトルのデータは、最も上のデータが、前記角度  $\theta$  が  $90^\circ$  のとき、中間のデータが、前記角度  $\theta$  が  $85^\circ$  のとき、最も下のデータが、前記角度  $\theta$  が  $70^\circ$  のときのものである。

【0055】

図 10 を見てわかるように、各データは、ほとんど同じプロファイルを描いており、角度  $\theta$  が  $90^\circ$  でなくても前記発光素子 9 の膜厚の測定結果はほぼ同じとなる。 30

【0056】

このような結果となるのは、前記発光素子 9 に光を透過させて前記発光素子 9 の膜厚を測定する方法であると、光軸 1 2 と発光素子 9 表面間の角度  $\theta$  が多少  $90^\circ$  からずれても、前記発光素子 9 内で屈折した光が通る道筋は、前記角度  $\theta$  によって大きくずれないため、前記角度  $\theta$  が異なってもスペクトルのデータは良く似たものとなる。

【0057】

以上、図 4 ないし図 10 を用いて前記発光素子 9 の膜厚測定方法及びその効果について説明したが、本発明では図 1 及び図 2 に示す測定装置を用いて前記発光素子 9 の膜厚とともに前記発光素子 9 が発光する光の波長も測定することができる。 40

【0058】

前記発光素子 9 が発光する光の波長を誤差を小さく測定することが可能な測定方法を図 11 を用いて説明する。図 11 の測定結果は、前記発光素子 9 に青色発光ダイオードを用いて行ったものである。

【0059】

まず図 1 及び図 2 に示すように、第 2 光源部 7 から光を前記青色発光ダイオードの表面に照射し、前記青色発光ダイオードの表面から放出された光子 (光エネルギー) を前記受光部 4 で受け取り、フォトルミネセンススペクトル (photoluminescence spectrum) を得る。フォトルミネセンスとは、光子の吸収によってキャリアが励起され、それらの励起されたキャリアの再結合による光放射のことを言い、こ 50

のフォトルミネセンス現象を利用して、前記フォトルミネセンススペクトルを測定する。その測定結果が図11(a)である。前記第2光源部7から前記青色発光ダイオードに照射された光は、前記青色発光ダイオードが発光する青色光よりも短い波長を有する光であると、上記したフォトルミネセンススペクトルを適切に得ることができる。

【0060】

ところで図11(a)に示すフォトルミネセンススペクトルから、青色発光ダイオード内部での反射光(*internal reflections*)に起因した干渉(*interference*)を除去しないと、前記青色発光ダイオードが発する発光の正確な波長を求めることができない。

【0061】

そこで本発明では、前記干渉除去のために、図4で得られたインターフェアランススペクトル(*interference spectrum*)を用いる。図11(b)は図11(a)のフォトルミネセンススペクトルの波長域と同じ波長域(400nm~500nm)でのインターフェアランススペクトルの測定結果である。

【0062】

そして図11(a)でのフォトルミネセンススペクトルから図11(b)でのインターフェアランススペクトルを除去する。その結果が図11(c)である。ここで「除去」の方法は様々であるが例えば、前記フォトルミネセンススペクトルから前記インターフェアランススペクトルを引き算するか割り算することで、図11(c)の結果を求めることができる。

【0063】

図11(c)を見ると、スペクトルは約450nmの波長でピークを迎えており、よって測定したスポットでの前記青色発光ダイオードの波長は約450nmであることがわかる。

【0064】

図11での発光素子9の波長の測定方法によれば、前記発光素子9の膜厚の測定でのインターフェアランススペクトルの結果を、前記波長の測定に使用することができる。よってこのように発光素子9の膜厚と波長の測定に同じ測定結果を用いることができるから、前記発光素子9の波長の測定は非常に簡単になり、また測定時間の短縮を促進でき、さらに誤差の小さい測定結果を得ることができる。

【0065】

図12は、前記発光素子9の膜厚と波長を同時に測定するための測定方法である。この測定で使用した前記発光素子9は青色発光ダイオードである。

【0066】

図12(a)では、図2に示す第2光源部7から350nm程度の波長を有する紫外光を前記青色発光ダイオードに対して照射するとともに、第1光源部5からはフィルター補正した白色光を前記青色発光ダイオードに対して照射する。白色光は上記したように可視波長域全体の波長を有するが、第1光源部5にフィルター補正した高輝度ランプ(HID)を用いることで、400~500nmの波長帯域に重ならないようにしている。なおフィルター補正前の光源は、白色光のように広帯域の波長を有していなくてもよく、この測定では少なくとも500nm以上の波長帯域を持つ光であればよい。

【0067】

図12(a)は第1光源部5からの前記発光素子9を透過した光のスペクトルデータと、発光素子9のフォトルミネセンス発光のスペクトルデータを同時に測定したものである。第1光源部5からの前記発光素子9の透過した光のスペクトルデータと、前記発光素子9のフォトルミネセンス発光のスペクトルデータとを500nm付近を境に分けることができるため、1つのスペクトルデータから、前記発光素子9の膜厚及び波長を同時に測定することが可能である。

【0068】

図12(b)は、フィルタスペクトルデータであり、これは第1光源部5にフィルター補

10

20

30

40

50

正高輝度ランプ（H I D）を用いたため、フィルタスペクトルを上記のフォトルミネセンススペクトル及びインターフェアランススペクトルから除去するために求めたものである。

【0069】

図12(c)は、図12(a)で得られたフォトルミネセンススペクトル及びインターフェアランススペクトルから図12(b)で得られたフィルタスペクトルを除去した測定結果である。除去方法は図11で説明したのと同じである。

【0070】

図12(c)では、400nm～500nm程度の波長帯域で得られたフォトルミネセンススペクトルから前記青色発光ダイオードの波長を求めることができ、約500nm以上の波長帯域で得られたインターフェアランススペクトルからは前記青色発光ダイオードの膜厚を求めることができる。

10

【0071】

このように図12に示す測定方法を用いれば、前記発光素子9の波長と膜厚とを同時に測定でき、測定をより容易化できると共に測定時間を短縮することができる。また図12での測定では、図11(b)で説明したインターフェアランススペクトルの測定、図11(c)で説明したこのインターフェアランススペクトルをフォトルミネセンススペクトルから除去する工程が除かれるため、図12に示す測定方法は特に測定時間の短縮に適した測定方法と言える。

【0072】

このように図12に示すように、発光素子9の波長と膜厚とを同時に測定できるのは、同じ測定装置内に膜厚測定のための第1光源部5と波長測定のための第2光源部7とを備えているからである。

20

【0073】

以上、発光素子9の膜厚及び波長の測定方法について説明したが、本発明によれば、簡単で且つ小さい誤差範囲で前記発光素子9の膜厚及び波長の測定を行うことができる。

【0074】

また本発明での測定装置では、前記発光素子9に光を透過させて、前記発光素子9の膜厚を測定しており、この測定装置を用いれば、前記発光素子9を載せた基板が若干傾いていたりしても、前記発光素子9の膜厚を小さい誤差範囲で測定できる。また本発明の測定装置では、前記発光素子9の膜厚と波長の測定を共に一つの装置内で行うことができ、しかも前記膜厚と波長測定を同時に行うこともでき、測定の容易化と測定時間の短縮を図ることができる。

30

【0075】

また図4ないし図12で説明した測定方法では、発光素子9に青色発光ダイオードを用いたが、他の色を発光させるダイオードや、ダイオード以外の発光素子にも適用可能である。

【0076】

【発明の効果】

以上詳述した本発明によれば、簡単で且つ小さい誤差で発光素子の膜厚及び前記発光素子が発光する光の波長を測定することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における発光素子の膜厚及び波長を測定するための装置の概念図、

【図2】光源部、受光部及び発光素子が成膜された基板の位置関係を説明するために図1に示す装置を部分的に正面から見た概念図、

【図3】発光ダイオードの断面図、

【図4】発光素子の膜厚測定の方法を説明するためのスペクトルデータ、

【図5】図4のデータを変換したスペクトルデータ、

【図6】図5のスペクトルデータから求めた発光素子の膜厚dとA値との関係を示すグラフ、

50

【図 7】図 4 と同様の方法で求めた周期が異なる 3 つのスペクトルデータ、

【図 8】図 7 のそれぞれのスペクトルデータから求めた発光素子の膜厚  $d$  と  $A$  値との関係を示すグラフ、

【図 9】( a ) はスペクトルにノイズが乗っているスペクトルデータ、( b ) は ( a ) のスペクトルデータから求めた発光素子の膜厚  $d$  と  $A$  値との関係を示すグラフ、

【図 10】図 2 に示す発光素子表面と光軸間の角度 が異なる場合の 3 つのスペクトルデータ、

【図 11】( a ) から ( c ) は発光素子が発光する光の波長を求めるためのデータであり、( a ) はフォトルミネセンススペクトルデータ、( b ) はインターフェアランススペクトルデータ、( c ) は ( a ) のスペクトルから ( b ) のスペクトルを引いて波長測定のために適正化されたスペクトルデータ、

10

【図 12】( a ) から ( c ) は発光素子の膜厚と波長を同時に求めるためのデータであり、( a ) は、異なる波長帯域で得られたフォトルミネセンススペクトルデータとインターフェアランススペクトルデータ、( b ) はフィルタスペクトルデータ、( c ) は ( a ) のスペクトルから ( b ) のスペクトルを引いて膜厚と波長測定のために適正化されたスペクトルデータ、

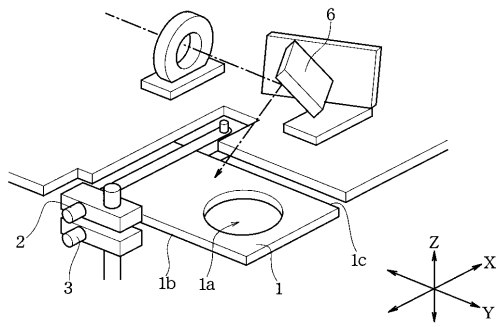
【符号の説明】

- 1 台
- 2、3 光ファイバ
- 4 受光部
- 5 第 1 光源部
- 6 反射板
- 7 第 2 光源部
- 8 基板
- 9 発光素子
- 10、11 光
- 12 光軸
- 12 a 焦点

20

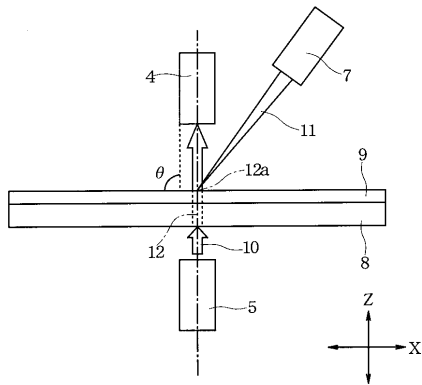
【 図 1 】

図 1



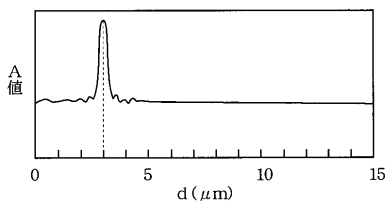
【 図 2 】

図 2



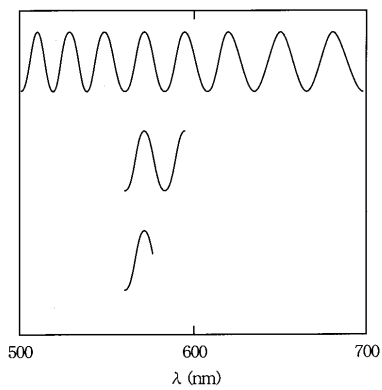
【 図 6 】

図 6



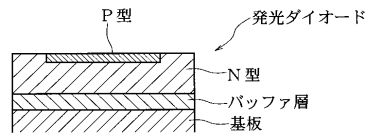
【 図 7 】

図 7



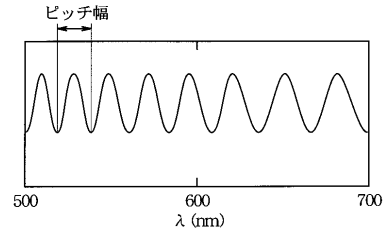
【 図 3 】

図 3



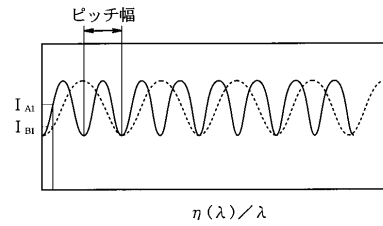
【 図 4 】

図 4



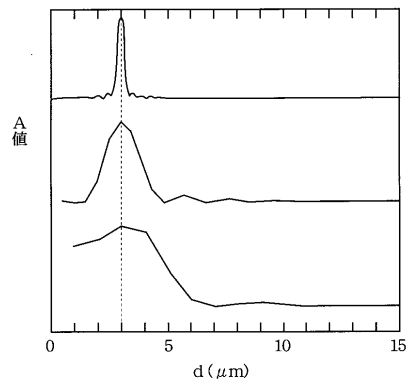
【 図 5 】

図 5

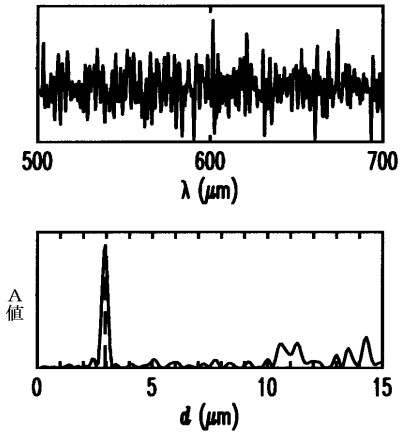


【 図 8 】

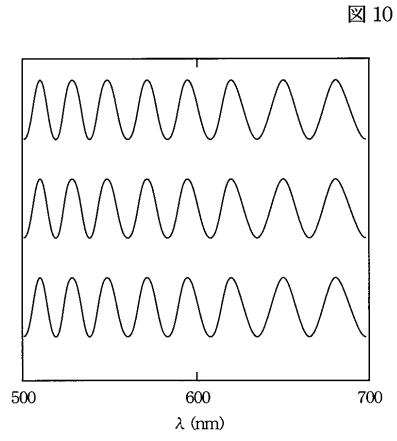
図 8



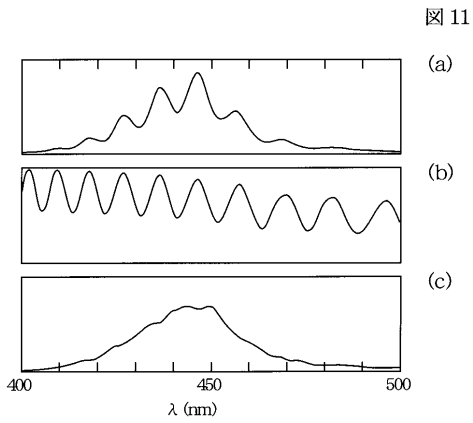
【 図 9 】



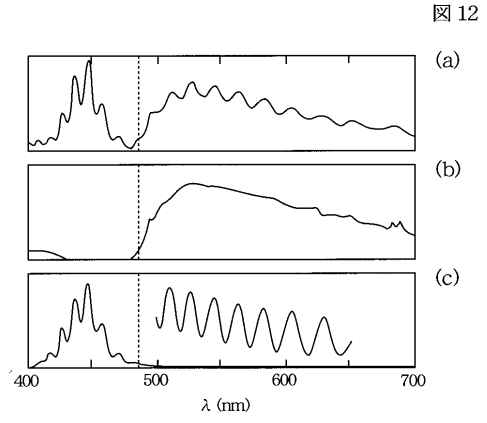
【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 12 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G020 AA04 AA05 CA12 CB04 CB26 CB31 CB36 CB43 CC23 CD03  
CD16  
2G086 EE03  
5F041 AA46 CA40