



(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 I673538 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 10 月 01 日

(21)申請案號：107102628

(22)申請日：中華民國 103 (2014) 年 03 月 12 日

(51)Int. Cl. : G02C7/02 (2006.01)

G02C7/04 (2006.01)

(30)優先權：2013/03/14 美國

13/828,012

(71)申請人：美商壯生和壯生視覺關懷公司 (美國) JOHNSON & JOHNSON VISION CARE, INC.
(US)

美國

(72)發明人：伍利 班傑明 WOOLEY, C. BENJAMIN (US) ; 海伍德 詹姆斯 HAYWOOD,
JAMES WILLIAM (US)

(74)代理人：陳彥希；何愛文

(56)參考文獻：

CN 101438203A

JP 2010-538325A

US 2009/0066913A1

審查人員：許嘉展

申請專利範圍項數：1 項 圖式數：24 共 54 頁

(54)名稱

具有依據屈光異常程度之瞳孔尺寸矯正的老花鏡片

(57)摘要

用以治療老花眼的眼科鏡片可被改進以提高病人的視覺體驗。藉由調整老花眼鏡片的光學設計解決因為近視或遠視度數所造成的瞳孔尺寸改變，可以得到與屈光異常程度不相關的增強視覺體驗。

Ophthalmic lenses for the treatment of presbyopia may be improved to enhance the visual experience of the patient. By adjusting the optical design of presbyopic lenses to account for changes in pupil size due to the degree of myopia or hyperopia, an enhanced visual experience may be achieved independent of the level of ametropia.

指定代表圖：

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓-最佳化方法

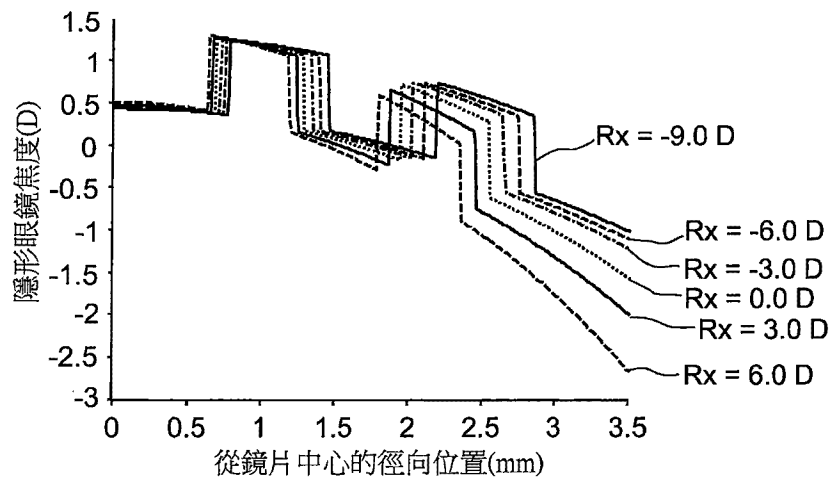


圖13

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】

具有依據屈光異常程度之瞳孔尺寸矯正的老花鏡片

PRESBYOPIA LENS WITH PUPIL SIZE CORRECTION BASED
ON LEVEL OF REFRACTIVE ERROR

【技術領域】

【0001】 本發明涉及用以矯正老花眼的隱形眼鏡，更加特定而言，是考量屈光錯誤而根據瞳孔尺寸來換算的用以矯正老花眼的隱形眼鏡。以保證該設計提供相同的視覺體驗，而不受屈光異常或屈光錯誤程度影響。本發明還涉及一種老花眼用矯正鏡片之光學設計的調整方法以考量瞳孔尺寸變化，因為其與屈光異常相關。

【先前技術】

【0002】 隨著人們年齡增加，他們眼睛的自然水晶體變得不
太能調節或彎曲以對焦於與觀察者相對靠近的物點。此一情況習稱老
花眼。更加特定而言，在一個人出生時，水晶體是柔韌的，這使得它
具有高度調節能力。隨著個體年齡增長，水晶體逐漸變得較為堅硬，
因而變得較不能調節。同理，對於移除自然水晶體並放入人工水晶體
(intraocular lens, IOL)以為替代的人而言，該調節能力是不具備的。雖
然可調節人工水晶體意圖解決這個潛在的缺點，但目前可調節人工水
晶體的設計和概念仍為相對新穎，並在不斷發展。

【0003】 目前已有用以治療老花眼的各類隱形眼鏡和人工水
晶體設計。上述設計包含各種形式的雙焦和多焦隱形眼鏡，包括同心
環、非球面設計以及衍射設計。這些設計通常依他們的焦度輪廓在專

利文獻中描述。即使以表面或其它屬性說明，但給定設計的焦度輪廓已被決定。

【0004】 圖 1 顯示的是一個同心環類型設計的焦度輪廓的例子。水平軸顯示了鏡片中心的徑向位置，以 mm 為單位。垂直軸顯示了隱形眼鏡焦度相對於隱形眼鏡的標稱焦度，以屈光度(diopters, D)為單位。這個特別設計是由五個同心環所組成。這邊所繪的隱形眼鏡焦度是相對於標稱焦度。標稱焦度是補償病人屈光異常(ametropia)或稱屈光錯誤程度所需的焦度。舉例而言，可以由眼科保健專家決定具有近視(myopia)的個體需要-2.75 D 鏡片以矯正屈光異常。選定的隱形眼鏡的標稱焦度會是-2.75 D。

【0005】 對於一個特定設計，如圖 1 說明的例子，需要具有一定範圍的標稱焦度的鏡片組。通常來說，一個特定設計，例如圖 1 所示的例子，具有從-12.00 D 到 8.00 D，以 0.25 D 增量的標稱焦度。先前技術(專利或其他方式)所描述的光學設計其目的通常在於治療單一標稱焦度的老花眼。決定設計的其他標稱焦度的方法並未被明確指出，但隱含在設計有關公稱焦度的描述。由圖 1 隱含創建涵蓋一定範圍標稱焦度的設計組方法之設計為採取公稱設計，並添加等於標稱焦度的固定焦度到其中。這個設計的焦度輪廓組，如圖 2 所示，可以以 1.0 D 的步距由-8.0 D 遞增至+6.0 D 標稱焦度。

【0006】 目前有許多形式的雙焦和多焦隱形眼鏡被用於矯正老花眼。這些設計形式包括同心環、非球面設計以及衍射設計。這些設計都是藉由在眼睛瞳孔內提供一定範圍的焦度來達成功能。舉例而言，同心環設計可能包含提供與矯正受試者的距離視力所需的焦度公稱相等焦度的中央環；可提供近焦度的相鄰環；以及同樣提供距離焦

度的外環。此外，還有可提供具中間焦度的版本或變體，以解決遠近距離之間的情況，例如，觀看電腦螢幕。非球面設計可被認為是一種多焦或漸進式類型設計，其提供給特定尺寸瞳孔的焦度在鏡片中心從正焦度逐漸變化到距離焦度，及提供近視力矯正焦度，而在瞳孔邊緣具有遠距離視力矯正之焦度。

【0007】 瞳孔尺寸取決於許多的因素，包括光的亮度。老花眼的大部分設計工作及先前技術所關注的，是針對一定範圍的光亮度、以及從而量得的瞳孔尺寸下將設計性能進行最佳化。在設計老花鏡片時，會將瞳孔尺寸考慮在內。這樣做的方法會取決於設計的目的。其中一個目標可能是採取與瞳孔尺寸無關的設計，從而使得光亮度變化和瞳孔尺寸變化時，視力將保持不變。或者，目標可能是提供喜好近距離視力的小瞳孔和遠距離視力的大瞳孔所需的鏡片，就如同許多的中心近設計(center near designs)所達成的。或者，目的可能是為了提供喜好遠距離視力的小瞳孔和近距離視力的大瞳孔所需的鏡片，就如同許多的中心遠設計(center distance designs)所達成的。上述設計的可能性和排列基本上是無窮盡的。

【0008】 瞳孔尺寸還取決於屈光異常的程度。現在請參照圖 3、4 和 5，其以圖形方式說明在給定亮度下，瞳孔尺寸和屈光錯誤之間的關係。更加特定而言，圖 3-5 說明在 2.5、50 和 250 cd/m^2 (燭光/每平方米)的亮度時所收集到的瞳孔尺寸數據。這些數據代表老花眼族群的 40 歲以上受試者。依瞳孔尺寸數據為垂直軸、以屈光度表示屈光錯誤的水平軸來繪製而得到本圖。由這些圖可知，在所有給定光亮度下，近視的瞳孔尺寸都會比遠視的更小。因此，由於在給定的光亮度下，瞳孔尺寸會隨屈光錯誤而改變，那麼治療老花眼的鏡片需要

使得設計是根據瞳孔尺寸來換算，以保證設計可以具有一致性的表現，而與矯正後的屈光錯誤無關。

【發明內容】

【0009】 本發明的隱形眼鏡和以及其設計方法可克服如上簡述的先前技術相關缺點。

【0010】 根據一態樣，本發明是針對一種改善治療老花眼用的眼科鏡片的方法。該方法包含如下步驟：創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎光學設計的焦度輪廓， P_{nominal} ；以及依一目標個體的屈光異常度數的族群平均瞳孔尺寸比例換算基礎光學設計內預定特徵部的徑向位置。

【0011】 根據另一態樣，本發明是針對一種改善治療老花眼用的眼科鏡片的方法。該方法包含如下步驟：創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎光學設計的焦度輪廓， P_{nominal} ；以及將該基礎光學設計內該些預定特徵部的徑向位置依一個體的測量瞳孔尺寸之比例換算。

【0012】 根據又一態樣，本發明是針對一種改善治療老花眼用的眼科鏡片的方法。該方法包含如下步驟：創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎光學設計在一公稱處方焦度的焦度輪廓；創建用以最佳化的一視覺評價函數；以及將該公稱處方焦度處的視覺評價函數與在該公稱處方焦度以外的處方焦度的視覺評價函數之間的差異進行最小化。

【0013】 根據再一態樣，本發明是針對一組用以治療屈光異常度數範圍內的老花眼的鏡片。該組鏡片之設計是藉由創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎

光學設計的焦度輪廓， P_{nominal} ；以及依一目標個體屈光異常度數的族群平均瞳孔尺寸比例換算該基礎光學設計內預定特徵部的徑向位置。

【0014】 根據另一態樣，本發明是針對一組用以治療屈光異常度數範圍內的老花眼的鏡片。該組鏡片之設計是藉由創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎光學設計的焦度輪廓， P_{nominal} ；以及將該基礎光學設計內該些預定特徵部的徑向位置依一個體的一測量瞳孔尺寸之比例換算。

【0015】 根據又一態樣，本發明是針對一組用以治療屈光異常度數範圍內的老花眼的鏡片。該組鏡片之設計是藉由創建一基礎光學設計，其具有用於治療老花眼的一鏡片的預定特徵部；決定該基礎光學設計在一公稱處方焦度的焦度輪廓；創建用以最佳化的一視覺評價函數；以及將該公稱處方焦度處的視覺評價函數與在該公稱處方焦度以外的處方焦度的視覺評價函數之間的差異進行最小化。

【0016】 根據又另一態樣，本發明是針對一組用以治療屈光異常度數範圍內的老花眼的鏡片。該組鏡片之設計是藉由下式所給出的一焦度輪廓：

$$P_{\text{Rx}}(r) = P_2(M_1 * r + M_2 * r^2 + \dots) - SA_{\text{eye}} * r^2,$$

其中 P_2 由下式給出

$$P_2(r) = P_1(r) + Rx,$$

以及

$$P_1(r) = P_{\text{nominal}}(r) - Rx_{\text{nominal}} + SA_{\text{eye}} * r^2,$$

其中 SA_{eye} 為球面像差， r 為從鏡片中心的徑向距離，而 $P_{\text{nominal}}(r)$ 是用以矯正眼睛具有球形屈光 Rx_{nominal} 屈光度需要的公稱設計的焦度輪廓。

【0017】 本發明針對許多治療老花眼的眼科鏡片，例如人工水晶體和隱形眼鏡，根據瞳孔尺寸數據進行換算以確保設計提供與病人屈光異常程度無關的相同視覺體驗。本發明亦針對調整老花眼鏡片的光學設計以適應瞳孔尺寸之變化，進而確保設計可提供與病人屈光異常程度無關的相同視覺體驗。更加特定而言，本發明提供調整多焦和雙焦設計的技術手段，使得設計可以在族群中具有的一致性表現，而與屈光異常程度無關。此處所說的老花眼鏡片的光學設計對於每個球面處方(Rx)都是唯一，因將瞳孔尺寸隨著屈光異常的程度或度數變化的事實列入考慮。得到的鏡片可能是低和高附加，或低、中和高附加組合，其設計可能依處方而有所不同。

【0018】 雖然瞳孔尺寸數據顯示，遠視個體的平均瞳孔尺寸在所有亮度處及範圍內較近視個體為小，但目前也顯示在給定屈光異常程度的受試者中有許多的變異性。本發明的方法也可以用來換算適用老花眼的設計，其依照在低、中及亮光情形下的特定瞳孔尺寸集合建造及最佳化，以適用於在給定光亮度下具有一對較大或較小瞳孔尺寸的個體。在這種情況下，無論設計是為個人量身訂製或是由眼科保健專家由替代設計集合中擇一以適配病人的瞳孔尺寸，都能提供病人一個改進的視覺體驗。

【0019】 根據本發明的第一個方法，提供一設計之技術手段，其將在一處方之一焦度輪廓分析性地換算為所需的處方全部範圍，以提供屈光異常的全部範圍內的相似視覺表現。

【0020】 根據本發明的第二個方法，提供一設計之技術手段，其將在一處方之一焦度輪廓換算為所需處方全部範圍，其係利用

將指標函數作為度量的最佳化方法，以確保配戴的人所得到的視覺表現體驗盡可能地與屈光異常程度無關。

【0021】 本發明的整體方法論提供修改現有的隱形眼鏡的技術手段。此方法論可達成創建治療老花眼的隱形眼鏡，並給用戶改進視覺敏銳及更好的視覺體驗。

【圖式簡單說明】

【0022】 從以下本發明的較佳實施例之詳細說明中，並配合附圖所示，本發明之前述及其他特徵與優勢將更為清楚明白。

圖 1 為圖形表示同心環型隱形眼鏡的焦度輪廓。

圖 2 為圖形表示同心環隱形眼鏡在不同處方強度的焦度輪廓組。

圖 3 為圖形表示在 2.5 cd/m^2 亮度，瞳孔尺寸與屈光錯誤數據之關係。

圖 4 為圖形表示在 50 cd/m^2 亮度，瞳孔尺寸與屈光錯誤數據之關係。

圖 5 為圖形表示在 250 cd/m^2 亮度，瞳孔尺寸與屈光錯誤數據之關係。

圖 6 為圖形表示圖 3、4 及 5 數據的三組漸近線。

圖 7 為圖形表示放大因子為 R_x 函數。

圖 8 為圖形表示焦度輪廓族。

圖 9 為圖形表示了三種不同設計方法於同心環鏡片上一系列的預測 logmar 視力敏銳與輻輳關係。

圖 10-12 為圖 9 所述數據的簡化重新繪製圖。

圖 13 為圖形表示使用換算方法在根據本發明的同心環鏡片產生一系列的焦度輪廓與從鏡片中心徑向位置的關係。

圖 14 為圖形表示使用以本發明為根據的最佳化方法，在同心環鏡片產生一系列的焦度輪廓與從鏡片中心徑向位置的關係。

圖 15 為圖形表示例示漸進式多焦隱形眼鏡的焦度輪廓。

圖 16 為圖形表示使用以本發明為根據的換算方法，在漸進式多焦隱形眼鏡產生一系列的焦度輪廓與從鏡片中心徑向位置的關係。

圖 17 為圖形表示使用以本發明為根據的換算方法，在具有由彼此減得的 Rx 的漸進式多焦隱形眼鏡產生一系列的焦度輪廓與從鏡片中心徑向位置的關係。

圖 18 為圖形表示使用以本發明為根據的最佳化方法，在漸進式多焦隱形眼鏡產生一系列的焦度輪廓與從鏡片中心徑向位置的關係。

圖 19 為一系列圖形表示在漸進式多焦隱形眼鏡的三種不同設計方法所得的 Logmar 敏銳度與輻輳關係。

圖 20-22 為將圖 19 所述數據簡化的重新繪製圖。

圖 23 為圖形表示不同 Rx 值的放大因子為徑向位置之函數。

圖 24 為圖形表示使用具有依圖 23 所示改變的放大因子 M 的換算方法所創建的鏡片族之焦度輪廓。

【實施方式】

【0023】 本發明是針對矯正老花眼用的鏡片的調整方法以及所得到的鏡片，以解決瞳孔尺寸變化進而確保設計可提供與病人屈光異常程度無關的相同視覺體驗。根據一例示性實施例，此方法提供技術手段以將一設計在一個處方所得到的一個焦度輪廓分析性地換算為所需處方的全部範圍，以提供在屈光異常的全部範圍中相似的視覺表現。此即分析性的換算方法。根據另一例示性實施例，此方法提供手段將一設計在一個處方所得到的一個焦度輪廓換算為所需處方的全部範圍，以提供在屈光異常的全部範圍中相似的視覺表現，其將使用指標函數或尺度得方法最佳化，以確保使用者所經歷的視覺表現盡可能與屈光異常程度不相關。此即為最佳化方法。如上所述，這些方

法可以運用於任何適當的鏡片，而以下說明的例示性實施例中闡述一個同心環設計和漸進式的多面設計。在此所描述的方法所使用指示遠視和近視的瞳孔尺寸的數據是不同的，如此處詳細說明。

【0024】 本發明可應用於許多眼科鏡片，舉例而言，人工水晶體和隱形眼鏡。然而，為了便於說明，本發明是以隱形眼鏡進行說明。隱形眼鏡係置於眼睛上的簡易鏡片。隱形眼鏡被認定為醫療裝置，可配戴作為矯正視力和/或裝飾或其他治療用。從 1950 年代起，隱形眼鏡已商品化應用，用來改善視力。早期的隱形眼鏡係以硬質材料構成或製成，相對昂貴而脆弱。此外，彼等早期隱形眼鏡製作上使用的材料，不能讓足夠的氧氣穿透隱形眼鏡而抵達結膜和角膜，可能會導致一些不良的臨床效果。雖然這些隱形眼鏡仍在使用，但因其初期舒適性較差，並不適合所有患者。晚近此領域的研究發展出以水膠為基底的軟式隱形眼鏡，其至今日極受歡迎且廣為使用。具體而言，現今可用的聚矽氧水凝膠隱形眼鏡，結合具有極高透氧性的矽氧烷優點和經證實的水凝膠舒適性及臨床表現。基本上，彼等以聚矽氧水凝膠為基底的隱形眼鏡與早期硬質材料製成的隱形眼鏡相較，具有較高的透氧性、且一般而言配戴較為舒適。然而，這些新式隱形眼鏡並非完全沒有限制。

【0025】 目前可取得的隱形眼鏡仍是具成本效益的視力矯正方式。此薄型塑膠鏡片貼合於眼睛角膜上方以矯正視力缺陷，包括近視或近視眼、遠視或遠視眼、散光（即角膜的非球面性）與老花（即水晶體失去調節能力）。隱形眼鏡可有各種形式，並且以各式材料製成，以提供不同的功能性。日戴型軟式隱形眼鏡通常是由軟質聚合物-塑膠材料製成，並且這些材料會結合水以提供透氧性。日戴型軟式

隱形眼鏡可為日拋式或長戴拋棄式。日拋型隱形眼鏡通常配戴一天就丟棄，而長戴拋棄式隱形眼鏡通常可配戴高達三十天的期間。有色軟式隱形眼鏡使用不同材料以提供不同的功能性。例如，可見性染色隱形眼鏡使用淺色染色來協助配戴者找出掉落的隱形眼鏡；強化型染色隱形眼鏡具有半透明的染色來強化配戴者的天然眼睛顏色；變色型染色隱形眼鏡包含較深、不透明的染色來改變配戴者的眼睛顏色；而濾光型染色隱形眼鏡的功能為強化某些顏色而弱化其他顏色。剛性透氣硬式隱形眼鏡是以聚矽氧聚合物製成，但因較軟式隱形眼鏡更具剛性，故可保持其形狀並且更加耐久。雙焦距隱形眼鏡專為老花患者設計，並且有軟式與硬式種類。複曲面隱形眼鏡專為散光患者設計，並且亦可有軟式與硬式種類。組合式鏡片結合以上的不同態樣，並且亦可有混合型隱形眼鏡。

【0026】 針對本發明之目的，將隱形眼鏡劃分為至少兩個不同的區。內部區或光學區為視力矯正之由獲得者，而隱形眼鏡外周邊區則提供隱形眼鏡在眼睛上之機械穩定性。在某些情況下或是隱形眼鏡設計一中間區或位於內光學區和外邊圍區之區域可被用來流暢地摻合以上所提的區，而不會有中斷產生。亦將隱形眼鏡界定出一前表面或表面度數、一後曲面或基底曲面以及一邊緣。

【0027】 該內部區或光學區提供視力矯正並且針對特定需求而設計，例如單一視力近視或遠視矯正、散光視力矯正、雙焦距視力矯正、多焦距視力矯正、定製矯正或任何其他提供視力矯正之設計。換句話說，該光學區包括針對屈光異常和老花眼佩戴者的視覺焦度矯正。屈光異常係定義為提供良好視覺敏銳度所需要的光學倍率，通常是指看遠之視覺敏銳度。認為此將包括近視或遠視，以及與任何一個

並存的散光。老花眼之矯正係藉由代數將光焦度加入至光學區域的一部分以矯正配戴者近視力需求。一般認為這些光學焦度可通過折射裝置、衍射裝置或兩者被創建。外圍或周邊區提供隱型眼鏡在眼睛上的穩定性，包括中心定位與定向。當光學區包括非旋轉對稱的特徵部(如散光矯正和/或高階像差矯正)時，定向和穩定性是根本的。該中間區或區域確保該光學區與該周邊區以正切曲線(tangent curve)交融。重要的是必須留意，該光學區與該周邊區皆可獨立設計，但當特定要求為必要時，其設計則為強烈相關。例如，具有散光光學區之複曲面鏡片設計可能需要一特定周邊區，以使隱形眼鏡在眼睛上維持預定位向。

【0028】 複曲面隱形眼鏡之設計與球面隱形眼鏡不同。複曲面隱形眼鏡在其光學區部分具有兩種焦度，即球面與柱面，其通常以互相成直角之曲率來產生。這些度數需要在眼睛上維持在特定角度、柱軸下之位置，以提供所需之散光視力矯正。複曲面隱形眼鏡之機械或外周邊區通常包含一穩定化手段，以在隱形眼鏡配戴於眼睛上時，適當旋轉並定向該柱軸或散光軸至定位。在複曲面隱形眼鏡之生產中，當該隱形眼鏡移動時，或者當該隱形眼鏡置入時，旋轉該隱形眼鏡至其適當位置至關重要。

【0029】 創建依據本發明的鏡片的第一步就是創建一個雙焦或多焦隱形眼鏡的光學設計。本發明並未固定或界定創建此設計的設計類型或方法。因此，設計類型可以有許多的類型，包括同心環設計，具有連續焦度輪廓和非球面表面的設計，使用衍射表面的設計等。換言之，可以採用任何適當的鏡片。

【0030】 此程序的下一步是決定設計的焦度輪廓。此焦度輪廓，如圖 1 所說明的例示同心環設計，是以屈光度表示的焦度，其計

算方式為以光從一個給定的瞳孔徑向位置，從鏡片到焦點以公尺為單位的距離的倒數。公稱設計的焦度 $P_{\text{nominal}}(r)$ 是徑向位置 r 的函數。此鏡片依具有球形屈光的需求(亦即球面處方)或 $R_{x_{\text{nominal}}}$ 之一眼所設計。這裡和貫穿本文描述所使用的表示法係假定焦度輪廓是徑向對稱，但此並非本發明的限制條件。更加廣泛而言，也有與極角(polar angle)相關的焦度輪廓。

【0031】 由圖形及說明書所提供及說明的瞳孔尺寸數據，目前已知在相等光亮度之下，遠視的瞳孔尺寸較近視為小。本發明的中心思想，是將一給定的設計中影響老花眼性能的特徵部的徑向位置進行換算，如此使得在給定的光亮度時，特徵部的位置始終位於一個相對於瞳孔的不變位置。由於在給定光亮度時，瞳孔尺寸的變化與屈光異常程度成比例，那麼這就表示設計的特徵部的徑向位置最好需要依屈光異常度數的比例作對應變化。

【0032】 首先是用於具有球形屈光需要 R_x 的眼睛矯正的公稱設計的焦度輪廓 $P_{\text{nominal}}(r)$ ， $P_1(R)$ 是由下式所給出

$$P_1(r) = P_{\text{nominal}}(r) - R_{x_{\text{nominal}}} + SA_{\text{eye}} * r^2, \quad (1)$$

其中 SA_{eye} 為球面像差，而 r 是從鏡片中心的徑向距離。焦度輪廓 $P_1(r)$ 是放置在具有公稱屈光需要的眼睛上的公稱設計的鏡片加眼睛組合的焦度輪廓，假設眼睛具有球面像差 SA_{eye} 。球面像差的單位是 diopters/mm^2 ，並且其通常值為 0 到 0.1 D/mm^2 。

【0033】 接著由所需焦度轉換焦度輪廓 $P_1(r)$ ，以使設計適用於具有屈光需要 R_x 屈光度的眼睛。焦度 $P_2(r)$ 簡單地由下式給出：

$$P_2(r) = P_1(r) + R_x. \quad (2)$$

將 $P_1(R)$ 由方程式(1)代入方程式(2)結果得到

$$P_2(r) = P_{\text{nominal}}(r) + SA_{\text{eye}} * r^2 + Rx - Rx_{\text{nominal}} \quad (3)$$

【0034】 由代表可能屈光錯誤之完整範圍的受試者，在固定光亮度下所得的瞳孔尺寸數據，可決定被施加到焦度輪廓 P_2 的放大因子， M ，進而決定設計在不同處方或 Rx 的換算焦度輪廓。換算焦度 $P_{Rx}(r)$ 可由下式給出

$$P_{Rx}(r) = P_2(M*r) - SA_{\text{eye}} * r^2 \quad (4)$$

【0035】 依據本發明，放大因子 M 可以由線性函數近似而得到。當 Rx 為給定時， M 值所落入的範圍是由下列所給：

$$M(Rx) = m \cdot (Rx - Rx_{\text{nominal}}) + 1 \quad (5)$$

其中 m 根據 $0.008 < m < 0.012$ 的方式變化。

【0036】 為了更佳理解這一點，首先參照圖 3-5 所示的數據。這些數據適用於代表老花眼族群的 40 歲以上受試者。這些瞳孔直徑是在 2.5 cd/m^2 , 50 cd/m^2 及 250 cd/m^2 的亮度下所測定的。這數據的三個漸近曲線被共同繪製於圖 6，如隨後詳細。

【0037】 放大因子 M 是由瞳孔數據所決定，如下列實例所示。在第一實例中，鏡片是一個同心環型多焦鏡片。 $Rx_{\text{nominal}} = 0.0 \text{ D}$ 時的焦度輪廓 $P_{\text{nominal}}(R)$ 如圖 1 所示。三個不同的亮度的瞳孔半徑可由圖 6 所示的圖形加以歸納。參照圖 6，在 $Rx_{\text{nominal}}=0$ 時，測定零值 $R00$ 以外的每個測試亮度值(250 cd/m^2 , 50 cd/m^2 ，以及 2.5 cd/m^2)的半徑值 $R01$ 、 $R02$ 和 $R03$ 。這些值可以通過由下式給出的向量 $\vec{r}_0$ 來表示。

$$\vec{r}_0 = [r_{00} \quad r_{01} \quad r_{02} \quad r_{03}] \quad (6)$$

同樣地，向量 $\vec{r}_1$ 是由目標設計在 Rx 的值所決定。在圖 6 中，目標 Rx 為 6.0 D ，而向量 $\vec{r}_1$ 是由下式給出

$$\vec{r}_1 = [r_{10} \quad r_{11} \quad r_{12} \quad r_{13}] \quad (7)$$

放大因子 M 關聯到 $\vec{r}_0$ 及 $\vec{r}_1$ ，如下所示。

$$\vec{r}_0 = M \cdot \vec{r}_1 \quad (8)$$

M 是以數值方式決定，較佳者為通過最小平方最小化。

【0038】 或者，關連至 $\vec{r}_0$ 及 $\vec{r}_1$ 的因子可能是一個更高階的函數，諸如二次或三次函數，以提供更適合瞳孔數據的漸近線。在這種情況下，公式(4)可成為

$$P_{Rx}(r) = P_2(M_1 * r + M_2 * r^2 + \dots) - SA_{eye} * r^2 \quad (9)$$

圖 7 說明，在此實例中，放大因子可為 Rx 的一個函數。需要注意的是，如同預期地， $Rx_{nominal} = 0$ 時， $M = 1$ 。

【0039】 將這些放大因子施加到從 -8.0 D 到 +6.0 D 一定範圍的目標 Rx 值以 1.0 D 的增量結果得到圖 8 所示的焦度輪廓族。對於具有較小的瞳孔尺寸的遠視情形而言，焦度輪廓的特徵部的位置更朝向光學元件的中心。對於具有較大的瞳孔尺寸的近視情形而言，焦度輪廓的特徵部的位置更朝向光學元件的邊緣。

【0040】 為了進一步改善映射情形以變換瞳孔尺寸或作為上述計算方式的代替方案，可以實現最佳化過程，從而決定 $Rx_{nominal}$ 以外的 Rx 值的焦度輪廓，以最小化其他 Rx 的視覺表現度量與 $Rx_{nominal}$ 的視覺表現度量之間的差異。美國專利第 7,625,086 號描述了一種方法來計算隱形眼鏡和眼組合的預測 logMAR 視力敏銳度(logmar acuity, “VA”)。VA 計算可以用來作為最佳化的視覺表現度量，儘管其它度量亦為可行，例如調節傳遞函數(modulated transfer function, MTF)或均方根(root mean square, RMS)光點大小(spot size)。創建指標函數的較佳方法為計算低、中和高亮度的 $Rx_{nominal}$ 的通過輻輳(物體距離從無限遠到 40 公分，或等效為屈光度從 0 D 到 2.5 D)，並將指標函數定義為

VA 值與在新的 Rx (其在指定亮度下具有不同的瞳孔尺寸)值的差異。此設計的焦度輪廓接著以最小平方感知(least squares sense)進行最佳化，以盡量減少設計與 Rx 及 Rx_{nominal} 之間的通過輻輳 VA 的差異。

【0041】 圖 9 以圖形顯示，一個同心環區設計鏡片(實例 1)，其與先前技術鏡片的比較，通過換算方法所製造的鏡片以及通過最佳化方法製造的鏡片的比較。此數據也顯示於下列表 1。圖 9 說明從-9 D 到+6 D (-9 D、-6 D、-3 D、0 D、3 D 和 6 D)的設計的通過輻輳計算的三行三列。在這些設計中，Rx_{nominal}=0。第一列之亮度為 250 cd/m²，第二列為 50 cd/m²，而第三列 2.5 cd/m²。第一行說明通過輻輳結果，其中焦度輪廓係使用先有技術方法在 Rx 範圍換算。中間行說明了換算方法，而最右行顯示了最佳化方法。每個圖亦顯示均方根值，這是在 Rx_{nominal} 通過輻輳 VA 的目標和實際值之間的均方根錯誤。正如所看到的，在大多數的情況下，換算方法提供先前技術的改進方案，而最佳化方法更進一步地提供一個改進方案，以一致性地得到三組瞳孔尺寸在所有 Rx 的較低均方根值。

【0042】 圖 10-12 是以不同方式繪製相同數據之圖形表示及將組合較少之曲線，使得本發明例示方法的優點更容易被看到。圖 10 為 250 cd/m²，圖 11 為 50 cd/m²，而圖 12 為 5 cd/m²。

【0043】 圖 14，如同圖 8，說明了使用換算方法所得設計的焦度輪廓。在此情形下，它們都被正規化到相同的 Rx (例如 Rx=0)。圖 13 說明使用最佳化方法的焦度輪廓。

Rx=-9 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.8	0.032	0.014	0.014
EPD	3.6	0.086	0.032	0.025
EPD	5.8	0.297	0.324	0.204

Rx=-6 D	瞳孔	先前技術	強度	最佳化方法
EPD	2.7	0.017	0.009	0.009
EPD	3.5	0.055	0.021	0.016
EPD	5.7	0.243	0.226	0.131

Rx=-3 D	瞳孔	先前技術	換算	最佳化方法
EPD	2.7	0.006	0.004	0.005
EPD	3.4	0.027	0.010	0.008
EPD	5.5	0.157	0.104	0.068

Rx=0 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.6	0.000	0.000	0.000
EPD	3.3	0.000	0.000	0.000
EPD	5.3	0.000	0.000	0.000

Rx=3 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.5	0.005	0.005	0.005
EPD	3.2	0.025	0.010	0.008
EPD	5.1	0.152	0.131	0.061

Rx=6 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.4	0.011	0.009	0.009
EPD	3.1	0.048	0.019	0.015
EPD	4.9	0.234	0.237	0.124

表 1

【0044】 在第二個實例中，利用漸進式多焦鏡片設計來說明不同方法所得結果。圖 15 說明漸進式多焦鏡片設計在 $Rx_{nominal}=0$ 的公稱焦度輪廓。如同前面的例子，施加相同的放大因子，使用換算方法所得到的設計於圖 16 說明。由於圖 16 難以觀察到設計的老花眼特徵部的換算方式，相同設計的被重新繪製到圖 17，其中 Rx 自每個減去。使用最佳化方法的結果於圖 18 說明。先前技術、換算方法及最佳化方法於通過焦點 VA 的比較結果於圖 19-22 說明。顯示目標值及設計值的通過焦點 VA (通過模式)之間差異的均方根值歸納於表 2。

Rx=-9 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.8	0.017	0.018	0.016
EPD	3.6	0.036	0.029	0.025
EPD	5.8	0.401	0.336	0.349

Rx=-6 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.7	0.011	0.012	0.009
EPD	3.5	0.023	0.018	0.017
EPD	5.7	0.298	0.256	0.200

Rx=-3 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.7	0.005	0.006	0.005
EPD	3.4	0.011	0.008	0.008
EPD	5.5	0.145	0.135	0.104

Rx=0 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.6	0.000	0.000	0.000
EPD	3.3	0.000	0.000	0.000
EPD	5.3	0.000	0.000	0.000

Rx=3 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.5	0.005	0.006	0.005
EPD	3.2	0.011	0.008	0.008
EPD	5.1	0.145	0.128	0.100

Rx=6 D	瞳孔	先前技術	換算方法	最佳化方法
EPD	2.4	0.009	0.012	0.009
EPD	3.1	0.021	0.016	0.015
EPD	4.9	0.256	0.231	0.177

表 2

【0045】 根據另一例示性實施例，第二實例的結果可再被改進。在此例示性實施例中，可以調整放大因子 M ，使其不再是徑向位置的常數。當期望於在鏡片位置或附近周邊，依鏡片半徑調整放大因子是相當有用的，使得設計特徵部在 SKU 範圍為常數。這可能是考慮視力因素，但更有可能的是在機械方面的考慮。圖 23 說明放大因子 M 為徑向位置的函數。在開孔的中央部時，上述的 M 跟前面的實例是一樣的。超過 2 mm 半徑時，放大因子 M 等於 1。其中具有約為 0.5 mm 的過渡區域。圖 24 顯示了設計族的焦度輪廓，其中設計族是以使用圖 23 顯示所改變的放大因子 M 的換算方法所創建的。

【0046】 本發明適用於設計方法和所得到的鏡片設計可提供改進的老花眼鏡片，其是為有低中高亮度的特定瞳孔尺寸組進行換算之設計，並適用具有於依低中高亮度反應而不同的瞳孔尺寸之受試者。特別是，目前已知瞳孔尺寸隨著屈光異常而改變(如球 Rx 所測量)，因此本方法可應用至為一般族群所作的任何設計，其中設計是以「平均」眼進行。在這種情況下，「平均」眼隨著 Rx 改變，使得設計是藉由換算方法或最佳化方法由 Rx 所調整，以提供相較於先前技術的改進性能。

【0047】 儘管相信所顯示與所描繪的是最實用且最佳的實施例，但對熟悉此項技術者來說，仍可輕易思及偏離所描述且所顯示的特定設計與方法，且以不脫離本發明的精神與範疇之方式加以運用。本發明並非限制於所說明與繪示的特定構造，而是應建構為符合所有可落入隨附申請專利範圍之範疇內的所有修改。

【符號說明】

無

【生物材料寄存】

無

國內寄存資訊【請依寄存機構、日期、號碼順序註記】

無

國外寄存資訊【請依寄存國家、機構、日期、號碼順序註記】

無

【序列表】(請換頁單獨記載)

無

I673538

發明摘要

【發明名稱】

具有依據屈光異常程度之瞳孔尺寸矯正的老花鏡片

PRESBYOPIA LENS WITH PUPIL SIZE CORRECTION BASED
ON LEVEL OF REFRACTIVE ERROR

【中文】

用以治療老花眼的眼科鏡片可被改進以提高病人的視覺體驗。藉由調整老花眼鏡片的光學設計解決因為近視或遠視度數所造成的瞳孔尺寸改變，可以得到與屈光異常程度不相關的增強視覺體驗。

【英文】

Ophthalmic lenses for the treatment of presbyopia may be improved to enhance the visual experience of the patient. By adjusting the optical design of presbyopic lenses to account for changes in pupil size due to the degree of myopia or hyperopia, an enhanced visual experience may be achieved independent of the level of ametropia.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖13。

【本代表圖之符號簡單說明】：無。

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

申請專利範圍

1. 一組用以治療屈光異常度數範圍內的老花眼的鏡片，該組鏡片之設計是藉由由下式所給出的一焦度輪廓：

$$P_{Rx}(r) = P_2(M_1 * r + M_2 * r^2 + \dots) - SA_{eye} * r^2,$$

其中 P_2 由下式給出

$$P_2(r) = P_1(r) + Rx,$$

其中 Rx 為球形屈光需要，而 M 為一放大因子，其由隨著球形屈光需要變化之瞳孔尺寸決定，

以及

$$P_1(r) = P_{nominal}(r) - Rx_{nominal} + SA_{eye} * r^2,$$

其中 SA_{eye} 為球面像差， r 為從鏡片中心的徑向距離，而 $P_{nominal}(r)$ 是用以矯正具有 $Rx_{nominal}$ 屈光度的球形屈光需要的一眼睛的公稱設計的焦度輪廓。

圖式

「公稱」設計的隱形眼鏡焦度輪廓

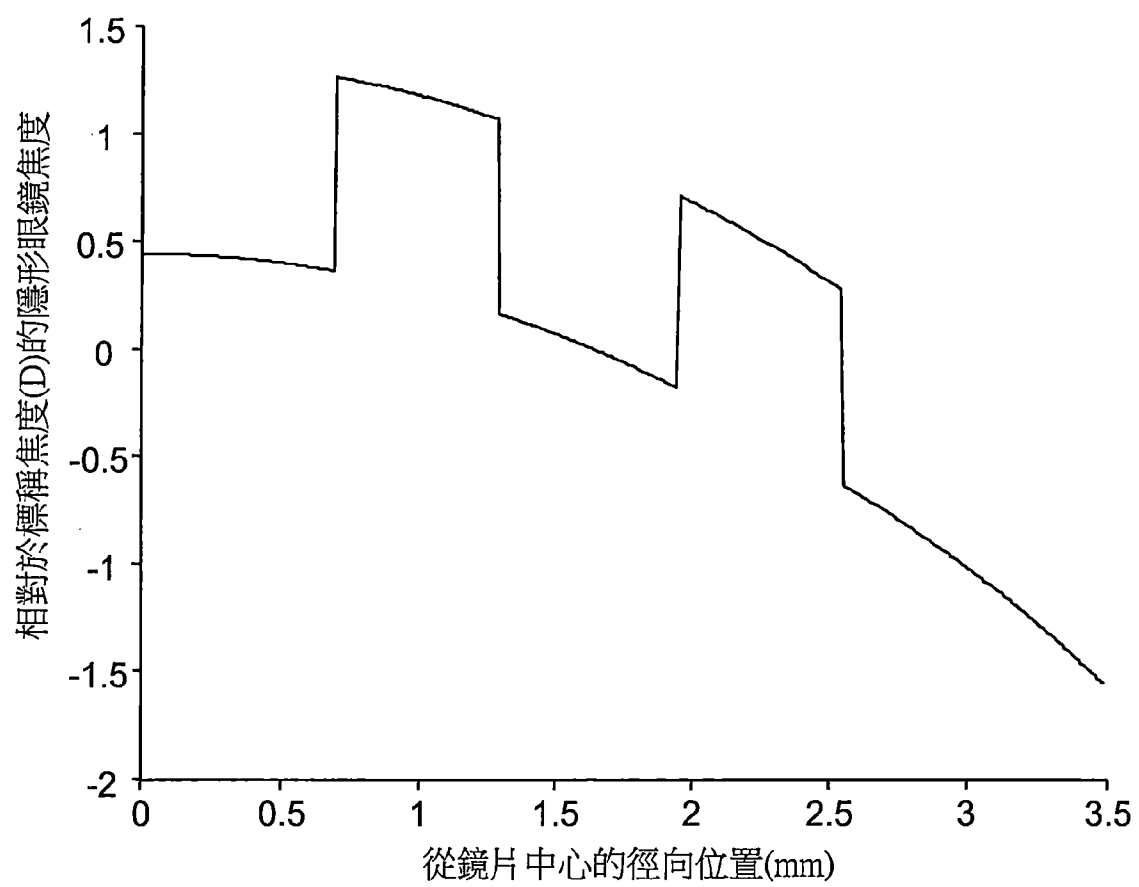


圖1

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓

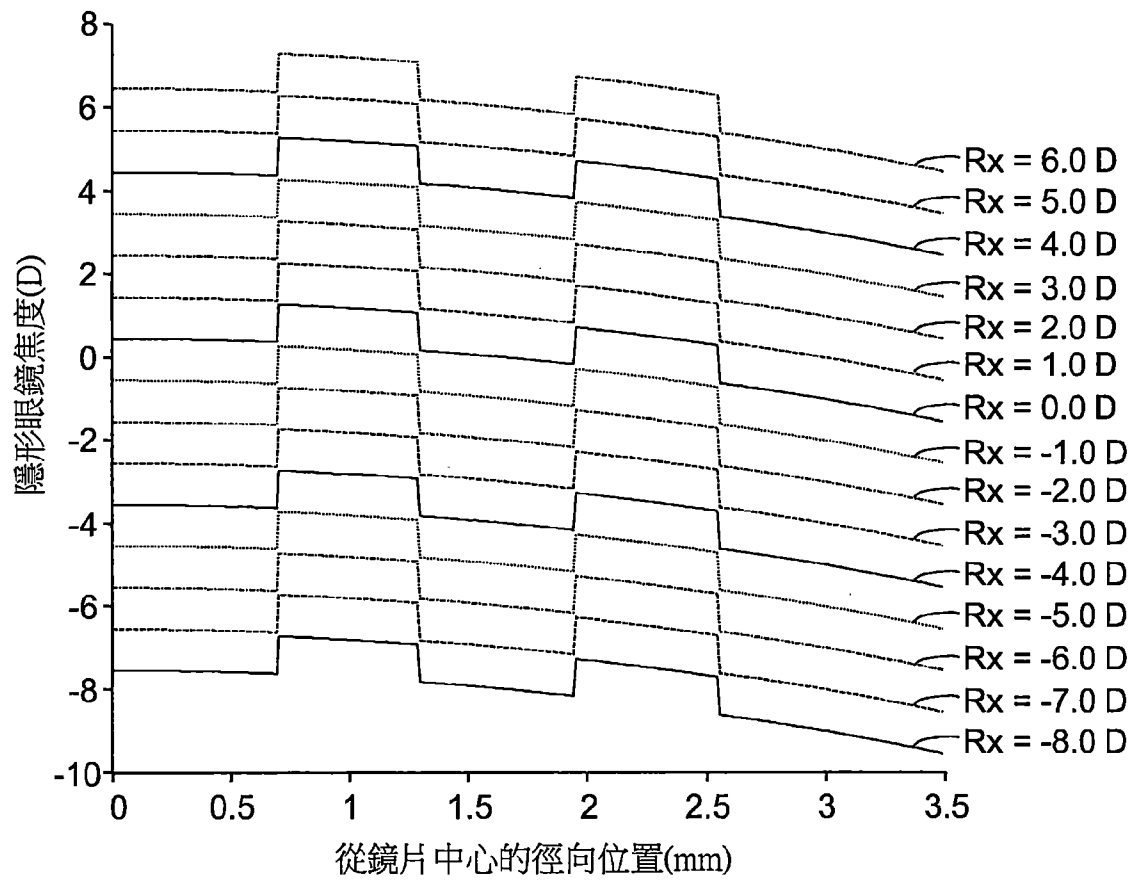


圖2

遠視眼瞳孔數據 2.5 cd/m²

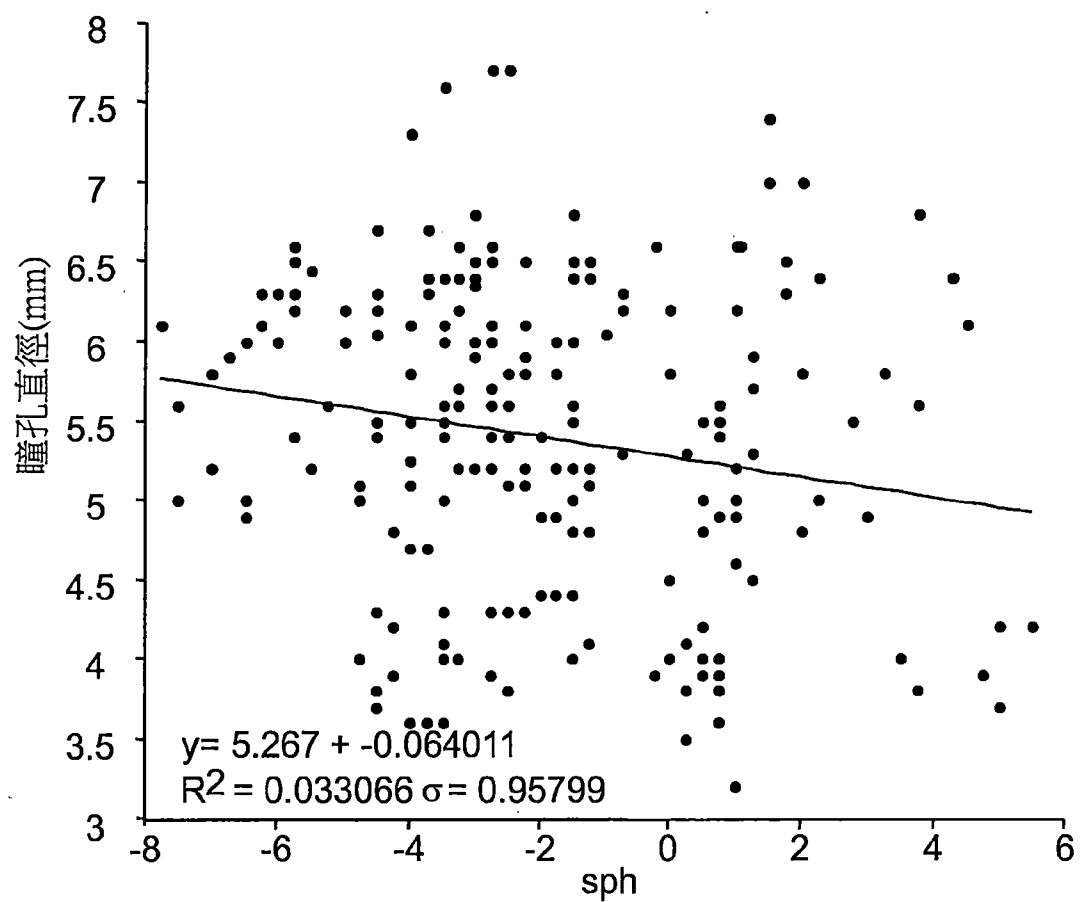
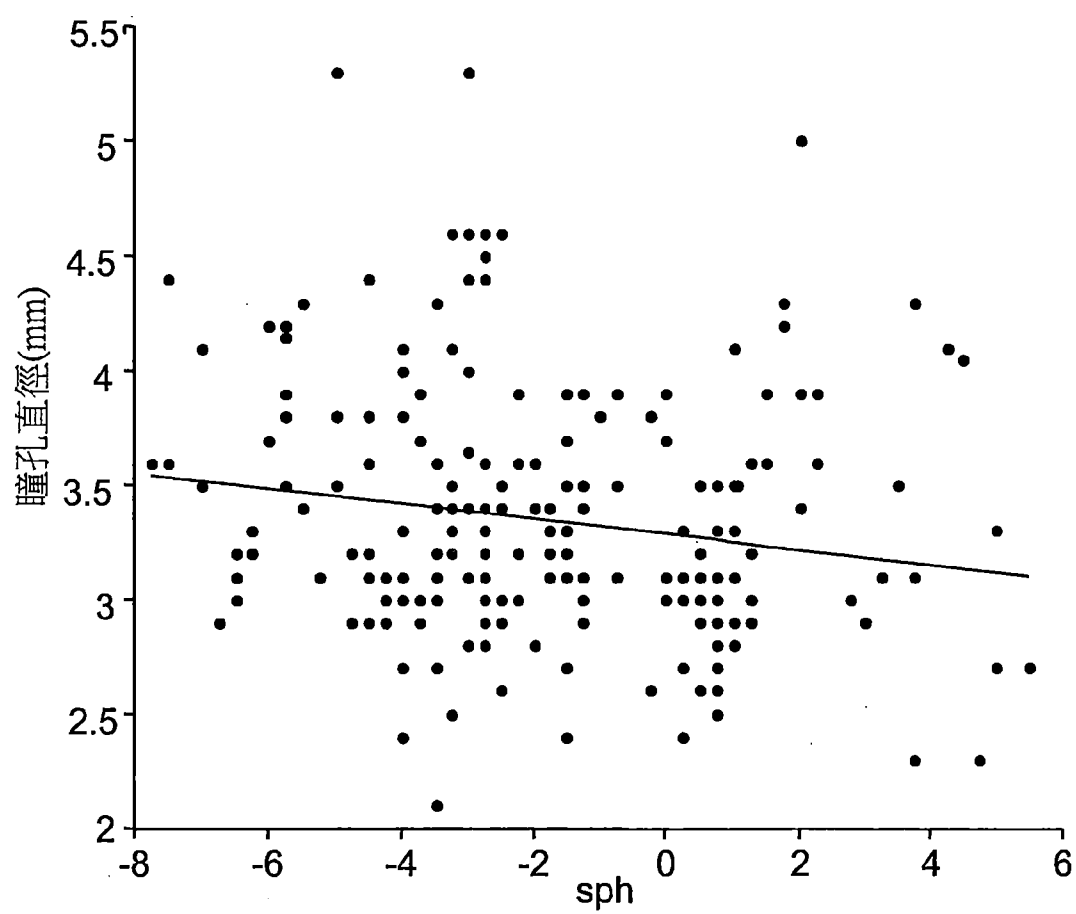


圖3

遠視眼瞳孔數據 50 cd/m²



$$Y = 3.2826 + -0.033753 \text{ sph}$$

$$R^2 = 0.027809 \sigma = 0.55231$$

圖4

遠視眼瞳孔數據 250 cd/m²

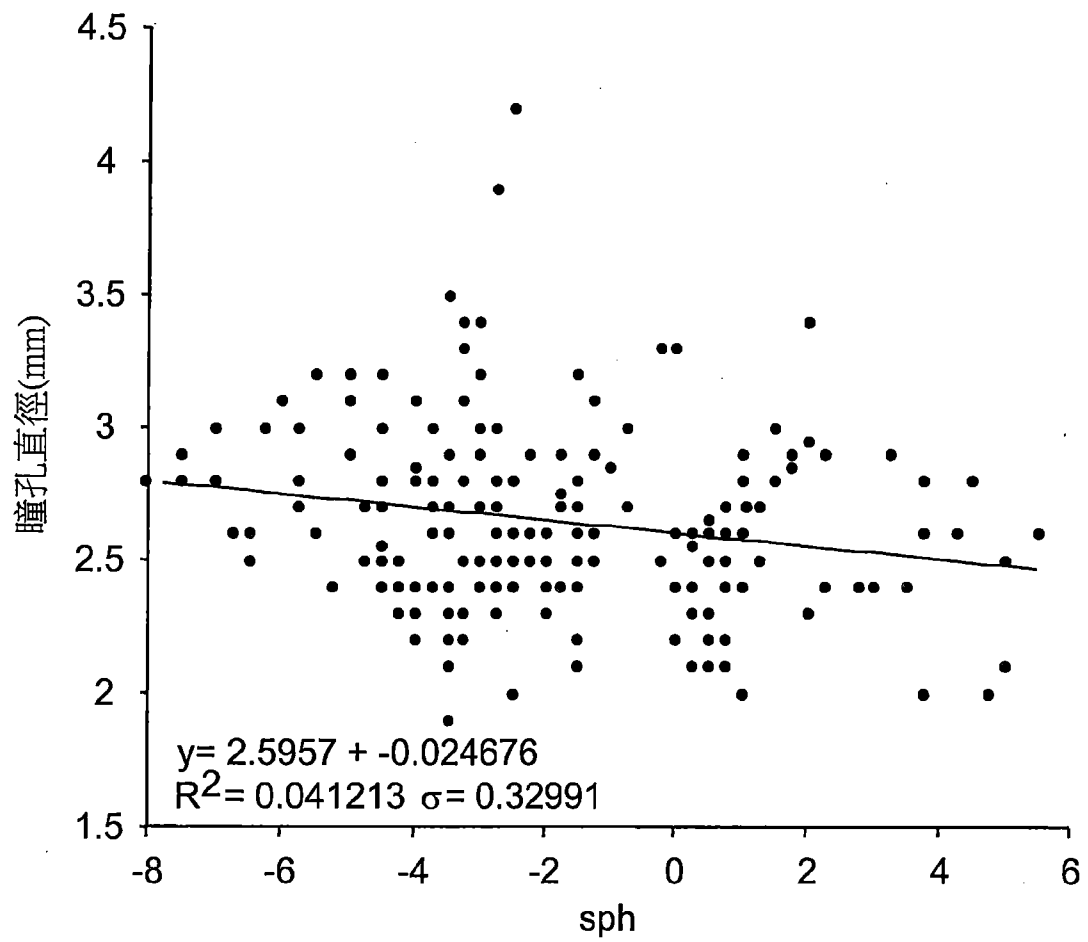


圖5

在三個亮度下以Rx的瞳孔尺寸

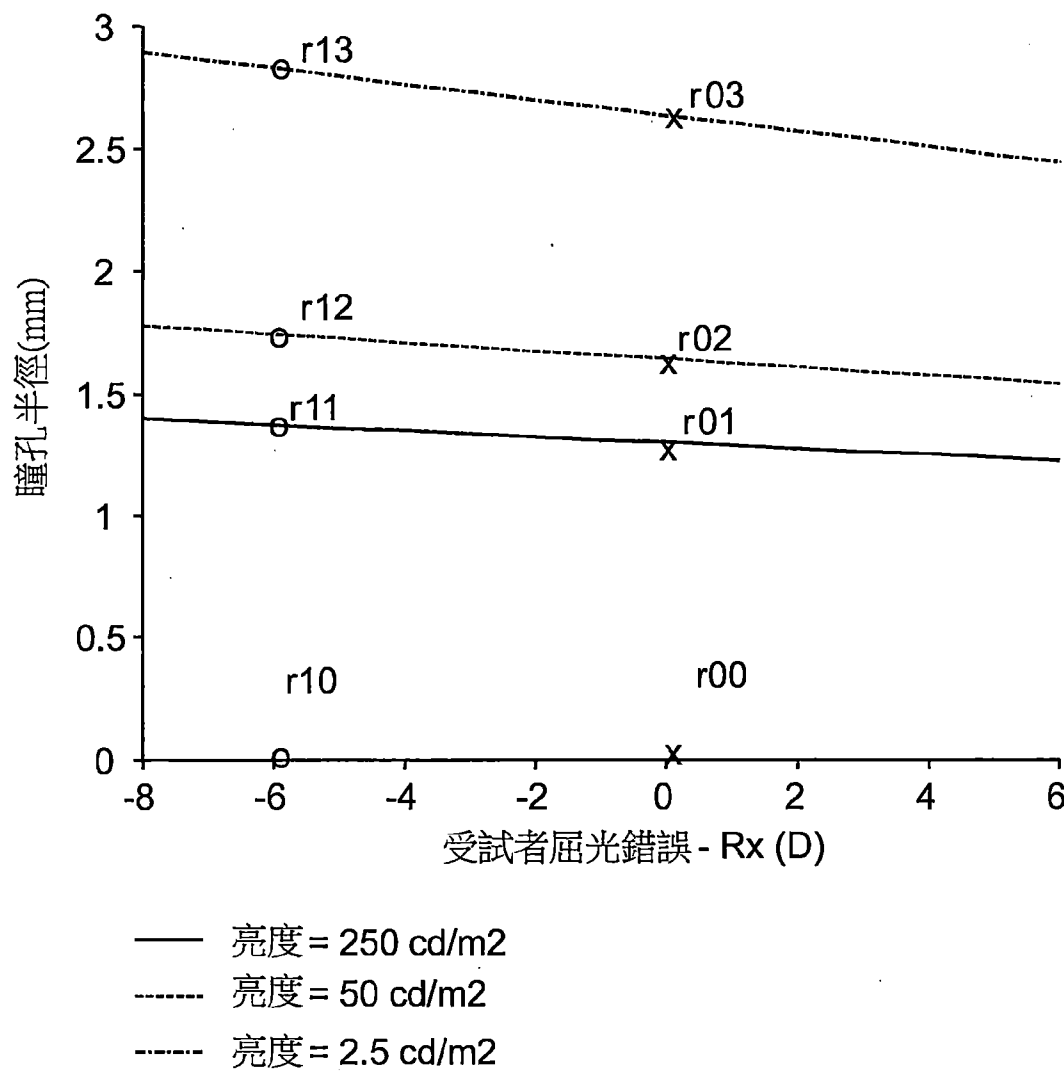


圖6

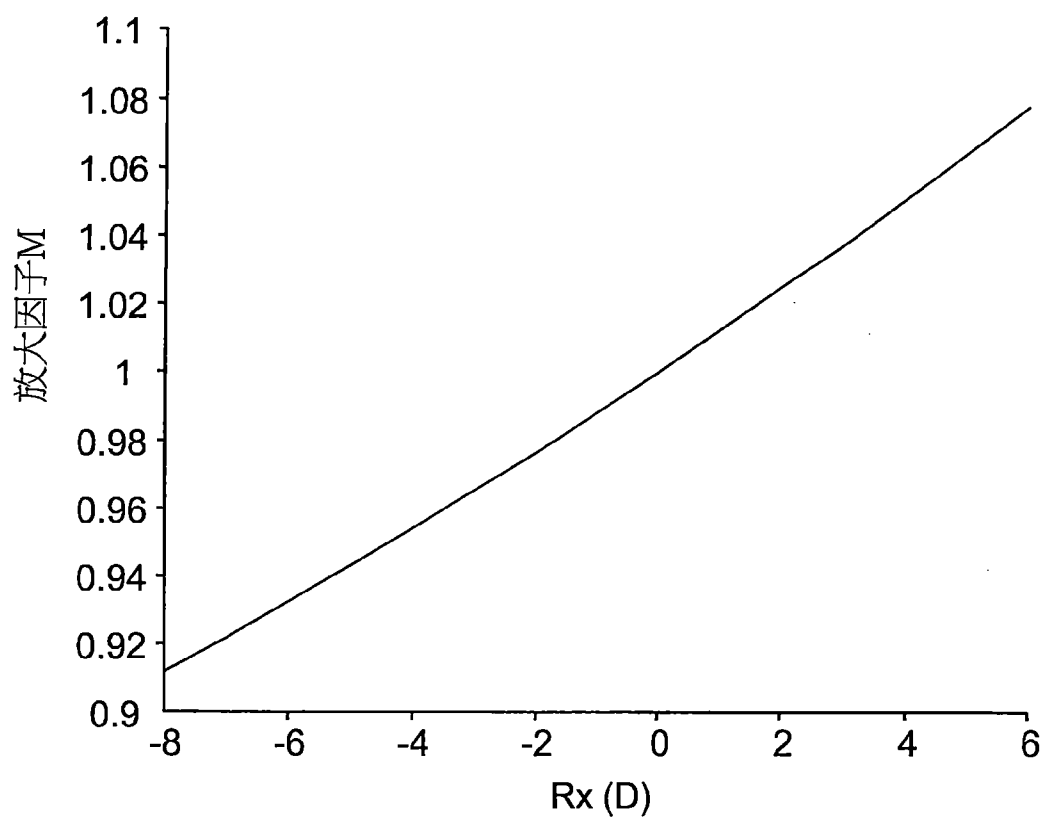


圖7

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓

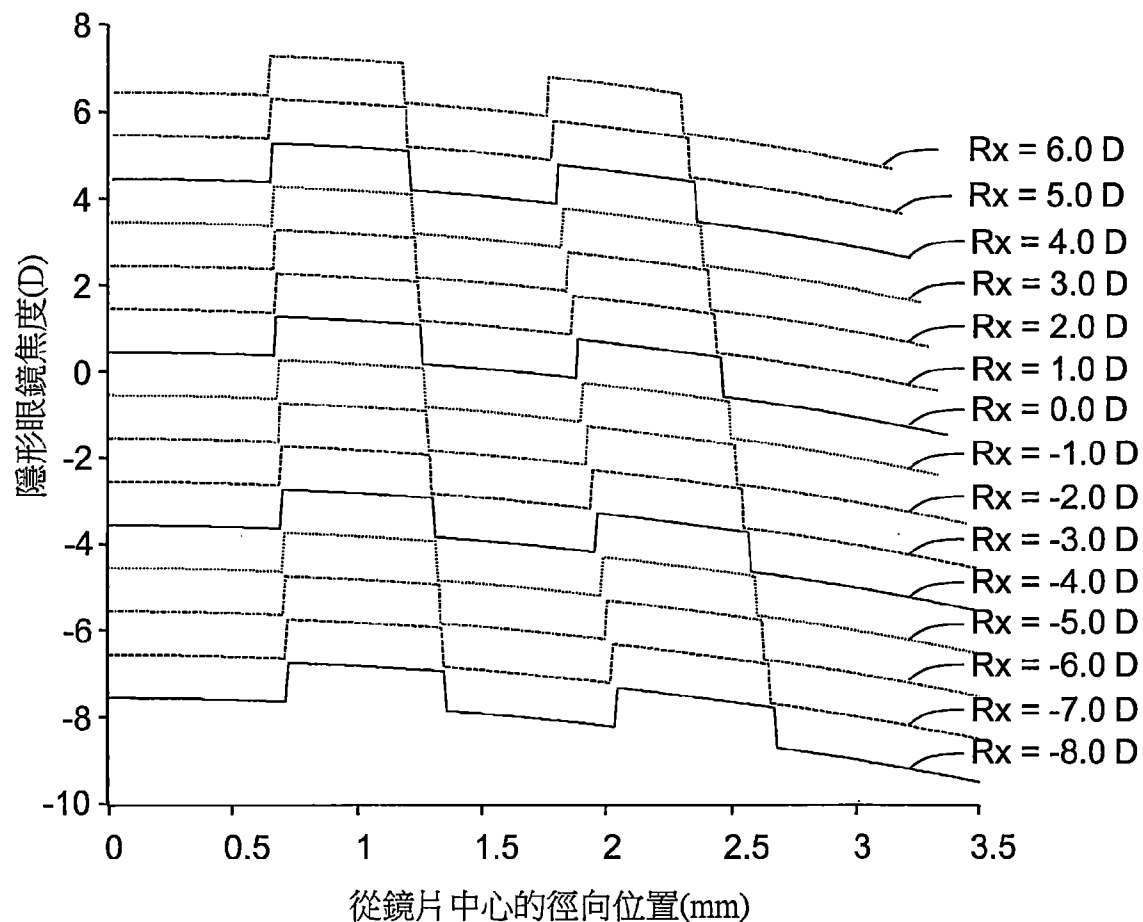


圖8

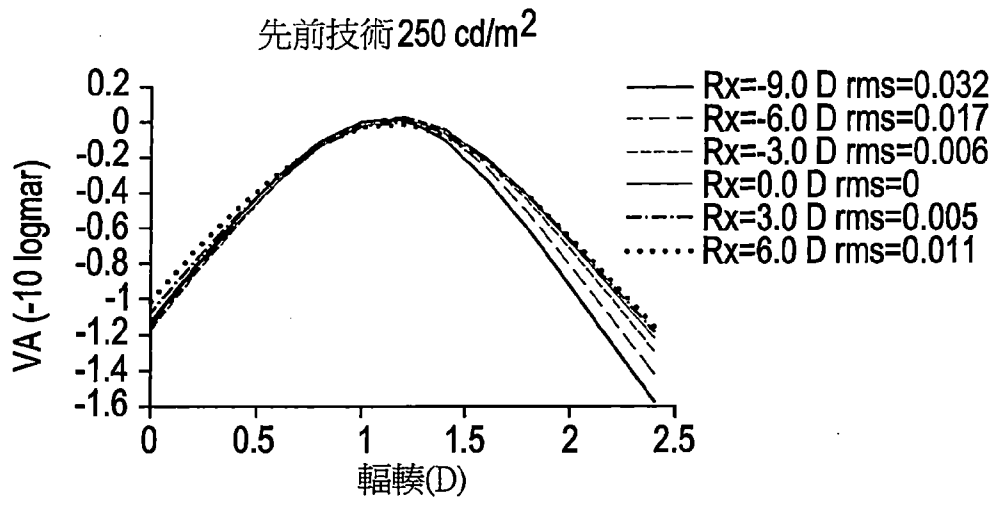


圖9A

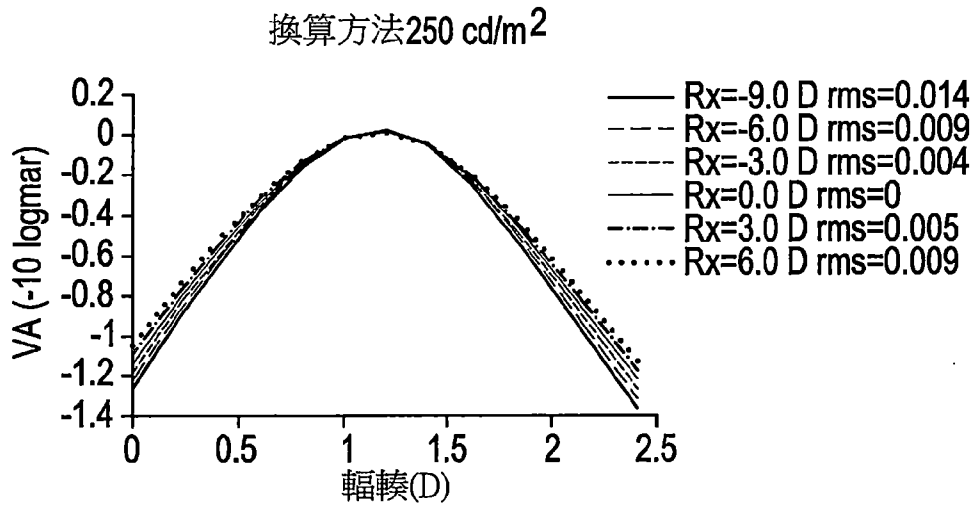


圖9B

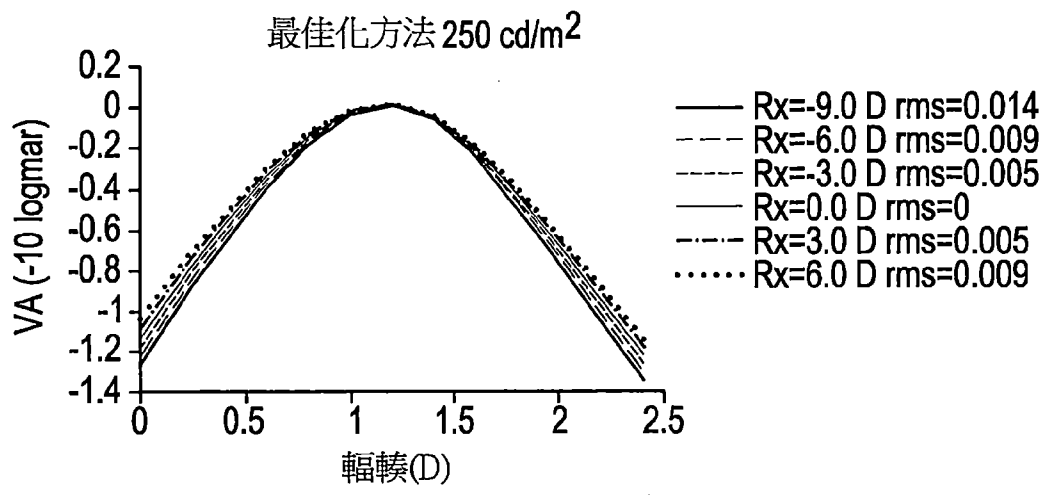


圖9C

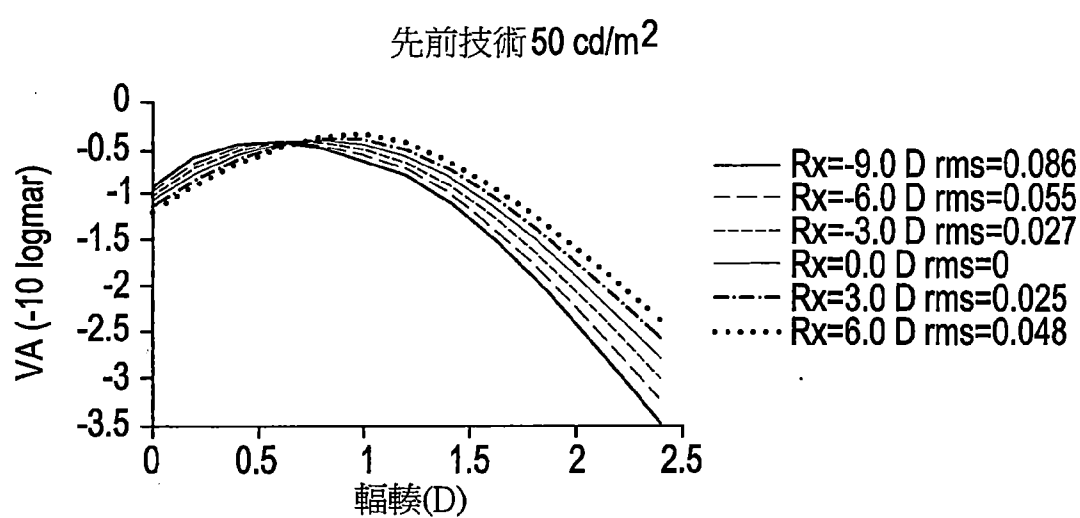


圖9D

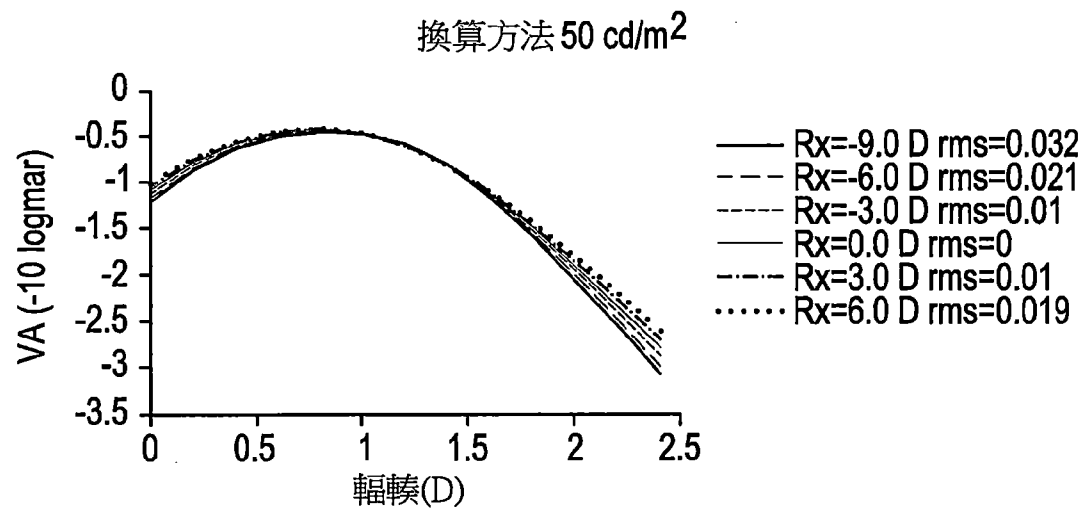


圖9E

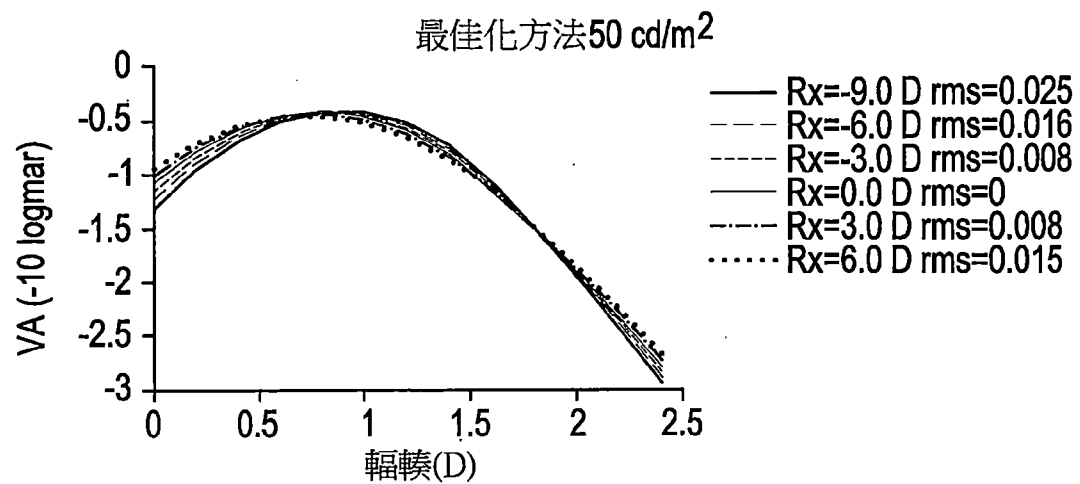


圖9F

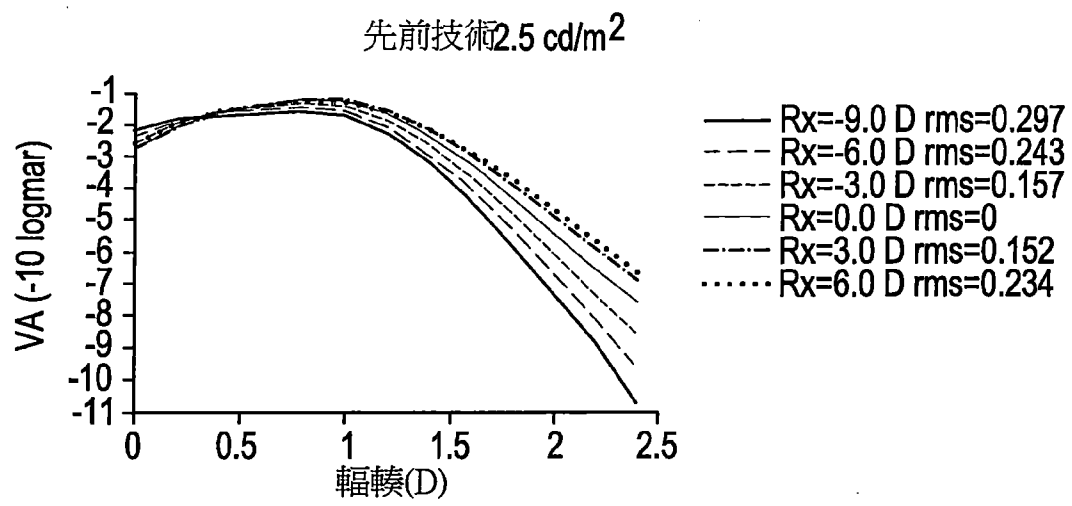


圖9G

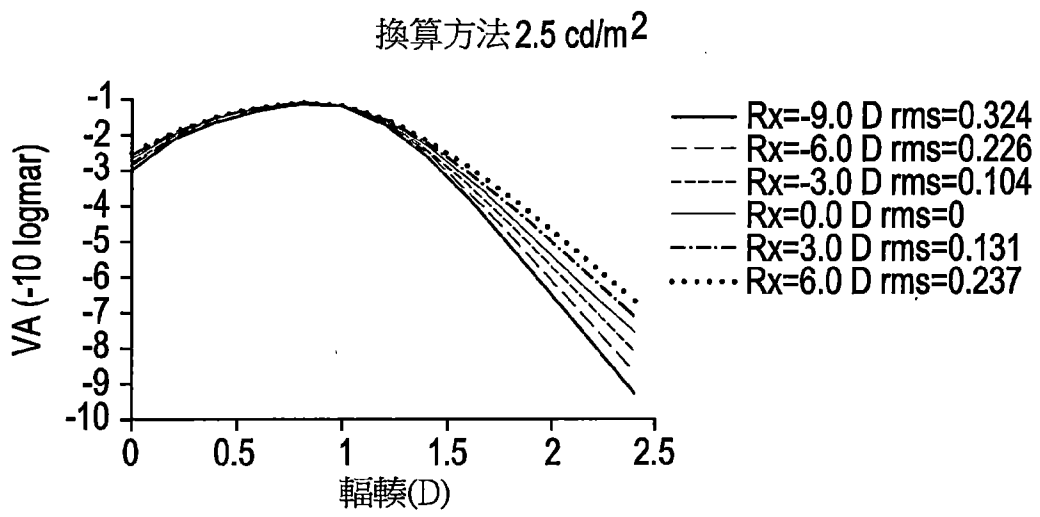


圖9H

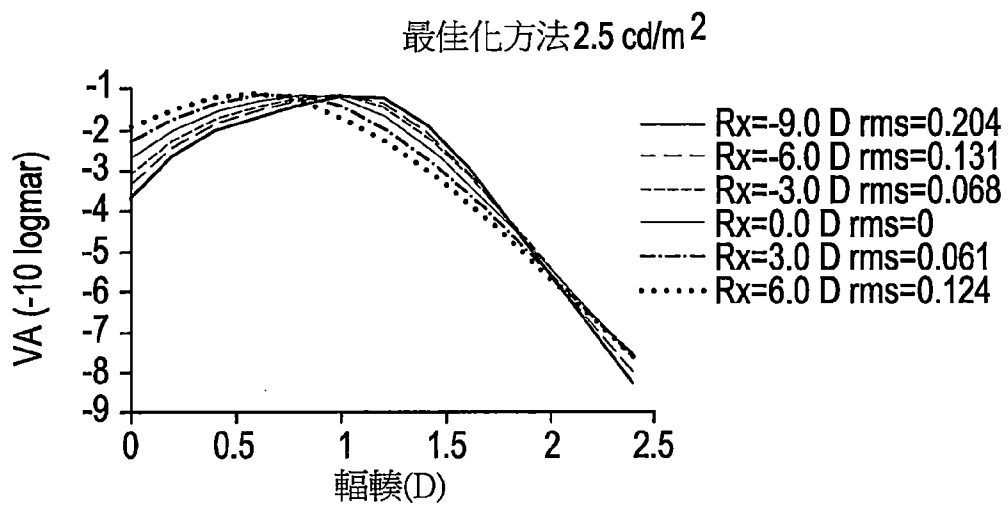


圖9I

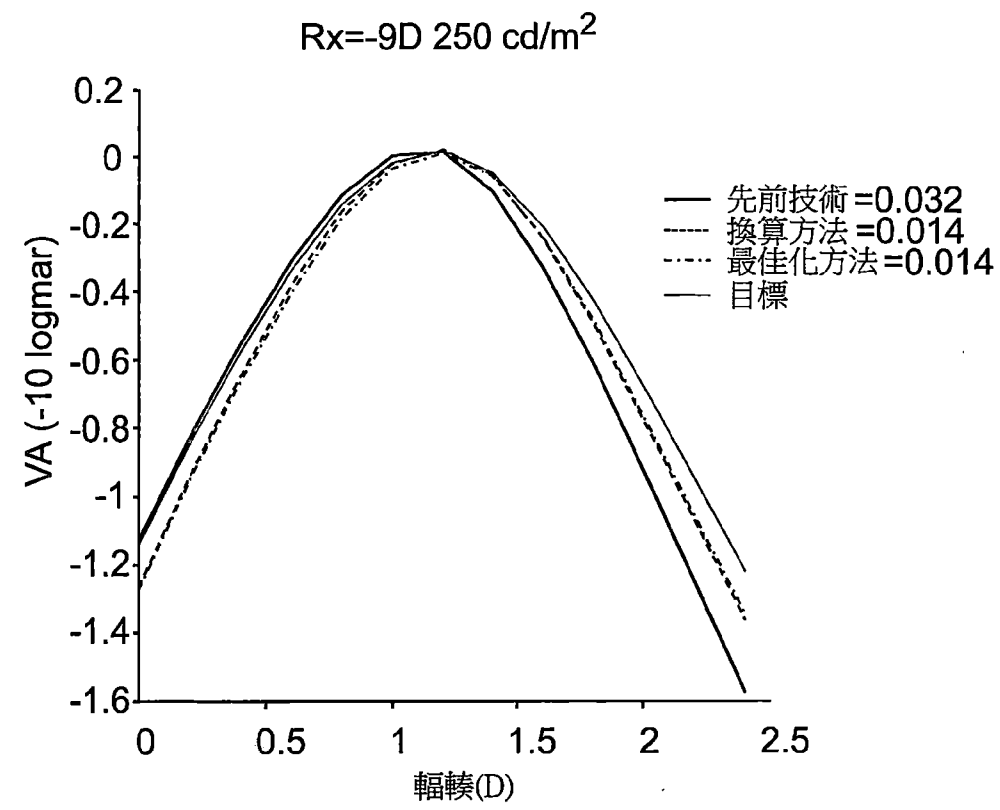


圖10A

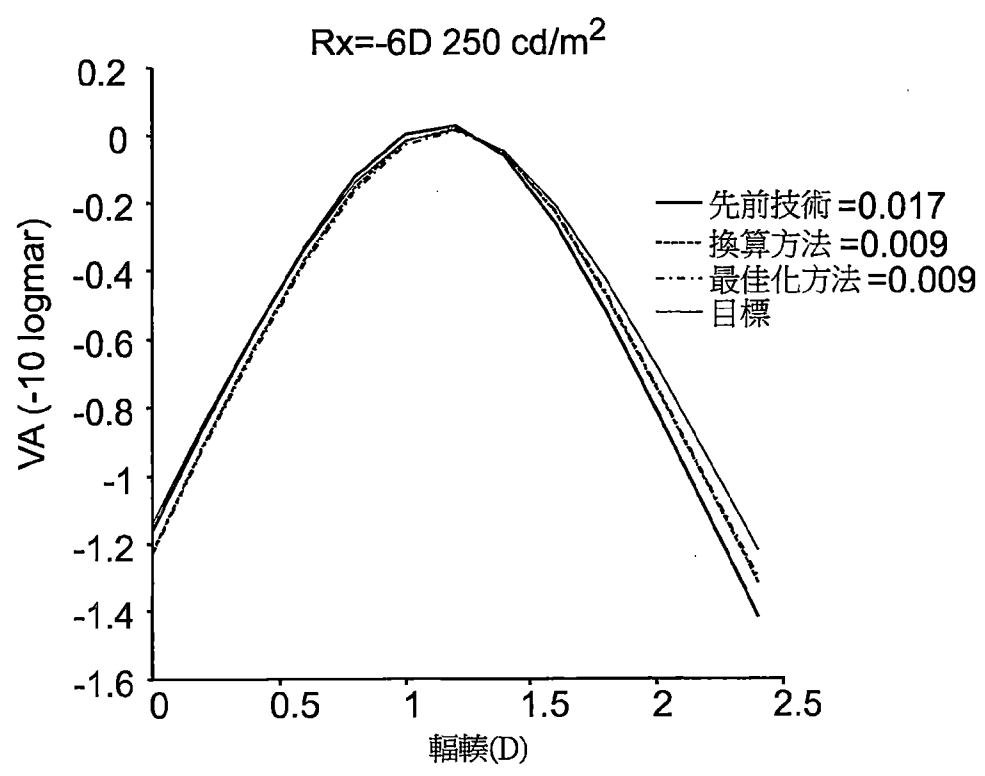


圖10B

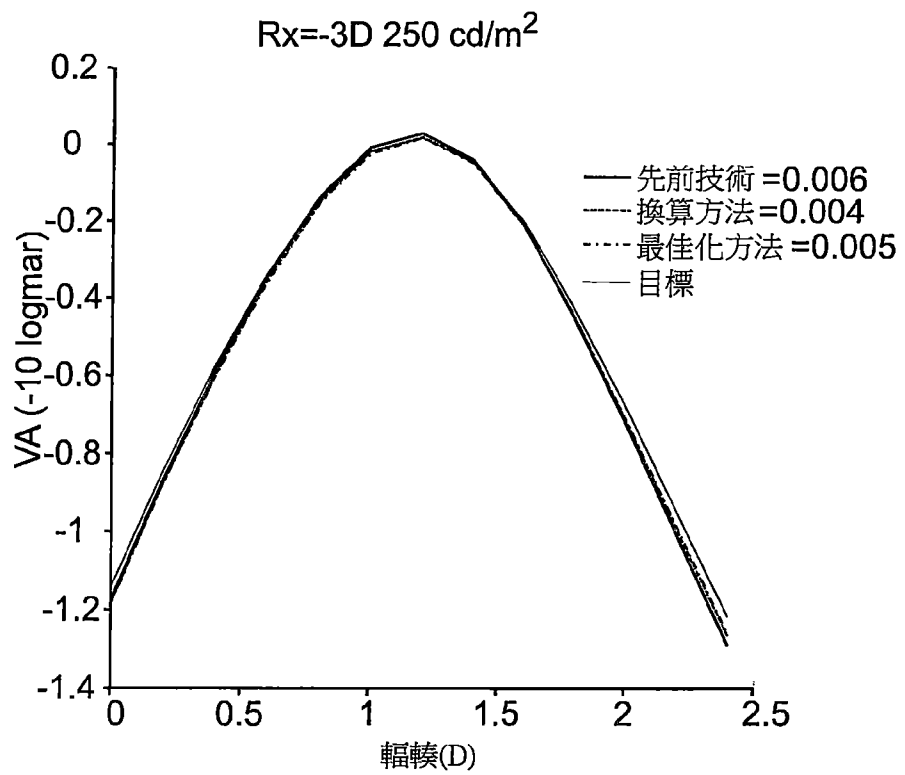


圖10C

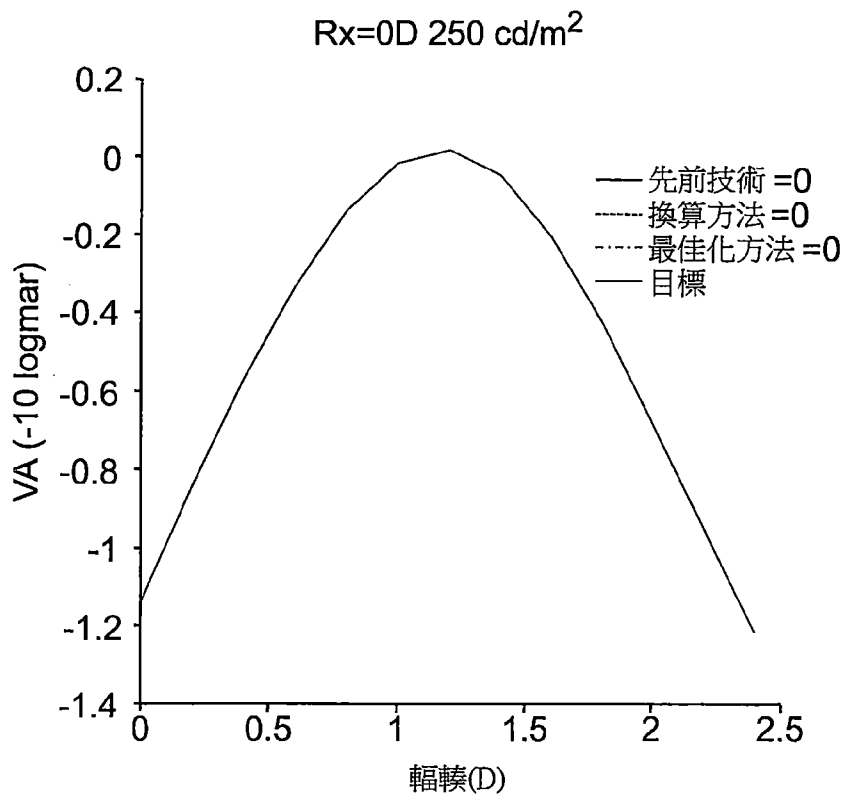


圖10D

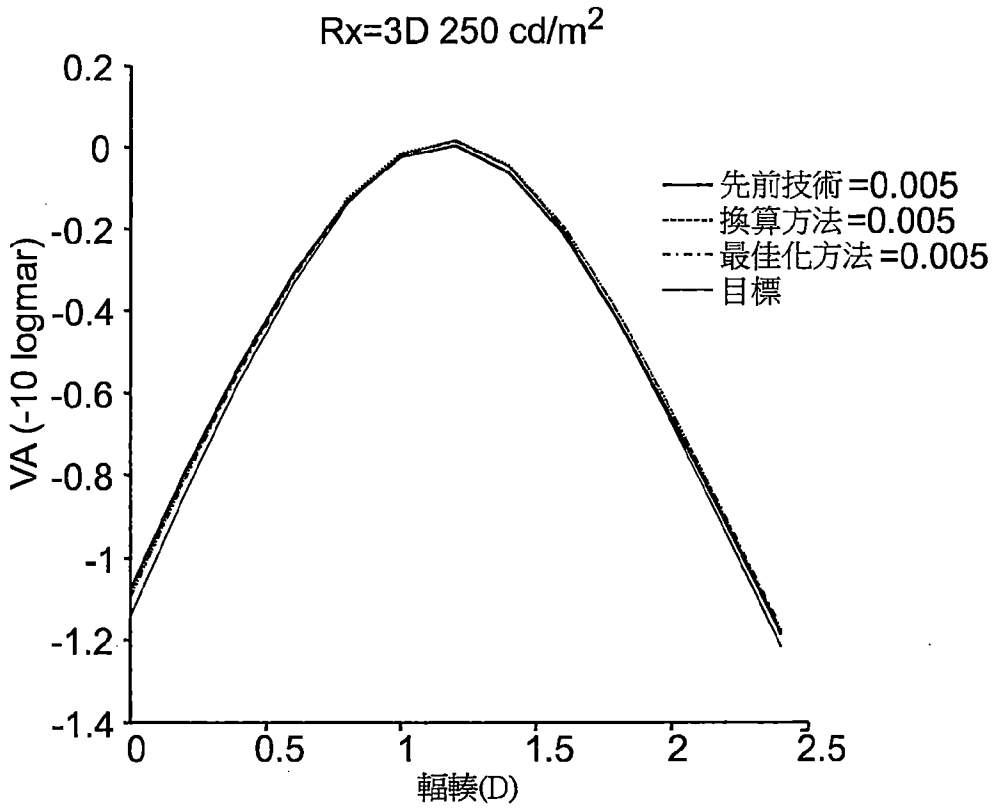


圖10E

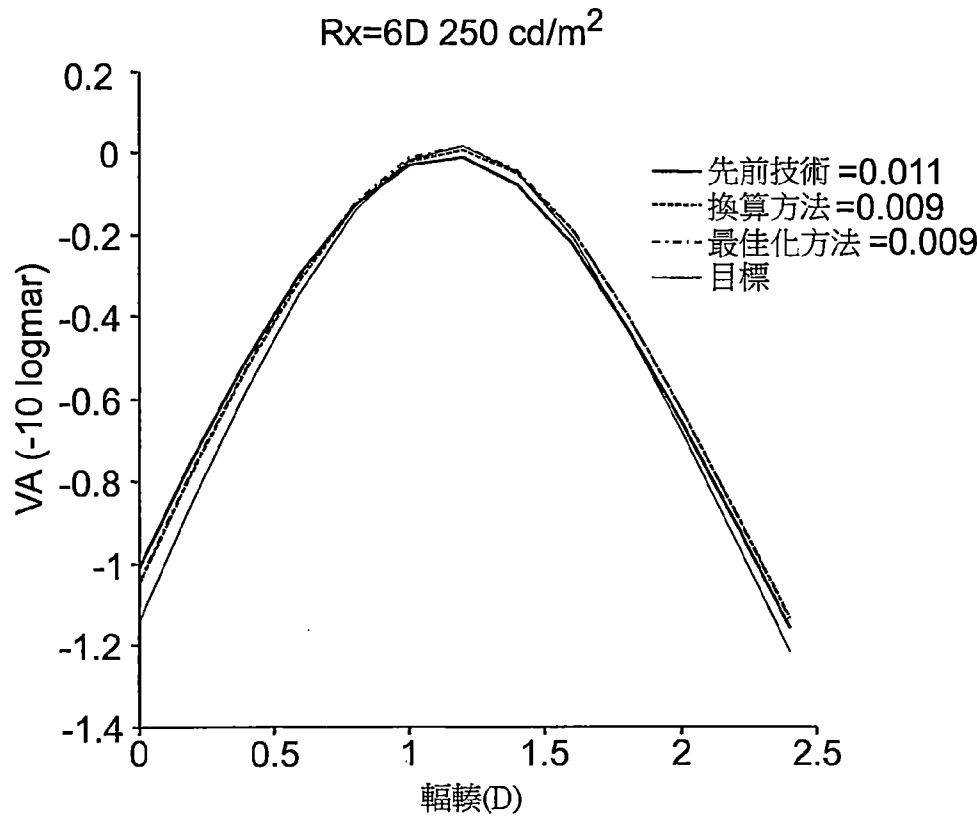


圖10F

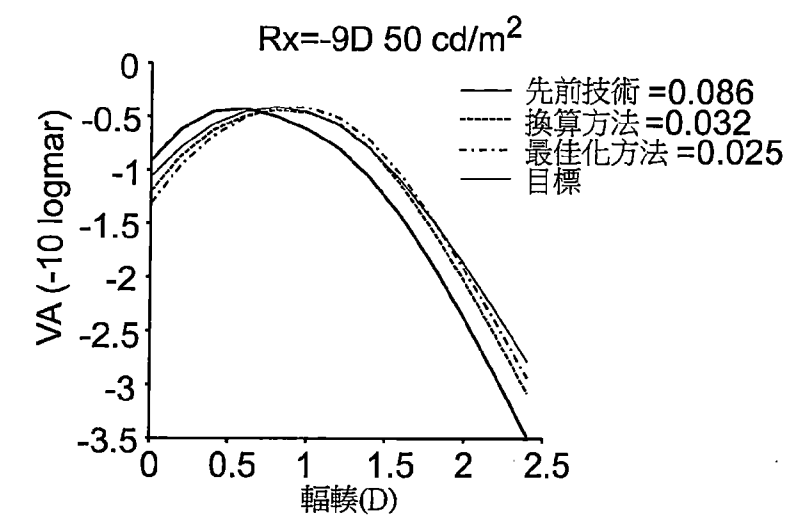


圖11A

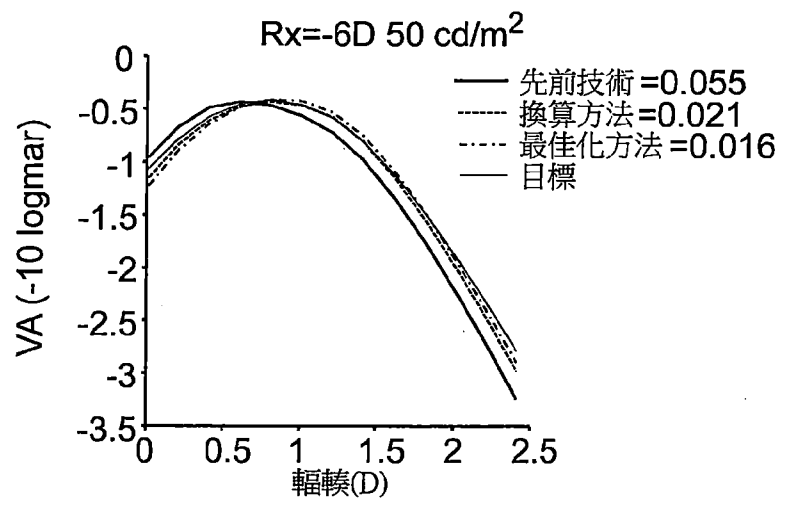


圖11B

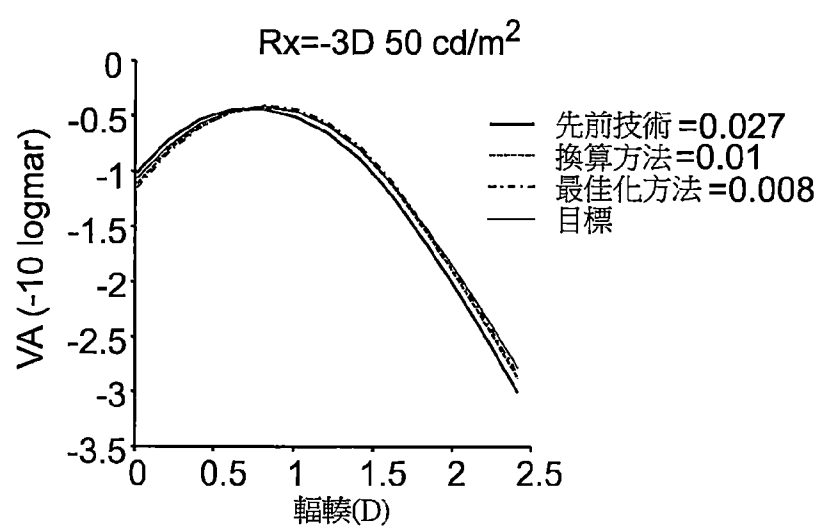


圖11C

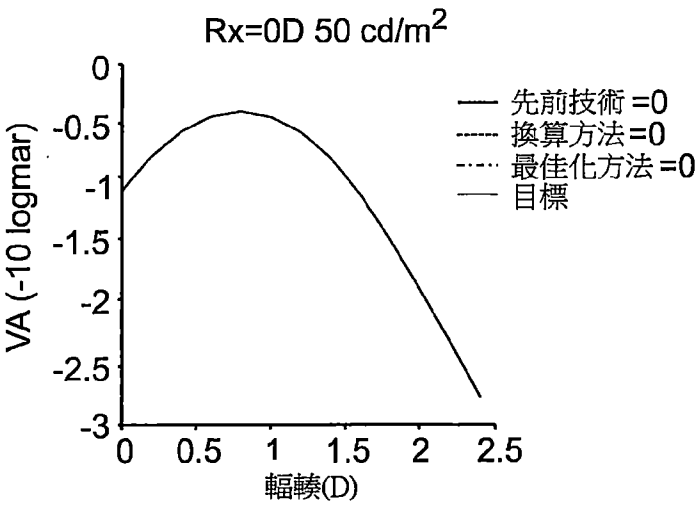


圖11D

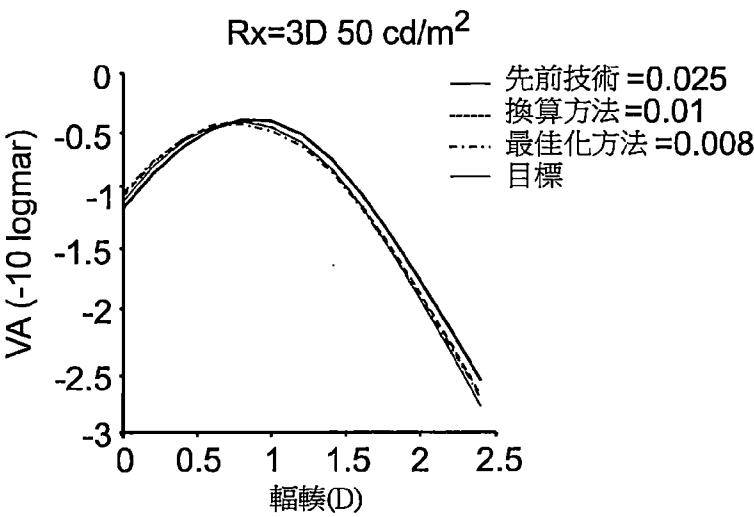


圖11E

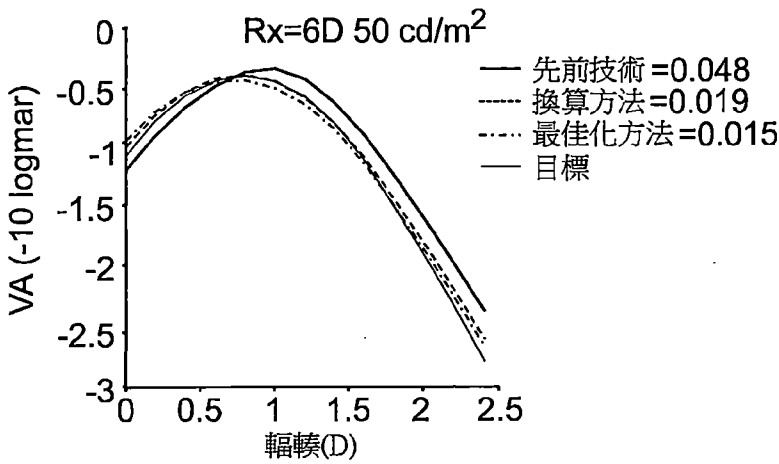


圖11F

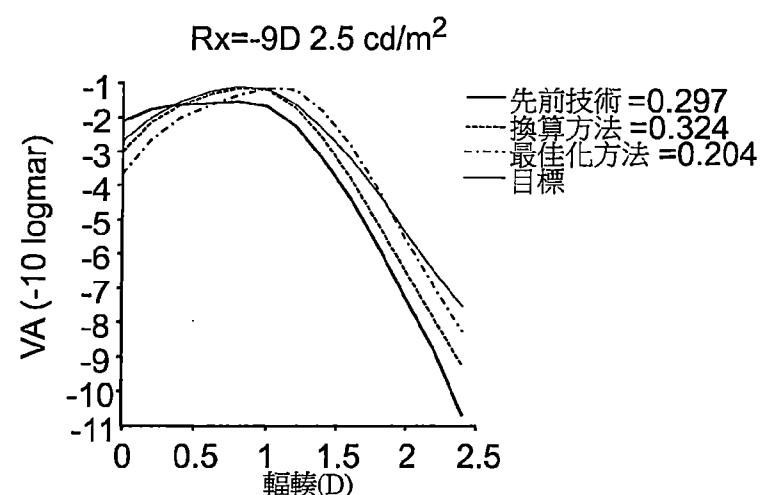


圖12A

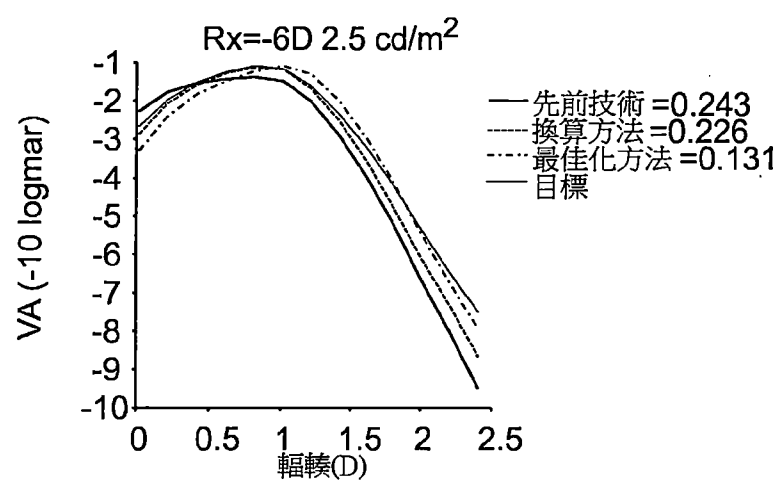


圖12B

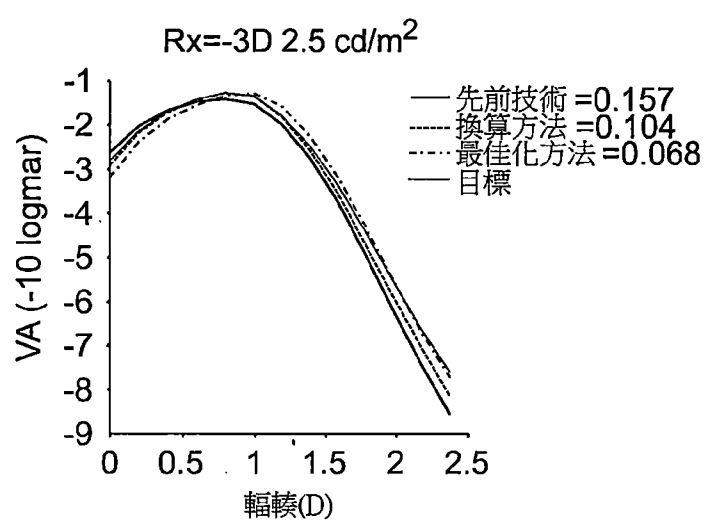


圖12C

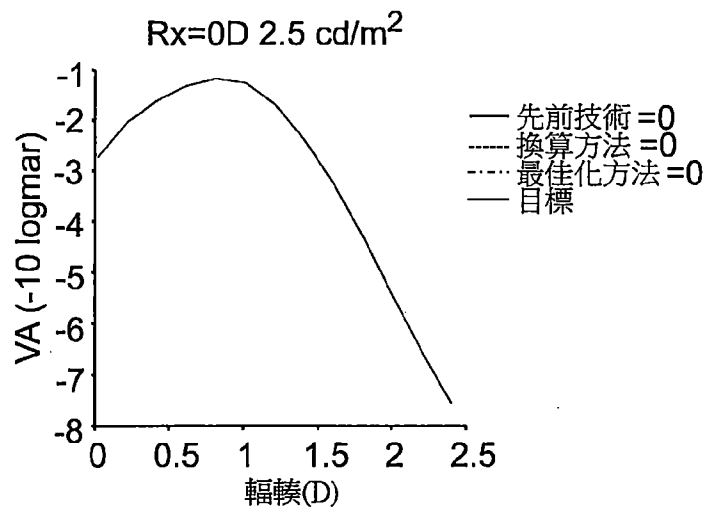


圖12D

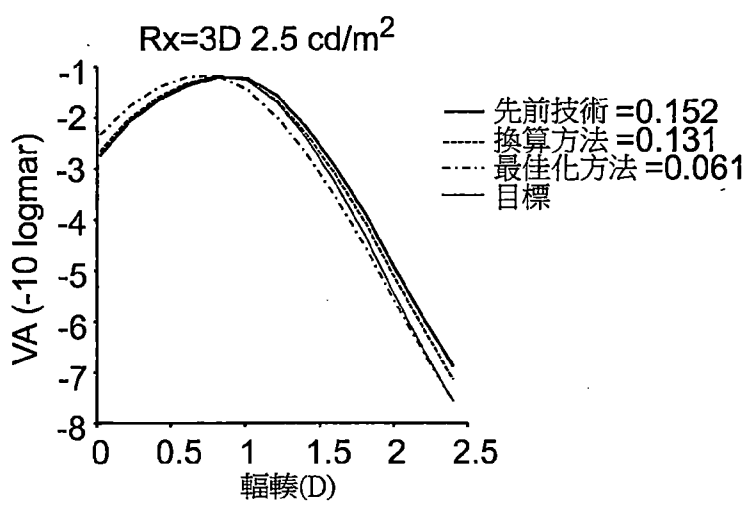


圖12E

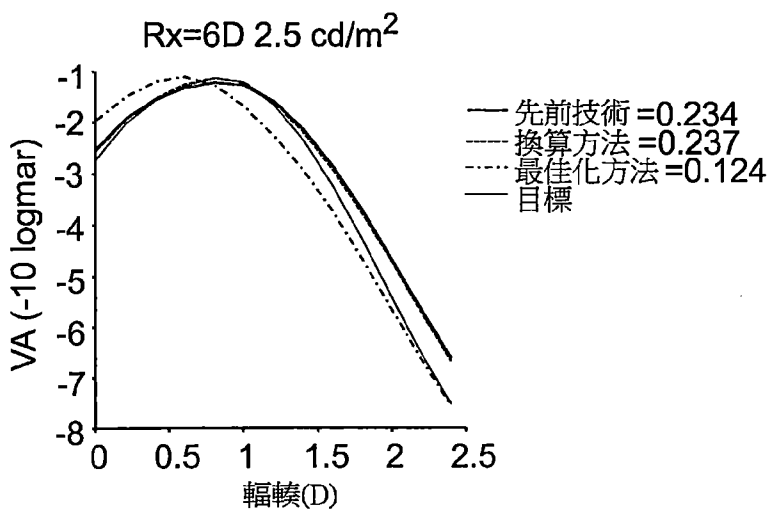


圖12F

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓-最佳化方法

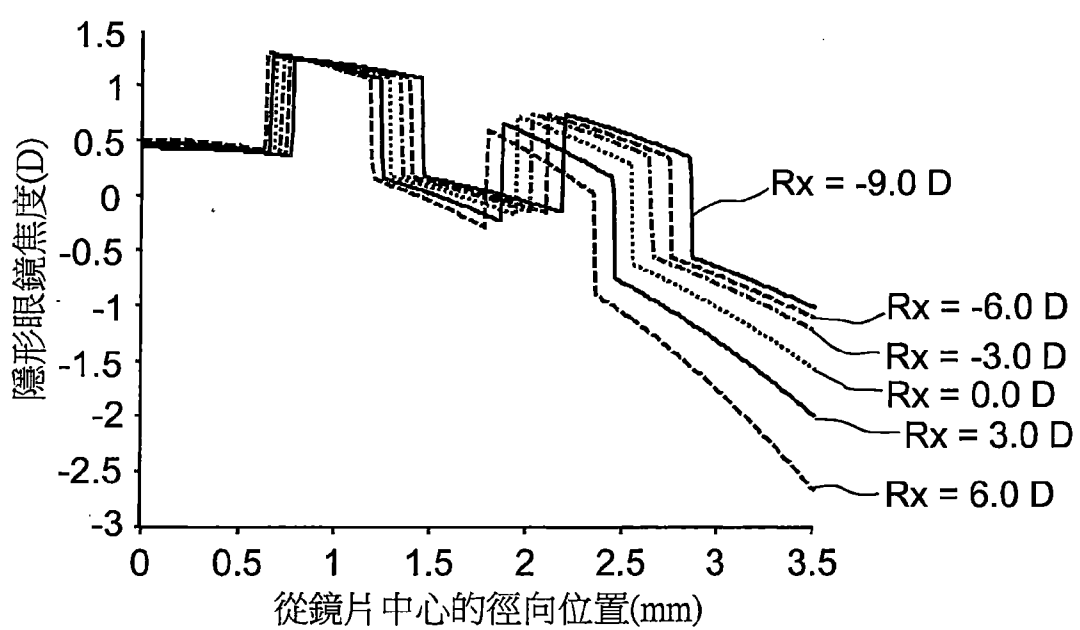


圖13

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓-換算方法

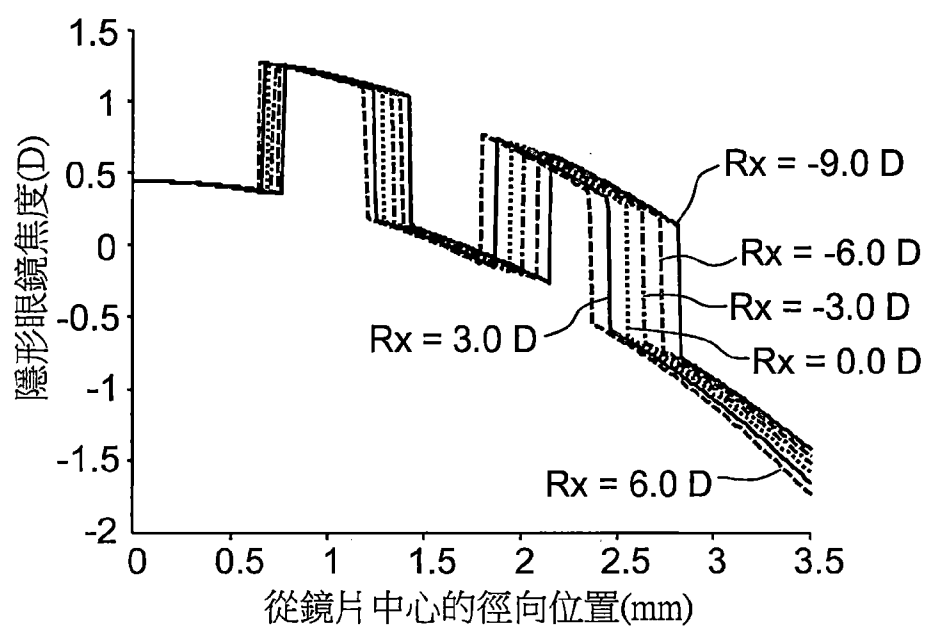


圖14

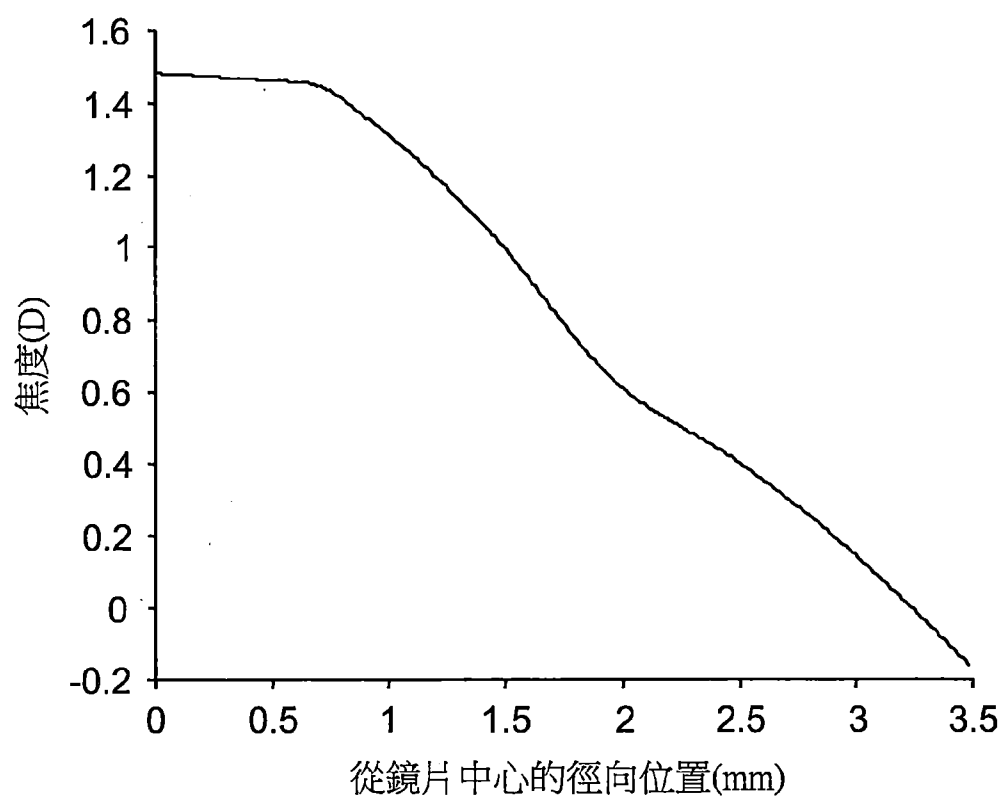


圖15

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓

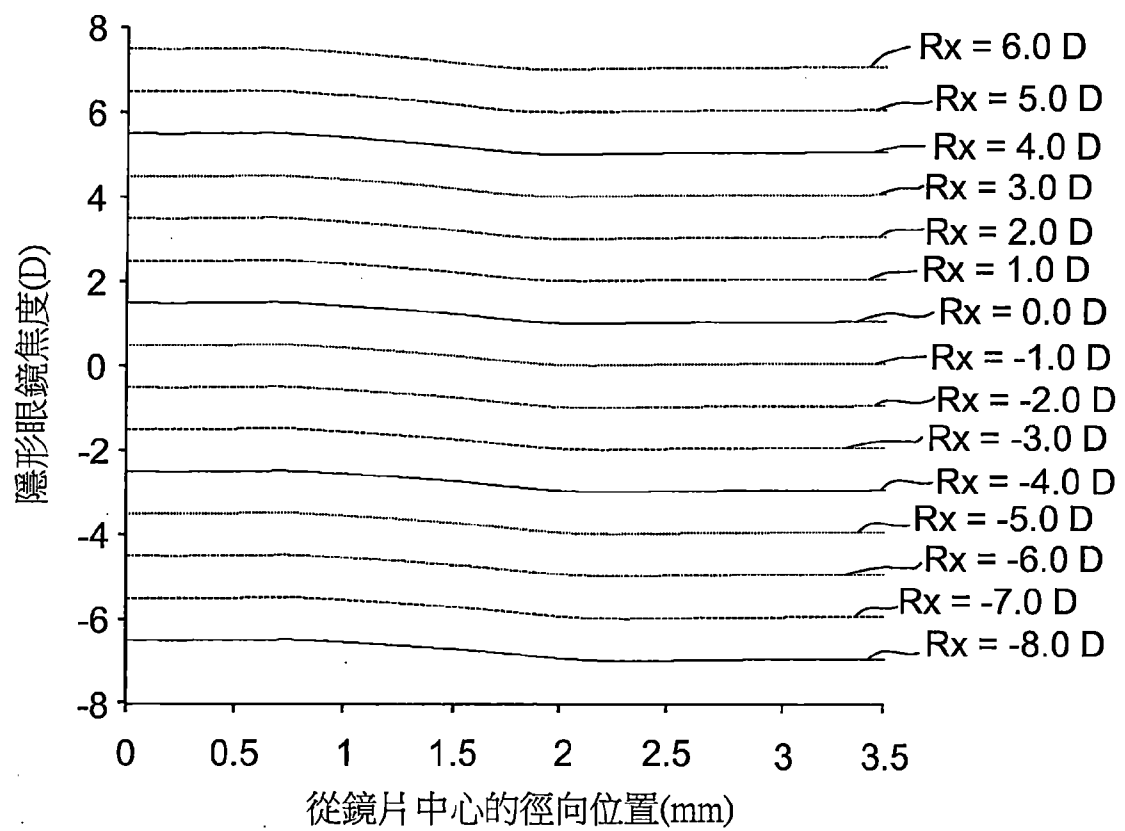


圖16

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓-換算方法

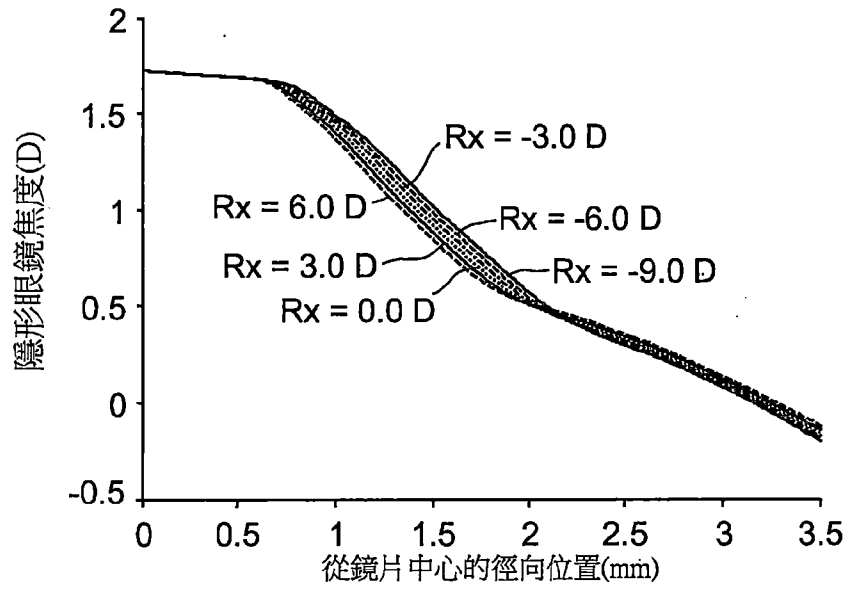


圖17

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓-最佳化方法

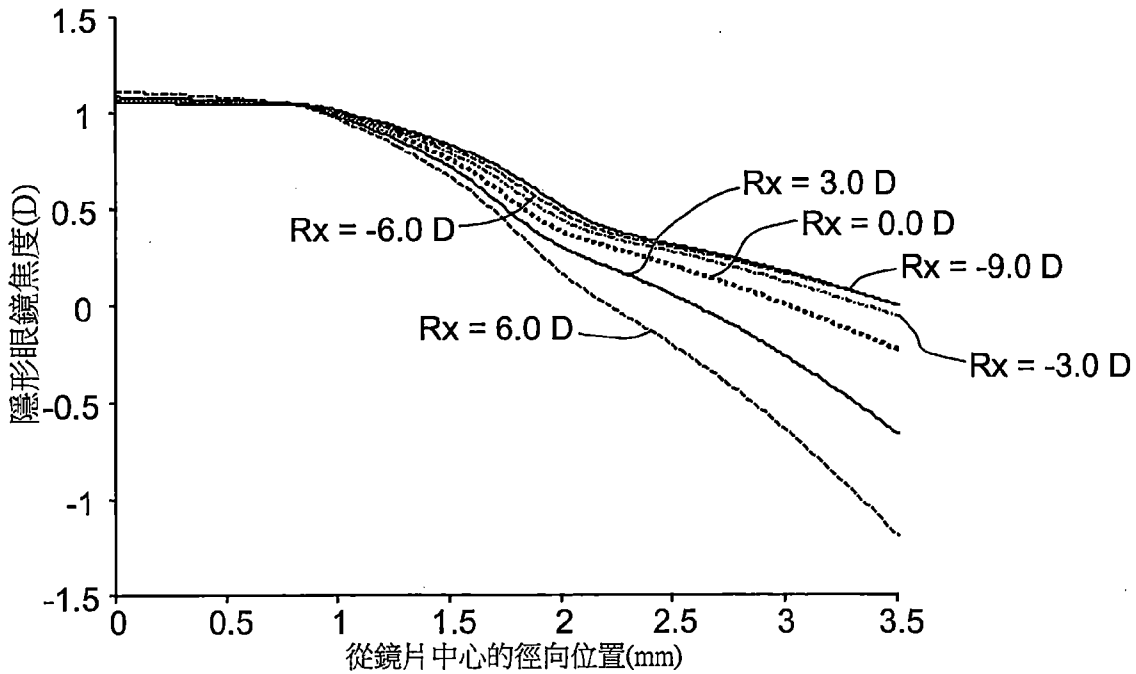


圖18

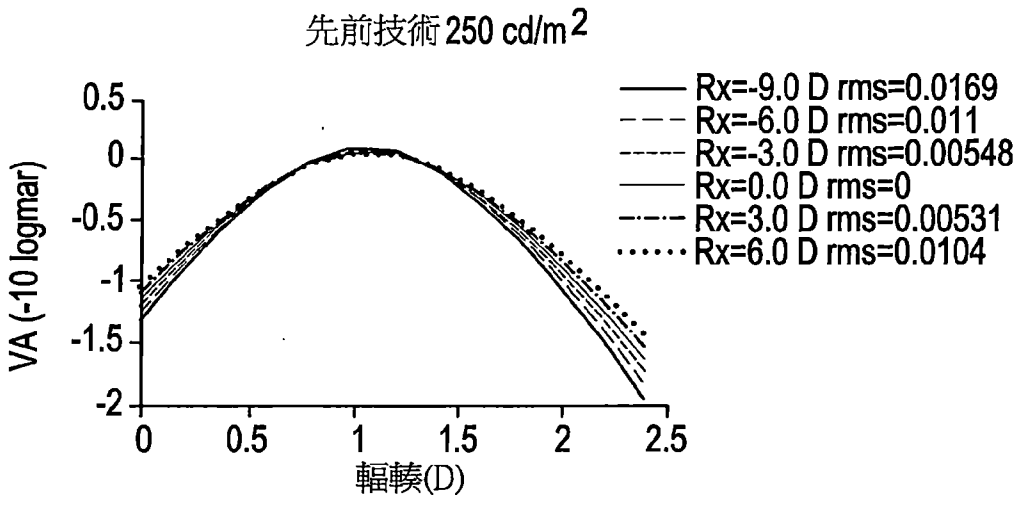


圖19A

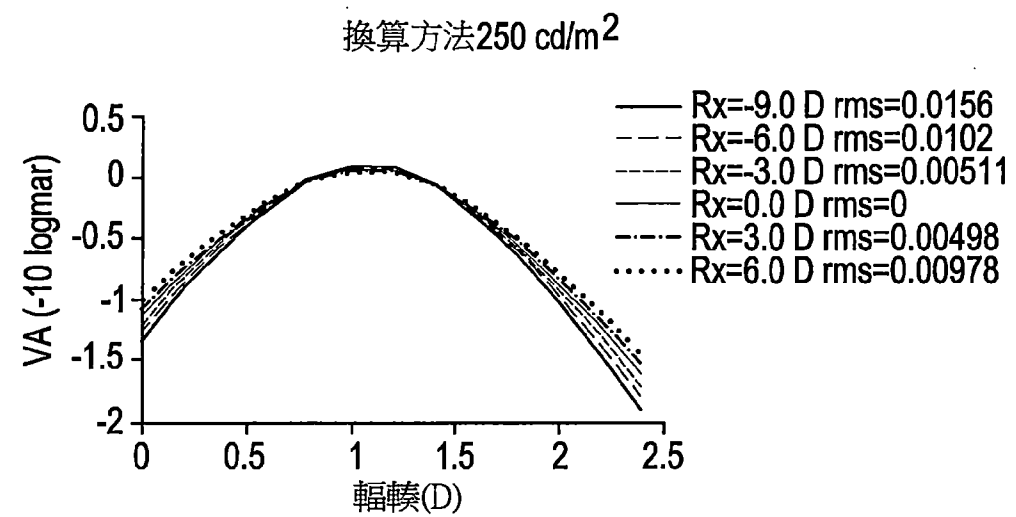


圖19B

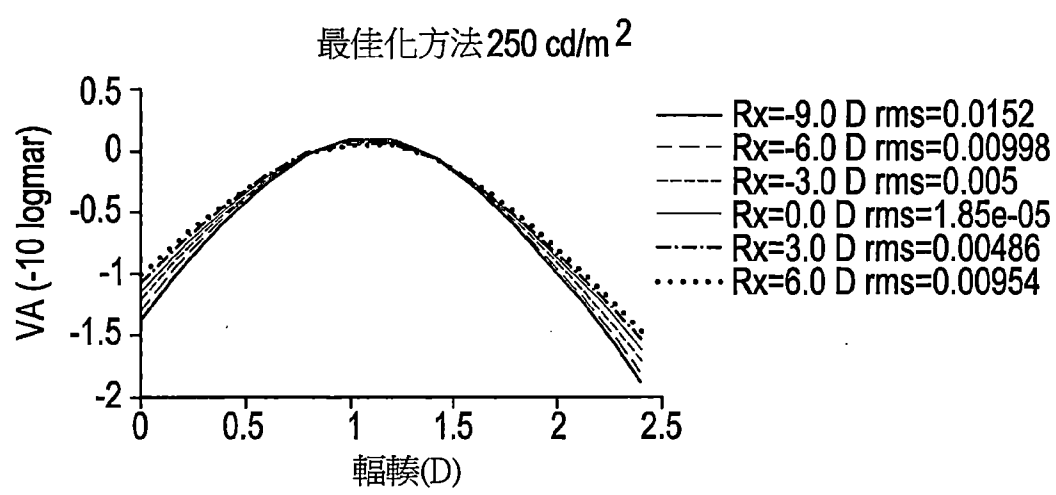


圖19C

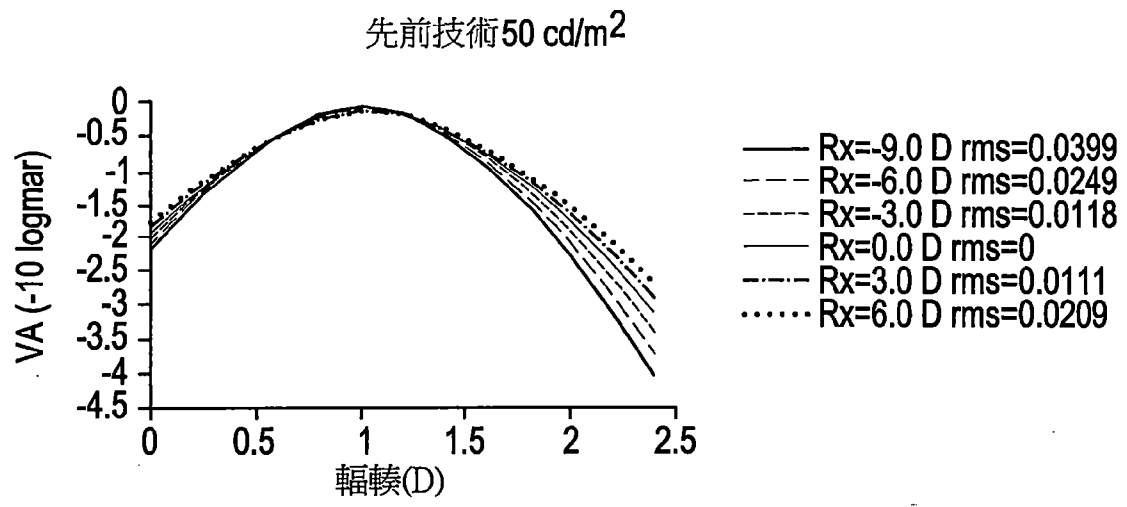


圖19D

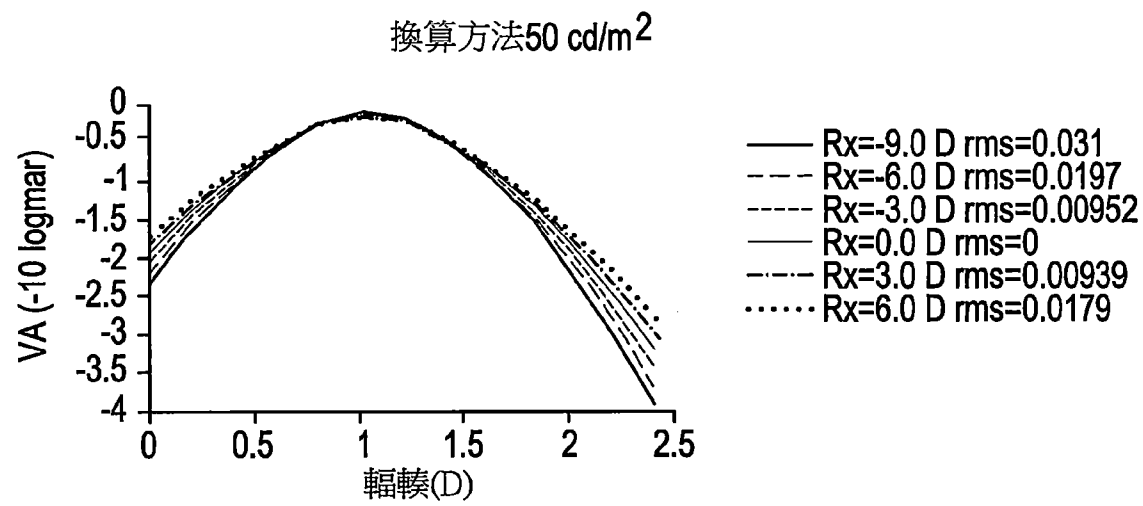


圖19E

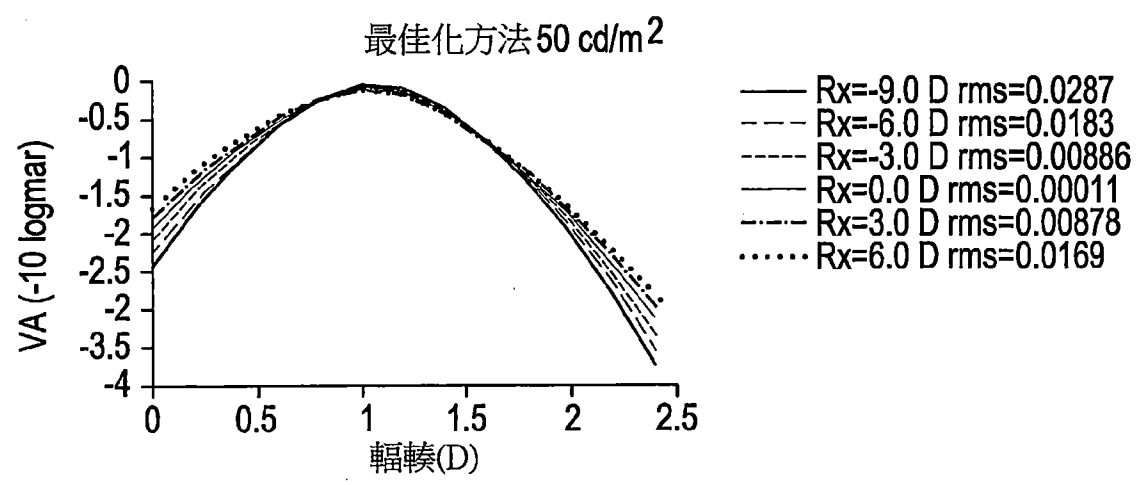


圖19F

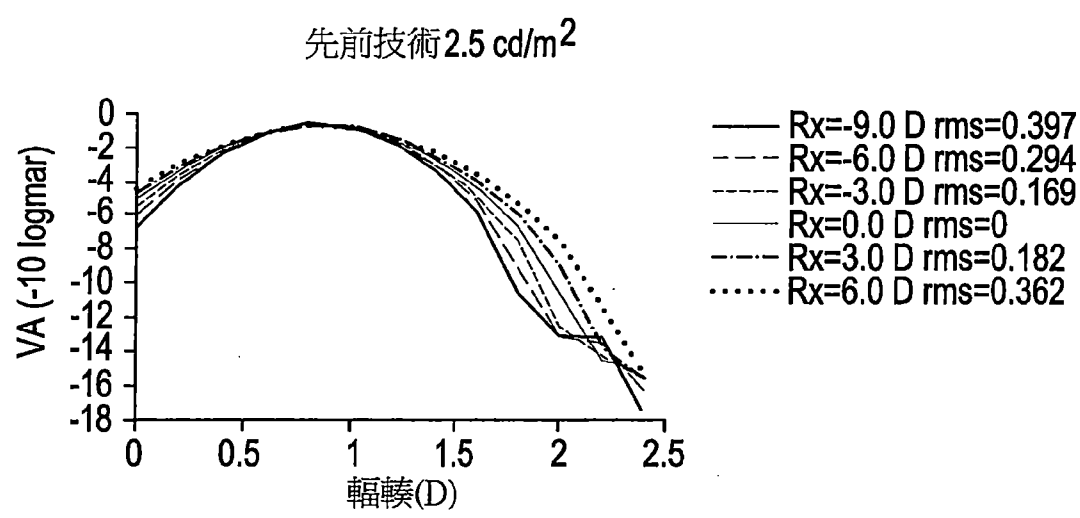


圖19G

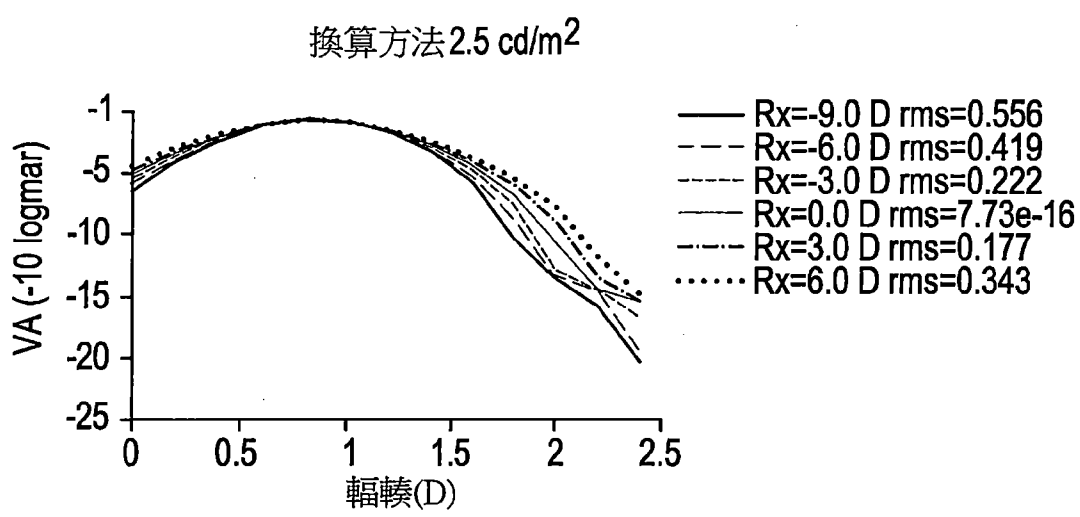


圖19H

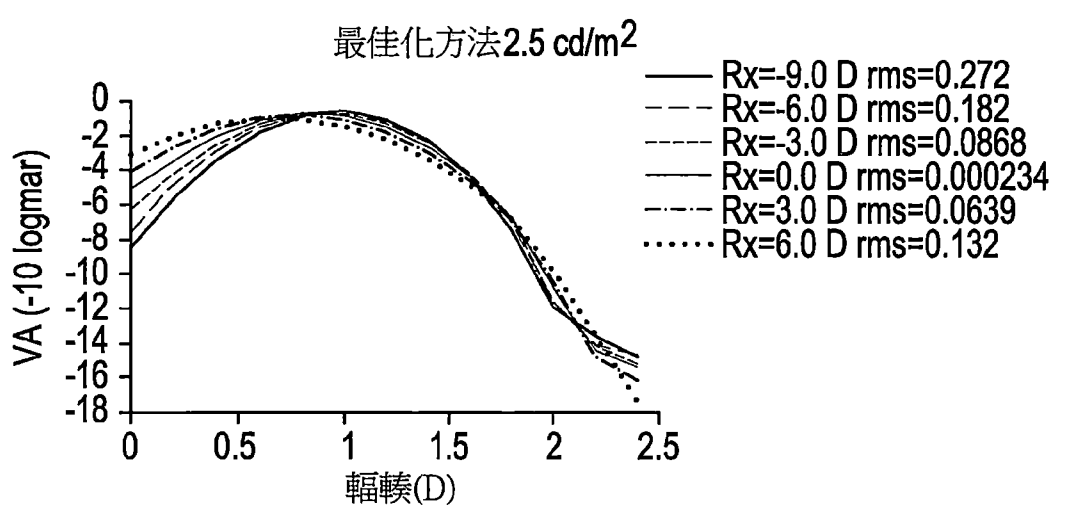


圖19I

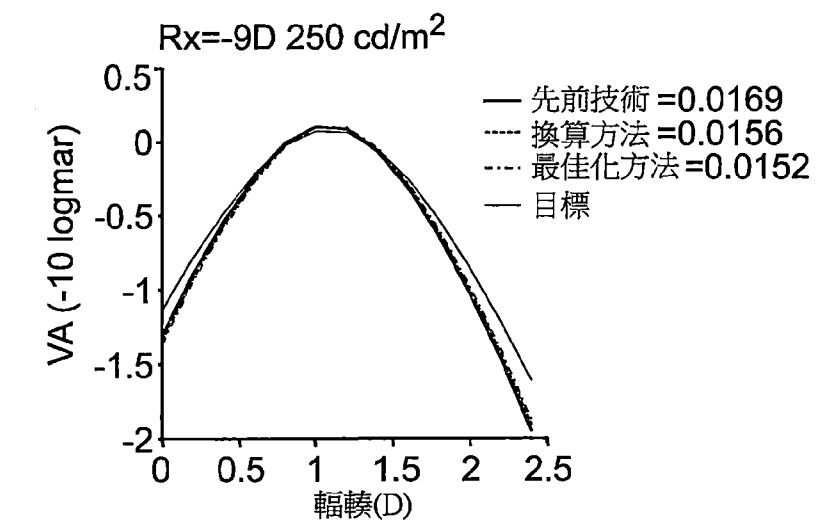


圖20A

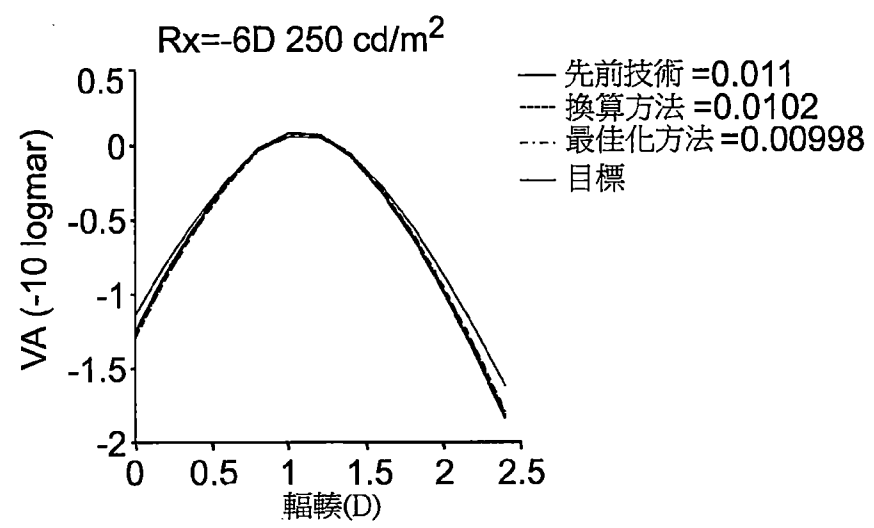


圖20B

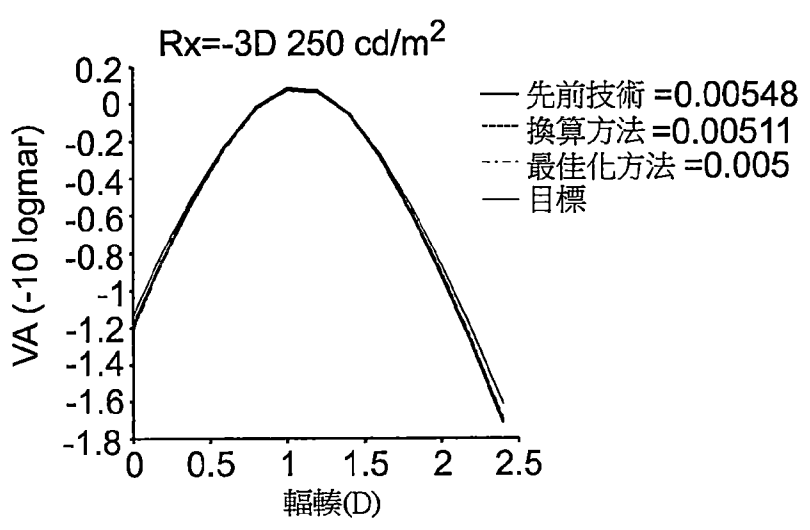


圖20C

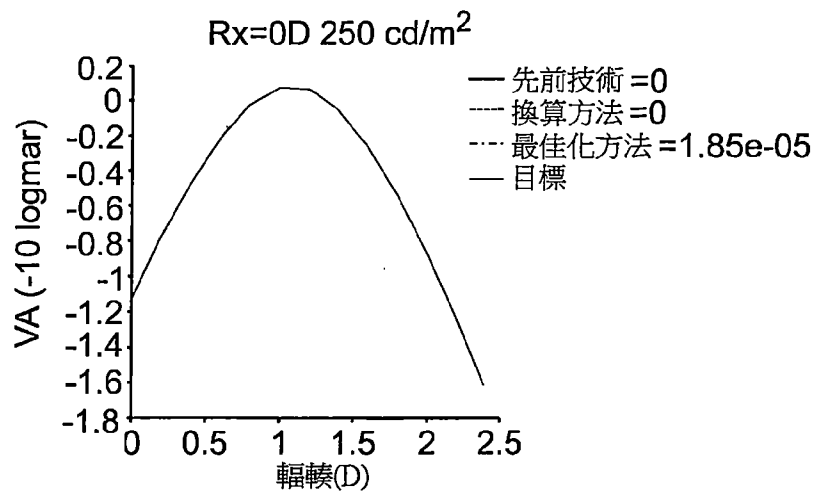


圖20D

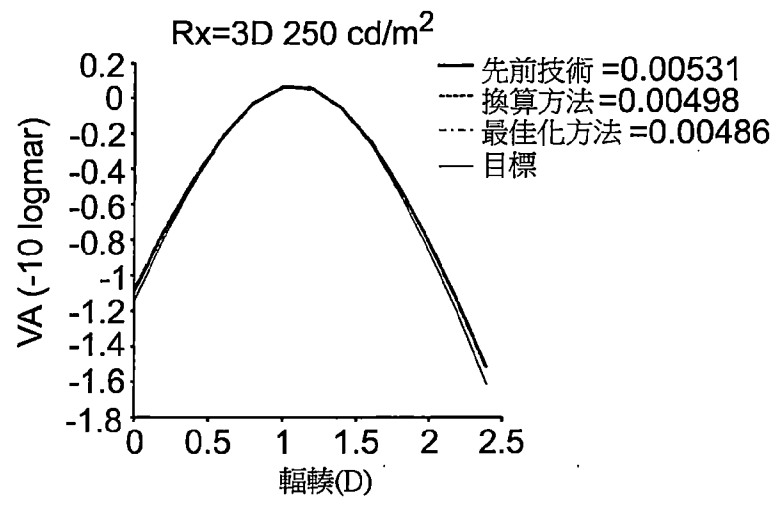


圖20E

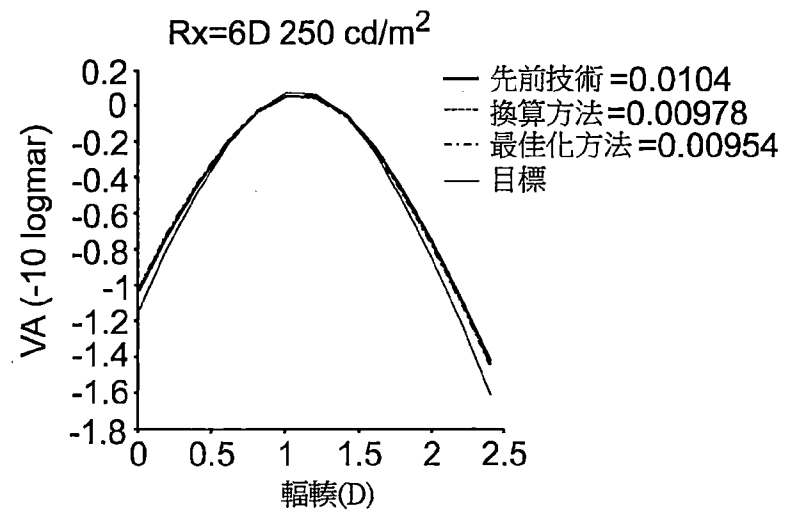


圖20F

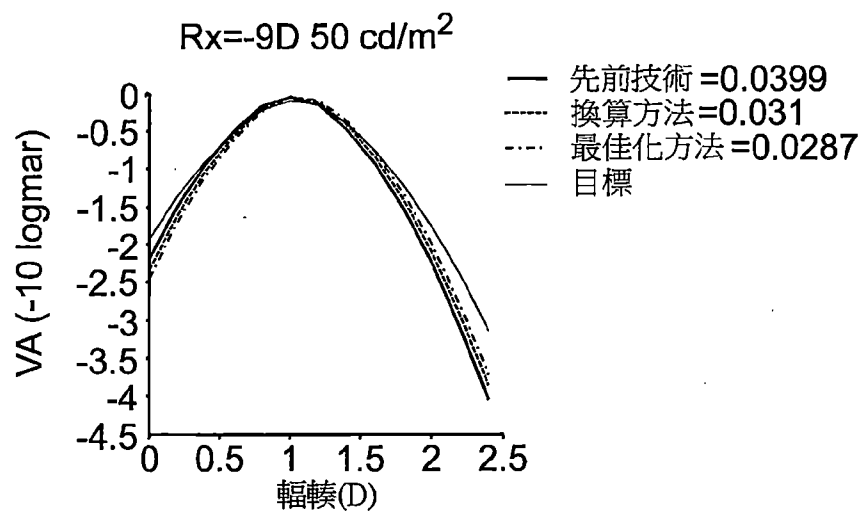


圖21A

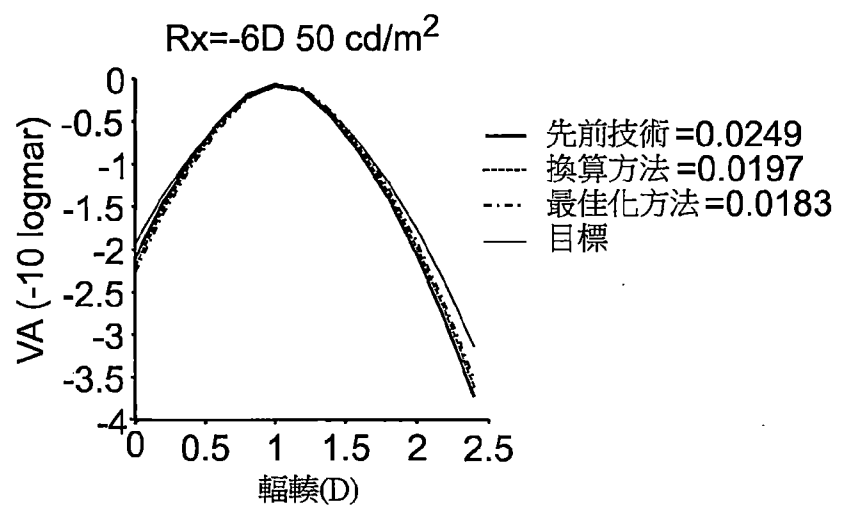


圖21B

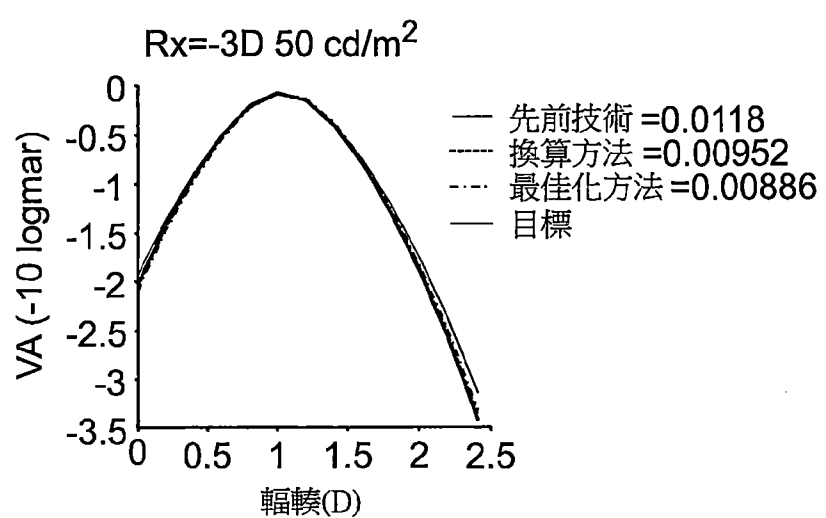
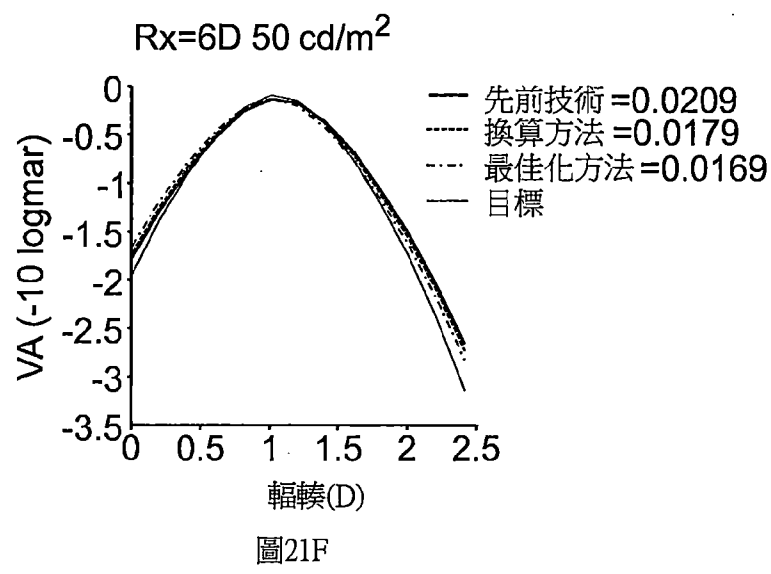
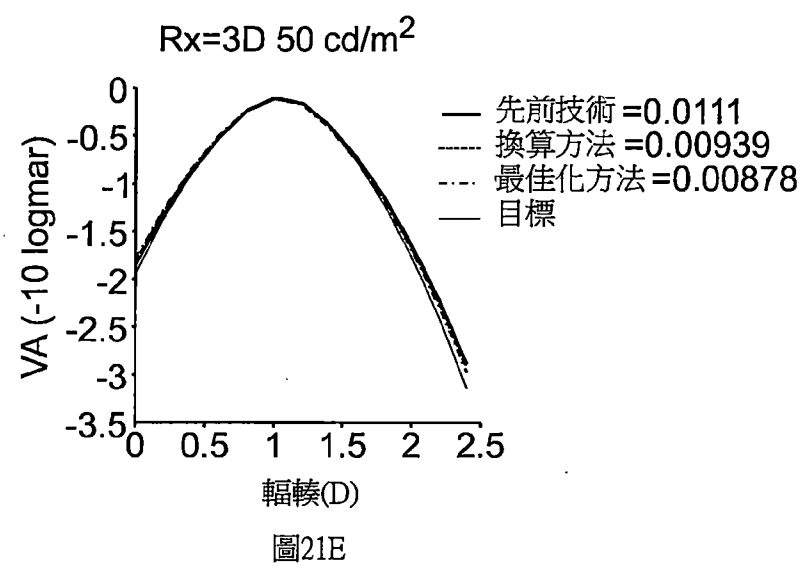
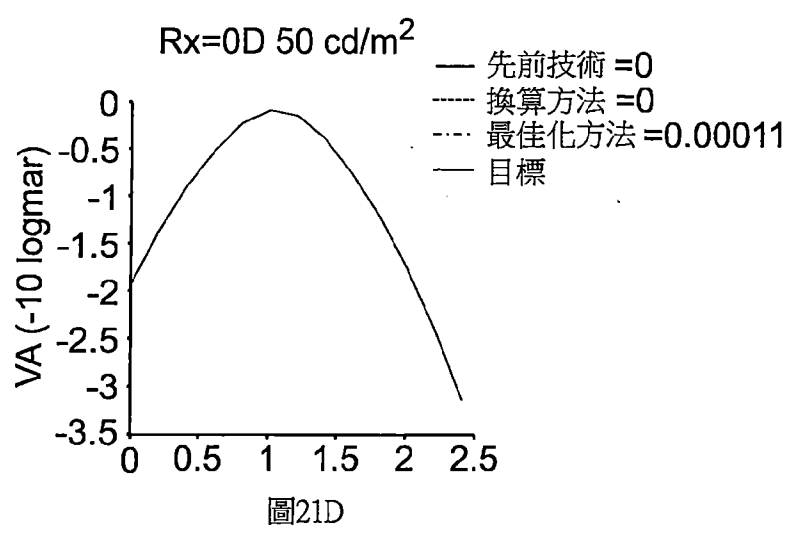


圖21C



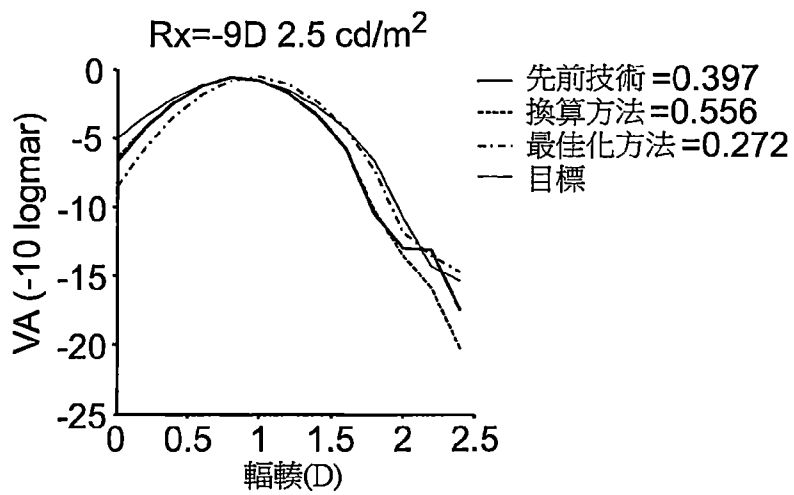


圖22A

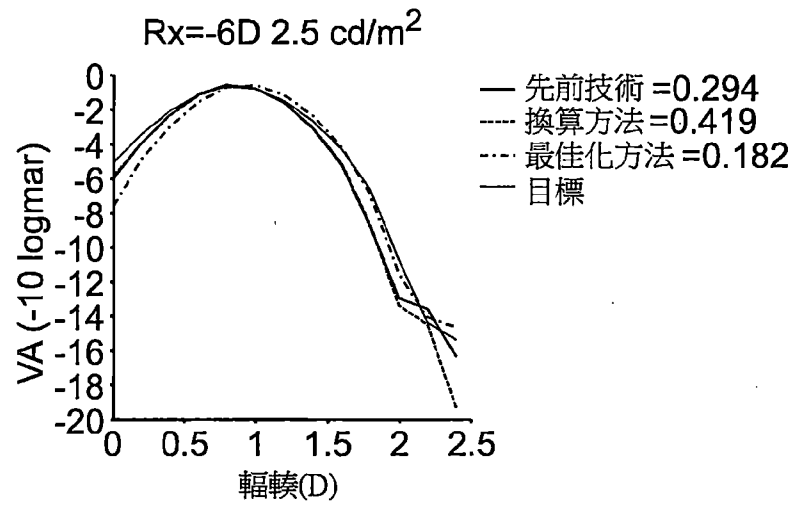


圖22B

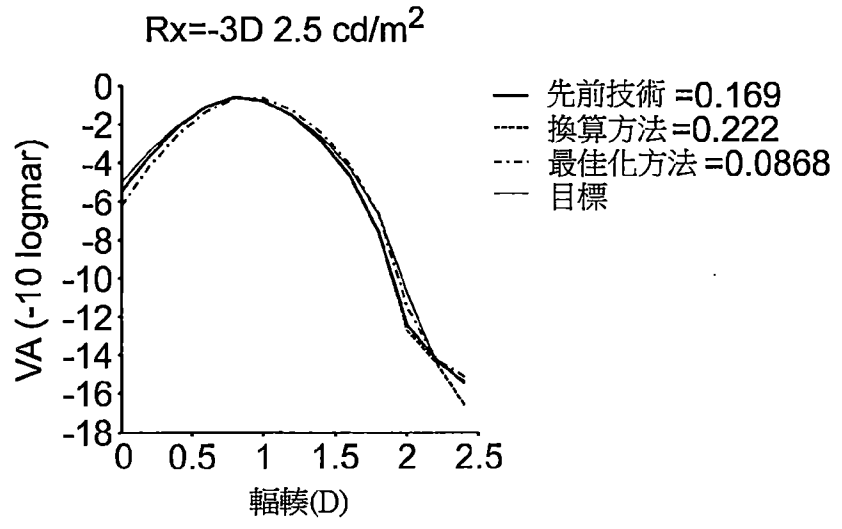


圖22C

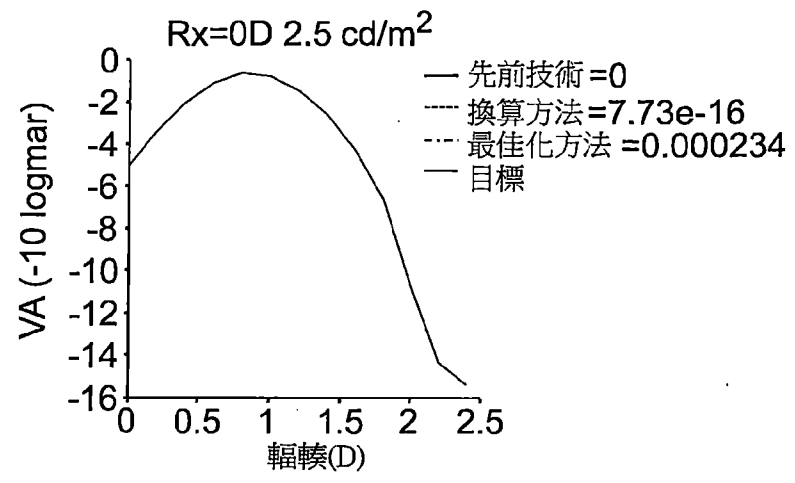


圖22D

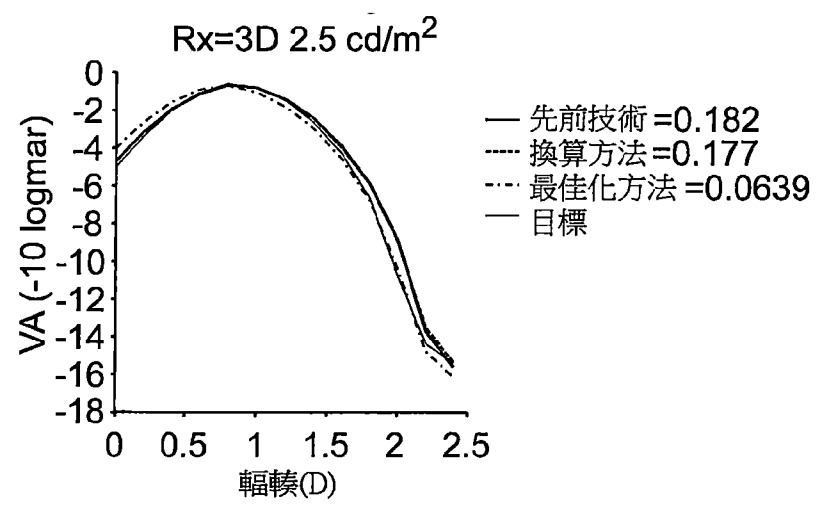


圖22E

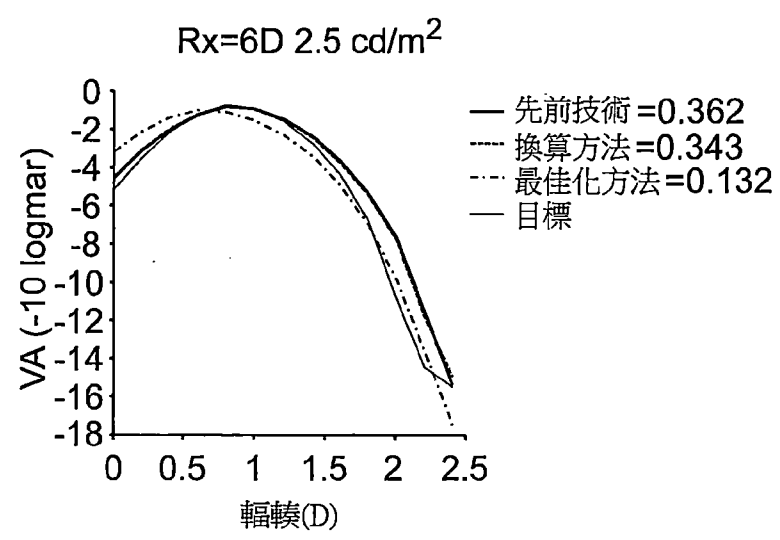


圖22F

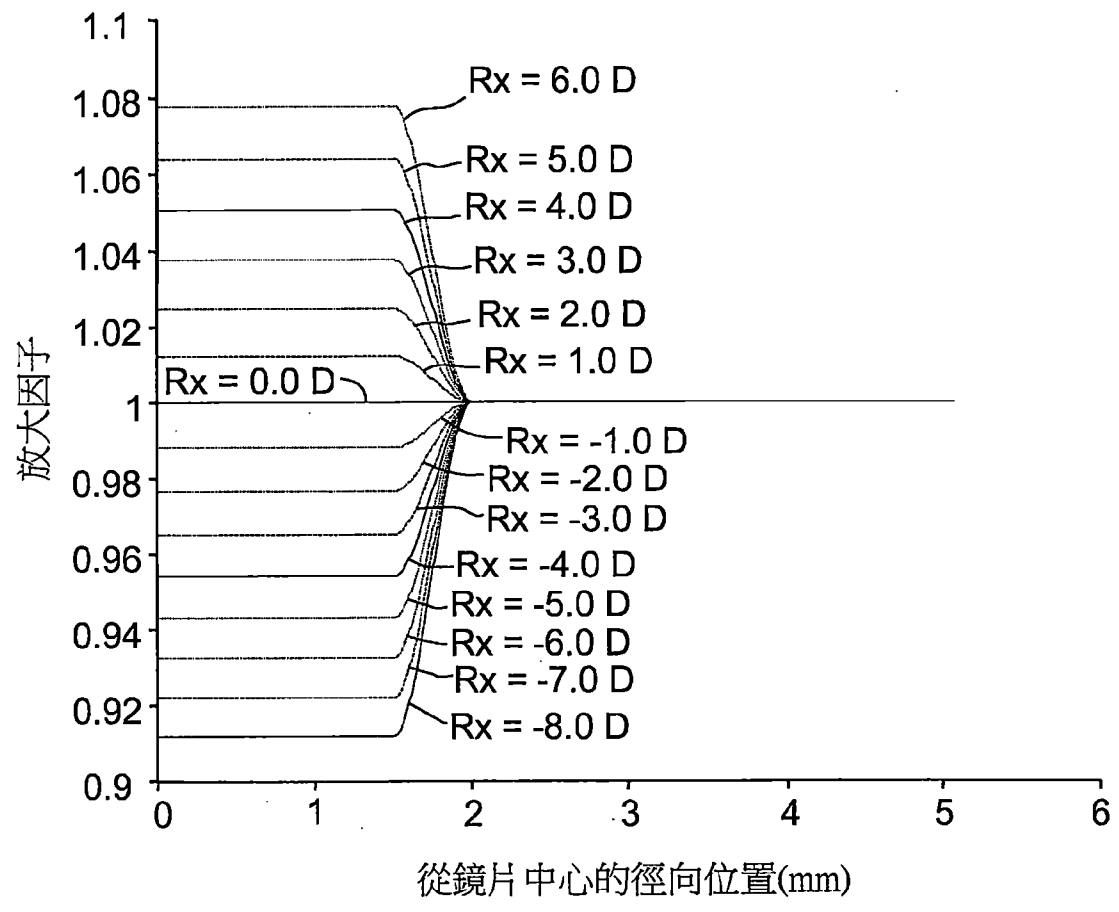


圖23

選取SKU的隱形眼鏡焦度輪廓

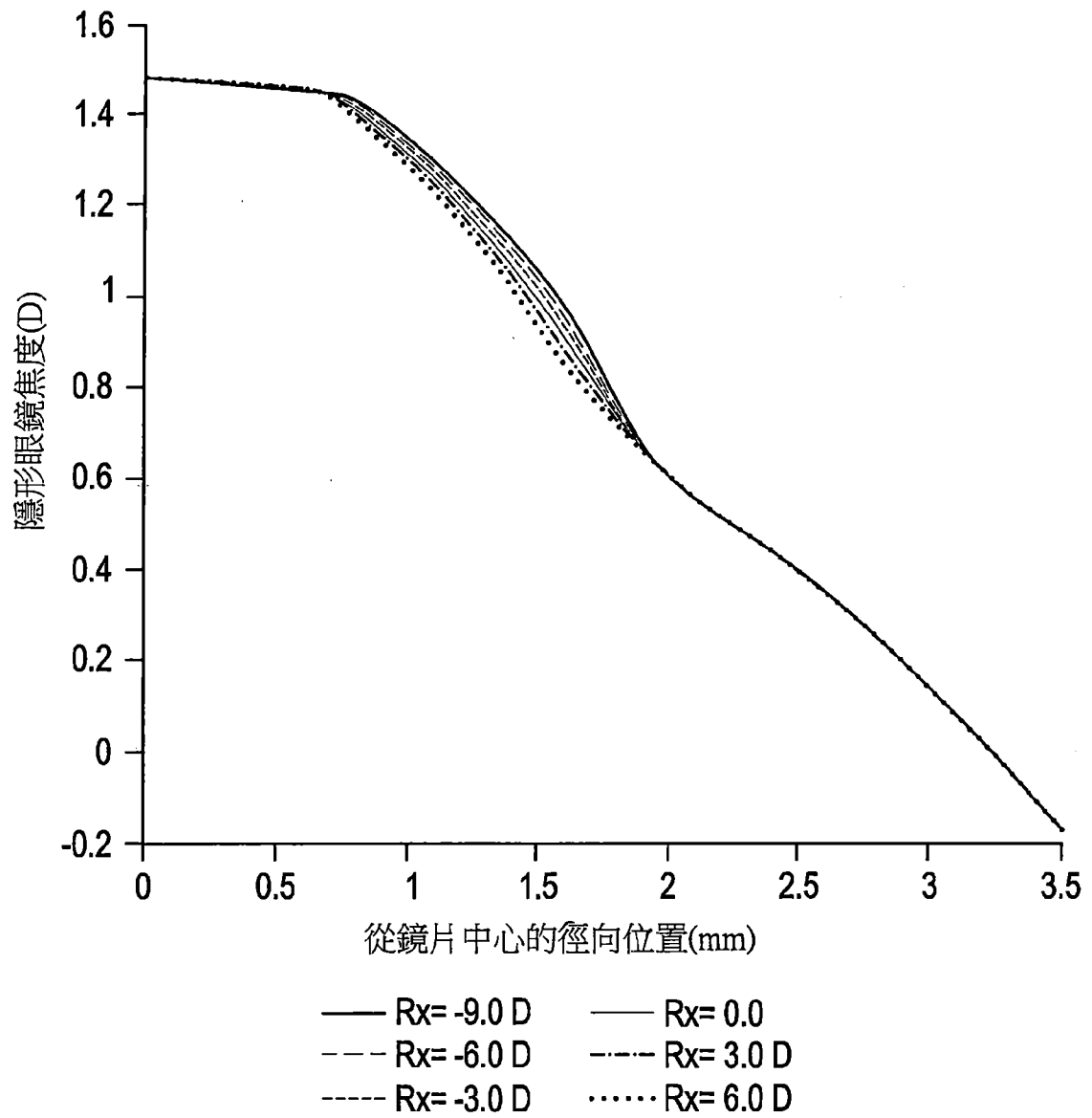


圖24