

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：097101266

※ 申請日期：97年1月11日

※IPC 分類：G02B 5/12

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

EUV 蝕刻裝置反射光學元件/Reflective Optical Element for EUV
Lithography Devices

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

卡爾蔡司 SMT 股份公司/Carl Zeiss SMT AG

代表人：(中文/英文)

1. 蔡勒爾博士; 2. 舒爾茨先生/1. Dr. Zeiler; 2. Mr. Schultz

住居所或營業所地址：(中文/英文)

德國奧伯寇希辛 73447 魯道夫艾貝爾街 2 號/Rudolf-Eber-Strasse 2,
73447 Oberkochen, Germany

國籍：(中文/英文) 德國/DE

三、發明人：(共 5 人)

1. 姓名：(中文/英文) 安德烈·雅克辛/Andrey E. YAKSHIN

國籍：(中文/英文) 荷蘭/NL

2. 姓名：(中文/英文) 羅貝爾特·凡蒂克魯斯/Robbert W. E. VAN DE KRUIJS

國籍：(中文/英文) 荷蘭/NL

3. 姓名：(中文/英文) 弗瑞德·畢克爾克/Fred BIJKERK

國籍：(中文/英文) 荷蘭/NL

4. 姓名：(中文/英文) 艾瑞克·路易斯/Eric LOUIS

國籍：(中文/英文) 荷蘭/NL

5. 姓名：(中文/英文) 依蓮那·內德爾庫/Ileana NEDELUCU

國籍：(中文/英文) 荷蘭/NL

四、聲明事項：

主張專利法第二十二條第二項 第一款或 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 德國 DE；2007/02/05；10 2007 006 423.5
2. 美國 US；2007/02/05；60/888,144

無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

主張專利法第三十條生物材料：

須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種用於極端紫外線(EUV)及軟 x 射線波長範圍操作波長，特別用於 EUV 蝕刻裝置的反射光學元件，其具有多層系統，由操作波長下具有折射率之不同實部分的至少兩交替物質製成。

再者，本發明係有關一種特別用於 EUV 蝕刻裝置的投影系統及照明系統，具有至少一反射光學元件，及一種具有至少一反射光學元件的 EUV 蝕刻裝置。

【先前技術】

如光罩或多層鏡的 EUV 及軟 x 射線波長範圍(如約 1 奈米及 20 奈米之間波長)的反射光學元件，係特別用於半導體組件蝕刻。因為 EUV 蝕刻裝置通常具有多反射光學元件，其必須具有最可能反射率來確保充分高總反射率。因為多反射光學元件通常排序位於 EUV 蝕刻裝置中，所以即使各反射光學元件處的小反射損失亦對總反射率有較大影響。EUV 及軟 x 射線波長範圍反射光學元件通常具有多層系統。這些為波長下具有折射率之較高實部分的物質(亦稱為隔襯)，及波長下具有折射率之較低實部分的物質(亦稱為吸收物)的交替塗敷層，形成一堆疊的吸收物-隔襯。係以特定方式模擬水晶，其晶格平面對應產生 Bragg 反射之吸收物層。各層及重複堆疊厚度可視達成的反射輪廓而為固定或亦隨整個多層系統而不同。

確保 EUV 蝕刻裝置中之最可能總反射率的一方法，係

為反射光學元件提供一保護層，其可包含一或更多層來保護該反射光學元件不受污染。該反射光學元件的服務壽命因此被延長，而降低隨時間的反射率損失。

另一方法包含以另外或多或少吸收劑物質補充由吸收物及隔襯製成的基本結構，以增加特定操作波長下的最可能反射率。針對此，許多堆疊中，吸收物及/或隔襯物質可彼此交換，或可以吸收物及/或隔襯物質建構一個以上該堆疊。吸收物及隔襯物質厚度係為固定或亦隨所有堆疊而不同以最佳化該反射率。實務上，具有複雜物質序列之反射光學元件不能達成較高反射率預期程度。

【發明內容】

本發明目的係提供一反射光學元件，可於其操作波長下提供最可能反射率。

此目的可藉由軟 x 射線及 EUV 波長範圍之操作波長，特別用於 EUV 蝕刻裝置的反射光學元件來達成，其具有一多層系統，由操作波長下具有折射率之不同實部分的至少兩交替系統製成，特定另外物質的兩附加層各鄰接該兩交替物質至少其中之一，特別該兩交替物質之間至少一過渡區上。

本目的特別藉由對應反射元件達成，其中另外物質第一附加層放置於兩交替物質之間至少一過渡區上，與無附加層之反射率相較下，可增加操作波長最大反射率，放置可當作鄰接層之間屏蔽之另外物質第二附加層。

具有該第一及第二附加層之此多層系統基本結構，係以

可增加與該多層系統基本物質，特別是隔襯物質化學反應之反射率之許多物質的發現為基礎，使非預期物質附加層形成，一方面因其在操作波長處之反射率而具有反射率負面效應，另一方面導致介面電磁波之相位角改變，及因吸收物及隔襯層之間介面的空間改變而降低操作波長處的反射率。特別在 EUV 及軟 x 射線波長範圍中，金屬係適合當作吸收物層，而經常與金屬反應的非金屬係適合當作隔襯層。藉由同時考慮可防止該增強反射中間層及該鄰接隔襯或亦可如屏障之吸收物層之間化學反應及/或擴散的兩中間層，亦即增強反射中間層及一中間層，係可增加由吸收物及隔襯物質製成的真實反射光學元件啟動多層系統的反射率。不明顯降低第一中間層之反射率增益的物質，係特別較佳用於第二中間層，產生額外反射率增益的物質係非常特別較佳。

可特別藉由對應反射元件進一步達成此目的，其中分別於從具有折射率較低實部分之物質至具有折射率較高實部分之物質的過渡區，及從具有折射率較高實部分之物質至具有折射率較低實部分之物質的過渡區選擇該兩附加層。已發現不同過渡區下具有不同附加層，係導致操作波長下的最終多層系統較高反射率。

多層系統於操作時接受 EUV 或軟 x 射線輻射之該側上具有一保護層的反射光學元件中，另一物質之第一附加層係有利地放置於多層系統及保護塗層之間的過渡區上，其可較無該附加層之反射率增加該操作波長下的最大反射

率，且放置可當作鄰接層之間屏障的另一物質的第二附加層。

再者，此目的係藉由特別用於 EUV 蝕刻裝置，具有至少一該反射光學元件的一投影系統，特別用於 EUV 蝕刻裝置，具有至少一該反射光學元件的一照明系統，及具有至少一該反射光學元件的一 EUV 蝕刻裝置來達成。

附帶申請專利範圍係發現具優勢實施例。

【實施方式】

第 1a, b 圖顯示用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍，特別用於 EUV 蝕刻裝置，如當作光罩或鏡子的一反射光學元件 1 例。第 1a 圖簡單顯示多層系統 2 的較高階結構。本例中，係使用具有不同複合折射率之不同物質連續塗敷基板 3 來製造多層系統 2。再者，為了保護不受到如污染物的外部影響，係額外施加保護層 4 至多層系統 2。保護層 4 本身可包含對各種污染物影響呈現惰性的複數不同物質層，壓縮與多層系統 2 的化學交互作用，及確保對多層系統 2 的光學適應，如儘量不影響如反射光學元件 1 之反射率的光學特性。

多層系統 2 本質上包含複數重複堆疊 20，第 1b 圖概要顯示其結構。因複數重複堆疊 20 而特別於操作波長處反射的堆疊 20 基本層，係為由具有折射率較低實部分製成的俗稱吸收物層 22，及由具有折射率較高實部分製成的俗稱隔視層 21。因此，以吸收物層 22 對應水晶內之晶格面的方式模擬水晶，其具有特定隔視層 21 界定彼此的一距離，且

產生入射 EUV 反射及/或軟 x 射線輻射。以特定操作波長下於各吸收物層 22 處反射之輻射建構性重疊，達成反射光學元件最大反射率的方式來選擇該層厚度。第 1b 圖說明的本例中，一旦提供隔襯層 21 及吸收物層 22，為了增加基本反射率的最大反射率，也就是理論上增加堆疊 20 之最大可能反射率，係於隔襯層 21 上之吸收物層 22 之間介面及吸收物層 22 上之隔襯層 21 之間介面處提供第一中間層 23a, b。亦提供可當作第一中間層 23a, b 之間屏障，及鄰接隔襯層 21 抵擋化學交互作用或擴散之屏障的第二中間層 24a, b。

應注意，亦可僅於吸收物層 22 及隔襯層 21 之間或隔襯層 21 及吸收物層 22 之間兩介面之一處，提供該兩中間層 23a, b。如第 1c 圖概要顯示，亦可於第一中間層 23a, b 兩側上提供兩第二中間層 24a, b，以壓縮與隔襯層 21 及吸收物層 22 的化學交互作用及/或擴散。視物質選擇而定，僅需於吸收物層 22 上提供第二中間層 24a, b。如第 1d 圖概要顯示，係可進一步交替讓第一中間層於吸收物層上及第二中間層於隔襯層上，反之亦然，因此可視從吸收物至隔襯或從隔襯至吸收物層的過渡區而定，反向該兩附加層的順序。特別是，亦可視該中間層放置於吸收物層 22 或隔襯層 21 之間或隔襯層 21 或吸收物層 22 之間，分別產生不同中間層 23a 及 23b 或 24a 及 24b，來選擇用於該中間層的不同物質。針對各類型中間層，特別是兩個以上吸收物層及/或隔襯層的堆疊中，係可選擇兩個以上不同物質。較佳

是，視從吸收物至隔襯或從隔襯至吸收物層的過渡區而定，該中間層具有不同厚度。

第 1e 圖詳細顯示多層系統及保護塗層之間的過渡區，本例中係為最上吸收物層 22 及保護層 4 的過渡區。如上述，該保護層可由一物質製成，或從複數，也就是二，三，四或更多層組成。例如，簡單或組裝保護層 4 係為碳化硼，碳化鈾，氮化硼，氮化矽，碳化矽，氧化鈹，氧化矽，鈦，氮化鈦，銅金合金，鎳，鈦，銻，鉍，金，鈮，鉑，鐵，鈔，氧化鋁，鉀，鉛，氟化鈦，氟化鈉，氟化鋰，氟化鎂，氟化鋁，非晶硼，鈮，鈳，氧化銻，氧化鈦，鈾或氫化矽。本例中，用於增加反射率的第一中間層 23，及當作屏障且特定情況下亦可增加反射率的第二中間層 24，係放置於最上吸收物層 22 及保護層 4 之間。第 1e 圖顯示例中，第一中間層 23 係放置於最上吸收物層 22 及第二中間層 24 之間。若需要，第二中間層 24 亦可放置於保護層 4 及第一中間層 23 之間，及第一中間層 23 兩側上。再者，該多層系統亦以隔襯層取代吸收物層做終止。接著，亦可以上述方式於過渡區處提供第一及第二中間層至該保護層以增加反射率。中間層 23，24 及保護層 4 的尺寸表示中，係有利地於約 1 奈米及約 10 奈米之間範圍選擇保護層 4 的總厚度，而於約 0.2 奈米及約 10 奈米之間範圍選擇第一及第二中間層 23，24 的總厚度。對保護層 4 之過渡區處的第一及第二中間層 23，24 物質，係與吸收物及隔襯層 22，21 之間的第一及第二中間層 23a，b，24 a，b 者相同，或亦可不同。

可於轉換至該保護層之該過渡區處或多層系統內，或轉換至該保護層之該過渡區處及多層系統內提供第一及第二中間層。

通常用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍中，具有當作吸收物之元素鈾及當作隔襯之矽的堆疊為基礎進一步解釋若干例。以下說明亦同樣被轉換至用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍的其他適當多層系統，如鈾/鈹，碳化鈾/矽，或鈾/矽。其亦可被轉換至由兩個以上物質製成之交替層為基礎的多層系統。再者，應注意，具有堆疊內各層固定及不同厚度比率的多層系統亦可使用至少兩中間層。

首先，將更詳細檢查矽上鈾的介面。第 2a 圖顯示矽上第一中間層，也就是反射率增強層之若干可能物質反射率的厚度相依，第 2b 圖顯示矽上第二中間層，也就是屏蔽層之若干可能物質反射率的厚度相依。

對應真實鈾/矽多層系統的實線係可當作一比較測量。大約以 Mo_7Si_3 說明且通常具有 8 埃，也就是 0.8 奈米厚度的一混合層，係可藉由真實鈾/矽多層系統中之鈾及矽層之間介面處擴散而形成。此混合層可降低剛好 70% 至約 69% 的最大反射率。相對地，首先添加由鈾，銻，碳化鈾及矽化鈾製成之中間層的反射率影響，係被研究為該層厚度的函數。如第 2a 圖顯示，由於厚度增加，由碳化鈾及矽化鈾製成之中間層的反射率下降，但並非與由矽化鈾製成之真正成形中間層一樣強。有了銻，厚度達到約 6 埃時，可看到反射率些微增加，但更高厚度時，該反射率下降的更多。

有了鈦，可看到令人驚訝的效應，達厚度 8 埃時，該反射率增加至 70% 以上，然後維持固定達至少 10 埃。因為所有在此顯示物質會導致純鈦-矽多層系統的真實反射率增益，所以其基本上適合當作第一中間層物質。鈦特別較佳當作第一中間層物質。

相當地，第 2b 圖顯示適用於第二中間層物質。這些為所有已知對矽相對化學惰性，且亦當作擴散屏蔽的碳化硼，非晶碳及氮化矽。其反射率效應中之所有厚度差異不明顯，且均產生正常鈦-矽多層系統可接受反射率降低。應注意，碳化矽亦適合當做介面矽上鈦處的第三中間層物質。可與對第 2b 圖顯示之物質碳化硼，非晶碳及氮化矽的反射率效應比較。

針對介面鈦上矽，發現與介面矽上鈦不同之物質本身暗示反射率增加。特別是研究鈦，鈦，矽化鈦及矽化鈦對介面鈦上矽處之最大反射率的影響。第 3a 圖顯示該結果。所有四物質首先顯示達最大 70% 或更多之反射率增加，而接著反射率下降。矽化鈦最大值係為 4 埃，鈦及矽化鈦約 6 埃，鈦僅於 8 埃之前短少。10 埃處之最大反射率亦大於 70%。因此，鈦特別較佳當作第一中間層物質。

再次研究碳化硼，非晶碳及氮化矽當作第二中間層物質。相對於矽上鈦介面，由非晶碳及氮化矽製成的中間層，係對鈦上矽介面處非常低厚度的反射率有非常負面影響(見第 3b 圖)，而碳化硼些微增加具有真正鈦矽層之鈦/矽多層系統所有研究厚度的反射率。因此，碳化硼較佳當作至

少介面鉬上矽的第二中間層物質。

更精確觀察增加無中間層之多層系統在 EUV 及軟 x 射線波長範圍中之操作波長處的多層系統最大相對反射率的物質特性時，吾人可特別建立兩變異。此對不僅增加真實具有一混合層之鉬/矽多層系統的反射率，亦增加理論鉬/矽多層系統的反射率(對應第 2a, b, 3a, b 處之反射率)的中間層物質特別為真。

第一變異中，第一附加層 23a, b 之至少物質，也就是反射率增強層，係具有操作波長下折射率實部份值大於具有折射率較高實部份之交替物質的對應值，或小於具有折射率較低實部份之交替物質的對應值的一折射率。因此，增加該多層系統內的光學對比及反射率。例如，在此鉬/矽多層系統的觀察例中，鈦係適合當作一矽層以上及一鉬層以下的第一附加層 23a 物質，在此其具有明顯低於鉬之操作波長下之折射率實部份(亦見表 1)。為了選擇第一附加層厚度，將確保其不致被選擇過高，反射率增益效應係因該第一附加層之額外吸收的較高光學對比而被補償。此對具有如鈦之操作波長下之折射率高虛部份的物質(亦見表 1)特別重要。

第二變異中，該第一附加層之至少物質具有操作波長下折射率實部份值介於交替物質的對應值之間的一折射率。該物質傾向不降低該多層系統的光學對比。然而，其改變了藉由各層邊界及介面處之折射形成多層系統輻射的電場駐波。由於其折射率虛部份決定之特定物質，該駐波場具

有主要受到個別吸收層之各層強度全體分佈影響。藉由併入該附加層，該強度分佈改變，而產生該駐波場的另一總吸收。作為特殊例，係藉由操作波長下之折射率實部份值介於交替物質的對應值之間的物質所製成的附加層，以最大值從由折射率相對高虛部份，也就是較高吸收製成之區域，被轉換進入由折射率相對低虛部份，也就是較低吸收製成之區域的方式來轉換極端位置及節點。降低吸收會增加反射率。應注意，因為駐波場過大或過小轉變亦可能增加總吸收及降低反射率，所以將再確認每個多層系統用於適當厚度範圍的附加層適當物質。在此說明鉬/係多層系統例中，如鈇及鈳特別適合當作鉬層以上及矽層以下的第一附加層物質。

適合當作第二中間層，也就是屏蔽層的物質，通常顯示低焴形成鄰接物質，本例中為第一中間層及隔襯及/或吸收物層物質。其通常顯示該鄰接物質的低擴散率。此外，他們通常顯示生長與保守生長模式相對如封閉 atomic 層之層的趨勢。較佳是，如上述第一中間層物質，第二中間層物質係於操作波長下具有適當光學常數。

應注意，本例所述第一或第二中間層物質，亦適用於過渡一保護層的對應中間層。

中間層厚度較佳小於可當作隔襯及吸收物層且界定反射光學元件基本特性，特別是操作波長範圍之交替物質製成的層。該附加層厚度較佳特別小於該操作波長四分之一，特別小於該操作波長八分之一。

例如，針對 13.5 奈米操作波長，係製造具有鈺當作鉬上矽介面處之第一中間層 23a，及當作朝向矽層 21 之第二中間層 24a 的碳化硼，及當作矽上鉬介面處之第一中間層 23b 之鈺，及再當作朝向該矽層之第二中間層 24b 的碳化硼。係藉由電子束汽相沉積施加所有層。鉬的各層厚度約 2.8 奈米，鈺為 0.6 奈米，兩碳化硼層為 0.2 奈米，矽為 4.2 奈米，鈺為 0.8 奈米。堆疊 20 包含此重複 15 次。13.5 奈米操作波長係產生些微超過 71% 之實際可達成最大反射率百分比。與不需依據本發明之中間層而藉由可比擬鉬-矽多層系統實際達成之 69% 相比，此意指增加 2% 以上。

針對另一例，製造不僅藉由電子束汽相沉積，並藉由磁控濺鍍塗敷碳化硼中間層的上述反射光學元件。亦於此例中，13.5 奈米操作波長係產生些微超過 71% 最大反射率百分比。

此外，製造再次藉由電子束汽相沉積塗敷所有各層的另一反射光學元件。在此，以鈺取代鈦當作用於鉬上矽介面處的第一中間層物質。此反射光學元件可於 13.5 奈米處達成約 71% 最大反射率百分比。

除了其實際高達成反射率之外，依據本發明的反射光學元件另具有進一步優點，其多層系統結構亦特別因第二中間層而維持穩定一段較長使用時間。此係因該第二中間層亦在連續以 EUV 或軟射線輻射的熱應力下，防止與鄰接它們的該層交互擴散。即使於連續操作中亦可維持操作波長處的最大反射率。此可製造依據本發明特別適用於 EUV 蝕

刻裝置的該反射光學元件，例如可於各式位置使用其當作鏡元件或光罩元件。

第 4 圖概要說明 EUV 蝕刻裝置 100。基本部件係為光束整形系統 110，照明系統 120，光罩 130 及投影系統 140。

例如，電漿源或同步加速器可當作輻射源 111。首先將約 5 奈米至 20 奈米波長範圍的激發輻射捆束於準直儀 112 中。此外，藉助單色器 113，可藉由改變入射角濾出預期操作波長。準直儀 112 及單色器 113 通常當作所述波長範圍中的反射光學元件。例如，使用依據本發明之反射元件當作準直儀 112 或單色器 113，係特別適用於光束整形系統 110 中。此係因在此之熱應力特別高，所以藉由以下部件高反射率提供最大 EUV 輻射係特別重要。

接著，將光束整形系統 110 中的波長及空間分佈所準備的操作光束引進照明系統 120 中。第 4 圖顯示例中，照明系統 120 係具有兩鏡 121，122，其均具有如上述第一及第二中間層的多層系統。應注意，照明系統 120 亦僅具有一或三，四，五或更多鏡，其可全部或部分具有如上述第一及第二中間層的多層系統。

鏡 121，122 引導光束至光罩 130，其具有將被映射至晶圓 150 的結構。光罩 130 亦為用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍，具有第一及第二中間層的多層系統的反射光學元件。

藉助投影系統 140，光罩 130 所反射之光束係投射至晶圓 150 上，而光罩 130 結構係映射其上。說明例中，投影系統 140 具有兩鏡 141，142，具有第一及第二中間層的多

層系統。應注意，投影系統 140 亦可具有一或三，四，五或更多鏡，其一或更多鏡具有第一及第二中間層的多層系統。

參考數字

- | | |
|----------|---------------|
| 1 | 反射光學元件 |
| 2 | 多層系統 |
| 3 | 基板 |
| 4 | 保護層 |
| 20 | 定期重複層堆疊 |
| 21 | 具有低吸收係數的物質 |
| 22 | 具有高吸收係數的物質 |
| 23,23a,b | 用於增加反射率的第一中間層 |
| 24,24a,b | 當作擴散屏蔽的第二中間層 |
| 100 | EUV 蝕刻裝置 |
| 110 | 光束整形系統 |
| 111 | 光源 |
| 112 | 準直儀 |
| 113 | 單色器 |
| 120 | 照明系統 |
| 121,122 | 鏡 |
| 130 | 光罩 |
| 140 | 投影系統 |
| 141,142 | 鏡 |
| 150 | 晶圓 |

R 最大反射率
d 厚度

表 1

13.5 奈米波長處的折射率

名稱	實部分	虛部分
Mo	0,923793525	0,006435425
Mo2C	0,917767145	0,007945986
Ru	0,886360034	0,017064894
Rh	0,875048831	0,031177852
Ru2Si	0,899574861	0,016169887
Si	0,999002305	0,001826494
Y	0,973729959	0,002281516
Nb	0,933749691	0,005195933
Nb4Si	0,938146889	0,005302884
Y5Si3	0,977611721	0,002474689
B4C	0,963771485	0,005145842
C	0,961573470	0,006905315
Si3Ni4	0,973136209	0,009317771
Mo7Si	0,926676892	0,006498690

【圖式簡單說明】

將參考較佳實施例更詳細解釋本發明。

第 1a 圖顯示一反射光學元件概要說明；

第 1b 圖顯示該反射光學元件概要詳細說明；

第 1c 圖顯示該反射光學元件第三實施例概要詳細說明；

第 1d 圖顯示該反射光學元件另一實施例概要詳細說明；

第 1e 圖顯示該反射光學元件另一概要詳細說明；

第 2a 圖顯示對當作矽上第一附加層的不同物質最大反射率影響；

第 2b 圖顯示對當作矽上第二附加層的不同物質最大反射率影響；

第 3a 圖顯示對當作鉬上第一附加層的不同物質最大反射率影響；

第 3b 圖顯示對當作鉬上第二附加層的不同物質最大反射率影響；及

第 4 圖顯示一 EUV 蝕刻裝置概要說明。

【主要元件符號說明】

1	反射光學元件
2	多層系統
3	基板
4	保護層
20	定期重複層堆疊
21	具有低吸收係數的物質
22	具有高吸收係數的物質
23,23a,b	用於增加反射率的第一中間層
24,24a,b	當作擴散屏蔽的第二中間層
100	EUV 蝕刻裝置
110	光束整形系統
111	光源
112	準直儀
113	單色器
120	照明系統
121,122	鏡
130	光罩
140	投影系統
141,142	鏡
150	晶圓
R	最大反射率
d	厚度

五、中文發明摘要：

本發明係一種反射光學元件，用於軟 x 射線及極端紫外線(EUV)波長範圍中的一操作波長，特別用於一 EUV 蝕刻裝置，其具有由至少兩交替物質製成的一多層系統，該至少兩交替物質在該操作波長下其折射率具有不同實部分，其中一特定另外物質的兩附加層(23，23a,b，24，24a,b)係鄰接該兩交替物質(21，22)的至少其中之一，且其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

六、英文發明摘要：

A reflective optical element for an operating wavelength in the soft x-ray and extreme ultraviolet wavelength range, in particular for use in an EUV lithography device, which has a multilayer system made of at least two alternating materials having different real parts of the index of refraction at the operating wavelength, wherein two additional layers (23, 23a,b, 24, 24a,b) of a particular further material are situated adjoining at least one of the two alternating materials (21, 22), and wherein the two additional layers (23a,b, 24a,b) are chosen differently at a transition from the material (22) having a lower real part of the index of refraction to the material (21) having a higher real part of the index of refraction than at a transition from the material (21) having a higher real part of the index of refraction to the material (22) having a lower real part of the index of refraction.

十、申請專利範圍：

1.一種反射光學元件，用於軟 x 射線及極端紫外線(EUV)波長範圍中的一操作波長，特別用於一 EUV 蝕刻裝置，其具有由至少兩交替物質製成的一多層系統，該至少兩交替物質在該操作波長下其折射率具有不同實部分，其中一特定另外物質的兩附加層(23，23a,b，24，24a,b)係鄰接該兩交替物質(21，22)的至少其中之一，且其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

2.如申請專利範圍第 1 項所述的反射光學元件，其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)的順序，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述的反射光學元件，其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)至少其中之一的物質，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項其中之一所述的反射光學元件，其中一另外物質的一第一附加層(23a, b)係放置於該兩交替物質(21, 22)之間至少一過渡區上，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的該多層系統(2)的最大反射率，及放置當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24a, b)。

5.一種反射光學元件，用於軟 x 射線及極端紫外線(EUV)波長範圍中的一操作波長，特別用於一 EUV 蝕刻裝置，其具有由至少兩交替物質製成的一多層系統，該至少兩交替物質在該操作波長下其折射率具有不同實部分，其中一特定另外物質的兩附加層(23, 23a,b, 24, 24a,b)係鄰接該兩交替物質(21, 22)的至少其中之一，且其中一另外物質的一第一附加層(23, 23a,b)係放置於該兩交替物質(21, 22)之間的至少一過渡區上，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的最大反射率，及放置當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24,24a,b)。

6.如申請專利範圍第 5 項所述的反射光學元件，其中該第一附加層(23a,b)係由從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處，與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者一不同的物質製成。

7.如申請專利範圍第 1 至 6 項其中之一所述的反射光學元件，一保護塗層係施加至該多層系統，其中一另外物質

的一第一附加層(23)係放置於多層系統(2)及保護塗層(4)之間，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的最大反射率，及放置可當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24)。

8.如申請專利範圍第1至7項其中之一所述的反射光學元件，其中該第二附加層(24, 24a,b)的該物質與無該附加層的該反射率相較下，亦可產生該操作波長下的一較高的最大反射率。

9.如申請專利範圍第1至8項其中之一所述的反射光學元件，其中至少該第一附加層(23a,b)的該物質具有一折射率，其於該操作波長下該折射率實部分的值，係大於具有該較高折射率實部分的該交替物質(21)的對應值，或小於具有該較低折射率實部分的該交替物質(22)的對應值。

10.如申請專利範圍第1至8項其中之一所述的反射光學元件，其中至少該第一附加層(23a,b)的該物質具有一折射率，其於該操作波長下該折射率實部分的值，係介於該交替物質(21,22)的對應值之間。

11.如申請專利範圍第1至10項其中之一所述的反射光學元件，其中該附加層(23a,b, 24a,b)的厚度(d)小於由該交替物質製成的該層(21, 22)的厚度。

12.如申請專利範圍第1至11項其中之一的反射光學元件，其中該附加層(23, 23a,b, 24, 24a,b)的該厚度(d)小於該操作波長的四分之一，特別小於該操作波長的八分之一。

13.如申請專利範圍第1至12項其中之一所述的反射光

學元件，其中於該操作波長下其折射率具有一較低實部分的該物質(22)係為鉬，而於該操作波長下其折射率具有一較高實部分的該物質(21)係為矽。

14.如申請專利範圍第 1 至 13 項其中之一所述的反射光學元件，其中該第一附加層(23，23a,b)具有選自鈦，銻，鈮及鈳之群組的一物質。

15.如申請專利範圍第 1 至 14 項其中之一所述的反射光學元件，其中該第二附加層(24，24a,b)具有碳化硼。

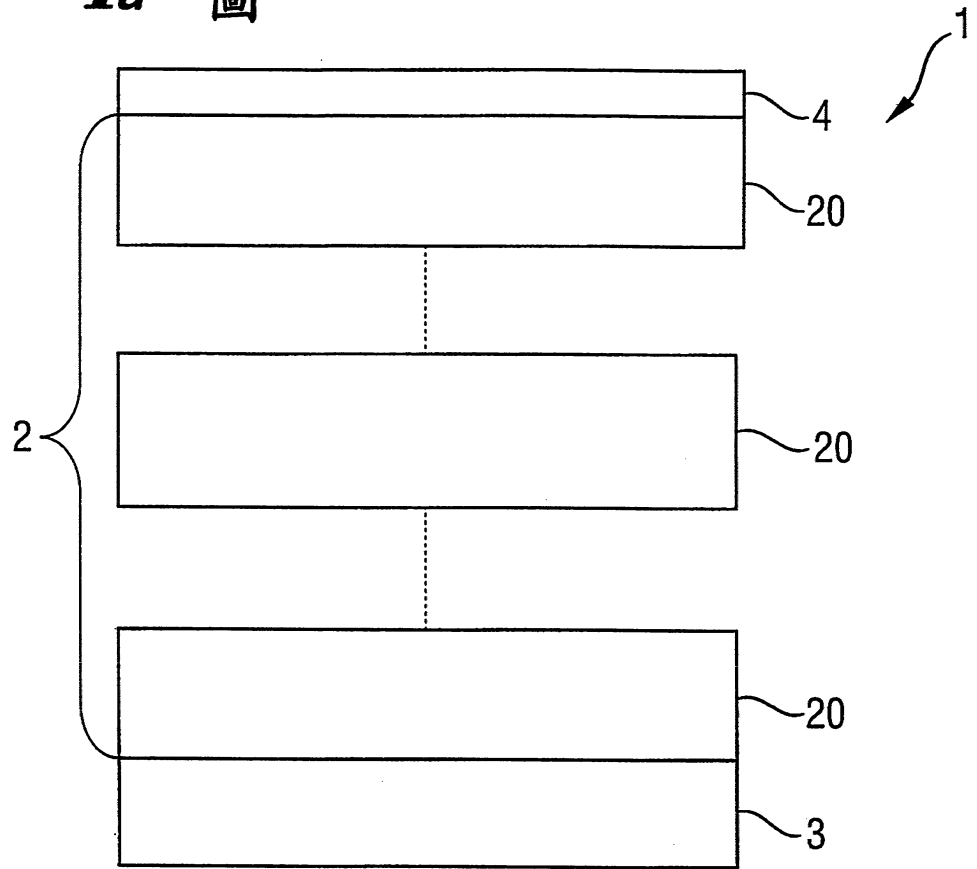
16.一種特別用於一 EUV 蝕刻裝置的投影系統(120)，其具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(121，122)至少其中之一。

17.一種特別用於一 EUV 蝕刻裝置的照明系統(140)，具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(141，142)至少其中之一。

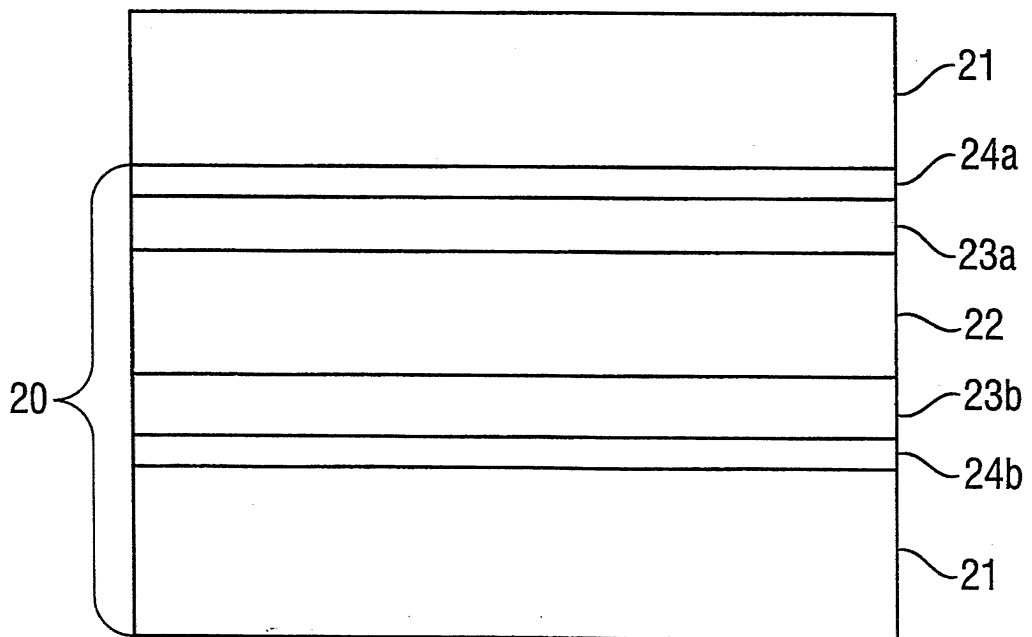
18.一種 EUV 蝕刻裝置(100)，具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(121，122，141，142)至少其中之一。

十一、圖式：

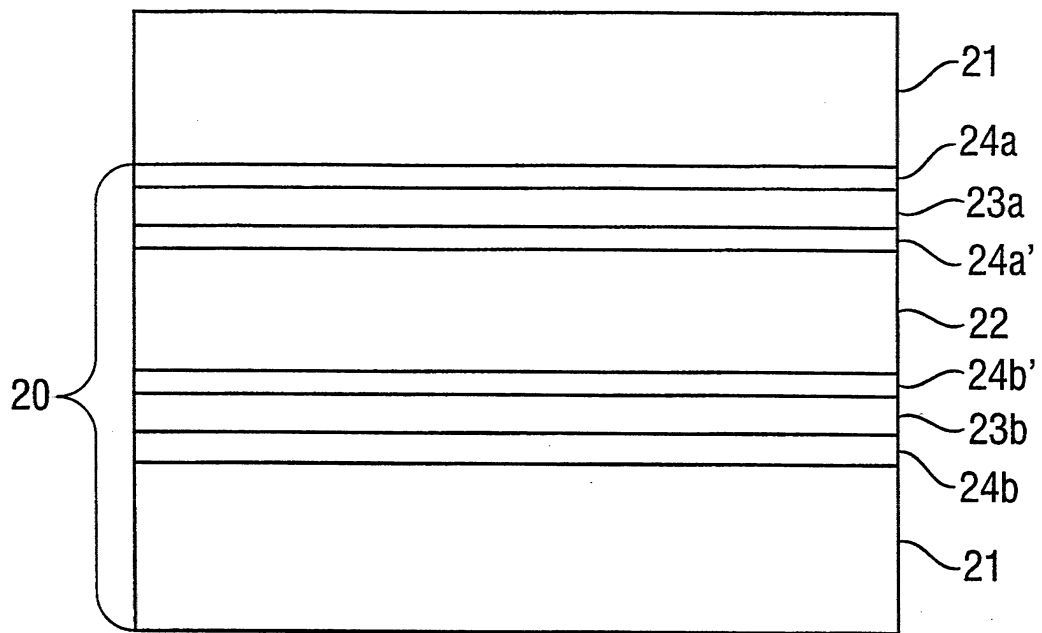
第 1a 圖



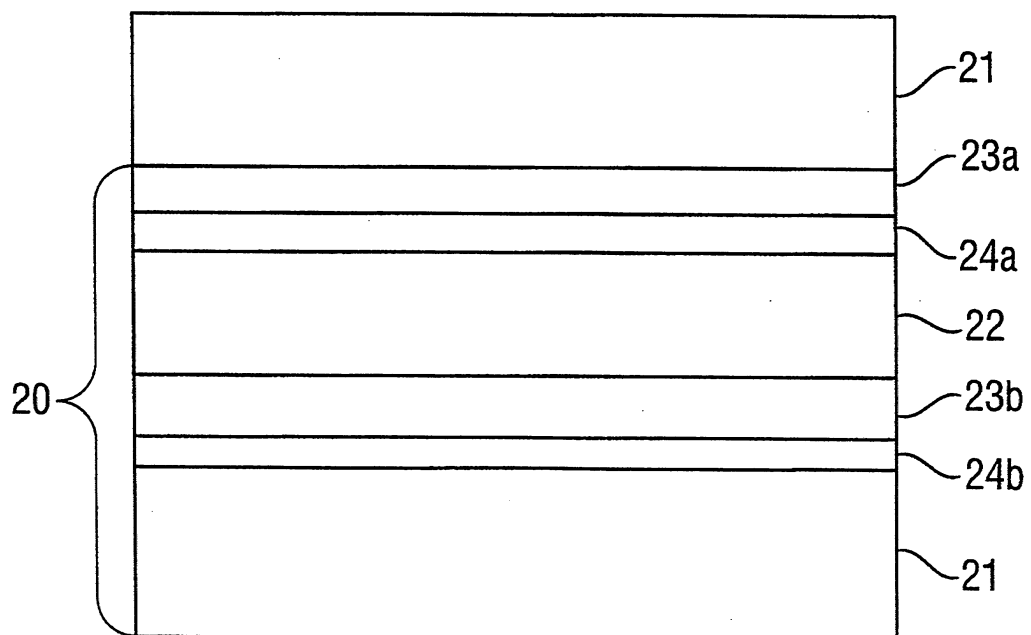
第 1b 圖



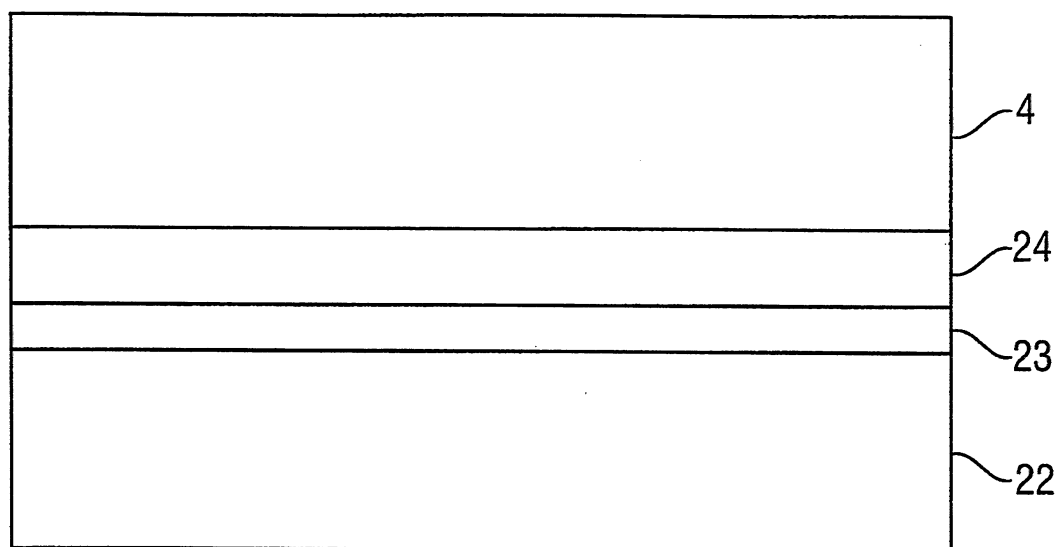
第 1c 圖



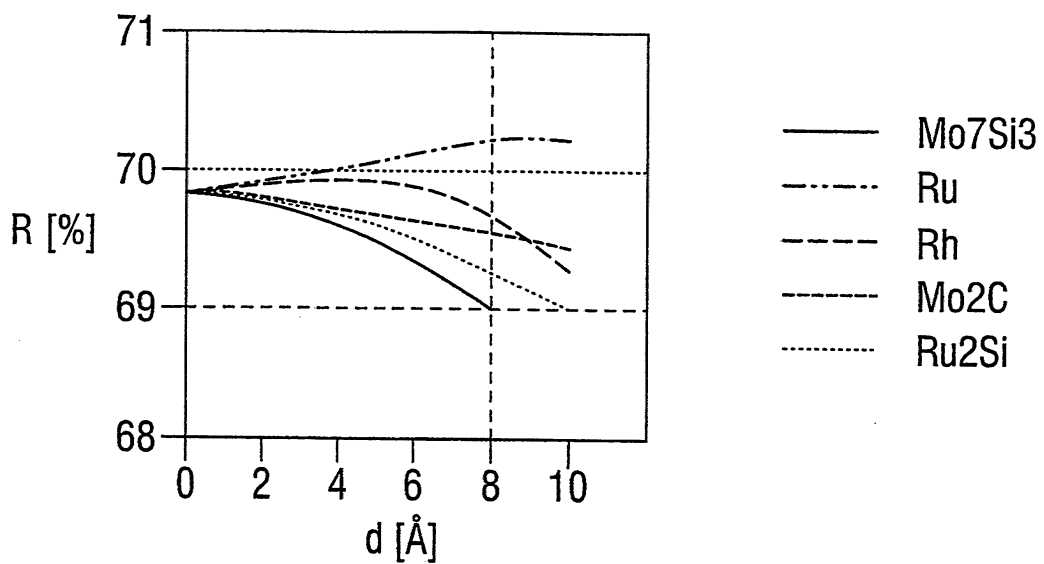
第 1d 圖



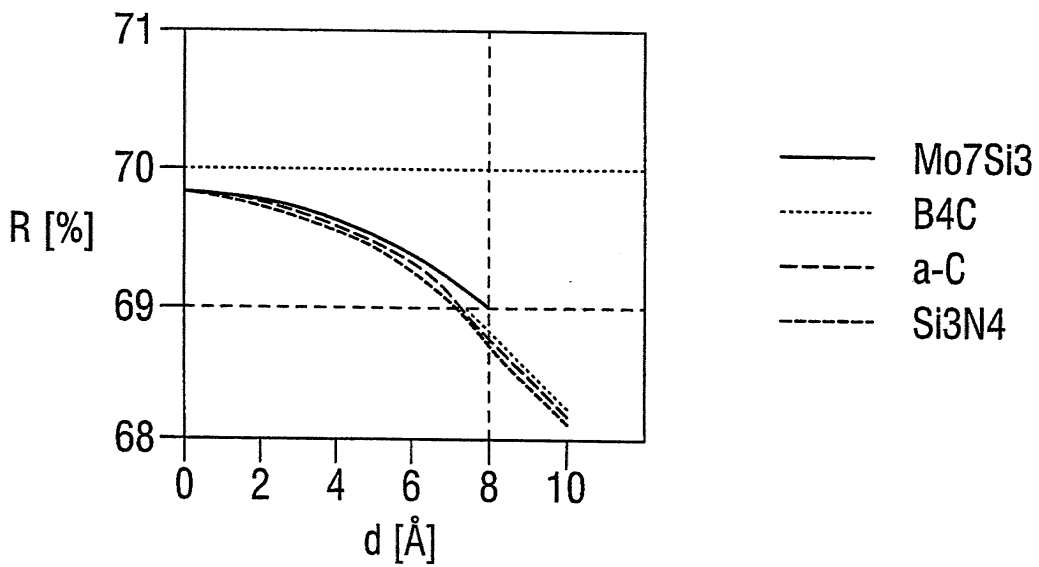
第 1e 圖



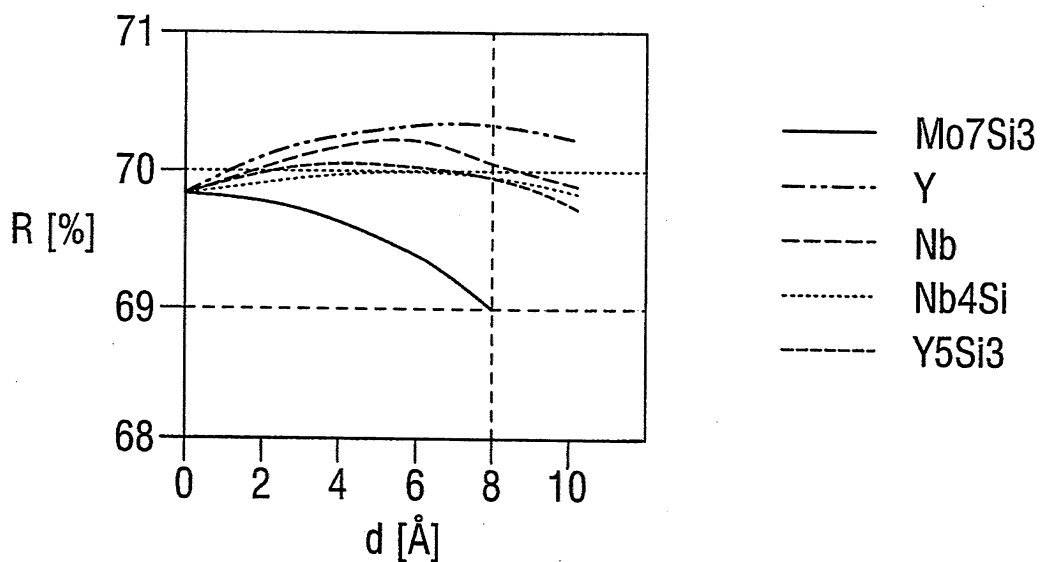
第 2a 圖



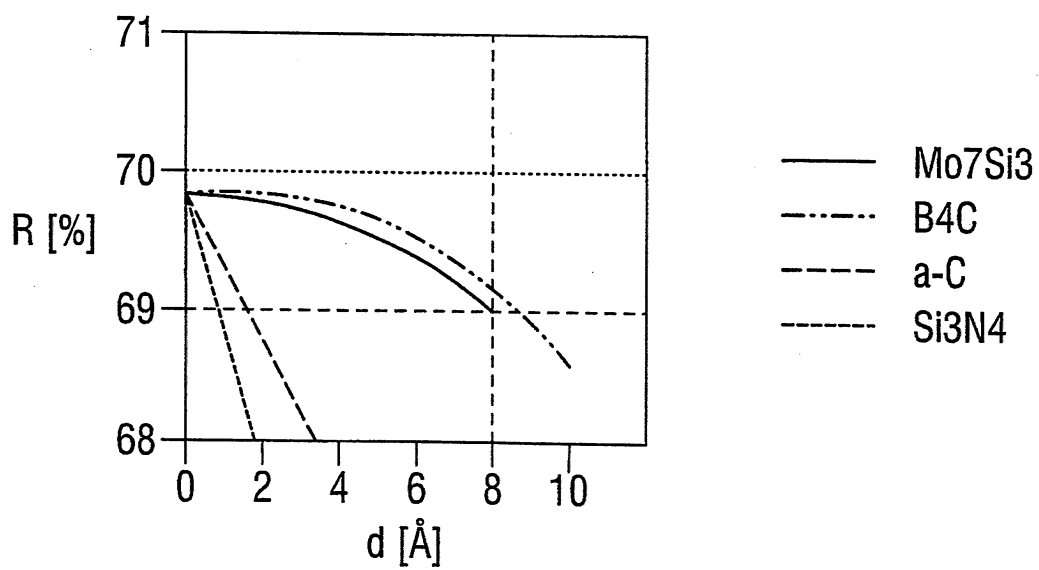
第 2b 圖



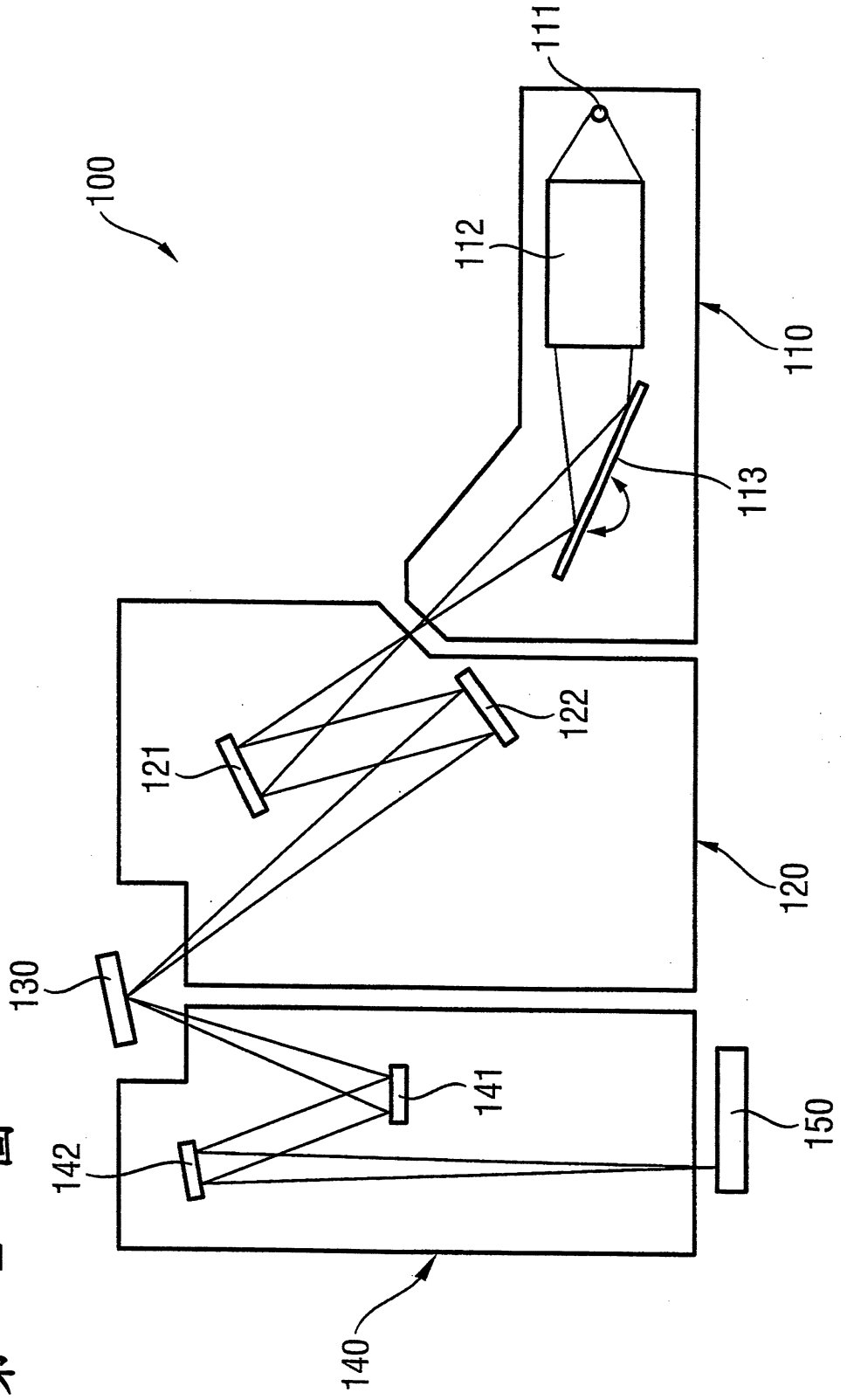
第 3a 圖



第 3b 圖



第 4 圖



七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1b) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- | | |
|---------|---------------|
| 20 | 定期重複層堆疊 |
| 21 | 具有低吸收係數的物質 |
| 22 | 具有高吸收係數的物質 |
| 23a、23b | 用於增加反射率的第一中間層 |
| 24a、24b | 當作擴散屏蔽的第二中間層 |

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

產生入射 EUV 反射及/或軟 x 射線輻射。以特定操作波長下於各吸收物層 22 處反射之輻射建構性重疊，達成反射光學元件最大反射率的方式來選擇該層厚度。第 1b 圖說明的本例中，一旦提供隔襯層 21 及吸收物層 22，為了增加基本反射率的最大反射率，也就是理論上增加堆疊 20 之最大可能反射率，係於隔襯層 21 上之吸收物層 22 之間介面及吸收物層 22 上之隔襯層 21 之間介面處提供第一中間層 23a, b。亦提供可當作第一中間層 23a, b 之間屏障，及鄰接隔襯層 21 抵擋化學交互作用或擴散之屏障的第二中間層 24a, b。

應注意，亦可僅於吸收物層 22 及隔襯層 21 之間或隔襯層 21 及吸收物層 22 之間兩介面之一處，提供該兩中間層 23a, b。如第 1c 圖概要顯示，亦可於第一中間層 23a, b 兩側上提供兩第二中間層 24a, b，以壓縮與隔襯層 21 及吸收物層 22 的化學交互作用及/或擴散，其中於一些第一中間層 23a, b 兩側的該第二中間層 24a, 24b, 24a', 24b' 可具有不同厚度或不同材質。視物質選擇而定，僅需於吸收物層 22 上提供第二中間層 24a, b。如第 1d 圖概要顯示，係可進一步交替讓第一中間層於吸收物層上及第二中間層於隔襯層上，反之亦然，因此可視從吸收物至隔襯或從隔襯至吸收物層的過渡區而定，反向該兩附加層的順序。特別是，亦可視該中間層放置於吸收物層 22 或隔襯層 21 之間或隔襯層 21 或吸收物層 22 之間，分別產生不同中間層 23a 及 23b 或 24a 及 24b，來選擇用於該中間層的不同物質。

針對各類型中間層，特別是兩個以上吸收物層及/或隔襯層的堆疊中，係可選擇兩個以上不同物質。較佳是，視從吸收物至隔襯或從隔襯至吸收物層的過渡區而定，該中間層具有不同厚度。

第 1e 圖詳細顯示多層系統及保護塗層之間的過渡區，本例中係為最上吸收物層 22 及保護層 4 的過渡區。如上述，該保護層可由一物質製成，或從複數，也就是二，三，四或更多層組成。例如，簡單或組裝保護層 4 係為碳化硼，碳化鈾，氮化硼，氮化矽，碳化矽，氧化鈹，氧化矽，鈦，氮化鈦，銅金合金，鎳，鈦，銻，銻，金，鈮，鉑，鐵，鈔，氧化鋁，鉀，鉛，氟化鈦，氟化鈉，氟化鋰，氟化鎂，氟化鋁，非晶硼，鈮，鈮，氧化銻，氧化鈦，鈾或氫化矽。本例中，用於增加反射率的第一中間層 23，及當作屏障且特定情況下亦可增加反射率的第二中間層 24，係放置於最上吸收物層 22 及保護層 4 之間。第 1e 圖顯示例中，第一中間層 23 係放置於最上吸收物層 22 及第二中間層 24 之間。若需要，第二中間層 24 亦可放置於保護層 4 及第一中間層 23 之間，及第一中間層 23 兩側上。再者，該多層系統亦以隔襯層取代吸收物層做終止。接著，亦可以上述方式於過渡區處提供第一及第二中間層至該保護層以增加反射率。中間層 23，24 及保護層 4 的尺寸表示中，係有利地於約 1 奈米及約 10 奈米之間範圍選擇保護層 4 的總厚度，而於約 0.2 奈米及約 10 奈米之間範圍選擇第一及第二中間層 23，24 的總厚度。對保護層 4 之過渡區處的第一及第二

中間層 23, 24 物質, 係與吸收物及隔襯層 22, 21 之間的第一及第二中間層 23a, b, 24 a, b 者相同, 或亦可不同。可於轉換至該保護層之該過渡區處或多層系統內, 或轉換至該保護層之該過渡區處及多層系統內提供第一及第二中間層。

通常用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍中, 具有當作吸收物之元素鉬及當作隔襯之矽的堆疊為基礎進一步解釋若干例。以下說明亦同樣被轉換至用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍的其他適當多層系統, 如鉬/鈹, 碳化鉬/矽, 或鈦/矽。其亦可被轉換至由兩個以上物質製成之交替層為基礎的多層系統。再者, 應注意, 具有堆疊內各層固定及不同厚度比率的多層系統亦可使用至少兩中間層。

首先, 將更詳細檢查矽上鉬的介面。第 2a 圖顯示矽上第一中間層, 也就是反射率增強層之若干可能物質反射率的厚度相依, 第 2b 圖顯示矽上第二中間層, 也就是屏蔽層之若干可能物質反射率的厚度相依。

對應真實鉬/矽多層系統的實線係可當作一比較測量。大約以 Mo_7Si_3 說明且通常具有 8 埃, 也就是 0.8 奈米厚度的一混合層, 係可藉由真實鉬/矽多層系統中之鉬及矽層之間介面處擴散而形成。此混合層可降低剛好 70% 至約 69% 的最大反射率。相對地, 首先添加由鈦, 鈹, 碳化鉬及矽化鈦製成之中間層的反射率影響, 係被研究為該層厚度的函數。如第 2a 圖顯示, 由於厚度增加, 由碳化鉬及矽化鈦製成之中間層的反射率下降, 但並非與由矽化鉬製成之真

正成形中間層一樣強。有了銻，厚度達到約 6 埃時，可看到反射率些微增加，但更高厚度時，該反射率下降的更多。有了鈦，可看到令人驚訝的效應，達厚度 8 埃時，該反射率增加至 70% 以上，然後維持固定達至少 10 埃。因為所有在此顯示物質會導致純鈦-矽多層系統的真实反射率增益，所以其基本上適合當作第一中間層物質。鈦特別較佳當作第一中間層物質。

相當地，第 2b 圖顯示適用於第二中間層物質。這些為所有已知對矽相對化學惰性，且亦當作擴散屏蔽的碳化硼，非晶碳及氮化矽。其反射率效應中之所有厚度差異不明顯，且均產生正常鈦-矽多層系統可接受反射率降低。應注意，碳化矽亦適合當做介面矽上鈦處的第三中間層物質。可與對第 2b 圖顯示之物質碳化硼，非晶碳及氮化矽的反射率效應比較。

針對介面鈦上矽，發現與介面矽上鈦不同之物質本身暗示反射率增加。特別是研究鈦，鈦，矽化鈦及矽化鈦對介面鈦上矽處之最大反射率的影響。第 3a 圖顯示該結果。所有四物質首先顯示達最大 70% 或更多之反射率增加，而接著反射率下降。矽化鈦最大值係為 4 埃，鈦及矽化鈦約 6 埃，鈦僅於 8 埃之前短少。10 埃處之最大反射率亦大於 70%。因此，鈦特別較佳當作第一中間層物質。

再次研究碳化硼，非晶碳及氮化矽當作第二中間層物質。相對於矽上鈦介面，由非晶碳及氮化矽製成的中間層，係對鈦上矽介面處非常低厚度的反射率有非常負面影響

(見第 3b 圖)，而碳化硼些微增加具有真正鉬矽層之鉬/矽多層系統所有研究厚度的反射率。因此，碳化硼較佳當作至少介面鉬上矽的第二中間層物質。

更精確觀察增加無中間層之多層系統在 EUV 及軟 x 射線波長範圍中之操作波長處的多層系統最大相對反射率的物質特性時，吾人可特別建立兩變異。此對不僅增加真實具有一混合層之鉬/矽多層系統的反射率，亦增加理論鉬/矽多層系統的反射率(對應第 2a, b, 3a, b 處之反射率)的中間層物質特別為真。

第一變異中，第一附加層 23a, b 之至少物質，也就是反射率增強層，係具有操作波長下折射率實部份值大於具有折射率較高實部份之交替物質的對應值，或小於具有折射率較低實部份之交替物質的對應值的一折射率。因此，增加該多層系統內的光學對比及反射率。例如，在此鉬/矽多層系統的觀察例中，鈦係適合當作一矽層以上及一鉬層以下的第一附加層 23a 物質，在此其具有明顯低於鉬之操作波長下之折射率實部份(亦見表 1)。為了選擇第一附加層厚度，將確保其不致被選擇過高，反射率增益效應係因該第一附加層之額外吸收的較高光學對比而被補償。此對具有如鈦之操作波長下之折射率高虛部份的物質(亦見表 1)特別重要。

第二變異中，該第一附加層之至少物質具有操作波長下折射率實部份值介於交替物質的對應值之間的一折射率。該物質傾向不降低該多層系統的光學對比。然而，其改變

了藉由各層邊界及介面處之折射形成多層系統輻射的電場駐波。由於其折射率虛部份決定之特定物質，該駐波場具有主要受到個別吸收層之各層強度全體分佈影響。藉由併入該附加層，該強度分佈改變，而產生該駐波場的另一總吸收。作為特殊例，係藉由操作波長下之折射率實部份值介於交替物質的對應值之間的物質所製成的附加層，以最大值從由折射率相對高虛部份，也就是較高吸收製成之區域，被轉換進入由折射率相對低虛部份，也就是較低吸收製成之區域的方式來轉換極端位置及節點。降低吸收會增加反射率。應注意，因為駐波場過大或過小轉變亦可能增加總吸收及降低反射率，所以將再確認每個多層系統用於適當厚度範圍的附加層適當物質。在此說明鉬/係多層系統例中，如鈇及鈳特別適合當作鉬層以上及矽層以下的第一附加層物質。

適合當作第二中間層，也就是屏蔽層的物質，通常顯示低焓形成鄰接物質，本例中為第一中間層及隔襯及/或吸收物層物質。其通常顯示該鄰接物質的低擴散率。此外，他們通常顯示生長與保守生長模式相對如封閉 atomic 層之層的趨勢。較佳是，如上述第一中間層物質，第二中間層物質係於操作波長下具有適當光學常數。

應注意，本例所述第一或第二中間層物質，亦適用於過渡一保護層的對應中間層。

中間層厚度較佳小於可當作隔襯及吸收物層且界定反射光學元件基本特性，特別是操作波長範圍之交替物質製

成的層。該附加層厚度較佳特別小於該操作波長四分之一，特別小於該操作波長八分之一。

例如，針對 13.5 奈米操作波長，係製造具有鈇當作鉬上矽介面處之第一中間層 23a，及當作朝向矽層 21 之第二中間層 24a 的碳化硼，及當作矽上鉬介面處之第一中間層 23b 之鈇，及再當作朝向該矽層之第二中間層 24b 的碳化硼。係藉由電子束汽相沉積施加所有層。鉬的各層厚度約 2.8 奈米，鈇為 0.6 奈米，兩碳化硼層為 0.2 奈米，矽為 4.2 奈米，鈇為 0.8 奈米。堆疊 20 包含此重複 15 次。13.5 奈米操作波長係產生些微超過 71% 之實際可達成最大反射率百分比。與不需依據本發明之中間層而藉由可比擬鉬-矽多層系統實際達成之 69% 相比，此意指增加 2% 以上。

針對另一例，製造不僅藉由電子束汽相沉積，並藉由磁控濺鍍塗敷碳化硼中間層的上述反射光學元件。亦於此例中，13.5 奈米操作波長係產生些微超過 71% 最大反射率百分比。

此外，製造再次藉由電子束汽相沉積塗敷所有各層的另一反射光學元件。在此，以鈇取代鈇當作用於鉬上矽介面處的第一中間層物質。此反射光學元件可於 13.5 奈米處達成約 71% 最大反射率百分比。

除了其實際高達成反射率之外，依據本發明的反射光學元件另具有進一步優點，其多層系統結構亦特別因第二中間層而維持穩定一段較長使用時間。此係因該第二中間層亦在連續以 EUV 或軟射線輻射的熱應力下，防止與鄰接它

們的該層交互擴散。即使於連續操作中亦可維持操作波長處的最大反射率。此可製造依據本發明特別適用於 EUV 蝕刻裝置的該反射光學元件，例如可於各式位置使用其當作鏡元件或光罩元件。

第 4 圖概要說明 EUV 蝕刻裝置 100。基本部件係為光束整形系統 110，照明系統 120，光罩 130 及投影系統 140。

例如，電漿源或同步加速器可當作輻射源 111。首先將約 5 奈米至 20 奈米波長範圍的激發輻射捆束於準直儀 112 中。此外，藉助單色器 113，可藉由改變入射角濾出預期操作波長。準直儀 112 及單色器 113 通常當作所述波長範圍中的反射光學元件。例如，使用依據本發明之反射元件當作準直儀 112 或單色器 113，係特別適用於光束整形系統 110 中。此係因在此之熱應力特別高，所以藉由以下部件高反射率提供最大 EUV 輻射係特別重要。

接著，將光束整形系統 110 中的波長及空間分佈所準備的操作光束引進照明系統 120 中。第 4 圖顯示例中，照明系統 120 係具有兩鏡 121，122，其均具有如上述第一及第二中間層的多層系統。應注意，照明系統 120 亦僅具有一或三，四，五或更多鏡，其可全部或部分具有如上述第一及第二中間層的多層系統。

鏡 121，122 引導光束至光罩 130，其具有將被映射至晶圓 150 的結構。光罩 130 亦為用於 EUV 及軟 x 射線波長範圍，具有第一及第二中間層的多層系統的反射光學元件。

藉助投影系統 140，光罩 130 所反射之光束係投射至晶

圖 150 上，而光罩 130 結構係映射其上。說明例中，投影系統 140 具有兩鏡 141，142，具有第一及第二中間層的多層系統。應注意，投影系統 140 亦可具有一或三，四，五或更多鏡，其一或更多鏡具有第一及第二中間層的多層系統。

參考數字

- | | |
|----------|---------------|
| 1 | 反射光學元件 |
| 2 | 多層系統 |
| 3 | 基板 |
| 4 | 保護層 |
| 20 | 定期重複層堆疊 |
| 21 | 具有低吸收係數的物質 |
| 22 | 具有高吸收係數的物質 |
| 23,23a,b | 用於增加反射率的第一中間層 |
| 24,24a,b | 當作擴散屏蔽的第二中間層 |
| 100 | EUV 蝕刻裝置 |
| 110 | 光束整形系統 |
| 111 | 光源 |
| 112 | 準直儀 |
| 113 | 單色器 |
| 120 | 照明系統 |
| 121,122 | 鏡 |
| 130 | 光罩 |
| 140 | 投影系統 |

141,142 鏡
 150 晶圓
 R 最大反射率
 d 厚度

表 1

13.5 奈米波長處的折射率

名稱	實部分	虛部分
Mo	0,923793525	0,006435425
Mo ₂ C	0,917767145	0,007945986
Ru	0,886360034	0,017064894
Rh	0,875048831	0,031177852
Ru ₂ Si	0,899574861	0,016169887
Si	0,999002305	0,001826494
Y	0,973729959	0,002281516
Nb	0,933749691	0,005195933
Nb ₄ Si	0,938146889	0,005302884
Y ₅ Si ₃	0,977611721	0,002474689
B ₄ C	0,963771485	0,005145842
C	0,961573470	0,006905315
Si ₃ Ni ₄	0,973136209	0,009317771
Mo ₇ Si	0,926676892	0,006498690

十、申請專利範圍：

1.一種反射光學元件，用於軟 x 射線及極端紫外線(EUV)波長範圍中的一操作波長，特別用於一 EUV 蝕刻裝置，其具有由至少兩交替物質製成的一多層系統，該至少兩交替物質在該操作波長下其折射率具有不同實部分，其中一特定另外物質的兩附加層(23，23a,b，24，24a,b)係鄰接該兩交替物質(21，22)的至少其中之一，且其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

2.如申請專利範圍第 1 項所述的反射光學元件，其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)的順序，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項所述的反射光學元件，其中從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處選擇該兩附加層(23a,b，24a,b)至少其中之一的物質，係與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者不同。

4.如申請專利範圍第 1 至 3 項其中之一所述的反射光學元件，其中一另外物質的一第一附加層(23a, b)係放置於該兩交替物質(21, 22)之間至少一過渡區上，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的該多層系統(2)的最大反射率，及放置當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24a, b)。

5.一種反射光學元件，用於軟 x 射線及極端紫外線(EUV)波長範圍中的一操作波長，特別用於一 EUV 蝕刻裝置，其具有由至少兩交替物質製成的一多層系統，該至少兩交替物質在該操作波長下其折射率具有不同實部分，其中一特定另外物質的兩附加層(23, 23a,b, 24, 24a,b)係鄰接該兩交替物質(21, 22)的至少其中之一，且其中一另外物質的一第一附加層(23, 23a,b)係放置於該兩交替物質(21, 22)之間的至少一過渡區上，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的最大反射率，及放置當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24,24a,b)。

6.如申請專利範圍第 5 項所述的反射光學元件，其中該第一附加層(23a,b)係由從其折射率具有一較低實部分之該物質(22)至其折射率具有一較高實部分之該物質(21)的一過渡區處，與從其折射率具有一較高實部分之該物質(21)至其折射率具有一較低實部分之該物質(22)的一過渡區處者一不同的物質製成。

7.如申請專利範圍第 1 至 6 項其中之一所述的反射光學元件，一保護塗層係施加至該多層系統，其中一另外物質

的一第一附加層(23)係放置於多層系統(2)及保護塗層(4)之間，與無該附加層的反射率相較下，可增加該操作波長下的最大反射率，及放置可當作該鄰接層之間一屏蔽的另一另外物質的一第二附加層(24)。

8.如申請專利範圍第1至7項其中之一所述的反射光學元件，其中該第二附加層(24, 24a,b)的該物質與無該附加層的該反射率相較下，亦可產生該操作波長下的一較高的最大反射率。

9.如申請專利範圍第1至8項其中之一所述的反射光學元件，其中至少該第一附加層(23a,b)的該物質具有一折射率，其於該操作波長下該折射率實部分的值，係大於具有該較高折射率實部分的該交替物質(21)的對應值，或小於具有該較低折射率實部分的該交替物質(22)的對應值。

10.如申請專利範圍第1至8項其中之一所述的反射光學元件，其中至少該第一附加層(23a,b)的該物質具有一折射率，其於該操作波長下該折射率實部分的值，係介於該交替物質(21,22)的對應值之間。

11.如申請專利範圍第1至10項其中之一所述的反射光學元件，其中該附加層(23a,b, 24a,b)的厚度(d)小於由該交替物質製成的該層(21, 22)的厚度。

12.如申請專利範圍第1至11項其中之一所述的反射光學元件，其中該附加層(23, 23a,b, 24, 24a,b)的該厚度(d)小於該操作波長的四分之一，特別小於該操作波長的八分之一。

13.如申請專利範圍第1至12項其中之一所述的反射光

學元件，其中於該操作波長下其折射率具有一較低實部分的該物質(22)係為鉬，而於該操作波長下其折射率具有一較高實部分的該物質(21)係為矽。

14.如申請專利範圍第 1 至 13 項其中之一所述的反射光學元件，其中該第一附加層(23，23a,b)包含一物質，該物質選自鈦，銻，鈮及鈳所組成之群組。

15.如申請專利範圍第 1 至 14 項其中之一所述的反射光學元件，其中該第二附加層(24，24a,b，24a',b')包含碳化硼。

16.一種特別用於一 EUV 蝕刻裝置的投影系統(120)，其具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(121，122)至少其中之一。

17.一種特別用於一 EUV 蝕刻裝置的照明系統(140)，具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(141，142)至少其中之一。

18.一種 EUV 蝕刻裝置(100)，具有如申請專利範圍第 1 至 15 項所述的反射光學元件(121，122，141，142)至少其中之一。