

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有受控輻射及流體動力之紫外線發光二極體光反應器及其製造與使用方法

【英文發明名稱】

UV-LED PHOTOREACTORS WITH
CONTROLLED RADIATION AND
HYDRODYNAMICS AND METHODS FOR
FABRICATION AND USE OF SAME

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於紫外線(UV)光反應器，且更特別地有關於與一或多數紫外線發光二極體(UV-LED)一起操作之一紫外線反應器。特定實施例提供用於增加傳送至移動通過紫外線發光二極體光反應器之流體的劑量均一性。

【先前技術】

【0002】 紫外線(UV)反應器，即供給紫外線輻射之反應器，應用於許多光反應、光觸媒反應及光起始反應。紫外線反應器之一應用係用於水及空氣淨化。詳而言之，近年來紫外線反應器已成為用於水處理之最有希望技術之一。習知紫外線反應器系統通常使用低及中壓水銀燈來產生紫外線輻射。

【0003】 發光二極體(LED)通常發射窄頻帶之輻射使得由發光二極體發射之輻射可(對許多應用而言)被視為單色(即具有單一波長)。由於最近發光二極體技術之進

步，發光二極體可設計成產生不同波長之紫外線輻射，且該等波長包括用於DNA吸收之波長及可用於光觸媒活化之波長。

【0004】 紫外線發光二極體反應器通常可用於照射流體，且具有如水消毒之多種應用。但是，在一典型紫外線發光二極體反應器中，該輻射功率分布有相當大之變化，因此產生在某些情形中相當明顯的不均一輻射通量率分布。通量率(W/m^2)係由全部方向通過一無限小球之橫截面積 dA 的輻射通量(率)除 dA 。此外，該流體速度分布通常有變化，因此當該流體移動通過該反應器時產生流體之滯留時間分布。通量率分布及速度分布之這兩種現象中之任一現象或這兩種現象之一組合會在流體元件通過該反應器時導致一相當大範圍之傳送至流體元件的紫外線劑量分布。紫外線通量率分布及速度分布(該速度分布係與滯留時間分布相關)會使該流體之一部份通過一紫外線反應器且未接受足夠紫外線劑量(紫外線通量率與滯留時間之一乘積)，這在紫外線反應器之領域中是一習知問題且可被稱為「短路」。短路會對一紫外線反應器之效能產生明顯不利之衝擊。

【0005】 當流體通過一紫外線反應器時通常需要增加傳送至流體之劑量均一性。

【0006】 該相關技術之前述例子及與其相關之限制應是說明用且非排他用。所屬技術領域中具有通常知識者在閱讀說明書及研究圖式後可了解相關技術之其他限制。

【發明內容】

【0007】 以下態樣係配合系統、工具及方法說明及顯示且應是舉例及說明用而非限制範圍用。在某些態樣中，已減少或消除一或多數上述問題，而其他樣態係有關於其他改良。

【0008】 本發明之一態樣提供具有控制流體及光環境兩者之一紫外線發光二極體反應器。該紫外線發光二極體反應器可有利地在一小覆蓋區提供具有高度均一性之輻射劑量(相對於習知紫外線反應器)至一流體流且可有利地提供比至少某些習知反應器更有效率且緊緻之紫外線發光二極體反應器。該紫外線發光二極體反應器可加入用於包括例如以紫外線為主之水處理等(如以下更詳細所述者)之各種紫外線光反應應用的多數裝置。

【0009】 本發明之一態樣提供一種紫外線(UV)反應器，其包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道。該流體流動通道可朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔。該流體流動通道可具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數透鏡可定位在由該固態紫外線發射器

發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一輻射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸(即該流體流動通道之該內孔的一中心軸或該流體流動通道之該內孔的至少該縱向中心部份)之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0010】 該一或多數透鏡可組配成藉由以下一或多數者提供具有這些特性之輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀(例如該等透鏡之厚度及該等透鏡表面之曲率)；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含光學地靠近該紫外線發射器之一聚光透鏡及在遠離該聚光透鏡某一適當距離之一準直透鏡。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及一準直透鏡，其中該準直透鏡可相

對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距小(例如一差距離 Δ)的一距離。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且兩透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且兩透鏡之光軸都與該中心通道軸同軸。在某些態樣中，在該平凸透鏡與該流體流動通道之該內孔中的該流體間有一氣隙。在某些態樣中，在該平凸透鏡與該流體流動通道之該內孔中的該流體間有一氣隙及一紫外線透射(例如石英)窗。

【0011】 在某些態樣中，該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的間距(f')可比該平凸透鏡之固有焦距(F)小一差距離(Δ)。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 F 之10%至35%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距(F)之15%至30%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距(F)之20%至30%的範圍內。該(等)透鏡可包含雙凸、雙凹、平凸、平凹、凹凸或半球透鏡之任何適當組合。該等透鏡可包含一第一透鏡(設置成較靠近該紫外線發射器)及一第二透鏡(設置成比較遠離該紫外線發射器)。由該第一透鏡發射之輻射可具有一焦點且該第二透鏡可具有一固有焦距(F)，但該第二透鏡可未相對該第一透鏡之焦點設置在一距離(F)。相反地，該第二透鏡可相對該第一透鏡之焦點設置在一距離(f')，其中 f' 比 F

小一差距離 Δ 。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距F之10%至35%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距F之15%至30%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距F之20%至30%的範圍內。

【0012】 該內孔界定壁可成形以界定該流體流動通道之內孔而在該流體流動通道之至少一縱向中心部份上具有一圓柱形，該縱向中心部份與該流體入口及該流體出口分開。該圓柱形可包含具有圓形橫截面之一筒體或具有某種其他(例如矩形或某種其他多邊形)橫截面之一筒體。該固態紫外線發射器之主要光軸(例如，該發光二極體之主要光軸)、該一或多數透鏡之光軸及該中心通道軸可同線或同軸。該流體入口可包含：一或多數入口孔，其中該流體入口通入該流體流動通道；一或多數連接孔，紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其可延伸在該等入口孔與該等連接孔之間。類似地，流體出口可包含：一或多數出口孔，其中該流體出口通入該流體流動通道；一或多數連接孔，紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及一或多數出口導管，其可延伸在該等出口孔與該等連接孔之間。

【0013】 該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件可收容在一適當殼體中以使該等電子設備及光學件與該流

體流分開，且該適當殼體可包含例如一石英窗之一紫外線透射組件。

【0014】 在某些態樣中，該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠該流體入口，且該固態發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行。該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁可界定該流體入口之一入口孔(其中該流體入口通入該流體流動通道)或可支持該流體入口。該入口孔及/或該流體入口可居中地設置在該橫截面壁中。該中心通道軸可突穿過該入口孔及/或該流體入口。該入口孔及/或該流體入口之一橫截面可相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。由於該入口孔及/或該流體入口具有這些性質，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器或比較靠近該入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該固態紫外線發射器可被支持在該殼體中使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。在某些態樣中，該殼體本身可被支持(例如，被一或多數托架支持)使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。該一或多數托架可由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體。該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該(等)出口導管。該流體出口之一出口孔可由該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合

界定或該流體出口可被該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合支持。在某些態樣中,該流體出口之該出口導管可在該(等)出口孔與該(等)連接孔間之多數位置具有大致環形橫截面,其中這些橫截面可由該外導管界定壁及該殼體界定(這環形被該一或多數托架中斷之區域除外)。這(該出口導管之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態,該(等)出口孔可設置在與該中心通道軸橫向地分開(例如該流體流動通道之內孔或該流體導管大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此,由於該出口孔及/或流體出口具有這些性質,對設置成比較靠近該固態紫外線發射器或比較靠近該(等)出口孔之流體流動通道的內孔橫截面而言,該流體速度在比較遠離該中心通道軸之至少某些位置(例如直接在該(等)出口孔之上游或鄰近該(等)出口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0015】 在某些態樣中,該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口,且該固態發射器係定向成與該縱向流體流動方向大致平行。該流體導管可在其一端包含一橫截面壁,該橫截面壁可界定該流體入口之一出口孔(其中該流體出口通入該流體流動通道)或可支持該流體出口。該出口孔及/或該流體出口可居中地設置在該橫截面壁中。該中心通道軸可突穿過該出口孔及/或該流體出口。該出口孔及/或該流體出口之一橫截面可相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。由於該

出口孔及/或該流體出口具有這些性質，對設置成比較靠近設置成比較靠近該出口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該固態紫外線發射器可被支持在該殼體中使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。在某些態樣中，該殼體本身可被支持(例如，被一或多數托架40支持)使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。該一或多數托架可由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體。該一或多數托架可延伸通過該流體入口之該(等)入口導管。該流體入口之一入口孔可由該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合界定或該流體入口可被該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合支持。在某些態樣中，該流體入口之該入口導管可在該(等)入口孔與該(等)連接孔間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面可由該外導管界定壁及該殼體界定(這環形被該一或多數托架中斷之區域除外)。這(該入口導管之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態，該(等)入口孔可設置在與該中心通道軸橫向地分開(例如該流體流動通道之內孔或該流體導管大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此，由於該入口孔及/或流體入口具有這些性質，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器或比較靠近該(等)入口孔之

流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之至少某些位置(例如直接在該(等)入口孔之下游或鄰近該(等)入口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0016】 該紫外線反應器可包含可設置在該流體流動通道中之一或多數調流器(例如靜態混合器或其他種類之調流器)。該調流器可設置成比較靠近該流體入口且可成形為使用該流體流動之動量來導引該流體流動。在某些態樣中，一平坦或彎曲形狀之擋板或環可定位在流向低輻射通量率區域之流體部份的路徑中以重新導向該流體流動之至少一部份的流動路線或減少朝向低輻射通量率區域之方向的流動速度。該等調流器因此可在該流體流動通道之一部份上在具有比較低輻射通量率之流體流動通道的區域中產生比較低流體速度及/或在具有比較低及比較高輻射通量率之流體流動通道的區域間產生流動混合。當該入口孔及/或該流體入口居中地設置在該橫截面壁中時，該一或多數調流器可設置在具有一流體流動擴展(例如由具有比該縱向中心部份之橫截面小之一橫截面的該入口)之該流體流動通道的一區域中且可使用該流動動量，且該流動動量係由在該入口或靠近該入口之流體流動通道之區域的比較高速度產生。在這些區域中，一平坦或彎曲形狀擋板或環可定位在流向低輻射通量率區域之流體部份的路徑中以重新導向該流體流動之至少一部份的該流動路線或減少朝向低輻射通量率區域之方向的流動速度。該等調流器因此可

在該流體流動通道之一部份上在具有比較低輻射通量率之流體流動通道的區域中產生比較低流體速度及/或在具有比較低及比較高輻射通量率之流體流動通道的區域間產生流動混合。形式為一靜態混合器之一調流器可在該流體流動中形成一渦流或多數渦流。例如，藉由將一三角翼形混合器及/或一扭帶形混合器定位在該流體流動之路徑中，可在流體流動通道中產生多數反轉渦流。

【0017】 該等調流器可包含一或多數靜態混合器，而該一或多數靜態混合器包含數個相鄰之三角翼形混合器及/或扭帶形混合器的一組合。該等三角翼形混合器及/或扭帶形混合器可在某些部份；例如，在底邊或頂點互相連接。在該流體流動通道之一部份上產生一渦流或多數渦流，特別是多數反轉渦流可提供該流體流動之混合且可使該流體之相同部份在較高及較低輻射通量率之區域中移動。在某些態樣中，可使用一或多數調流器以防止該流體用高速度在具有低通量率之流體流動通道的區域中流動或將該流動由這些具有低通量率之流體流動通道的區域重新導向至具有較高通量率之流體流動通道的區域。例如，若在靠近該內孔界定壁的該流體流動通道之某些區域中的通量率低，則可設置由該內孔界定壁朝向該中心通道軸突出之一環以將該流體重新導向該中心通道軸以促進混合。在某些態樣中，一或多數調流器可放在具有低輻射通量率之流體流動通道的區域，例如，在該導管12之某些部份且靠近該導管界定壁(例如靠近該內孔界定壁)，或在該流體入口

中。將調流器(例如靜態混合器)組配在具有低通量率之流體流動通道的區域中可減少該調流器對阻擋紫外線輻射之影響。在某些態樣中，調流器可由紫外線反射材料製成。在某些態樣中，調流器可由紫外線透射材料製成。

【0018】 該紫外線反應器可包含一第二固態紫外線發射器；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡。該一或多數第二透鏡可定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線。該一或多數第二透鏡可組配成提供該第二輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言(例如對一第一第二橫截面而言)，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低，且其中對設置成比較遠離該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言(例如對設置成比該第一第二橫截面遠離該第二固態紫外線發射器的一第二第二橫截面而言)，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該第二固態紫外線發射器之一主要光軸可與該(第一)固態紫外線發射器之主要光軸反平行。該(第一)固態紫外線發射器之主要光軸(例如該第一發光二極體之主要光軸)、該第二固態紫外線發射

器之主要光軸(例如該第二發光二極體之主要光軸)、該一或多數透鏡之光軸、該一或多數第二透鏡之光軸及該流體流動通道之至少該縱向中心部份的一中心軸可同線或同軸。該第二固態紫外線發射器、該第二輻射聚焦元件及該一或多數第二透鏡可包含該固態發射器、該輻射聚焦元件及該一或多數透鏡之任一形貌體。

【0019】 在某些態樣中，該流體出口可包含一流體出口導管，該流體出口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸，而該殼體可(即在該殼體或其某些部份之(多數)橫向側及與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的該固態紫外線發射器之一側)與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸，以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，該流體出口可包含一流體出口導管，而該流體出口導管與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體及/或該出口導管或其一部份之一壁使得該流體與安裝該紫外線發射器之印刷電路板直接熱接觸。因為當該流體流動由該流體流動通道之內孔導入比較窄流體出口時流動收束及流體速度之突然改變產生的高混合度，所以這熱移除會特別有效。在某些態樣中，該流體入口可包含一流體入口導管，該流體入口導管可部份

地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸，而該殼體可(即在該殼體或其某些部份之(多數)橫向側及與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的該固態紫外線發射器之一側)與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB)熱接觸，以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，該流體入口可包含一流體入口導管，而該流體入口導管與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體及/或該入口導管及/或其一部份之一壁使得該流體與安裝該紫外線發射器之印刷電路板直接熱接觸。因為當該流體流動由該窄流體入口導入該流體流動通道之比較側內孔時發生之流動擴展及流體速度之突然改變產生的高混合度，所以這熱移除會特別有效。因為熱由該殼體之許多表面及對應表面積移除，所以該熱傳送(由該殼體或其部份之周圍壁)會特別有效。此外，藉由控制該入口/出口導管之橫截面，靠近該等殼體壁可達到較高流體速度以進一步促進熱傳送。

【0020】 在某些態樣中，該反應器可包含縱向延伸流體流動通道之一陣列，任何數目之縱向延伸流體流動通道可包含類似於在此所述縱向延伸流體流動通道之性質。在某些態樣中，各該流體流動通道可透過一對應輻射聚焦元件被一或多數對應固態紫外線發射器照射。該等對應固態

紫外線發射器及/或該等對應輻射聚焦元件可定位在其對應縱向延伸流體流動通道之縱向端使得一照射方向與該流體流動之方向大致平行且相反，同時提供具有在此所述形貌體之對應輻射通量率分布曲線。詳而言之，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之各流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該流體流動通道之該中心通道軸的位置比較高且在比較靠近該中心通道軸的位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之各流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該流體流動通道之該中心通道軸的位置比較低且在比較靠近該中心通道軸的位置比較高。

【0021】 該反應器可包含發射不同紫外線波長之多數紫外線發光二極體。該反應器可包含被支持在該反應器中之一結構上的一光觸媒。該反應器可包含加入該反應器中之一化學試劑。該紫外線發光二極體可自動地或藉由一外部信號開啟及關閉。

【0022】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該方法包含透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流

體流動通道，藉此容許該流體朝一縱向流過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端。該方法包含由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之一內孔內提供一幅射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸(即該流體流動通道之該內孔的一中心軸或該流體流動通道之該內孔的至少該縱向中心部份)之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0023】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0024】 這揭示之另一態樣係一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例

如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡。該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數第一透鏡定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上。該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上。該反應器包含：一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射器

之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0025】 該紫外線反應器可包含在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0026】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔中，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該第一固態紫外線發射器導引第一輻射通過該一或多數第一透鏡且藉此使該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體

上；由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0027】 該方法可包含將該紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動導管中。將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動導管可包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向大致互相對齊；連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端。連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端可共同地包含使

該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0028】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0029】 這揭示之另一態樣係一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道。該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔。該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數透鏡定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一輻射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡或一菲涅耳(Fresno)透鏡。該半球透鏡及平凸透鏡或菲涅耳透鏡之平面側可面向該紫外線發射器。該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡或該菲涅耳透鏡的光軸可與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0030】 該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一距離/間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 F 小一差距離(Δ)。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 F 之10%至35%的範圍內。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 F 之15%至30%的範圍內。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 F 之20%至30%的範圍內。

【0031】 該紫外線反應器可包含：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固態紫外線發射器之該主要光軸反平行之一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中的一或多數第二透鏡，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線。該一或多數第二透鏡可包含定位成由該第二紫外線發射器接收輻射之一第二半球透鏡及定位成由該第二半球透鏡接收輻射之一第二平凸透鏡。該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側都面向該第二紫外線發射器。該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡之光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。該第二平凸透鏡可相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' 。該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的該第二距離/間距 f_2' 可比該第二平凸透鏡之固有

焦距 f_2 小一第二差距離 $\Delta 2$ 。該第二差距離 $\Delta 2$ 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。該第二差距離 $\Delta 2$ 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之15%至30%的範圍內。該第二差距離 $\Delta 2$ 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之20%至30%的範圍內。

【0032】 該紫外線反應器可包含在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0033】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道，藉此容許該流體朝一縱向流過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一輻射通量率分布曲線；其中該一或多

數透鏡包含一半球透鏡及一平凸透鏡且該方法包含以下步驟：定位該半球透鏡以便由該紫外線發射器接收輻射；定位該平凸透鏡以便由該半球透鏡接收輻射；定向該半球透鏡及該平凸透鏡以使其平面側面向該紫外線發射器；及對齊該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡以使其光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0034】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0035】 這揭示之另一態樣係一種使用該紫外線反應器的方法，用於藉由將在此任一其他請求項之紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動通道中。將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動通道中包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向互相大致對齊；連接該紫外線反應器之流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端；其中連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端共同地包含使該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0036】 這揭示之另一態樣係一流體處理設備，其包含：一本體，其沿著一流路延伸在一第一端及沿著該流路

與該第一端相對之一第二端間，該第一端包含沿著該流路之一入口，該第二端包含沿著該流路之一出口；一流動通道，其在該本體內沿著該流路延伸以將一流體由該入口導引至該出口；及一固態輻射源，其可安裝在該流動通道之一空腔中以便將輻射沿著該流路射入該流動通道，該固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該流體接觸。

【0037】 該固態輻射源可包括一固態紫外線發射器。該設備可更包含一或多數透鏡，該一或多數透鏡可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射。例如，該一或多數透鏡可組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使在該流動通道中之一位置的輻射強度與在該流動通道中之該位置的流體速度相關。該空腔可由該流動通道之內表面界定，且該流動通道之內表面係組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使該流體環繞該固態輻射源流動且與該固態輻射源之該導熱部份接觸。例如，該空腔之內表面可與該固態輻射源之外表面接合以便在該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，維持該固態輻射源相對該流動通道之一位置。

【0038】 該設備可更包含一安裝結構，該安裝結構延伸在該空腔之內表面與該光單元之外表面間以維持該固態輻射源之位置。例如，該安裝結構可沿著該流路延伸且包

括周邊地環繞該流路分開之多數部份以界定沿著該流路延伸且當該固態輻射源定位在該空腔中時與該導熱部份接觸之多數流動通道。各流路可改變流過其中之流體的速度。在某些態樣中，該固態輻射源之外表面可包括該固態輻射源之導熱部份的外表面；且當該固態輻射源定位在該空腔中時該安裝結構可未延伸至該固態輻射源之導熱部份以便在該流體由該入口流動至該出口時防止在該固態輻射源之導熱部份、該本體及該流體間之熱傳送。或者，該固態輻射源之外表面可包括該固態輻射源之導熱部份的外表面；且該安裝結構可延伸至該固態輻射源之導熱部份的外表面以便在該流體由該入口流動至該出口時允許在該固態輻射源之導熱部份、該本體及該流體間之熱傳送。例如，該安裝結構、該空腔之內表面及/或該固態輻射源之導熱部份中之一或多個可包括一金屬材料。

【0039】 在某些態樣中，當該固態輻射源定位在該空腔中時，該光單元之導熱部份可與該空腔之內表面分開。該光單元可移除地安裝在該空腔中。例如，該本體可包括一插座，且該插座可包含：一第一端部；一第二端部；及可與該第一端部及該第二端部接合之一耦合器。當該環與該插座接合時，該光單元可移除地定位在該空腔中。例如，該光單元可移除地安裝及/或定位在該插座之第二端部中。當該固態輻射源可移除地安裝在該第二端部中時，該固態輻射源之導熱部份可與該空腔之內表面分開。該入口及該出口可安裝成與一管成一直線。

【0040】 在某些態樣中，該空腔可為一第一空腔，該固態輻射源可為一第一固態輻射源，該輻射可為一第一輻射，該流動通道可界定一第二空腔，且該設備可更包含：可安裝在該第二空腔中以便沿著該流路將一第二輻射射入該流動通道之一第二固態輻射源，該第二固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該第二固態輻射源安裝在該第二空腔中時與該流體接觸。在某些態樣中，該第一固態輻射源安裝在該第一空腔中且該第二固態輻射源定位在該第二空腔中，該第一固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第一方向發射該第一輻射，該第二固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第二方向發射該第二輻射，且該第一方向與該第二方向不同。

【0041】 在某些態樣中，該一或多數透鏡可包含：一聚光透鏡，其定位成由該固態輻射源接收輻射；及一準直透鏡，其設置成接收被該聚光透鏡折射之輻射，該準直透鏡係相對被該聚光透鏡折射之輻射的一焦點定位在比其焦距小之一距離。例如，該準直透鏡相對被該聚光透鏡折射之輻射之焦點的距離與該準直透鏡之焦距間的一差可大略等於該準直透鏡之焦距的10%至35%。在另一例子中，該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之焦距 F 間的一差距離 $\Delta=f-f'$ 可在該焦距 F 之10%至35%的範圍內。

【0042】 在其他例子中，該聚光透鏡可與該固態輻射源整合在一起。該一或多數透鏡包含具有至少一部份凸面

之一透鏡、一平凸透鏡及一菲涅耳(Fresnel)透鏡中之一或多數透鏡。在另一例子中，該固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份共用於該等多數固態輻射源。

【0043】 這揭示之另一態樣係一種方法，其包含：由一入口導引一流體通過沿一流動軸延伸之一反應器的一流動通道；使該流體暴露於由一光單元射入該流動通道之一紫外線輻射，該光單元係定位在該流動通道之一空腔中且包含用於發射紫外線輻射之一固態輻射源及與該固態輻射源熱耦合之至少一導熱部份；使該流體至少部份地環繞該光單元流動至一出口使得該光單元之該至少一導熱部份與該流體熱耦合；及用該流體冷卻該光單元。

【0044】 該方法可包含使該固態輻射源發射該紫外線輻射且其中該固態輻射源係一固態紫外線發射器；及/或藉由該光單元中之至少一透鏡使該發射之紫外線輻射折射。例如，使該紫外線輻射折射可包含使該紫外線輻射通過該光單元中之至少一透鏡，且該至少一透鏡係組配成使在該流動通道中之一位置的一輻射強度與該流動通道中之該位置的一流體速度配合。冷卻該光單元可包含將熱由該光單元傳送通過該光單元之該至少一導熱部份至與該表面熱接觸之該流體。例如，該反應器可至少部份地由一導熱材料構成且冷卻該光單元可包含透過一安裝結構將熱由該光單元傳送通過該光單元之導熱部份至該反應器，該安裝結構由與該導熱部份熱耦合之一導熱材料構成。

【0045】 在某些態樣中，該反應器可由一非導熱材料構成且冷卻該光單元只包含將熱由該光單元傳送通過該光單元之至少一導熱部份至與該表面熱接觸之流體。使該流體至少部份地環繞該光單元流動可包含使該流體環繞該光單元之該表面流動。該方法可更包含：使該流體用一速度流動，該速度係與由該光單元發射之一紫外線輻射強度正相關。例如，使該流體至少部份地環繞該光單元流動可包含使該流體至少部份地環繞一可移除光單元流動及/或使該流體至少部份地環繞一單體光單元流動。

【0046】 在另一例子中，該方法可更包含：在導引該流體通過該流動通道前，由與該流動軸同軸且附接在該入口上之一第一管接收該流體；及在用該流體冷卻該光單元後，使該流體通至與該流動軸同軸且附接在該出口上之一第二管。例如，該光單元可為一第一光單元，且該方法可更包含：使該流體由該入口流動至少部份地環繞一第二光單元，該第二光單元包含至少一導熱部份，使得在導引該流體通過該流動通道前，該第二光單元之該至少一導熱部份與該流體熱耦合；使該流體暴露於由該第二光單元射入該流動通道之紫外線輻射，該第二光單元包含用於發射紫外線輻射之一第二固態輻射源，該第二固態輻射源係與該第二光單元之該至少一導熱部份熱耦合；及用該流體冷卻該第二光單元。

【0047】 這揭示之另一態樣係一種自給式光單元，其包含：一殼體，其包含一空腔；一印刷電路板，其附接在

該殼體之一第一端上以密封該空腔之一第一端；一固態輻射源，其在該空腔之該第一端且附接在該印刷電路板並與該印刷電路板之一導熱部份熱耦合；一第一透鏡，其在該空腔中且定位成與該固態輻射源相鄰以折射由該固態輻射源發射之輻射；一第二透鏡，其在該空腔中且與該第一透鏡分開並定位成折射由該固態輻射源發射且被該第一透鏡折射之輻射；及一紫外線透射組件，其附接在該殼體之一第二端上以密封該空腔之一第二端。

【0048】 在某些態樣中，該光單元可移除地安裝在一流體導管之一空腔中使得該流體導管中流動之流體環繞該單元流動。例如，該流體導管中流動之流體可環繞該光單元流動且與該光單元之殼體之外表面的至少一導熱部份熱耦合。該光單元係透過一或多數結構可移除地安裝在該流體導管之該空腔上，且該一或多數結構由與該光單元之外表面接合的該空腔之內表面延伸。例如，該光單元之外表面可由該光單元之一非導熱部份的外表面界定，且該一或多數結構延伸至該非導熱部份之外表面，防止在該光單元之導熱部份與該本體間之熱傳送，且允許在該導熱部份與流體間之熱傳送。在另一例子中，該固態輻射源可包含多數固態輻射源且該導熱部份可共用於該等多數固態輻射源。

【0049】 除了上述之示範態樣以外，其他態樣亦可藉由參照圖式及藉由研究以下詳細說明來了解。

【圖式簡單說明】

【0050】 多數示範實施例顯示在圖式之參考圖中。意圖是在此揭露之實施例及圖應被視為說明用而非限制用。

【0051】 圖1A至1D顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0052】 圖2A、2B與2C顯示圖1A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。圖2D顯示圖1A反應器之全縱向的一輻射通量圖。

【0053】 圖3A至3D顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0054】 圖4A至4C顯示圖1A反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0055】 圖5A至5C顯示圖1B反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0056】 圖6A至6C顯示圖1C反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0057】 圖7A與7B顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0058】 圖8A至8C顯示對一特定長度之一特定流體流動通道而言，圖7A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。

【0059】 圖9A至9D顯示對一特定長度之一特定流體流動通道而言，圖7A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。

【0060】 圖10A至10D顯示圖7A反應器之流體速度

分布的各種圖。

【0061】 圖11A至11C顯示依據特定實施例之具有調流器的多數示範反應器。

【0062】 圖12A係依據一特定實施例之圖1A反應器之一端的示意圖，顯示其殼體、固態紫外線發射器及(多數)透鏡。圖12B係顯示依據一特定實施例定位之透鏡的特性。

【0063】 圖13顯示一紫外線反應器之一示範實施例。

【0064】 圖14顯示圖13之紫外線反應器的分解圖。

【0065】 圖15顯示沿圖13所示之截面線A-A所截取之圖13的紫外線反應器的放大橫截面。

【0066】 圖16顯示一示範光單元之放大橫截面。

【0067】 圖17顯示沿圖15所示之截面線B-B所截取之圖13的紫外線反應器的橫截面。

【0068】 圖18顯示另一光單元之一示範實施例。

【0069】 圖19顯示一示範消毒方法。

【0070】 圖20顯示一紫外線反應器之另一示範實施例。

【實施方式】

【0071】 在全部以下說明中提出特定細節以便為所屬技術領域中具有通常知識者提供更徹底之了解。但是，習知元件可未詳細地顯示或說明以避免不必要地模糊該揭示。因此，該說明及圖式應被視為說明用而非限制用。

【0072】 這揭示之實施例係有關於藉由控制流體及

光環境兩者來提供更佳劑量均一性之紫外線發光二極體反應器的實施例。某些實施例係參照特定輻射源、流體及輻射種類來說明。例如，該輻射源可為如紫外線發光二極體之一固態輻射源，該流體可為水，且該輻射可包括一紫外線輻射。除非另外聲明，否則這些例子係為方便起見而提供且非意圖限制本揭示。因此，在這揭示中所述之任何結構實施例都可與任何類似輻射源、流體及/或輻射種類一起使用。

【0073】 在此說明多種軸，包括一示範Z軸。在使用時，該用語「橫向」表示：橫臥、或橫交；交叉地設置；或與該Z軸呈直角且包含垂直及非垂直配置。該用語「縱向」可用來說明相對組件及形貌體。例如，縱向可表示沿該Z軸具有一第一尺寸或長度之一物體，且該第一尺寸或長度比沿該Z軸之一第二尺寸或寬度長。除非另外聲明，否則這些用語為方便起見而提供且未限制本揭示。

【0074】 在此使用之用語「包含」或其任何其他變化形係意圖包含一非排他內含，使得包含多數列舉元件之一設備、方法或其元件不僅包括這些元件，而是可包括在該設備或方法中未明白地列舉或固有之其他元件。除非另外聲明，該用語「示範」係以「舉例」方式，而非「理想」方式使用。在這揭示中可使用各種約略之用語，包括「大略」及「大致」。大略表示一所述數字之加或減10%以內。

【0075】 圖1A係依據一特定實施例之一示範紫外線反應器10A。反應器10A可包含：一流體導管12，其至少

部份地由一外導管界定壁13界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器14(例如一紫外線發光二極體)；及一幅射聚焦元件16，其包含一或多數透鏡16A。除了該等光組件(例如紫外線發射器14及透鏡16A)以外，反應器10A可由不鏽鋼、適當聚合物、塑膠、玻璃、石英、這些材料之組合及/或(多數)其他適當材料製成。如圖所示，流體導管12可包括一流體入口18、一流體出口20及設置在入口18與出口20間之一縱向延伸流體流動通道22。

【0076】 在所示實施例中，該縱向係顯示為與該Z軸對齊，且一流體可朝箭號所示之一縱向24大致流動通過流體流動通道22。例如，該流體可朝縱向24流動通過流體流動通道22之一內孔22A；且流體流動通道22可具有一中心通道軸30，該中心通道軸30朝縱向24延伸通過在內孔22A之至少一縱向中心部份22B中內孔22A之橫交橫截面的形心。流體入口18可包含：一或多數入口孔18A，且流體入口18透過該一或多數入口孔18A通入流體流動通道22；一或多數連接孔18B，且紫外線反應器10A可透過該一或多數連接孔18B連接於提供流體至反應器10A之一外流體系統(未圖示)；及一或多數反應器18C，其可延伸在(多數)入口孔18A與(多數)連接孔18B之間。類似地，流體出口20可包含：一或多數出口孔20A，且流體出口20透過該一或多數出口孔20A通入流體流動通道22；一或多數連接孔20B，且紫外線反應器10A可透過該一或多數連接孔20B連接於一外輸出流體系統(未圖示)，並且流體由反應器

10A流至該外輸出流體系統；及一或多數反應器20C，其可延伸在(多數)出口孔20A與(多數)連接孔20B之間。

【0077】 (多數)透鏡16A可定位在由紫外線發射器14發射之輻射26的一輻射路徑中，用於由該紫外線發射器14導引輻射26照射在該流體流動通道22中流動之該流體上且因此在由內孔界定壁28界定之流體流動通道22的一內孔22A內提供一輻射通量率分布曲線(未顯示在圖1A中)。

【0078】 (多數)透鏡16A可組配成提供一輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言(例如在所示圖中比較靠近 $Z=0$)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離流體流動通道22之內孔22A之一中心通道軸30的位置比較高且在比較靠近中心通道軸30的位置比較低。中心通道軸30可包含流體流動通道22之內孔22A的一中心軸(例如一圓柱形對稱之軸)或流體流動通道22之內孔22A的至少一縱向中心部份22B。(多數)透鏡16A可組配成提供一輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較遠離紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言(例如在所示圖中比較靠近 $Z=10$)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0079】 該輻射通量率分布曲線之示範性質顯示在圖2A至2D中。圖2A至2C顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A各種橫截面在沿中心通道軸30之各種

位置(例如在各種Z值)的輻射通量率分布曲線。圖2D顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22之內孔22A全縱向的通量率分布曲線顯像，且較亮區域表示較高通量率而較暗區域表示較低通量率。圖2A至2C之圖的Y軸表示輻射通量率(mW/cm^2)。圖2A至2C之圖的X軸表示相對中心通道軸30之徑向距離(例如沿圖1A所示之X軸或沿在內孔22A具有圓形橫截面時之任何其他適當徑向)。圖2A至2C之圖的X軸原點表示中心通道軸30上之位置；且在圖2A至2C之圖上的較大X值表示比較遠離中心通道軸30之位置。

【0080】 圖2A顯示比較靠近紫外線發射器14之橫截面($Z=0$ 、 $Z=1$ 、 $Z=2$)的通量率分布曲線。由圖2A可看到對這些橫截面之各橫截面而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在中心通道軸30比較低。例如，圖2B顯示比較遠離紫外線發射器14之橫截面($Z=6$ 、 7 、 8 、 9 、 10)的通量率分布曲線。由圖2B可看到對這些橫截面之各橫截面而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30(例如 $|x| > 2$)之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30(例如 $|x| < 2$)之位置比較高。對圖2B之對應 $Z=9$ 及 $Z=10$ 的圖而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30之全部位置比較低且在中心通道軸30比較高。圖2C顯示居中設置橫截面($Z=3$ 、 $Z=4$ 、 $Z=5$)之通量率分布曲線且顯示內孔22A之橫截面甚至在這些中心橫截面具有比較高通量率。圖2D顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22之內孔22A的全縱向的通量率分布曲線顯像，且較亮區域表示較

高通量率(較高照射度)而較暗區域表示較低通量率(較低照射度)。

【0081】 (多數)透鏡16A可組配成藉由以下中之一或多數者提供具有上述特性之通量率曲線分布：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀，例如該等透鏡之厚度及/或該等透鏡之光表面的曲率；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率，以提供具有上述特性之輻射通量率曲線分布。輻射聚焦元件16可包含一聚焦透鏡16A或設置成靠近紫外線發射器14之二或二以上聚焦透鏡16A的一組合。(多數)聚焦透鏡16A可包含一聚光透鏡、一散光透鏡及任何其他種類之透鏡的任一組合。在某些實施例中，(多數)聚焦透鏡16A可包含光學地靠近紫外線發射器14之一聚光透鏡及在遠離該聚光透鏡某一適當距離之一準直透鏡。在某些實施例中，(多數)聚焦透鏡16A可包含設置成由紫外線發射器14接收輻射26之一聚光透鏡及一準直透鏡，其中該準直透鏡可相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距小(例如一差距離 Δ)的一距離。

【0082】 在某些實施例中，(多數)透鏡16A可包含一半球透鏡及一平凸透鏡。圖12A係依據一特定實施例之反應器10A之一端的示意圖，更詳細地顯示殼體32、固態紫外線發射器14及(多數)透鏡16A。如圖12A所示，例如，固態紫外線發射器14可與用於提供電力至紫外線發射器14之適當電子設備(未圖示)一起安裝在一電路板14A上。

在這例子中，多數透鏡16A可包含：一半球透鏡17，其成形及/或設置成由紫外線發射器14接收輻射；及一平凸透鏡19，其成形及/或設置成由半球透鏡17接收輻射。透鏡17、19之各平面側17A、19A都面向紫外線發射器14；且透鏡17、19之各光軸都與中心通道軸30同軸，如圖12A所示。

【0083】 在某些實施例中，在平凸透鏡19與該流體流動通道22之內孔22A中的流體間(例如在殼體32內)有一氣隙21。在某些實施例中，在平凸透鏡19與該流體流動通道22之內孔22A間有一氣隙21及一紫外線透射(例如石英)窗32A。在某些實施例中，平凸透鏡19可相對由半球透鏡17發射之輻射的一焦點23定位在比其焦距F小之一距離 f' 。這示意地顯示在圖12B之一特定實施例中，其中由半球透鏡17發射之輻射具有一焦點23且平凸透鏡19具有一固有焦距F，但平凸透鏡19未相對焦點23設置在一距離F。相反地，在所示實施例中，平凸透鏡19係設置在相對焦點23之一距離 f' ，其中 f' 比F小一差距離 Δ 。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距F之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距F之15%至30%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距F之20%至30%的範圍內。

【0084】 圖12A與12B之實施例的殼體32、固態紫外線發射器14及透鏡17、19的形貌體可用於在此所述之任一反應器之任一殼體、發射器及/或透鏡。通常，多數透

鏡16A不限於圖12A與12B所示之特定透鏡。例如，(多數)透鏡16A可包含雙凸、雙凹、平凸、平凹、凹凸或半球透鏡之任何適當組合。多數透鏡16A可包含一第一透鏡(設置成較靠近紫外線發射器14)及一第二透鏡(設置成比較遠離紫外線發射器14)。例如，由該第一透鏡發射之輻射可具有一焦點23且該第二透鏡可具有一固有焦距 F ，但該第二透鏡可未相對該第一透鏡之焦點設置在一距離 F 。相反地，該第二透鏡可相對該第一透鏡之焦點設置在一距離 f' ，其中 f' 比 F 小一差距離 Δ 。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 F 之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 F 之15%至30%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 F 之20%至30%的範圍內。

【0085】 內孔界定壁28可成形以界定內孔22A至少在該流體流動通道22之一縱向中心部份22B上具有一圓柱形。縱向中心部份22B與流體入口18及流體出口20分開。該圓柱形可包含具有圓形橫截面之一筒體或具有某種其他(例如矩形或其他多邊形)橫截面之一筒體。在某些實施例中，紫外線發射器14之主要光軸、該(等)透鏡16A之光軸及中心通道軸30可同線或同軸。

【0086】 在某些實施例中，紫外線發射器14可收容在一殼體32中，該殼體32可包含一紫外線透射組件32A(例如一石英窗)以便將輻射由殼體32射入流體流動通道22。例如，(多數)透鏡16A可收容在殼體32中，但這不是

必要的。

【0087】 在某些實施例中，紫外線發射器14可設置成比較靠近流體出口20(例如在內孔22A之出口端34)；且比較遠該流體入口18，並且紫外線發射器14之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向24大致反平行。流體導管12可在內孔22A之一端(例如，一入口端)38包含一橫截面壁36。橫截面壁36可界定流體入口18之一入口孔18A或可支持流體入口18。在某些實施例中，橫截面壁36可具有反射性，但這不是必要的。入口孔18A及/或流體入口18可居中地設置在該橫截面壁36中。中心通道軸30可突穿過入口孔18A及/或流體入口18。入口孔18A及/或流體入口18之一橫截面可相對位在中心通道軸30上之一點圓形地對稱。由於入口孔18A及/或流體入口18具有這些性質，對設置成比較靠近入口孔18A之流體流動通道22的內孔22A(且在所示實施例之情形中，比較遠離發射器14)橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0088】 在某些實施例中，紫外線發射器14可被支持紫外線發射器14之一或多數托架40(及/或殼體32)支持使得：紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸30大致對齊；且該流體仍可流動通過流體出口20。多數托架40可由流體導管12之外導管界定壁13延伸至殼體32。在某些實施例中，多數托架40可由允許流體流動通過其中之穿孔材料製成；包含穿孔材料之一或多數環形環；及/

或另外地或替代地互相橫交地(例如圓周地)分開。

【0089】 在某些實施例中，流體出口20之一出口孔20A可由外導管界定壁13(例如，內孔界定壁28)及殼體32之一組合界定。多數托架40亦可界定(多數)出口孔20A之一部份。流體出口20可被以下者之任一組合支持：外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)；殼體32；及/或多數托架40。流體出口20之出口導管20C可在(多數)出口孔20A與(多數)連接孔20C間之位置具有大致環形橫截面。這些環形橫截面可由外導管界定壁13及殼體32界定，但這環形被多數托架40中斷之區域除外。

【0090】 藉由這示範組態，(多數)出口孔20A及/或流體出口20可設置在與中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之橫截面邊緣)。在某些實施例中，(多數)出口孔20A及/或流體出口20之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。因此，由於(多數)出口孔20A及/或流體出口20具有這些性質，對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近(多數)出口孔20A之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可：在比較遠離中心通道軸30之至少某些位置(例如直接在(多數)出口孔20A之上游或鄰近(多數)出口孔20A的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0091】 圖1A實施例之反應器10A的流體速度分布曲線的示範性質顯示在圖4A至4C中。圖4A係顯示反應器

10A之不同區域的流體速度的流體速度圖且比較高局部流體速度具有較淺顏色並且比較低局部流體速度具有較深顏色。圖4B顯示在對應 $Z=0.5$ (即比較靠近紫外線發射器14)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖且圖4C顯示在對應 $Z=10$ (即比較遠離紫外線發射器14)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖。在圖4B與4C之圖中，中心通道軸30對應於該等X軸之原點。圖4A至4C顯示在圖1A實施例之反應器10A中，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例中之低Z值(例如圖4B))而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且可在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低；且對比較遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例中之高Z值(例如圖4C))而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且可在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較高。

【0092】 對反應器10A而言，流體入口18可設置成橫向地靠近中心通道軸30，且流體出口20可設置成朝向流體導管12之該(等)橫交橫截面邊緣。因此，反應器10A之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體入口18之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近流體出口20之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在(多數)出

口孔20A之上游或鄰近(多數)出口孔20A的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0093】 如上所述，反應器10A之紫外線發射器14及(多數)透鏡16A可設置在流體導管12之出口端34且組配成朝大致與該流體流動方向反平行及/或相反之一方向導引輻射通過流體導管12。此外，反應器10A之(多數)透鏡16A可組配成使得：(1)對設置成比較遠離紫外線發射器14或比較靠近流體入口18之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近流體出口20之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。因此，在反應器10A中之輻射通量率可在該流體速度比較高之區域中比較高；且在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器10A之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上且隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變的紫外線通量(紫外線劑量)可比較均一。

【0094】 在某些實施例中，流體出口導管20C可成形為使得它部份地由殼體32界定或與殼體32直接或間接地熱接觸，而殼體32可與紫外線發射器14直接或間接地(例如透過一印刷電路板(PCB)14A(圖12A))熱接觸(即在殼

體32或其某些部份之(多數)橫向側上及/或與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的紫外線發射器14之一側上),以便由紫外線發射器14移除熱及將該熱傳送至由反應器10A移除之流體。在某些實施例中,可安裝紫外線發射器14之一印刷電路板(PCB)14A(圖12A)提供殼體32及/或出口導管20C或其一部份之一壁使得該流體可與安裝紫外線發射器14之電路板14A直接熱接觸。因為當該流體流動由流體流動通道22之內孔22A導入比較窄流體出口20時流動收束及流體速度之突然改變而產生的高混合度,所以這熱移除會特別有效。因為熱由殼體32之許多表面及對應表面積移除,所以該熱傳送(由殼體32之周圍壁)會特別有效。此外,藉由控制該出口導管20C之橫截面,靠近殼體32之壁可達到較高流體速度以進一步促進熱傳送。

【0095】 圖1B顯示依據另一特定示範實施例之一紫外線反應器10B的橫截面圖。反應器10B在許多方面類似於反應器10A且反應器10B之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10B與反應器10A之主要不同在於反應器10B具有與反應器10A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20'。如圖1B所示,反應器10B可包括由流體流動通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體出口20'。流體出口20'可包含一出口孔20A',該出口孔20A'設置在反應器10B之一出口端34;且由流體流動通道22之內孔界定壁

28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器10B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20'。這些流體出口20'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20'。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20'及/或出口孔20A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A'及/或流體出口20'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0096】 由於出口孔20A'及/或流體出口20'具有這些性質，反應器10B可具有反應器10A之相同性質，即對設置成比較靠近紫外線發射器14或靠近(多數)出口孔20A'之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低。在其他方面，反應器10B可具有類似在此所述之反應器10A形貌體的形貌體。圖5A至5C顯示反應器10B類似於圖4A至4C之模擬圖，但圖5C係在 $Z=8$ (相對於圖4C之 $Z=10$)處取得。圖5A至5C顯示，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖5B)中為低 Z 值)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'的位置)比較高且在比較

靠近中心通道軸30之某些位置比較低；且對遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖5C)中為高Z值)而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較高。

【0097】 圖1C顯示依據另一特定實施例之一紫外線反應器10C的橫截面圖。反應器10C在許多方面類似於反應器10A且反應器10C之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10C與反應器10A之主要不同在於反應器10C具有與反應器10A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20”。如圖1C所示，反應器10C可包括一流體出口20”，該流體出口20”使流體由流體流動通道22之內孔22A橫向地流出且接著可具有一出口導管20C”，且在橫向地延伸至其連接孔20B’前，該出口導管20C”朝該縱向並朝與該縱向流體流動方向24大致反平行之一方向延伸返回某一距離。流體出口20”可包含一出口孔20A”，該出口孔20A”設置在反應器10B之一出口端34且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器10C可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20”。這些流體出口20”之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20”。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20”及/或出口孔20A”可由中心通道軸30橫向地分開

(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A”及/或流體出口20”之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0098】 由於出口孔20A”及/或流體出口20”具有這些性質，反應器10C可具有反應器10A之相同性質，即對設置成比較靠近紫外線發射器14或靠近(多數)出口孔20A”之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A”之上游或鄰近出口孔20A”的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。在其他方面，反應器10C可具有類似在此所述之反應器10A形貌體的形貌體。圖6A至6C顯示反應器10C類似於圖4A至4C之圖，但圖6B係在 $Z=0.2$ (相對於圖4B之 $Z=0.5$)且圖6C係在 $Z=8$ (相對於圖4C之 $Z=10$)處取得。圖6A至6C顯示，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖6B)中為低 Z 值)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且對遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖6C)中為高 Z 值)而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0099】 圖1D顯示依據另一特定實施例之一紫外線反應器10D的橫截面圖。反應器10D在許多方面類似於反

應器10C且反應器10D之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10D與反應器10C之不同只在於其出口導管20C'''在遠離其出口孔20A'''之位置的形狀。詳而言之，反應器10D之出口導管20C'''未橫向地延伸到達其連接孔20B'''而是縱向地(與該流動方向反平行地)延伸到達其連接孔20B'''。通常，在遠離其出口孔之位置，在此所述之任一反應器之流體出口的出口導管可具有任何適當形狀。在其他方面，反應器10D可具有類似於在此所述之反應器10C形貌體的形貌體。

【0100】 圖3A至3D顯示依據特定實施例之紫外線反應器50A、50B、50C、50D的橫截面圖。圖3A至3D之反應器50A、50B、50C、50D分別類似於圖1A至1D之反應器10A、10B、10C、10D，但流動方向相反(例如，縱向流動方向24相反而變成縱向流動方向64)且反應器10A、10B、10C、10D之流體入口18、18'、18''、18'''變成反應器50A、50B、50C、50D之流體出口58、58'、58''、58'''(且具有其形貌體)並且反應器10A、10B、10C、10D之流體出口20、20'、20''、20'''變成反應器50A、50B、50C、50D之流體入口60、60'、60''、60'''(且具有其形貌體)。反應器50A、50B、50C、50D之其他形貌體具有類似於反應器10A、10B、10C、10D之形貌體的形貌體且可在此使用類似於用於反應器10A、10B、10C、10D之符號的符號來表示(非全部符號均特別地顯示在圖3A至3D中)。

【0101】 在圖3A至3D之實施例中，紫外線發射器14可設置成比較靠近在內孔22A)之入口端的流體入口60、60'、60''、60'''(以下共同地且獨立地稱為流體入口60)且比較遠離流體出口58、58'、58''、58'''(以下共同地且獨立地稱為流體出口58)，且紫外線發射器14之主要光軸定向成與縱向流體流動方向64大致平行且在與縱向流體流動方向64相同之方向上。流體導管12可在其一端包含一橫截面壁36。該橫截面壁36可界定用於流體出口58之一出口孔58A(其中流體出口58通入流體流動通道22)或可支持流體出口58。出口孔58A及/或流體出口58可居中地設置在該橫截面壁36中。中心通道軸30可突穿過出口孔58A及/或流體出口58。出口孔58A及/或流體出口58之一橫截面可相對位在中心通道軸30上之一點圓形地對稱。由於出口孔58A及/或流體出口58具有這些性質，對設置成比較遠離紫外線發射器14或靠近出口孔58之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言，該流體速度在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0102】 該紫外線發射器14可被支持在殼體32中使得該固態紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸30大致對齊。在某些實施例中(例如在圖3A之反應器50A中)，殼體32本身可被(例如一或多數托架40)支持，使得固態紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸30大致對齊且使得流體仍可流動通過流體入口60。該一或多

數托架40可由流體導管12之外導管界定壁13延伸至殼體32。該一或多數托架40可延伸通過該流體入口60之該(等)入口導管60C。在某些實施例中，托架40可由允許流體流過其中之穿孔材料製成。在某些實施例中，托架40包含穿孔材料之一或多數環形環。用於流體入口60、60'、60''、60'''之一入口孔60A、60A'、60A''、60A'''可由外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)、殼體32及/或該一或多數托架40(當存在時)之一組合界定或流體入口60、60'、60''、60'''可被外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)、殼體32及/或該一或多數托架40(當存在時)之一組合支持。在某些實施例中，圖3A反應器50A之流體入口60的入口導管60C可在(多數)入口孔60A與(多數)連接孔60B間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面可由外導管界定壁13及殼體32界定(這環形被該一或多數托架40中斷之區域除外)。這(流體入口60、60'、60''、60'''之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態，入口孔60A、60A'、60A''、60A'''可設置在與中心通道軸30橫向地分開(例如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此，由於入口孔60A、60A'、60A''、60A'''及/或流體入口60、60'、60''、60'''具有這些性質，對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近(多數)入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸30之某些位置

(例如直接在多數入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之下
游或鄰近多數入口孔60A、60A'、60A''、60A'''的位置)
比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0103】 因此當成形為流體出口58設置成橫向地靠近中心通道軸30且流體入口60、60'、60''、60'''設置成朝向流體導管12之(多數)橫交橫截面邊緣時，反應器50A、50B、50C、50D之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體出口58之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近流體入口60、60'、60''、60'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在(多數)入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之下游或鄰近(多數)出口孔60A、60A'、60A''、60A'''的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。反應器50A、50B、50C、50D之紫外線發射器14及(多數)透鏡16A係設置在流體導管12之入口端，用於朝大致與該流體流動方向64平行之一方向導引輻射通過流體導管12。此外，反應器50A、50B、50C、50D之(多數)透鏡16A可組配成使得：(1)對設置成比較遠離紫外線發射器14或比較靠近流體出口58之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比

較靠近紫外線發射器14或靠近流體入口60、60'、60''、60'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。因此，在反應器50A、50B、50C、50D中之輻射通量率可在該流體速度比較高之區域中比較高且在反應器50A、50B、50C、50D中之輻射通量率可在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器50A、50B、50C、50D之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上之紫外線通量(隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變之紫外線劑量)可比較均一。

【0104】 圖7A顯示依據另一實施例之一反應器70A的橫截面圖。反應器70A在許多方面類似於反應器10A(圖1A)及反應器50A(圖3A)且反應器70A之類似形貌體用類似於反應器10A與50A之符號的符號來表示，且非全部符號均特別地顯示在圖中。反應器70A與反應器10A之不同在於反應器70A具有一第二固態紫外線發射器74；及包含一或多數第二透鏡76A之一第二輻射聚焦元件76，該第二固態紫外線發射器74及該第二輻射聚焦元件76可實質地類似於(但朝一反平行方向定向之)紫外線發射器14及(多數)透鏡16A。第二固態紫外線發射器74之一主要光軸可與第一紫外線發射器14之主要光軸反平行。該第一紫外線發射器14之主要光軸、該第二紫外線發射器74之主要光軸、該一或多數透鏡16A之光軸、該一

或多數第二透鏡76A之光軸及該流體流動通道22之至少縱向中心部份22B的中心通道軸30可同線或同軸。第二固態紫外線發射器74、第二輻射聚焦元件76及(多數)第二透鏡76A可包含固態發射器14、輻射聚焦元件16及(多數)透鏡16之任一形貌體。(多數)透鏡76A可定位在由第二紫外線發射器74發射之輻射的一第二輻射路徑中，用於由第二紫外線發射器76導引輻射照射在流體流動通道22中流動之該流體上及藉此在流體流動通道22之內孔22A內提供一第二輻射通量率分布曲線。(多數)透鏡76A可組配成提供一第二輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A第二橫截面(例如在所示圖7A實施例中為高Z值)而言，該第二輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且其中對設置成比較遠離第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A第二橫截面(例如在所示圖7A實施例中為低Z值)而言，該第二輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0105】 如上所述，(多數)透鏡16A可組配成提供一第一輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面(例如在所示圖7A實施例中為低Z值)而言，該第一輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在

比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且其中對設置成比較遠離第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面(例如在所示圖7A實施例中為高Z值)而言，該第一輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0106】 因此，對反應器70A而言，該總輻射通量率可為該第一輻射通量曲線分布(由第一紫外線發射器14發射且由(多數)透鏡16A成形之輻射產生)及該第二輻射通量率曲線分布(由第二紫外線發射器74發射且由(多數)透鏡76A成形之輻射產生)的疊加。圖8A至8C顯示在一反應器70A之各種橫截面位置(例如在各種Z值)圖7A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A各種橫截面的總輻射通量率分布曲線，且具有 $L=10\text{cm}$ 之一總縱向長度(在Z方向上)，其中該流體之紫外線透射率設定為95%。對反應器10A、10B、10C、10D及50A、50B、50C、50D而言，圖8A至8C類似於上述圖2A至2C之圖。圖8A至8C之圖的Y軸表示總輻射通量率(mW/cm^2)。圖8A至8C之圖的X軸表示相對中心通道軸30之徑向距離(例如沿圖7A所示之X軸或內孔22A具有圓形橫截面時沿任何其他適當徑向)。可了解的是圖8A至8C之圖的X軸原點表示中心通道軸30上之位置且在圖8A至8C之圖上的較大X值表示比較遠離中心通道軸30之位置。

【0107】 圖9A至9D顯示在一反應器70A之各種橫截面位置(例如在各種Z值)圖7A反應器10A之流體流動通

道22的內孔22A各種橫截面的總輻射通量率分布曲線，且具有 $L=18\text{cm}$ 之一總縱向長度(在Z方向上)，其中該流體之紫外線透射率設定為95%。對反應器10A、10B、10C、10D及50A、50B、50C、50D而言，圖9A至9C亦類似於上述圖2A至2C之圖。比較圖8A至8C之圖及圖9A至9D之圖，可發現對具有一較短縱向長度之反應器70A(圖8A至8C)而言，橫截面比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74(即圖8A之比較低Z值及圖8C之比較高Z值)的總照射度分布曲線具有可在比較靠近中心通道軸30之位置比較高的總通量率且具有可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低的總通量率。但是，相反地，對具有一較長縱向長度之反應器70A(圖9A至9D)而言，橫截面比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74(即圖9A之比較低Z值及圖9D之比較高Z值)的總照射度分布曲線具有可在與中心通道軸30橫向地分開(遠離)之某些位置比較高的總通量率及可在比較靠近中心通道軸30之位置比較低的總通量率。此外，圖9B與9C顯示對具有一比較長縱向長度之70A而言，比較靠近該反應器70A之縱向中心之橫截面(例如對在圖9B與9C之所示圖中的 $Z=4$ 至 $Z=14$ 而言)的總照射度曲線分布可在與中心通道軸30比較橫向地分開之位置具有比較低總通量率且可在比較靠近中心通道軸30之位置具有比較高總通量率。

【0108】 總之，圖8A至8C及圖9A至9D顯示反應器70A之輻射通量率分布曲線可藉由調整反應器70A或至

少內孔22A之縱向長度來調整。有利地，對圖9A至9D所示之比較長反應器70A而言：(1)比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74之橫截面的總照射度分布曲線具有可在與中心通道軸30橫向地分開(遠離)之某些位置比較高的總通量率及可在比較靠近中心通道軸30之位置比較低的總通量率；且(2)比較靠近反應器70A之縱向中心之橫截面的總照射度分布曲線可在與中心通道軸30比較橫向地分開之位置具有比較低的總通量率且可在比較靠近中心通道軸30之位置具有比較高的總通量率。如以下更詳細所述地，由於在反應器70A中之流體速度曲線分布，這通量率曲線分布可在反應器70A產生比較均一紫外線劑量分布。

【0109】 圖7A之反應器70A與反應器10A之不同亦在於反應器70A包含一第二殼體82，該第二殼體82選擇地被托架84支持且實質地類似於反應器10A之殼體32，但第二殼體82係定向成與殼體32反平行且第二殼體82收容第二紫外線發射器74及第二透鏡76A。圖7A之反應器70A亦包含一流體入口80(具有類似反應器50A之流體入口60形貌體的形貌體，且包括類似於入口孔60A、連接孔60B及入口導管60C之入口孔80A、連接孔80B及入口導管80C)。反應器70A可包含實質類似於在此所述反應器10A之流體出口20的一流體出口20。藉由流體入口80及流體出口20之這組態，對比較靠近流體入口80之內孔22A的橫截面(例如所示圖7A實施例中之高Z值)而言及對比較靠

近流體出口20之內孔22A的橫截面(例如所示圖7實施例中之低Z值)而言，該等流體速度會在遠離中心通道軸30之橫向位置比較大。此外，藉由流體入口80及流體出口20之這組態，對比較中心之內孔22A的橫截面(例如與流體入口80及流體出口20分開且比較中範圍之Z值)而言，該等流體速度會在比較遠離中心通道軸30之橫向位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之橫向位置比較高。

【0110】 圖10A至10D顯示反應器70A之類似於圖4A至4C的模擬圖，其中該長度係 $L=10\text{cm}$ 。圖10A係顯示反應器70A之不同區域的流體速度的流體速度圖且比較高局部流體速度具有較淺顏色並且比較低局部流體速度具有較深顏色。圖10B顯示在對應 $Z=0.5$ (即比較靠近第一紫外線發射器14)之反應器70A橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖且圖10C顯示在對應 $Z=10$ (即比較遠離第二紫外線發射器74)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖。圖10D顯示在對應 $Z=5$ (即在與第一紫外線發射器14及第二紫外線發射器74分開之比較中心縱向位置)之流體速度的圖。在圖10B至10D之圖中，中心通道軸30對應於該等X軸之原點。圖10A至10D顯示在圖7A實施例之反應器70A中，對比較靠近第一紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例中之低Z值(例如圖10B))而言且對比較靠近第二紫外線發射器74之橫截面(在所示實施例中之高Z值(例如圖10C))而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且可在比較靠近中心通道

軸30之某些位置比較低，且對遠離該等第一與第二紫外線發射器14、74之縱向中心橫截面(在所示實施例中之中間範圍Z值(例如圖10D))而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且可在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。對比較長反應器(例如具有 $L \geq 10\text{cm}$ 之反應器，該等流體速度結果類似於圖10A至10D所示之結果，且對Z小於或等於大約3且Z大於或等於 $L_{\text{max}}-3$ 而言流體速度類似於圖10B與10C之流體速度並且對中間Z值而言流體速度類似於圖10D之流體速度。

【0111】 因此，當成形為圖7A所示之流體入口80及流體出口20具有設置成朝向流體導管12之(多數)橫交橫截面邊緣的(多數)入口孔及(多數)出口孔時，紫外線反應器70A之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體出口80且比較靠近流體出口20(例如比較靠近第一與第二發射器14、74)之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在(多數)出口孔20A之上游或鄰近(多數)出口孔20A之位置及直接在(多數)入口孔80A之下游或鄰近(多數)入口孔80A之位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低；及(2)對流體流動通道22之內孔22A的中心縱向中心橫截面(與流體入口80且與流體出口20並與第一與第二發射器14、74分開)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。反應器70A之(多數)透鏡16A、76A及反

應器70A之縱向尺寸可組配成使得：(1)對設置成比較靠近第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言且對設置成比較靠近第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低(請參見圖9A與9D)；及(2)對流體流動通道22之內孔22A的縱向中心橫截面(即與流體入口80、流體出口20分開且與第一與第二紫外線發射器14、74分開之橫截面)而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高(請參見圖9B與9C)。因此，反應器70A中之輻射通量率可組配成在該流體速度比較高之區域中比較高且反應器70A中之輻射通量率可在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器70A之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上且隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變的紫外線通量(紫外線劑量)可比較均一。

【0112】 圖7B顯示依據另一特定實施例之一反應器70B的橫截面圖。反應器70B在許多方面類似於反應器70A且反應器70B之類似形貌體用類似於反應器70A之符號的符號來表示，但非全部這些符號均顯示在圖7B圖中。反應器70B與反應器70A之主要不同在於反應器70B具有與反應器70A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20'及與反應器70A之出口80不同地設置及成形的一

流體入口80'。詳而言之，反應器70B之出口20'與在此所述之反應器10B之出口20'(圖1B)相同且入口80'與此所述之反應器50B之入口60'(圖3B)相同，但入口80'係定向成與反應器50B之入口60'反平行。

【0113】 如圖7B所示，反應器70B可包括由流體流動通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體出口20'。流體出口20'可包含一出口孔20A'，該出口孔20A'設置在反應器70B之一出口端34且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器70B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20'。這些流體出口20'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20'。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20'及/或出口孔20A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A'及/或流體出口20'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0114】 如圖7B所示，反應器70B可包括由流體流動通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體入口80'。流體入口80'可包含一入口孔80A'，該入口孔80A'設置在反應器70B之一入口端38且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與

殼體82之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器70B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體入口80'。這些流體入口80'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體入口80'。如同反應器50B之流體入口60的情形，流體入口80'及/或入口孔80A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，入口孔80A'及/或流體入口80'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0115】 由於出口孔20A'及/或流體出口20'及/或入口孔80A'及/或流體入口80'具有這些性質，反應器70B可具有反應器70A之相同性質，即對設置成比較靠近出口20'(及第一紫外線發射器14)之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言且對設置成比較靠近入口80'(及第二紫外線發射器74)之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'之位置及/或直接在入口孔80A'之下游或鄰近入口孔80A'之位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。對流體流動通道22之內孔22A的縱向中心橫截面而言(即對與入口80'及出口20'分開之橫截面而言)，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。在其他方面，反應器70B可

具有類似在此所述之反應器70A形貌體的形貌體。

【0116】 圖11A至11C顯示依據特定實施例之具有調流器的多數示範反應器。圖11A顯示實質類似於反應器10B(圖1B)之一反應器10B'，但圖11A之反應器10B'包含在流體入口18附近之一調流器91。詳而言之，調流器91係設置在入口孔18A之下游，但調流器91可設置在流體入口18之入口導管18C中。調流器91可為一擋板，該擋板可成形及/或定位在朝向低通量率之區域之流動一部份的路徑上，以導引該流動(至少部份地)遠離低通量率之區域。此外，調流器91可成形及/或定位成在該等低與高通量率之區域間對該流體提供混合以防止該流動在接收低劑量之紫外線時通過該反應器。例如，調流器91可包含一三角翼形混合器、一扭帶形混合器及/或另一種形式之渦流產生器以便在該流動中產生多數渦流及協助流動混合。調流器91可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體入口附近(例如在其入口孔之下游)。圖11B顯示實質類似於反應器70B(圖7B)之一反應器70B'，但圖11B之反應器70B'包含在流體入口80附近之一調流器93及在流體出口20'附近之一調流器95。詳而言之，調流器93可設置在入口孔80A之上游，但調流器93可設置在流體入口80附近之其他位置。調流器93可協助促進流體在流動通道22中之混合。調流器93可另外地或替代地將流動重新導向以藉此協助防止該流體流動朝向該反應器之底部溝流，其中在該反應器中間(在底部)之橫向位置可具有比較

低通量率。此外，任何明顯流動溝流可有效地減少在該反應器中之流體的滯留時間且產生該紫外線劑量對該流體之非均一性。類似地，調流器95可設置在出口孔20A'之下游，但調流器95可設置在流體出口20'附近之其他位置。調流器95可對離開該反應器之流體流動提供某一阻力，藉此協助靠近該出口之流動混合。調流器93可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體入口附近。調流器95可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體出口附近。圖11C顯示實質類似於反應器70A(圖7A)之一反應器70A'，但圖11C之反應器70A'包含由其內孔界定壁28向內(例如向中心通道軸30)延伸之一調流器97。調流器97可設置成一環形且可將該流體流動重新導向通量率比靠近該反應器壁大之中心通道軸30並促進混合。如調流器97之調流器可放在具有低輻射通量率之流體流動通道22的區域，例如，靠近該外導管界定壁13以減少該調流器對阻擋紫外線輻射之影響。調流器97可使用於在此所述之任一反應器的流體流動通道22中。調流器91、93、95、97中之任一調流器可由紫外線反射或紫外線透射材料形成。

【0117】 在此所述之任一紫外線發光二極體反應器實施例的本體或殼體可由鋁、不鏽鋼或如金屬、合金、高強度塑膠等任何其他足夠硬且堅固之材料形成。在某些實施例中，例如，在類似一管之一單一通道反應器中，它亦可由如抗紫外線PVC等可撓材料形成。此外，該紫外線發

光二極體反應器之各種組件可由不同材料形成。另外，在此所述之任一紫外線反應器中可使用光觸媒結構以便進行紫外線活化光觸媒反應。該光觸媒可藉由固定在流體穿過之多孔質基材上及/或藉由固定在流體通過之固體基材上而加入該反應器中。再者，光觸媒可與靜態混合器組合以便為在此所述之任一紫外線反應器提供多功能組件。

【0118】 此外，該紫外線發光二極體反應器可加入不同峰波長之紫外線發光二極體以產生加乘效應來增加光反應效率。

【0119】 各種反應器實施例之流動通道及紫外線發光二極體陣列可配置成使得該流動暴露於所需數目之發光二極體。該設計可為一單一流動通道、串聯地或並聯地配置之多數流動通道、或多數流動通道之一堆疊體。傳送至一流體之總紫外線劑量可藉由調整流速及/或調整紫外線發光二極體功率、及/或開啟/關閉該等紫外線發光二極體之數目來控制。這設計可製造薄平面紫外線發光二極體反應器。例如，在某些實施例中，該紫外線發光二極體反應器可在幾何形狀及尺寸方面為一氈尖馬克筆之大小，且具有用於由一外部系統接收一流體及用於輸出被處理流體至一外部系統之入口及出口連接孔。

【0120】 該等通道之內壁可由具有高紫外線反射性之材料形成或被具有高紫外線反射性之材料塗覆以促進輻射傳送至該流體及協助達成在此所述之劑量均一性。舉例而言，適當反射材料可包括鋁、聚四氟乙烯(PTFE)、

石英等。二相鄰流體流動通道可在一端連接，以便該流體由一通道流動至另一通道(流體多次通過該反應器)。

【0121】 在某些實施例中，有極小或無輻射通量率之該反應器的某些部份會被阻擋(例如填充)使得該流體未在這些區域中流動。這(有效地成形該等流體流動通道)可有助於防止該流體之一部份因在該等區域中花費部份之滯留時間而接收低劑量。

【0122】 圖13至18顯示依據其他特定實施例之一示範紫外線反應器100及一示範紫外線反應器200。紫外線反應器100與200之某些實施例可類似於上述反應器10A、10B、10B'、10C、70A及/或70B之實施例。為便於說明，紫外線反應器100與200之某些實施例可類似任一反應器10A、10B、10B'、10C、70A及70B之對應實施例地說明。這些實施例之任何組合係這揭示之一部份，使反應器100及/或200之實施例可與反應器10A、10B、10B'、10C、70A及/或70B之實施例互換且反之亦然。

【0123】 以下參照圖13與14說明紫外線反應器100之實施例。如圖所示，反應器100可包含可操作以傳送一消毒輻射(例如，紫外線輻射)劑量至移動通過反應器100之一流體F的流體動力及光實施例。在此說明多數示範流體動力及光實施例。在某些實施例中，反應器100可包含：一本體110；及安裝在本體110中之一光單元170。例如，光單元170可將一消毒輻射朝延伸穿過本體110之一第一方向導引至一或多數流動通道中及/或當朝一第二方向流

動通過該等通道時被流體F冷卻，其中該第一方向可與該第二方向反平行及/或相反。可想到並在以下說明本體110及光單元170之多數示範實施例。

【0124】 如圖13與14所示，本體110可包含：一入口130；一流動通道140；一插座150；及一出口160。以下說明本體110之各元件的例子。本體110可包括多數連接部份，且多數連接部份之全部或至少某些連接部份可由非導熱材料形成。例如，本體110之各連接部份可由包括任何習知PVC材料之抗紫外線及耐熱的一聚合材料形成。如圖14之分解圖及圖15之橫截面圖所示，反應器100可藉由將多數連接部份組裝在一起而製成。

【0125】 入口130可包含：在本體110之一端的一孔道132；及與孔道132相鄰之一接合結構134。如圖13與14所示，孔道132可沿Z軸延伸進入本體110之一端以便由一流體輸入導引流體F至流動通道140。孔道132可與流動通道140及/或該流體輸入之一輸入流動通道同軸。接合結構134可組配成使孔道132與該輸入流動通道連通，藉此容許該流體流入流動通道140。例如，流體F可藉由接合接合結構134及該流體輸入之一對應接合結構而由該輸入流動通道輸入流動通道140。如圖13與14所示，該流體輸入可為該輸入管；且接合結構134可包括一形狀(例如，一多邊形)，且該形狀可收納在該輸入管之一對應形狀(例如，一對應多邊形)之接合結構中。

【0126】 流動通道140可包括導引流體F沿該Z軸通

過本體110之一或多數部份。如圖15所示，流動通道140可包含：一第一部份142，其具有沿該Z軸延伸在入口130與插座150間之一第一橫截面積；及一第二部份144，其具有沿該Z軸延伸在插座150與出口160間之一第二橫截面積。第一部份142之第一橫截面積可與第二部份144之第二橫截面積不同以便界定一空腔152及/或流體動力地改變朝沿該Z軸之一方向移動通過流動通道140之流體F。在圖15中，例如，第一部份142之第一橫截面積為圓形，第二部份144之第二橫截面積為環形，且流動通道140包含延伸在其間之一過渡區域146。如圖所示，過渡區域146可包括一截頭錐形，第二部份142可包括一圓柱形，且兩形狀都可與該Z軸同軸。亦可使用任何適當圓形或非圓形。

【0127】 本體110之該等多數連接部份可界定空腔152且將光單元170可移除地安裝在空腔152中。例如，作為本體110之一部份，插座150亦可包括可組裝在一起及分離之多數連接部份。如圖14與15所示，插座150可包含：一第一端部154；一第二端部156；及一耦合器158。第一與第二端部154與156可與耦合器158接合以便在流動通道140之第二部份144內界定內空腔152；且將光單元170可移除地安裝在空腔152中。例如，第一端部154可包括一第一組螺紋155，第二端部156可包括一第二組螺紋157，且耦合器158可包括可與第一與第二螺紋155與157接合之一第三組螺紋159。可在任何位置使用任何組態之

螺紋。如圖14與15所示，第一組螺紋155可設置在該第一端部154之一外表面上；第二組螺紋157可設置在第二端部156之一外表面上；且第三組螺紋159可設置在耦合器158之一內表面上並可與螺紋155與157接合以組合插座150之該等多數連接部份。

【0128】 插座150之內空腔152可包含一安裝結構180，且該安裝結構180係組配成藉由在空腔152中維持單元170之位置來安裝光單元170。如圖14與16所示，安裝結構180可包括多數托架181，且該等托架181由內空腔152之內表面向外且朝向該Z軸延伸以結合光單元170之外表面。當流體F流動通過流動通道140時，結構180可防止光單元170側向地或軸向地沿該Z軸移動。例如，光單元170可包含定向成與Z軸垂直之一端面；當由流動通道140之第一部份142流入流動通道140之第二部份144時，流體F可施加一移動力至單元170；且安裝結構180可抵抗該等移動力。

【0129】 一或多數感測器151可設置在內空腔152中且組配成測量流體F及/或光單元170之特性。例如，一或多數感測器151可包含一紫外線感測器；且該紫外線感測器可定位成與光單元170之一端相鄰以便測量由單元170發射之消毒輻射的量。可使用任何類型的感測器151。例如，一或多數感測器151可包含以下者之任一組合：一污染感測器；一消毒程度感測器；一流體速度感測器；一溫度感測器；及/或任何其他習知測量技術。感測器121可藉

由包括延伸通過及/或埋在一部份插座150內之任何數目的線112的任何裝置來電氣地供電。

【0130】 如圖15所示，第一端部154之一端面可抵靠第二端部156之一端面使得第一螺紋155沿該Z軸與該第二螺紋157相鄰，形成一排螺紋。在這組態中，耦合器158可相對插座150之第一端部154及第二端部156旋轉使得第三螺紋159可與該排螺紋接合以界定內空腔152、將光單元170及感測器151密封在空腔152中且防止流體F漏出空腔152。例如，螺紋159可與螺紋155與157接合以便朝沿該Z軸之一方向施加維持力而在部份154與156之各端面間形成一密封。可使用黏著劑、膠帶及/或其他密封劑來強化該密封。

【0131】 非常類似入口130，出口160可包含：與流動通道140及/或該流體輸出之一輸出流動通道同軸的一孔道162。接合結構164可使出口160與該輸出流動通道連通。例如，流體F可藉由接合接合結構164及該流體輸出之一對應安裝結構而由內空腔152輸出至該輸出流動通道。如圖13與14所示，該流體輸出可為一管；且接合結構164可包含一形狀(例如，一多邊形)，且該形狀可收容在該管之一對應形狀安裝結構中。

【0132】 如圖16所示，光單元170可包含：一殼體172；一發射器總成174；一或多數透鏡182；及一紫外線透射窗188。如圖16所示，光單元170可為可移除地安裝在插座150之內空腔152內的一獨立裝置。例如，如圖17

所示，空腔152之一或多數內表面可附接在殼體172之一或多數外表面上，因此容許藉由分離插座150之該等多數連接部份而由反應器100獨立地移除及/或更換光單元170。

【0133】 光單元170之殼體172可包含一內腔室173。如圖16所示，內腔室173之內表面可在該等多數透鏡182中之二或二以上透鏡間由該等Z軸向外逐漸縮小。腔室173之內表面可在一或多數透鏡182中之二或二以上透鏡間；及/或在該等透鏡182中之至少一透鏡與發射器總成174間維持一空間配置。例如，一或多數透鏡182可包含與一第二透鏡186分開之一第一透鏡184；且腔室173之內表面可包含用於第一透鏡184之一第一安裝結構185及用於第二透鏡186之一第二安裝結構187。在這例子中，第一安裝結構185可維持第一透鏡184之一位置且第二安裝結構187可維持第二透鏡186之一位置。腔室173之內表面亦可導引該消毒輻射。例如，腔室173之內表面可包含在第一結構185與第二結構187間由該Z軸向外逐漸縮小之一截頭錐形及/或組配成將輻射由透鏡184導引至透鏡186之一反射表面或塗層。

【0134】 如圖16所示，發射器總成174可包含：一發射器175；一印刷電路板或PCB178；及一散熱器179。發射器175可包含依據這揭示之一固態紫外線發射器，包括依據在此提供之任何例子的任何數目之紫外線發光二極體。在圖16中，發射器175包含附接在印刷電路板178上

之一熱產生面176及定向成朝向一或多數透鏡182之一輻射發射面177。印刷電路板178可密封腔室173之一端。例如，如圖16所示，印刷電路板178之一端面可藉由一黏著劑或用於密封腔室173之其他附接裝置而附接在殼體172之一端上。

【0135】 至少一部份印刷電路板178可導熱。例如，印刷電路板178可包括一導熱部份，且發射器175之熱產生面176可附接在該導熱部份上，藉此提供在面176與印刷電路板178間熱傳送之一導引裝置。如圖16所示，散熱器179可由與印刷電路板178之導熱部份熱耦合之一導熱材料(例如金屬)形成。散熱器179可界定組配成用於與流體F接觸的光單元170之一導熱外表面，藉此容許發射器175可與至少印刷電路板178、散熱器179及流體F熱耦合。在這組態中，安裝結構180可防止在散熱器179與本體110間之熱傳送。如圖15所示，安裝結構180之各托架181可由非導熱材料形成且在內空腔152與光單元170之非導熱表面間延伸使得散熱器179與本體110熱絕緣且仍被空腔152中之流體F包圍。

【0136】 一或多數透鏡182可包括沿該等Z軸分開之不同透鏡以改變該消毒輻射。如圖16所示，第一透鏡184可為一聚光透鏡；且一第二透鏡186可為一準直透鏡。聚光透鏡184可與發射器175之熱產生面176相鄰且定位成接收及折射由其發射之一輻射。第二透鏡186可與聚光透鏡分開且定位成接收且進一步折射由面176發射之輻

射。例如，準直透鏡186可具有一焦距F且可相對被聚光透鏡184折射之輻射的一焦點定位在比焦距f小之一距離f'。在這例子中，在準直透鏡186之焦距f與相對被聚光透鏡184折射之輻射焦點之距離f'間的一差距離($\Delta=f-f'$)可在該焦距f之10%至35%的範圍內。

【0137】 如上所述，光單元170可包含定向成與該Z軸垂直之一端面。紫外線透射窗188可界定該端面。例如，窗188可由包括石英等之任何紫外線透射材料形成，該紫外線透射材料係組配成當流體F流動通過流動通道140時抵抗由流體F施加之力。如圖16所示，紫外線透射窗188可界定光單元170之端面且密封腔室173之另一端。例如，窗188可具有一圓柱形且腔室173之內表面可包括組配成可收納窗188之圓柱形的一安裝結構。單元170之端面可由窗188之一面向流體表面界定。此外，亦如圖16所示，例如，窗188可與殼體172之一外邊緣189一起操作以便將流體F由流動通道140之過渡區域146導引至流動通道140之第二部份144中。

【0138】 當反應器100操作時，流體F可：由該輸入源(例如，附接在入口130上之一管)流出；流過入口30之孔道132；且朝沿該Z軸之一方向流入流動通道140之第一部份142，其中流體F在孔道132之流動特性可類似於流體F在第一部份142中之特性。在流動通道140之第一部份142中，流體F可暴露於由發射器總成174及一或多數透鏡182輸出之一消毒輻射劑量。流體F可接著：由第一部份142

流出；流過流動通道140之過渡區域146；且流入通道140之第二部份144，其中流體F在孔道132之流動特性可與流體F在第二部份144中之特性不同。如圖16所示，流體F可被在過渡區域146內之窗188及/或邊緣189導引偏離該Z軸且進入第二部份144。

【0139】 第二部份144可導引流體F環繞光單元170之外表面。例如，上述第二部份144之第二橫截面積可由空腔152之內表面及光單元170之外表面界定以導引流體F環繞光單元170之導熱部份，例如散熱器180及/或印刷電路板178。這組態容許熱由發射器175傳送；由熱產生面176傳送；進入印刷電路板178之導熱部份；進入散熱器180；且最後進入流體F，該流體F可以快到足以散熱且亦未加熱本體110之某些部份的方式流動。流體F可接著沿該Z軸流出出口160且進入該流體出口(例如，附接在出口160之一管)。

【0140】 光單元170可輸出該消毒輻射至流動通道140中及/或流動通過通道140之任何流體F上。例如，該輻射可由發射器175發射且在通過紫外線透射窗189進入通道140前進一步藉由一或多數透鏡182改變。當操作時，來自發射器總成174之熱可：由發射器175排出；到達印刷電路板178之導熱部份；到達散熱器179；且接著到達流體F。因此，因為當該流體F流動通過出口160時由光單元170帶走熱，所以可在操作反應器100時藉由使用流體F之流動來冷卻發射器175。

【0141】 以下參照在圖18中概念地顯示之一紫外線反應器設備200；及在圖20中概念地顯示之一紫外線反應器設備300說明其他實施例。紫外線反應器設備100之各變化例，例如設備200與300，可包括類似於設備100之元件的多數元件，但不論是否顯示這些元件，這些元件均在各200或300系列之數字內。

【0142】 如圖18所示，示範紫外線反應器設備200可包含：一本體210；及安裝在本體210中之多數光單元270。類似上述者，各光單元270可導引一消毒輻射進入延伸通過本體210之一或多數流動通道；且當流體F流過該等通道時被流體F冷卻。可想到本體210及光單元270之多種示範組態。

【0143】 如圖18所示，本體210可包含：一入口230；一流動通道240；一第一插座250A；一第二插座250B；及出口260。反應器200之入口230及出口260可類似於反應器100之入口130及出口160。例如，入口230可類似地包含沿該Z軸延伸進入本體210之一端中以便由一輸入管201導引流體F至流動通道240的一孔道232，及可與輸入管201接合之一接合結構234。而且，出口260可類似地包含沿該Z軸延伸進入本體210之另一端中以便導引流體F進入一輸出管203的一孔道262，及可與輸出管203接合之一接合結構264。如圖18所示，反應器200之實施例可安裝成與輸入管201及輸出管203成一直線及/或配置成與該Z軸同軸。

【0144】 流動通道240可類似於流動通道140。在某些實施例中，流動通道240可類似地包含組配成沿該Z軸導引流體F通過本體110之多數部份。如圖18所示，流動通道240可包含：一第一部份240A，其具有沿該Z軸延伸在入口230與插座250A之間的一第一橫截面積；一第二部份240B，其具有沿該Z軸延伸在插座250B與出口260之間的一第二橫截面積；及一第三部份240C，其具有沿該Z軸延伸在插座250A與插座250B之間的一第三橫截面積。依據這揭示，流動通道240之各部份240A、240B與240C的配置及尺寸可在流體F流動通過通道240時改變該流體F之特性，包括流體F在各部份240A、240B與240C中之滯留時間。

【0145】 反應器200可包含多數光單元270。如圖18所示，一第一光單元270A可移除地安裝在第一插座250A中；且一第二光單元270B可移除地安裝在第二插座250B中。反應器200之光單元270A、270B及插座250A、250B可互相且與反應器100之光單元170及插座150類似或相同。例如，插座250A可為與插座250B相對之一鏡像且該光單元270A可與光單元270B相同，並可互換地安裝在其中一插座250A或250B中，藉此容許流體F沿該Z軸朝任一方向流動。

【0146】 操作時，流體F可：由輸入管201被導引進入口230之孔道232；在流動通道240之第一部份240A中環繞第一光單元270A，用依據在此所述之任一實施例

的流體F冷卻單元270A；進入通道240之第三部份240C，使流體F暴露於來自光單元270A與270B中之一或兩者的消毒輻射；在通道240之第二部份240B中環繞第二插座250B，用依據在此所述之任一實施例的流體F冷卻單元270B；及進入出口260之孔道262以便傳送至輸出管203。例如，該消毒輻射可沿藉該Z軸朝相反方向由第一與第二光單元270A與270B兩者同時地發射進入通道240之部份240C。

【0147】 如圖18所示，來自光單元270A與270B之熱可透過附接在其上之一散熱器279A或279B傳送至流體F。散熱器279A與279B可與本體210熱絕緣。例如，如上所述，光單元270A與270B可藉由延伸在本體210與光單元270A與270B之非導熱部份間的多數安裝結構280而安裝在流動通道240之各部份240A與240B中，藉此防止熱傳送至本體210。若需要額外之冷卻，則本體210可作為另一散熱器使用。例如，該等安裝結構280可導熱且延伸在本體210與單元270A與270B之導熱部份間，藉此允許熱傳送至本體210。

【0148】 此外，亦如圖18所示，一或多數感測器251可設置在流動通道240之各部份240A與240B中且組配成可測量流體F及/或光單元170之特性。例如，一或多數感測器251可類似地包含一紫外線感測器；且該紫外線感測器可定位成與光單元170之一端相鄰以便測量由單元270A及/或270B發射之消毒輻射的量。可使用任一種感

測器251且可藉由任何裝置供電。對反應器200而言，各部份240A與240B中之各感測器251可測量來自光單元270A與270B中之一或兩者之消毒輻射且可與一或多數處理器一起操作以便相應地改變單元270A或270B之效能。

【0149】 如圖20所示，示範紫外線反應器設備300可包含：一本體310；及多數光單元370，其安裝在本體310中。類似於上述者，各光單元370可導引一消毒輻射進入延伸通過本體310之一或多數流動通道；且當流體F流過該等通道時被流體F冷卻。可想到本體310及光單元370之多種示範組態。

【0150】 如圖20所示，本體310可包含：一入口330；一流動通道340；一第一插座350A；一第二插座350B；及出口360。反應器300之入口330、流動通道340及出口360可類似於反應器200之入口230、流動通道240及出口260。例如，流動通道340可類似地包含組配成沿該Z軸導引流體F通過本體110之多數部份。

【0151】 反應器300可包含多數光單元，且各光單元可包含至少一輻射源。如圖20所示，一第一光單元370A可移除地安裝在第一插座350A中；且一第二光單元370B可移除地安裝在第二插座350B中。反應器300之光單元370A、370B及插座350A、350B可不同或類似。例如，插座350A可為與插座350B相對之一鏡像且該光單元370A可與光單元370B不同，並可互換地安裝在其中一插

座350A或350B中，藉此容許流體F沿該Z軸朝任一方向流動。

【0152】 類似於光單元170，第一光單元370A可包含至少一固態輻射源373A。相反地，第二光單元370B可包含收容多數固態輻射源373B之一框架371B。如關於其中一固態輻射源373B之圖20所示，各源373B可包含：一殼體372B；一發射器總成374B；一或多數透鏡382B；及一紫外線透射窗388B。框架371B可與各殼體372B組合在一起或一體成形。例如，各源373B可為類似圖18之源的一獨立裝置。各發射器總成374B可安裝在反應器300之一導熱部份上。例如，類似於上述者，圖20之各發射器總成374B可包含安裝在一共用印刷電路板378B之一導熱部份上的一發射器375B，該共用印刷電路板378B可再附接在類似於反應器100之散熱器180的一散熱器380B上。在另一例子中，各發射器375B可與依據這揭示之自身的透鏡382B及窗388B組一起操作。另外，各發射器375B可包含附接在共用散熱器380上之一單一印刷電路板378B。

【0153】 以下參照一示範消毒方法500說明其他實施例。為了便於說明，方法500之實施例係參照紫外線反應器設備100說明，但亦可參照在此所述之任一設備類似地說明類似實施例。如圖19所示，方法500可包含以下步驟：由入口130導引流體F通過反應器100之流動通道140(一「導引步驟」520)；使流體F暴露於由光單元170射入流動通道140之紫外線輻射，光單元170係安裝在流

動通道140之空腔152中且包括：用於發射紫外線輻射之一固態輻射源，及與該固態輻射源熱耦合之至少一導熱部份(一「暴露步驟」540)；使流體F至少部份地環繞光單元170流動至出口160使得光單元170之該至少一導熱部份與流體F熱耦合(一「分流步驟」560)；及用流體F冷卻光單元170(一「冷卻步驟」580)。以下說明步驟520、540、560、580之示範實施例。

【0154】 導引步驟520可包含用於接受及/或導引流體F之多數中間步驟。如上所述，流動通道140之各部份的配置及尺寸、流動通道140在空腔152中之位置、及安裝結構180及/或托架181之形狀可單獨地或共同地組配成在步驟520時改變流體F。因此，步驟520可更包含使流體F用與由該光單元170發射之紫外線輻射強度正相關的一速度流動。

【0155】 暴露步驟540可包含用於使流體F暴露於該消毒輻射劑量之多數中間步驟。例如，該固態輻射源可包含一固態紫外線發射器(例如，發射器175)，且步驟540可包含使該固態紫外線發射器發射紫外線輻射。步驟540亦可包含透過例如聚光透鏡184及/或準直透鏡186之一或多數透鏡182中的一或多數透鏡輸出輻射。例如，步驟540可包含藉由該一或多數透鏡182使該發射之紫外線輻射折射。在另一例子中，暴露步驟540亦可包含透過紫外線透射窗188輸出紫外線輻射及/或使在該流動通道140中之一位置的一輻射強度與該通道140位置之流體F的一

速度配合。例如，一或多數透鏡182可經組配以使強度與通道140中之速度配合。

【0156】 分流步驟560可包含用於使流體F環繞光單元170流動及/或流出出口160之多數中間步驟。例如，步驟560可包含將光單元170安裝在空腔152中及/或當流體F流過通道140之多數部份時改變流體F之特性，例如速度或溫度。

【0157】 冷卻步驟580可包含用於由光單元170移除熱之多數中間步驟。例如，步驟580可包含透過光單元170之導熱部份將熱由光單元170傳送至流體F。在某些實施例中，步驟580可包含透過延伸在光單元170之導熱部份與本體110之一導熱部份間的一導熱安裝結構(例如，類似於結構180)，將該熱之一部份由光單元170傳送至本體110。

【0158】 方法500亦可包含其他步驟。例如，光單元170可移除地安裝在空腔152中，且方法500可更包含：使該流體F至少部份地環繞該安裝單元170流動；由空腔152移除及更換單元170；及相關中間步驟。

【0159】 依據在此所述之實施例，可使用設備10A、10B、10B'、10C、70A、70B、100、200或300之任何組合；及適合該組合之方法500的任何重複來消毒流體F。某些實施例已參照特定輻射源及流體說明了。例如，該輻射源可包括如一紫外線發光二極體之一固態輻射源且該流體可包括水。如上所述，這些例子係為方便起見而

提供且非意圖限制本揭示。例如，該輻射源亦可包含任何其他紫外線輻射源，例如包含一紫外線透射材料之一光纖電纜，且該紫外線透射材料係組配成可由如紫外線雷射產生器之一來源透射該紫外線輻射。任一種流體可進行類似改變。例如，該消毒輻射可包含適合供一特定流體使用或移除一特定污染物之紫外線及/或非紫外線輻射的任何組合。

【0160】 以下說明多數其他設備及方法實施例。在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如，紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設

置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0161】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可組配成藉由以下一或多數者提供該輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。

【0162】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及設置成接收由該聚光透鏡發射之輻射之一準直透鏡且其中該準直透鏡相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距 f 小的一距離 f' 。

【0163】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中在該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之焦距 f 間的一差距離($\Delta=f-f'$)可在該焦距 f 之10%至35%的範圍內。

【0164】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，

其中該一或多數透鏡可包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡的平面側都面向該紫外線發射器且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡的光軸與該中心通道軸同軸。

【0165】 該紫外線反應器可包含在與該固態紫外線發射器之一側相對的該平凸透鏡一側上的一氣隙及使該氣隙與該流體流動通道中之流體流動分開的一紫外線透射窗。

【0166】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f 小之一距離 f' 。

【0167】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 f 之10%至35%的範圍內。

【0168】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可包含定位成較靠近該紫外線發射器以便由該紫外線發射器接收輻射之一第一透鏡及定位成比較遠離該紫外線發射器以便由該第一透鏡接收輻射之一第二透鏡，且該固態紫外線發射器、該第一透鏡及該第二透鏡之光軸與該中心通道軸同軸。

【0169】 在某些實施例中，該第二透鏡可相對由該第一透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f 小之一

距離 f' 。

【0170】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該第二透鏡相對該第一透鏡之焦點的一間距 f' 可比該第二透鏡之固有焦距 f 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f 之10%至35%的範圍內。

【0171】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該流體流動通道之該內孔可在至少其縱向中心部份中具有圓形橫截面且其中該固態紫外線發射器之主要光軸、該一或多數透鏡之光軸及該中心通道軸係同線。

【0172】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該流體入口可包含：一或多數入口孔，其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接用於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其延伸在該一或多數入口孔與該一或多數連接孔之間；且該流體出口可包含：一或多數出口孔，其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及一或多數出口導管，其延伸在該一或多數出口孔與該一或多數連接孔之間。

【0173】 在某些實施例中，該紫外線反應器可包含一殼體，用於支持該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件使得該固態紫外線發射器之該主要光軸至少與該中心通道

軸大致對齊，該殼體包含一紫外線透射窗，用於使該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件與該流體流動通道中之流體流動分開。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且該流體導管在其一端可包含一橫截面壁，該橫截面壁界定該流體入口之該一或多數入口孔，該一或多數入口孔係居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【0174】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且該流體導管在其一端可包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體入口，該流體入口之該一或多數入口孔係居中地設置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【0175】 在某些實施例中，該一或多數入口孔係居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。例如，該一或多數入口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該一或多數入口孔係相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。

【0176】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，

其中該流體出口之一出口孔可由該外導管界定壁與該殼體之一組合界定使得該出口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置。例如，該流體出口可被該外導管界定壁與該殼體之一組合，使得該流體出口之一出口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置。

【0177】 在某些實施例中，該流體出口之該出口孔可設置成如該流體流動通道之內孔允許地遠離該中心通道軸；該殼體可被一或多數托架支持，該一或多數托架由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體；及/或該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該出口導管。在某些實施例中，該流體出口之該出口導管可在該出口孔與該一或多數連接孔間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面係由該外導管界定壁及該殼體界定。

【0178】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：對設置成比較靠近該一或多數入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且對設置成比較靠近該出口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。例如，比較遠離該中心通道軸之該至少某些位置可包含直接在該出口孔之上游或鄰近該出口孔之位置。

【0179】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該流體出口之流體出口導管可部份地由該殼體界定

或與該殼體熱接觸，且其中該殼體再與該固態紫外線發射器直接或間接熱接觸(例如透過安裝該固態紫外線發射器之一印刷電路板)以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。例如，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。

【0180】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定用於該流體出口之該一或多數出口孔，該一或多數出口孔居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【0181】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體出口，該流體出口之該一或多數出口孔居中地設置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。例如，該一或多數出口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通

道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【0182】 在另一例子中，該一或多數出口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該一或多數入口孔相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱；該流體入口之一入口孔可由該外導管界定壁與該殼體之一組合界定使得該入口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置；該流體入口可被該外導管界定壁與該殼體之一組合支持，使得該流體入口之一入口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置；該流體入口之該入口孔可設置成如該流體流動通道之內孔允許地遠離該中心通道軸；該殼體可被一或多數托架支持，該一或多數托架由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體；及/或該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該入口導管。

【0183】 在某些實施例中，該流體入口之入口導管可在該入口孔與該一或多數連接孔間之多數位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面係由該外導管界定壁及該殼體界定。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：對設置成比較靠近該一或多數出口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且對設置成比較靠近該入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之某些位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0184】 在某些實施例中，比較遠離該中心通道軸之至少某些位置可包含直接在該入口孔之下游或鄰近該入口孔的多數位置。例如，該流體入口之流體入口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸(例如透過安裝該固態紫外線發射器之一印刷電路板)且其中該殼體再與該固態紫外線發射器熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。

【0185】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其可包含設置在該流體流動通道中之一或多數調流器，該一或多數調流器係成形及/或設置成用於改變與該一或多數調流器相鄰之流體流動通道之區域中的流體流動的局部速度特性。例如，該一或多數調流器可包含：一環或擋板，其由該流體流動通道之該內孔延伸；一環或擋板，其直接設置在一入口孔之下游；一環或擋板，其設置在該流體出口之一出口導管中；及/或一環或擋板，其設置在該流體入口之一入口導管中。在某些實施例中，該一或多數調流器可包含一或多數三角翼形混合器及一扭帶形混合器以便在該流體流動中產生多數渦流。

【0186】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其包含：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固

態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡，該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中，用以由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡係組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設置成比較靠近該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。例如，該固態紫外線發射器之主要光軸、該第二固態紫外線發射器之主要光軸、該一或多數透鏡之光軸、該一或多數第二透鏡之光軸及該中心通道軸可同軸。

【0187】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法可包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多

數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之內孔內提供一輻射通量率分布曲線；其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0188】 在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該紫外線反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器

(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多數第一透鏡係定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；其中該一或多數第二透鏡係定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射

器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。例如，該流體出口之出口導管及該流體入口之入口導管的橫截面可為環形。

【0189】 在某些實施例中，該流體入口之入口孔及該流體出口之出口孔可設置成朝向該流體導管之一橫交橫截面邊緣；且對設置成比較靠近該流體入口且比較靠近該流體出口之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之某些位置(例如直接在該出口孔之上游或鄰近該出口孔之位置且直接在該入口孔之下游或鄰近該入口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對該流體流動通道之內孔的縱向中心橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0190】 在某些實施例中，該一或多數第一透鏡、該一或多數第二透鏡及該流體流動通道之一縱向尺寸可組配成使得：對設置成比較靠近該第一紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言且對設置成比較靠近該第二紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對該流體流動通道之該內孔的縱向中心橫截面而言，該輻射通

量率分布曲線可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0191】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法可包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射通過該一或多數第一透鏡且因此使該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射通過該一或多數第二透鏡且因此使該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同

的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0192】 在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該紫外線反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一幅射路徑中，用於由該固態紫外線發射器

導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一幅射通量率分布曲線；且其中該一或多數透鏡包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0193】 在某些實施例中，該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f 小之一距離 f' 。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 f 之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其可包含：一第二固態紫外線發射器，其具有可定向成與該固態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡，該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡可包含定位成由該第二紫外線發射器接收輻射之一第二半球透鏡及定位成由該第二半球透鏡接收輻射之一第

二平凸透鏡，且該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側都面向該第二紫外線發射器並且該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。例如，該第二平凸透鏡可相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' ；且該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的一第二間距 f_2' 可比該第二平凸透鏡之固有焦距 f_2 小一第二差距離 Δ_2 且該第二差距離 Δ_2 係在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。

【0194】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫

外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一幅射通量率分布曲線；其中該一或多數透鏡包含一半球透鏡及一平凸透鏡且該方法包含以下步驟：將該半球透鏡定位成由該紫外線發射器接收輻射；將該平凸透鏡定位成由該半球透鏡接收輻射；將該半球透鏡及平凸透鏡之平面側定向成都面向該紫外線發射器；及使該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡對齊以使其光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0195】 例如，定位該平凸透鏡可包含將該平凸透鏡相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f 小之一距離 f' 。在某些實施例中，該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 f 之10%至35%的範圍內。

【0196】 在某些實施例中，該方法可包含以下步驟：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過該一或多數第二透鏡由該第二固態紫外線發射器導引第二輻射且藉此使該第二輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上並因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡包含一第二半球透鏡

及一第二平凸透鏡且該方法包含以下步驟：將該第二半球透鏡定位成由該第二紫外線發射器接收第二輻射；將該第二平凸透鏡定位成由該第二半球透鏡接收第二輻射；將該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側定向成面向該第二紫外線發射器；及使該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡對齊以使其光軸與該中心通道軸同軸。

【0197】 例如，定位該第二平凸透鏡可包含將該第二平凸透鏡相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' 。在某些實施例中，該方法可包含該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的一第二間距 f_2' ，其可比該第二平凸透鏡之固有焦距 f_2 小一第二差距離 Δ_2 且該第二差距離 Δ_2 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。

【0198】 在某些實施例中，提供一種使用該紫外線反應器之方法，其包含將該紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動導管中，其中將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動導管可包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向大致互相對齊；連接該紫外線反應器之流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端；其中連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管

之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端共同地包含使該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0199】 雖然藉由特定形貌體及流體流動通道組態或透鏡組態等提出在此說明之實施例，但應了解的是在此所述之形貌體及組態的任何其他適當組合可存在一紫外線發光二極體反應器中及/或其使用與製造方法中。雖然已說明多數示範實施例，但所屬技術領域中具有通常知識者可知道其某些修改、置換、添加及子組合。因此意圖是以下附加申請專利範圍及後來加入之申請專利範圍的範圍不應受限於在該等例子中提出之實施例，而是應給予與全體說明一致之最廣義解釋。

【符號說明】

【0200】

10A-D, 10B', 50A-D, 70A, 70A', 70B, 70B'... 反應器

12... 流體導管

13... 外導管界定壁

14... (固態)紫外線發射器

14A... 電路板

16... 輻射聚焦元件

16A... (聚焦)透鏡

17... 半球透鏡

17A, 19A... 平面側

18, 18', 18'', 18''', 60, 60', 60'', 60''', 80, 80'... 流體

入口

18A, 60, 60A, 60A', 60A'', 60A''', 80A, 80A'... 入口孔

18B, 20B, 20B', 20B''', 60B, 80B... 連接孔

18C, 60C, 80C... 入口導管

19... 平凸透鏡

20, 20', 20'', 20''', 58, 58', 58'', 58'''... 流體出口

20A, 20A', 20A'', 20A''', 58A... 出口孔

20C, 20C'', 20C'''... 出口導管

21... 氣隙

22... 流體流動通道

22A... 內孔

22B... 縱向中心部份

23... 焦點

24... 縱向；縱向流動方向

26... 輻射

28... 內孔界定壁

30... 中心通道軸

32, 82, 172, 372B... 殼體

32A... 紫外線透射窗(組件)

34... 出口端

36... 橫截面壁

38... 入口端

40, 181... 托架

64... 縱向流動方向；流體流動方向

74... 第二(固態)紫外線發射器
 76... 第二輻射聚焦元件
 76A... 第二透鏡
 91, 93, 95, 97... 調流器
 100, 200, 300... 反應器；紫外線反應器設備
 110, 210, 310... 本體
 112... 線
 130, 230, 330... 入口
 132, 162, 232, 262... 孔道
 134, 164, 234, 264... 接合結構
 140, 240, 340... 流動通道
 142, 240A... 第一部份
 144, 240B... 第二部份
 146... 過渡區域
 150... 插座
 151, 251... 感測器
 152... (內)空腔
 154... 第一端部
 155... 第一(組)螺紋
 156... 第二端部
 157... 第二(組)螺紋
 158... 耦合器
 159... 第三(組)螺紋
 160, 260, 360... 出口

170, 270, 370... 光單元
173...(內)腔室
174, 374B... 發射器總成
175, 375B... 發射器
176... 熱產生面
177... 輻射發射面
178, 378B... 印刷電路板(PCB)
179, 279A, 279B, 380B... 散熱器
180, 280... 安裝結構
182, 382B... 透鏡
184... 第一透鏡(聚光透鏡)
185... 第一安裝結構
186... 第二透鏡(準直透鏡)
187... 第二安裝結構
188, 388B... 紫外線透射窗
189... 外邊緣
201... 輸入管
203... 輸出管
240C... 第三部份
250A, 350A... 第一插座
250B, 350B... 第二插座
270A, 370A... 第一光單元
270B, 370B... 第二光單元
371B... 框架

373A, 373B ... 固態輻射源

500 ... 方法

520 ... 導引步驟

540 ... 暴露步驟

560 ... 分流步驟

580 ... 冷卻步驟

f' ... 距離(間距)

f_2' ... 第二距離(間距)

f_1, f_2 ... 焦距

F ... 流體

Δ ... 差距離

Δ_2 ... 第二差距離



201908902

【發明摘要】**【中文發明名稱】**

具有受控輻射及流體動力之紫外線發光二極體光反應器及其製造與使用方法

【英文發明名稱】

UV-LED PHOTOREACTORS WITH CONTROLLED RADIATION AND
HYDRODYNAMICS AND METHODS FOR FABRICATION AND USE OF
SAME

【中文】

在此所述之一態樣係一流體處理設備。該設備可包含：一本體，其沿著一流路延伸在一第一端及沿著該流路與該第一端相對之一第二端間，該第一端包含沿著該流路之一入口，該第二端包含沿著該流路之一出口；一流動通道，其在該本體內沿著該流路延伸以將一流體由該入口導引至該出口；及一固態輻射源，其可安裝在該流動通道之一空腔中以便將輻射沿著該流路射入該流動通道，該固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該流體接觸。在此亦揭露相關設備、裝置及方法。

【英文】

One aspect described herein is a fluid treatment apparatus. The apparatus may comprise a body extending along a flow path between a first end and a second end opposite of the first end along the flow path, the first end comprising an inlet along the flow path, the second end comprising an outlet along the flow path; a flow channel extending inside the body along the flow path to direct a fluid from the inlet to the outlet; and a solid-state radiation source mountable in a cavity of the flow channel to emit radiation into the flow channel along the flow path, the solid-state radiation source comprising a thermally conductive portion positioned to be contacted by the fluid when the fluid is flowing from the inlet to the outlet and the solid-state radiation source is mounted in the cavity. Related apparatus, devices, and methods also are described.

【指定代表圖】 圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

10A...反應器
12...流體導管
13...外導管界定壁
14...(固態)紫外線發射器
16...輻射聚焦元件
16A...(聚焦)透鏡
18...流體入口
18A...入口孔
18B, 20B...連接孔
18C...入口導管
20...流體出口
20A...出口孔
20C...出口導管
22...流體流動通道
22A...內孔
22B...縱向中心部份
24...縱向；縱向流動方向
26...輻射
28...內孔界定壁
30...中心通道軸
32...殼體
32A...紫外線透射窗(組件)
34...出口端
36...橫截面壁
38...入口端
40...托架

【特徵化學式】

(無)

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種設備，其包含：

一本體，其沿著一流路延伸在一第一端及沿著該流路與該第一端相對之一第二端間，該第一端包含沿著該流路之一入口，該第二端包含沿著該流路之一出口；

一流動通道，其在該本體內沿著該流路延伸以將一流體由該入口導引至該出口；及

一固態輻射源，其可安裝在該流動通道之一空腔中以便將輻射沿著該流路射入該流動通道，該固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該流體接觸。

【第2項】 如請求項1之設備，其中該固態輻射源係一固態紫外線發射器。

【第3項】 如請求項1或2之設備，更包含一或多數透鏡，該一或多數透鏡可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射。

【第4項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡係組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使在該流動通道中之一位置的輻射強度與在該流動通道中之該位置的流體速度相關。

【第5項】 如請求項1至4中任一項之設備，其中該空腔係由該流動通道之多數內表面界定，且該流動通道之該等內表面係組配成使該流體環繞該固態輻射源流動且當該

流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該固態輻射源之導熱部份接觸。

【第6項】 如請求項5之設備，其中該空腔之該等內表面可與該固態輻射源之多數外表面接合以便在該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，維持該固態輻射源相對該流動通道之一位置。

【第7項】 如請求項6之設備，更包含一安裝結構，該安裝結構延伸在該空腔之該等內表面與該光單元之該等外表面間以維持該固態輻射源之該位置。

【第8項】 如請求項1至7中任一項之設備，其中當該固態輻射源定位在該空腔中時，該光單元之該導熱部份與該空腔之該等內表面分開。

【第9項】 如請求項1至8中任一項之設備，其中該光單元可移除地安裝在該空腔中。

【第10項】 如請求項9之設備，其中當該固態輻射源可移除地安裝在該第二端部中時，該固態輻射源之該導熱部份與該空腔之多數內表面分開。

【第11項】 如請求項1至10中任一項之設備，其中該入口及該出口可安裝成與一管成一直線。

【第12項】 如請求項1至11中任一項之設備，其中該空腔係一第一空腔，該固態輻射源係一第一固態輻射源，該輻射係一第一輻射，該流動通道界定一第二空腔，且該設備更包含：

一第二固態輻射源，其可安裝在該第二空腔中以便沿

著該流路將一第二輻射射入該流動通道，該第二固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該第二固態輻射源安裝在該第二空腔中時與該流體接觸。

【第13項】 如請求項12之設備，其中，當該第一固態輻射源安裝在該第一空腔中且該第二固態輻射源定位在該第二空腔中時：

該第一固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第一方向發射該第一輻射，

該第二固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第二方向發射該第二輻射，且

該第一方向與該第二方向不同。

【第14項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡包含：

一聚光透鏡，其定位成由該固態輻射源接收輻射；及

一準直透鏡，其設置成接收被該聚光透鏡折射之輻射，該準直透鏡係相對被該聚光透鏡折射之該輻射的一焦點定位在比其焦距小之一距離。

【第15項】 如請求項14之設備，其中該聚光透鏡與該固態輻射源整合在一起。

【第16項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡包含具有至少一部份凸面之一透鏡、一平凸透鏡及一菲涅耳(Fresnel)透鏡中之一或多數透鏡。

【第17項】 如請求項1至16中任一項之設備，其中該

固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份共用於該等多數固態輻射源。

【第18項】 一種自給式光單元，其包含：

一殼體，其包含一空腔；

一印刷電路板，其在該空腔之一第一端附接在該殼體之一第一端；

一固態輻射源，其在該空腔之該第一端且附接在該印刷電路板上並與該印刷電路板之一導熱部份熱耦合；

一第一透鏡，其在該空腔中且定位成與該固態輻射源相鄰以折射由該固態輻射源發射之輻射；

一第二透鏡，其在該空腔中且與該第一透鏡分開並定位成折射由該固態輻射源發射且被該第一透鏡折射之輻射；及

一紫外線透射組件，其在該空腔之一第二端附接在該殼體之一第二端。

【第19項】 如請求項18之光單元，其中該光單元可移除地安裝在一流體導管之一空腔中使得該流體導管中流動之流體環繞該單元流動。

【第20項】 如請求項18之光單元，其中該固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份共用於該等多數固態輻射源。

【第21項】 一種紫外線(UV)反應器，其包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及

一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

其中該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此該流體流動通道之一內孔內提供一幅射通量率分布曲線；且

其中該一或多數透鏡係組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：

對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且

在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第22項】 如請求項21或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡係組配成藉由以下一或多數者提供該輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。

【第23項】 如請求項21至22中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及設置成由該聚光透鏡接收輻射之一準直透鏡且其中該準直透鏡係相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距 F 小的一距離 f' 。

【第24項】 如請求項23或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之該焦距 F 間的一差距離($\Delta=f'$)係在該焦距 F 之10%至35%的範圍內。

【第25項】 如請求項21至4中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡或一菲涅耳(Fresno)透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡或該菲涅耳透鏡的光軸與該中心通道軸同軸。

【第26項】 如請求項25或在此任一其他項之紫外線

反應器，更包含：一氣隙，其在該平凸透鏡與該固態紫外線發射器之一側相對的一側上；及一紫外線透射窗，其使該氣隙與該流體流動通道中之該流體流動分開。

【第27項】 如請求項25至26中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該平凸透鏡係相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。

【第28項】 如請求項27或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之該焦點的一間距 f' 比該平凸透鏡之該固有焦距 F 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之該焦距 F 之10%至35%的範圍內。

【第29項】 如請求項21至28中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含：一第一透鏡，其定位成比較靠近該紫外線發射器以便由該紫外線發射器接收輻射；及一第二透鏡，其定位成比較遠離該紫外線發射器以便由該第一透鏡接收輻射，且該固態紫外線發射器、該第一透鏡及該第二透鏡之光軸與該中心通道軸同軸。

【第30項】 如請求項29或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該第二透鏡係相對由該第一透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。

【第31項】 如請求項21至30中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該流體入口包含：一或多數入口孔，該流體入口透過

該一或多數入口孔通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接用於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其可延伸在該一或多數入口孔與該一或多數連接孔之間；且

該流體出口可包含：

一或多數出口孔，該流體出口透過該一或多數出口孔通入該流體流動通道之該內孔；

一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及

一或多數出口導管，其延伸在該一或多數出口孔與該一或多數連接孔之間。

【第32項】 如請求項31或在此任一其他項之紫外線反應器，更包含一殼體，用於支持該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件使得該固態紫外線發射器之該主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊，該殼體包含一紫外線透射窗，用於使該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件與該流體流動通道中之流體流動分開。

【第33項】 如請求項32或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器係設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定該流體入口之該一或多數入口孔，該一或多數入口孔係居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【第34項】 如請求項33或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

對設置成比較靠近該一或多數入口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且

對設置成比較靠近該一或多數出口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之至少某些位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【第35項】 如請求項33或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該流體出口之該流體出口導管係部份地由該殼體界定或與該殼體熱接觸，且其中該殼體再與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過安裝該固態紫外線發射器之一印刷電路板)熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。

【第36項】 如請求項33或在此任一其他項之紫外線反應器，其中安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。

【第37項】 如請求項32或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之該主要光軸係定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定用於該流體出口之該一或多數出口孔，該一或多數出口孔居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【第38項】 如請求項32或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之該主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體出口，該流體出口之該一或多數出口孔居中地設置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【第39項】 一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該紫外線反應器包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；

一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；

一第二固態紫外線發射器；及

一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；

其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數第一透鏡係定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

其中該一或多數第二透鏡係定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道

軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及

一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【第40項】 如請求項39或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該流體出口之該出口導管及該流體入口之該入口導管的橫截面係環形。

【第41項】 一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該反應器包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及

一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數透鏡定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且

其中該一或多數透鏡包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【第42項】 如請求項41或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該平凸透鏡係相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。

【第43項】 如請求項41或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 比該平凸透鏡之固有焦距 F 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 F 之10%至35%的範圍內。

【第44項】 如請求項21至43中任一項之紫外線反應器，更包含設置在該流體流動通道中之一或多數調流器，該一或多數調流器係成形及/或設置成用於改變與該一或多數調流器相鄰之該流體流動通道之多數區域中的該流

體流動的局部速度特性。

【第45項】 如請求項21至44中任一項之紫外線反應器，其中該一或多數第一透鏡、該一或多數第二透鏡及該流體流動通道之一縱向尺寸係組配成使得：

對設置成比較靠近該第一紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言且對設置成比較靠近該第二紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對該流體流動通道之該內孔的縱向中心橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第46項】 一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體，該方法包含以下步驟：

提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口

相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一幅射通量率分布曲線；

其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：

對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第47項】 一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體，該方法包含以下步驟：

提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發

光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；

透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射通過該一或多數第一透鏡且因此使該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射通過該一或多數第二透鏡且因此使該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及

將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有受控輻射及流體動力之紫外線發光二極體光反應器及其製造與使用方法

【英文發明名稱】

UV-LED PHOTOREACTORS WITH
CONTROLLED RADIATION AND
HYDRODYNAMICS AND METHODS FOR
FABRICATION AND USE OF SAME

【技術領域】

【0001】 本發明係有關於紫外線(UV)光反應器，且更特別地有關於與一或多數紫外線發光二極體(UV-LED)一起操作之一紫外線反應器。特定實施例提供用於增加傳送至移動通過紫外線發光二極體光反應器之流體的劑量均一性。

【先前技術】

【0002】 紫外線(UV)反應器，即供給紫外線輻射之反應器，應用於許多光反應、光觸媒反應及光起始反應。紫外線反應器之一應用係用於水及空氣淨化。詳而言之，近年來紫外線反應器已成為用於水處理之最有希望技術之一。習知紫外線反應器系統通常使用低及中壓水銀燈來產生紫外線輻射。

【0003】 發光二極體(LED)通常發射窄頻帶之輻射使得由發光二極體發射之輻射可(對許多應用而言)被視為單色(即具有單一波長)。由於最近發光二極體技術之進

步，發光二極體可設計成產生不同波長之紫外線輻射，且該等波長包括用於DNA吸收之波長及可用於光觸媒活化之波長。

【0004】 紫外線發光二極體反應器通常可用於照射流體，且具有如水消毒之多種應用。但是，在一典型紫外線發光二極體反應器中，該輻射功率分布有相當大之變化，因此產生在某些情形中相當明顯的不均一輻射通量率分布。通量率(W/m^2)係由全部方向通過一無限小球之橫截面積 dA 的輻射通量(率)除 dA 。此外，該流體速度分布通常有變化，因此當該流體移動通過該反應器時產生流體之滯留時間分布。通量率分布及速度分布之這兩種現象中之任一現象或這兩種現象之一組合會在流體元件通過該反應器時導致一相當大範圍之傳送至流體元件的紫外線劑量分布。紫外線通量率分布及速度分布(該速度分布係與滯留時間分布相關)會使該流體之一部份通過一紫外線反應器且未接受足夠紫外線劑量(紫外線通量率與滯留時間之一乘積)，這在紫外線反應器之領域中是一習知問題且可被稱為「短路」。短路會對一紫外線反應器之效能產生明顯不利之衝擊。

【0005】 當流體通過一紫外線反應器時通常需要增加傳送至流體之劑量均一性。

【0006】 該相關技術之前述例子及與其相關之限制應是說明用且非排他用。所屬技術領域中具有通常知識者在閱讀說明書及研究圖式後可了解相關技術之其他限制。

【發明內容】

【0007】 以下態樣係配合系統、工具及方法說明及顯示且應是舉例及說明用而非限制範圍用。在某些態樣中，已減少或消除一或多數上述問題，而其他樣態係有關於其他改良。

【0008】 本發明之一態樣提供具有控制流體及光環境兩者之一紫外線發光二極體反應器。該紫外線發光二極體反應器可有利地在一小覆蓋區提供具有高度均一性之輻射劑量(相對於習知紫外線反應器)至一流體流且可有利地提供比至少某些習知反應器更有效率且緊緻之紫外線發光二極體反應器。該紫外線發光二極體反應器可加入用於包括例如以紫外線為主之水處理等(如以下更詳細所述者)之各種紫外線光反應應用的多數裝置。

【0009】 本揭示之一態樣提供一種紫外線(UV)反應器，其包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道。該流體流動通道可朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔。該流體流動通道可具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數透鏡可定位在由該固態紫外線發射器

發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一輻射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中當該固態紫外線發射器發射輻射時，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸(即該流體流動通道之該內孔的一中心軸或該流體流動通道之該內孔的至少該縱向中心部份)之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0010】 這揭示之另一態樣係一種紫外線(UV)反應器，其包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；其中該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔；其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射

的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且其中該固態紫外線發射器在該紫外線發射器之該輻射路徑中具有一中心光軸，該中心光軸朝該縱向由該固態紫外線發射器之發射區域的形心延伸通過一或多數光透鏡之形心，且當該固態紫外線發射器發射輻射時：對比較靠近該固態紫外線發射器之該固態紫外線發射器的輻射路徑中的位置而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心光軸之位置比較高且在比較靠近該中心光軸之位置比較低；且對比較遠離該固態紫外線發射器之該固態紫外線發射器的輻射路徑中的位置而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心光軸之位置比較低且在比較靠近該中心光軸之位置比較高。

【0011】 該固態紫外線發射器可包含多數固態發射器。該一或多數透鏡可組配成藉由以下一或多數者提供具有這些特性之輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀(例如該等透鏡之厚度及該等透鏡表面之曲率)；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含光學地靠近該紫外線發射器之一聚光透鏡及在遠離該聚光透鏡某一適當距離之一準直透鏡。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及一準直透鏡，其中該準直透鏡可相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距小(例如一差

距離 Δ)的一距離。在某些態樣中，該(等)透鏡可包含由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且兩透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且兩透鏡之光軸都與該中心通道軸同軸。在某些態樣中，在該平凸透鏡與該流體流動通道之該內孔中的該流體間有一氣隙。在某些態樣中，在該平凸透鏡與該流體流動通道之該內孔中的該流體間有一氣隙及一紫外線透射(例如石英)窗。

【0012】 在某些態樣中，該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的間距(f')可比該平凸透鏡之固有焦距(f_1)小一差距離(Δ)。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距(f_1)之15%至30%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距(f_1)之20%至30%的範圍內。該(等)透鏡可包含雙凸、雙凹、平凸、平凹、凹凸或半球透鏡之任何適當組合。該等透鏡可包含一第一透鏡(設置成較靠近該紫外線發射器)及一第二透鏡(設置成比較遠離該紫外線發射器)。由該第一透鏡發射之輻射可具有一焦點且該第二透鏡可具有一固有焦距(f_1)，但該第二透鏡可未相對該第一透鏡之焦點設置在一距離(f_1)。相反地，該第二透鏡可相對該第一透鏡之焦點設置在一距離(f')，其中 f' 比 f_1 小一差距離 Δ 。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該

第二透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之15%至30%的範圍內。在某些態樣中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之20%至30%的範圍內。

【0013】 該內孔界定壁可成形以界定該流體流動通道之內孔而在該流體流動通道之至少一縱向中心部份上具有一圓柱形，該縱向中心部份與該流體入口及該流體出口分開。該圓柱形可包含具有圓形橫截面之一筒體或具有某種其他(例如矩形或某種其他多邊形)橫截面之一筒體。該固態紫外線發射器之主要光軸(例如，該發光二極體之主要光軸)、該一或多數透鏡之光軸及該中心通道軸可同線或同軸。該流體入口可包含：一或多數入口孔，其中該流體入口通入該流體流動通道；一或多數連接孔，紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其可延伸在該等入口孔與該等連接孔之間。類似地，流體出口可包含：一或多數出口孔，其中該流體出口通入該流體流動通道；一或多數連接孔，紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及一或多數出口導管，其可延伸在該等出口孔與該等連接孔之間。

【0014】 該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件可收容在一適當殼體中以使該等電子設備及光學件與該流體流分開，且該適當殼體可包含例如一石英窗之一紫外線

透射組件。

【0015】 在某些態樣中，該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠該流體入口，且該固態發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行。該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁可界定該流體入口之一入口孔(其中該流體入口通入該流體流動通道)或可支持該流體入口。該入口孔及/或該流體入口可居中地設置在該橫截面壁中。該中心通道軸可突穿過該入口孔及/或該流體入口。該入口孔及/或該流體入口之一橫截面可相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。由於該入口孔及/或該流體入口具有這些性質，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器或比較靠近該入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該固態紫外線發射器可被支持在該殼體中使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。在某些態樣中，該殼體本身可被支持(例如，被一或多數托架支持)使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。該一或多數托架可由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體。該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該(等)出口導管。該流體出口之一出口孔可由該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合界定或該流體出口可被該外導管界定壁(可能包括該內孔

界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合支持。在某些態樣中,該流體出口之該出口導管可在該(等)出口孔與該(等)連接孔間之多數位置具有大致環形橫截面,其中這些橫截面可由該外導管界定壁及該殼體界定(這環形被該一或多數托架中斷之區域除外)。這(該出口導管之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態,該(等)出口孔可設置在與該中心通道軸橫向地分開(例如該流體流動通道之內孔或該流體導管大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此,由於該出口孔及/或流體出口具有這些性質,對設置成比較靠近該固態紫外線發射器或比較靠近該(等)出口孔之流體流動通道的內孔橫截面而言,該流體速度在比較遠離該中心通道軸之至少某些位置(例如直接在該(等)出口孔之上游或鄰近該(等)出口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0016】 在某些態樣中,該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口,且該固態發射器係定向成與該縱向流體流動方向大致平行。該流體導管可在其一端包含一橫截面壁,該橫截面壁可界定該流體入口之一出口孔(其中該流體出口通入該流體流動通道)或可支持該流體出口。該出口孔及/或該流體出口可居中地設置在該橫截面壁中。該中心通道軸可突穿過該出口孔及/或該流體出口。該出口孔及/或該流體出口之一橫截面可相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。由於該出口孔及/或該流體出口具有這些性質,對設置成比較靠

近設置成比較靠近該出口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該固態紫外線發射器可被支持在該殼體中使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。在某些態樣中，該殼體本身可被支持(例如，被一或多數托架40支持)使得該固態紫外線發射器之主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊。該一或多數托架可由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體。該一或多數托架可延伸通過該流體入口之該(等)入口導管。該流體入口之一入口孔可由該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合界定或該流體入口可被該外導管界定壁(可能包括該內孔界定壁)、該殼體及/或該一或多數托架(當存在時)之一組合支持。在某些態樣中，該流體入口之該入口導管可在該(等)入口孔與該(等)連接孔間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面可由該外導管界定壁及該殼體界定(這環形被該一或多數托架中斷之區域除外)。這(該入口導管之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態，該(等)入口孔可設置在與該中心通道軸橫向地分開(例如該流體流動通道之內孔或該流體導管大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此，由於該入口孔及/或流體入口具有這些性質，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器或比較靠近該(等)入口孔之流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離

該中心通道軸之至少某些位置(例如直接在該(等)入口孔之下游或鄰近該(等)入口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0017】 該紫外線反應器可包含可設置在該流體流動通道中之一或多數調流器(例如靜態混合器或其他種類之調流器)。該調流器可設置成比較靠近該流體入口且可成形為使用該流體流動之動量來導引該流體流動。在某些態樣中，一平坦或彎曲形狀之擋板或環可定位在流向低輻射通量率區域之流體部份的路徑中以重新導向該流體流動之至少一部份的流動路線或減少朝向低輻射通量率區域之方向的流動速度。該等調流器因此可在該流體流動通道之一部份上在具有比較低輻射通量率之流體流動通道的區域中產生比較低流體速度及/或在具有比較低及比較高輻射通量率之流體流動通道的區域間產生流動混合。當該入口孔及/或該流體入口居中地設置在該橫截面壁中時，該一或多數調流器可設置在具有一流體流動擴展(例如由具有比該縱向中心部份之橫截面小之一橫截面的該入口)之該流體流動通道的一區域中且可使用該流動動量，且該流動動量係由在該入口或靠近該入口之流體流動通道之區域的比較高速度產生。在這些區域中，一平坦或彎曲形狀擋板或環可定位在流向低輻射通量率區域之流體部份的路徑中以重新導向該流體流動之至少一部份的該流動路線或減少朝向低輻射通量率區域之方向的流動速度。該等調流器因此可在該流體流動通道之一部份上在具有比較低輻射通量率之

流體流動通道的區域中產生比較低流體速度及/或在具有比較低及比較高輻射通量率之流體流動通道的區域間產生流動混合。形式為一靜態混合器之一調流器可在該流體流動中形成一渦流或多數渦流。例如，藉由將一三角翼形混合器及/或一扭帶形混合器定位在該流體流動之路徑中，可在流體流動通道中產生多數反轉渦流。

【0018】 該等調流器可包含一或多數靜態混合器，而該一或多數靜態混合器包含數個相鄰之三角翼形混合器及/或扭帶形混合器的一組合。該等三角翼形混合器及/或扭帶形混合器可在某些部份；例如，在底邊或頂點互相連接。在該流體流動通道之一部份上產生一渦流或多數渦流，特別是多數反轉渦流可提供該流體流動之混合且可使該流體之相同部份在較高及較低輻射通量率之區域中移動。在某些態樣中，可使用一或多數調流器以防止該流體用高速度在具有低通量率之流體流動通道的區域中流動或將該流動由這些具有低通量率之流體流動通道的區域重新導向至具有較高通量率之流體流動通道的區域。例如，若在靠近該內孔界定壁的該流體流動通道之某些區域中的通量率低，則可設置由該內孔界定壁朝向該中心通道軸突出之一環以將該流體重新導向該中心通道軸以促進混合。在某些態樣中，一或多數調流器可放在具有低輻射通量率之流體流動通道的區域，例如，在該導管12之某些部份且靠近該導管界定壁(例如靠近該內孔界定壁)，或在該流體入口中。將調流器(例如靜態混合器)組配在具有低通量率之流

體流動通道的區域中可減少該調流器對阻擋紫外線輻射之影響。在某些態樣中，調流器可由紫外線反射材料製成。在某些態樣中，調流器可由紫外線透射材料製成。

【0019】 該紫外線反應器可包含一第二固態紫外線發射器；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡。該一或多數第二透鏡可定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線。該一或多數第二透鏡可組配成提供該第二輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言(例如對一第一第二橫截面而言)，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低，且其中對設置成比較遠離該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言(例如對設置成比該第一第二橫截面遠離該第二固態紫外線發射器的一第二第二橫截面而言)，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。該第二固態紫外線發射器之一主要光軸可與該(第一)固態紫外線發射器之主要光軸反平行。該(第一)固態紫外線發射器之主要光軸(例如該第一發光二極體之主要光軸)、該第二固態紫外線發射器之主要光軸(例如該第二發光二極體之主要光軸)、該一

或多數透鏡之光軸、該一或多數第二透鏡之光軸及該流體流動通道之至少該縱向中心部份的一中心軸可同線或同軸。該第二固態紫外線發射器、該第二輻射聚焦元件及該一或多數第二透鏡可包含該固態發射器、該輻射聚焦元件及該一或多數透鏡之任一形貌體。

【0020】 在某些態樣中，該流體出口可包含一流體出口導管，該流體出口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸，而該殼體可(即在該殼體或其某些部份之(多數)橫向側及與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的該固態紫外線發射器之一側)與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸，以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，該流體出口可包含一流體出口導管，而該流體出口導管與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體及/或該出口導管或其一部份之一壁使得該流體與安裝該紫外線發射器之印刷電路板直接熱接觸。因為當該流體流動由該流體流動通道之內孔導入比較窄流體出口時流動收束及流體速度之突然改變產生的高混合度，所以這熱移除會特別有效。在某些態樣中，該流體入口可包含一流體入口導管，該流體入口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸，而該殼體

可(即在該殼體或其某些部份之(多數)橫向側及與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的該固態紫外線發射器之一側)與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB)熱接觸，以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，該流體入口可包含一流體入口導管，而該流體入口導管與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過一印刷電路板(PCB))熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除且將該熱傳送至該流體。在某些態樣中，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體及/或該入口導管及/或其一部份之一壁使得該流體與安裝該紫外線發射器之印刷電路板直接熱接觸。因為當該流體流動由該窄流體入口導入該流體流動通道之比較側內孔時發生之流動擴展及流體速度之突然改變產生的高混合度，所以這熱移除會特別有效。因為熱由該殼體之許多表面及對應表面積移除，所以該熱傳送(由該殼體或其部份之周圍壁)會特別有效。此外，藉由控制該入口/出口導管之橫截面，靠近該等殼體壁可達到較高流體速度以進一步促進熱傳送。

【0021】 在某些態樣中，該反應器可包含縱向延伸流體流動通道之一陣列，任何數目之縱向延伸流體流動通道可包含類似於在此所述縱向延伸流體流動通道之性質。在某些態樣中，各該流體流動通道可透過一對應輻射聚焦元件被一或多數對應固態紫外線發射器照射。該等對應固態紫外線發射器及/或該等對應輻射聚焦元件可定位在其對

應縱向延伸流體流動通道之縱向端使得一照射方向與該流體流動之方向大致平行且相反，同時提供具有在此所述形貌體之對應輻射通量率分布曲線。詳而言之，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之各流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該流體流動通道之該中心通道軸的位置比較高且在比較靠近該中心通道軸的位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之各流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該流體流動通道之該中心通道軸的位置比較低且在比較靠近該中心通道軸的位置比較高。

【0022】 該反應器可包含發射不同紫外線波長之多數紫外線發光二極體。該反應器可包含被支持在該反應器中之一結構上的一光觸媒。該反應器可包含加入該反應器中之一化學試劑。該紫外線發光二極體可自動地或藉由一外部信號開啟及關閉。

【0023】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該方法包含透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道，藉此容許該流體朝一縱向流過該縱向延伸流

體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端。該方法包含由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之一內孔內提供一幅射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中，對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸(即該流體流動通道之該內孔的一中心軸或該流體流動通道之該內孔的至少該縱向中心部份)之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低且其中，對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0024】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0025】 這揭示之另一態樣係一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，

其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡。該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數第一透鏡定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上。該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上。該反應器包含：一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流

體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0026】 該紫外線反應器可包含在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0027】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔中，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該第一固態紫外線發射器導引第一輻射通過該一或多數第一透鏡且藉此使該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流

體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0028】 該方法可包含將該紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動導管中。將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動導管可包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向大致互相對齊；連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端。連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端可共同地包含使該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0029】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0030】 這揭示之另一態樣係一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡。該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道。該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔。該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心。該一或多數透鏡定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一幅射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一幅射通量率分布曲線。該一或多數透鏡可包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡或一菲涅耳(Fresnel)透鏡。該半球透鏡及平凸透鏡或菲涅耳透鏡之平面側可面向該紫外線發射器。該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡或該菲涅耳透鏡的光軸可與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0031】 該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻

射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一距離/間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離(Δ)。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 f_1 之15%至30%的範圍內。該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 f_1 之20%至30%的範圍內。

【0032】 該紫外線反應器可包含：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固態紫外線發射器之該主要光軸反平行之一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中的一或多數第二透鏡，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線。該一或多數第二透鏡可包含定位成由該第二紫外線發射器接收輻射之一第二半球透鏡及定位成由該第二半球透鏡接收輻射之一第二平凸透鏡。該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側都面向該第二紫外線發射器。該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡之光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。該第二平凸透鏡可相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' 。該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的該第二距離/間距 f_2' 可比該第二平凸透鏡之固有焦距 f_2 小一第二差距離 Δ_2 。該第二差距離 Δ_2 可在該第二

平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。該第二差距離 $\Delta 2$ 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之15%至30%的範圍內。該第二差距離 $\Delta 2$ 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之20%至30%的範圍內。

【0033】 該紫外線反應器可包含在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0034】 這揭示之另一態樣係一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道，藉此容許該流體朝一縱向流過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一輻射通量率分布曲線；其中該一或多數透鏡包含一半球透鏡及一平凸透鏡且該方法包含以下

步驟：定位該半球透鏡以便由該紫外線發射器接收輻射；定位該平凸透鏡以便由該半球透鏡接收輻射；定向該半球透鏡及該平凸透鏡以使其平面側面向該紫外線發射器；及對齊該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡以使其光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0035】 該方法可包含使用在此所述之紫外線反應器的任一形貌體。

【0036】 這揭示之另一態樣係一種使用該紫外線反應器的方法，用於藉由將在此任一其他請求項之紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動通道中。將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動通道中包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向互相大致對齊；連接該紫外線反應器之流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端；其中連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端共同地包含使該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0037】 這揭示之另一態樣係一流體處理設備，其包含：一本體，其沿著一流路延伸在一第一端及沿著該流路與該第一端相對之一第二端間，該第一端包含沿著該流路

之一入口，該第二端包含沿著該流路之一出口；一流動通道，其在該本體內沿著該流路延伸以將一流體由該入口導引至該出口；及一固態輻射源，其可安裝在該流動通道之一空腔中以便將輻射沿著該流路射入該流動通道，該固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該流體接觸。

【0038】 該固態輻射源可包括一固態紫外線發射器。該設備可更包含一或多數透鏡，該一或多數透鏡可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射。例如，該一或多數透鏡可組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使在該流動通道中之一位置的輻射強度與在該流動通道中之該位置的流體速度相關。該空腔可由該流動通道之內表面界定，且該流動通道之內表面係組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使該流體環繞該固態輻射源流動且與該固態輻射源之該導熱部份接觸。例如，該空腔之內表面可與該固態輻射源之外表面接合以便在該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，維持該固態輻射源相對該流動通道之一位置。

【0039】 該設備可更包含一安裝結構，該安裝結構延伸在該空腔之內表面與該光單元之外表面間以維持該固態輻射源之位置。例如，該安裝結構可沿著該流路延伸且包括周邊地環繞該流路分開之多數部份以界定沿著該流路延

伸且當該固態輻射源定位在該空腔中時與該導熱部份接觸之多數流動通道。各流路可改變流過其中之流體的速度。在某些態樣中，該固態輻射源之外表面可包括該固態輻射源之導熱部份的外表面；且當該固態輻射源定位在該空腔中時該安裝結構可未延伸至該固態輻射源之導熱部份以便在該流體由該入口流動至該出口時防止在該固態輻射源之導熱部份、該本體及該流體間之熱傳送。或者，該固態輻射源之外表面可包括該固態輻射源之導熱部份的外表面；且該安裝結構可延伸至該固態輻射源之導熱部份的外表面以便在該流體由該入口流動至該出口時允許在該固態輻射源之導熱部份、該本體及該流體間之熱傳送。例如，該安裝結構、該空腔之內表面及/或該固態輻射源之導熱部份中之一或多個可包括一金屬材料。

【0040】 在某些態樣中，該固態輻射源可收容在一光單元中，該光單元包含該導熱部份及可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射的一或多數透鏡及/或該光單元可分離地安裝在該空腔中。例如，該設備可更包含一安裝結構，該安裝結構延伸在該空腔之內表面與該光單元之外表面間以便當該流體由該入口流動至該出口且該光單元安裝在該空腔中時維持該光單元相對該流動通道之一位置。當該光單元安裝在該空腔中時，該光單元之導熱部份可與該空腔之內表面分開。例如，該本體可包括一插座，且該插座可包含：一第一端部；一第二端部；及可與該第一端部及該第二端部接合以界定該空腔之一耦合器。當該環與該

插座接合時，該光單元可移除地定位在該空腔中。例如，該光單元可移除地安裝及/或定位在該插座之第二端部中及/或該入口及該出口可安裝成與一管成一直線。

【0041】 在某些態樣中，該空腔可為一第一空腔，該固態輻射源可為一第一固態輻射源，該輻射可為一第一輻射，該流動通道可界定一第二空腔，且該設備可更包含：可安裝在該第二空腔中以便沿著該流路將一第二輻射射入該流動通道之一第二固態輻射源，該第二固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該第二固態輻射源安裝在該第二空腔中時與該流體接觸。在某些態樣中，該第一固態輻射源安裝在該第一空腔中且該第二固態輻射源定位在該第二空腔中，該第一固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第一方向發射該第一輻射，該第二固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第二方向發射該第二輻射，且該第一方向與該第二方向不同。

【0042】 在某些態樣中，該一或多數透鏡可包含：一聚光透鏡，其定位成由該固態輻射源接收輻射；及一準直透鏡，其定位成接收被該聚光透鏡折射之輻射。例如，該準直透鏡可相對被該聚光透鏡折射之輻射的一焦點定位在比其焦距小之一距離。例如，該準直透鏡相對被該聚光透鏡折射之輻射之焦點的距離與該準直透鏡之焦距間的一差可大略等於該準直透鏡之焦距的10%至35%。在另一例子中，該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之焦距 f_1 間的一差距離 $\Delta=f-f'$ 可在該焦距 f_1 之

10%至35%的範圍內。

【0043】 在其他例子中，該聚光透鏡可與該固態輻射源整合在一起。該一或多數透鏡包含具有至少一部份凸面透鏡之一透鏡、一圓頂透鏡、一平凸透鏡及一菲涅耳(Fresnel)透鏡中之一或多數透鏡。在另一例子中，該固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份對該等多數固態輻射源而言為共用或個別化。

【0044】 這揭示之另一態樣係一種方法，其包含：由一入口導引一流體通過沿一流動軸延伸之一反應器的一流動通道；使該流體暴露於由一光單元射入該流動通道之一紫外線輻射，該光單元係定位在該流動通道之一空腔中且包含用於發射紫外線輻射之一固態輻射源及與該固態輻射源熱耦合之至少一導熱部份；使該流體至少部份地環繞該光單元流動至一出口使得該光單元之該至少一導熱部份與該流體熱耦合；及用該流體冷卻該光單元。

【0045】 該方法可包含使該固態輻射源發射該紫外線輻射且其中該固態輻射源係一固態紫外線發射器；及/或藉由該光單元中之至少一透鏡使該發射之紫外線輻射折射。例如，使該紫外線輻射折射可包含使該紫外線輻射通過該光單元中之至少一透鏡，且該至少一透鏡係組配成使在該流動通道中之一位置的一輻射強度與該流動通道中之該位置的一流體速度配合。冷卻該光單元可包含將熱由該光單元傳送通過該光單元之該至少一導熱部份至與該表面熱接觸之該流體。例如，該反應器可至少部份地由

一導熱材料構成且冷卻該光單元可包含透過一安裝結構將熱由該光單元傳送通過該光單元之導熱部份至該反應器，該安裝結構由與該導熱部份熱耦合之一導熱材料構成。

【0046】 在某些態樣中，該反應器可由一非導熱材料構成且冷卻該光單元只包含將熱由該光單元傳送通過該光單元之至少一導熱部份至與該表面熱接觸之流體。使該流體至少部份地環繞該光單元流動可包含使該流體環繞該光單元之該表面流動。該方法可更包含：使該流體用一速度流動，該速度係與由該光單元發射之一紫外線輻射強度正相關。例如，使該流體至少部份地環繞該光單元流動可包含使該流體至少部份地環繞一可移除光單元流動及/或使該流體至少部份地環繞一單體光單元流動。

【0047】 在另一例子中，該方法可更包含：在導引該流體通過該流動通道前，由與該流動軸同軸且附接在該入口上之一第一管接收該流體；及在用該流體冷卻該光單元後，使該流體通至與該流動軸同軸且附接在該出口上之一第二管。例如，該光單元可為一第一光單元，且該方法可更包含：使該流體由該入口流動至少部份地環繞一第二光單元，該第二光單元包含至少一導熱部份，使得在導引該流體通過該流動通道前，該第二光單元之該至少一導熱部份與該流體熱耦合；使該流體暴露於由該第二光單元射入該流動通道之紫外線輻射，該第二光單元包含用於發射紫外線輻射之一第二固態輻射源，該第二固態輻射源係與該

第二光單元之該至少一導熱部份熱耦合；及用該流體冷卻該第二光單元。

【0048】 這揭示之另一態樣係一種光單元，其包含：一殼體，其包含一空腔；一印刷電路板，其在該空腔之一第一端附接在該殼體之一第一端上；一固態輻射源，其在該空腔中且附接在該印刷電路板並與該印刷電路板之一導熱部份熱耦合；一第一透鏡，其在該空腔中且定位成與該固態輻射源相鄰以折射由該固態輻射源發射之輻射；一第二透鏡，其在該空腔中且與該第一透鏡分開並定位成折射由該固態輻射源發射且被該第一透鏡折射之輻射；及一紫外線透射組件，其在該空腔之一第二端附接在該殼體之一第二端上。

【0049】 在某些態樣中，該光單元可移除地安裝在一流體導管之一空腔中使得該流體導管中流動之流體環繞該單元流動。例如，該流體導管中流動之流體可環繞該光單元流動且與該光單元之殼體之外表面的至少一導熱部份熱耦合。該光單元係透過一或多數結構可移除地安裝在該流體導管之該空腔上，且該一或多數結構由與該光單元之外表面接合的該空腔之內表面延伸。例如，該光單元之外表面可由該光單元之一非導熱部份的外表面界定，且該一或多數結構延伸至該非導熱部份之外表面，防止在該光單元之導熱部份與該本體間之熱傳送，且允許在該導熱部份與流體間之熱傳送。在另一例子中，該固態輻射源可包含多數固態輻射源且該導熱部份可對該等多數固態輻射

源而言為共用或個別化。

【0050】 除了上述之示範態樣以外，其他態樣亦可藉由參照圖式及藉由研究以下詳細說明來了解。

【圖式簡單說明】

【0051】 多數示範實施例顯示在圖式之參考圖中。意圖是在此揭露之實施例及圖應被視為說明用而非限制用。

【0052】 圖1A至1D顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0053】 圖2A、2B與2C顯示圖1A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。圖2D顯示圖1A反應器之全縱向的一輻射通量圖。

【0054】 圖3A至3D顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0055】 圖4A至4C顯示圖1A反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0056】 圖5A至5C顯示圖1B反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0057】 圖6A至6C顯示圖1C反應器之流體速度分布的各種模擬圖。

【0058】 圖7A與7B顯示依據特定實施例之紫外線反應器的橫截面圖。

【0059】 圖8A至8C顯示對一特定長度之一特定流體流動通道而言，圖7A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。

【0060】 圖9A至9D顯示對一特定長度之一特定流體流動通道而言，圖7A反應器之流體流動通道之內孔橫截面的輻射通量率分布曲線。

【0061】 圖10A至10D顯示圖7A反應器之流體速度分布的各種圖。

【0062】 圖11A至11C顯示依據特定實施例之具有調流器的多數示範反應器。

【0063】 圖12A係依據一特定實施例之圖1A反應器之一端的示意圖，顯示其殼體、固態紫外線發射器及(多數)透鏡。圖12B係顯示依據一特定實施例定位之透鏡的特性。

【0064】 圖13顯示一紫外線反應器之一示範實施例。

【0065】 圖14顯示圖13之紫外線反應器的分解圖。

【0066】 圖15顯示沿圖13所示之截面線A-A所截取之圖13的紫外線反應器的放大橫截面。

【0067】 圖16顯示一示範光單元之放大橫截面。

【0068】 圖17顯示沿圖15所示之截面線B-B所截取之圖13的紫外線反應器的橫截面。

【0069】 圖18顯示另一光單元之一示範實施例。

【0070】 圖19顯示一示範消毒方法。

【0071】 圖20顯示一紫外線反應器之另一示範實施例。

【實施方式】

【0072】 在全部以下說明中提出特定細節以便為所

屬技術領域中具有通常知識者提供更徹底之了解。但是，習知元件可未詳細地顯示或說明以避免不必要地模糊該揭示。因此，該說明及圖式應被視為說明用而非限制用。

【0073】 這揭示之實施例係有關於藉由控制流體及光環境兩者來提供更佳劑量均一性之紫外線發光二極體反應器的實施例。某些實施例係參照特定輻射源、流體及輻射種類來說明。例如，該輻射源可為如紫外線發光二極體之一固態輻射源，該流體可為水，且該輻射可包括一紫外線輻射。除非另外聲明，否則這些例子係為方便起見而提供且非意圖限制本揭示。因此，在這揭示中所述之任何結構實施例都可與任何類似輻射源、流體及/或輻射種類一起使用。

【0074】 在此說明多種軸，包括一示範Z軸。在使用時，該用語「橫向」表示：橫臥、或橫交；交叉地設置；或與該Z軸呈直角且包含垂直及非垂直配置。該用語「縱向」可用來說明相對組件及形貌體。例如，縱向可表示沿該Z軸具有一第一尺寸或長度之一物體，且該第一尺寸或長度比沿該Z軸之一第二尺寸或寬度長。除非另外聲明，否則這些用語為方便起見而提供且未限制本揭示。

【0075】 在此使用之用語「包含」或其任何其他變化形係意圖包含一非排他內含，使得包含多數列舉元件之一設備、方法或其元件不僅包括這些元件，而是可包括在該設備或方法中未明白地列舉或固有之其他元件。除非另外聲明，該用語「示範」係以「舉例」方式，而非「理想」

方式使用。在這揭示中可使用各種約略之用語，包括「大略」及「大致」。大略表示一所述數字之加或減10%以內。

【0076】 圖1A係依據一特定實施例之一示範紫外線反應器10A。反應器10A可包含：一流體導管12，其至少部份地由一外導管界定壁13界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器14(例如一紫外線發光二極體)；及一幅射聚焦元件16，其包含一或多數透鏡16A。除了該等光組件(例如紫外線發射器14及透鏡16A)以外，反應器10A可由不鏽鋼、適當聚合物、塑膠、玻璃、石英、這些材料之組合及/或(多數)其他適當材料製成。如圖所示，流體導管12可包括一流體入口18、一流體出口20及設置在入口18與出口20間之一縱向延伸流體流動通道22。

【0077】 在所示實施例中，該縱向係顯示為與該Z軸對齊，且一流體可朝箭號所示之一縱向24大致流動通過流體流動通道22。例如，該流體可朝縱向24流動通過流體流動通道22之一內孔22A；且流體流動通道22可具有一中心通道軸30，該中心通道軸30朝縱向24延伸通過在內孔22A之至少一縱向中心部份22B中內孔22A之橫交橫截面的形心。流體入口18可包含：一或多數入口孔18A，且流體入口18透過該一或多數入口孔18A通入流體流動通道22；一或多數連接孔18B，且紫外線反應器10A可透過該一或多數連接孔18B連接於提供流體至反應器10A之一外流體系統(未圖示)；及一或多數反應器18C，其可延伸在(多數)入口孔18A與(多數)連接孔18B之間。類似地，流體出口

20可包含：一或多數出口孔20A，且流體出口20透過該一或多數出口孔20A通入流體流動通道22；一或多數連接孔20B，且紫外線反應器10A可透過該一或多數連接孔20B連接於一外輸出流體系統(未圖示)，並且流體由反應器10A流至該外輸出流體系統；及一或多數反應器20C，其可延伸在(多數)出口孔20A與(多數)連接孔20B之間。

【0078】 (多數)透鏡16A可定位在由紫外線發射器14發射之輻射26的一輻射路徑中，用於由該紫外線發射器14導引輻射26照射在該流體流動通道22中流動之該流體上且因此在由內孔界定壁28界定之流體流動通道22的一內孔22A內提供一幅射通量率分布曲線(未顯示在圖1A中)。

【0079】 (多數)透鏡16A可組配成提供一幅射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言(例如在所示圖中比較靠近 $Z=0$)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離流體流動通道22之內孔22A之一中心通道軸30的位置比較高且在比較靠近中心通道軸30的位置比較低。中心通道軸30可包含流體流動通道22之內孔22A的一中心軸(例如一圓柱形對稱之軸)或流體流動通道22之內孔22A的至少一縱向中心部份22B。(多數)透鏡16A可組配成提供一幅射通量率分布曲線，其中對設置成比較遠離紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言(例如在所示圖中比較靠近 $Z=10$)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離中心通道軸30

之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0080】 該輻射通量率分布曲線之示範性質顯示在圖2A至2D中。圖2A至2C顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A各種橫截面在沿中心通道軸30之各種位置(例如在各種Z值)的輻射通量率分布曲線。圖2D顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A全縱向的通量率分布曲線顯像，且較亮區域表示較高通量率而較暗區域表示較低通量率。圖2A至2C之圖的Y軸表示輻射通量率(mW/cm^2)。圖2A至2C之圖的X軸表示相對中心通道軸30之徑向距離(例如沿圖1A所示之X軸或沿在內孔22A具有圓形橫截面時之任何其他適當徑向)。圖2A至2C之圖的X軸原點表示中心通道軸30上之位置；且在圖2A至2C之圖上的較大X值表示比較遠離中心通道軸30之位置。

【0081】 圖2A顯示比較靠近紫外線發射器14之橫截面($Z=0$ 、 $Z=1$ 、 $Z=2$)的通量率分布曲線。由圖2A可看到對這些橫截面之各橫截面而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在中心通道軸30比較低。例如，圖2B顯示比較遠離紫外線發射器14之橫截面($Z=6$ 、 7 、 8 、 9 、 10)的通量率分布曲線。由圖2B可看到對這些橫截面之各橫截面而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30(例如 $|x| > 2$)之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30(例如 $|x| < 2$)之位置比較高。對圖2B之對應 $Z=9$ 及 $Z=10$ 的圖而言，該等通量率在比較遠離中心通道軸30之全部位置比較低且在中心通道軸30比較高。圖2C顯示居中設

置橫截面($Z=3$ 、 $Z=4$ 、 $Z=5$)之通量率分布曲線且顯示內孔22A之橫截面甚至在這些中心橫截面具有比較高通量率。圖2D顯示圖1A反應器10A之流體流動通道22之內孔22A的全縱向的通量率分布曲線顯像，且較亮區域表示較高通量率(較高照射度)而較暗區域表示較低通量率(較低照射度)。

【0082】 (多數)透鏡16A可組配成藉由以下中之一或多數者提供具有上述特性之通量率曲線分布：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀，例如該等透鏡之厚度及/或該等透鏡之光表面的曲率；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率，以提供具有上述特性之輻射通量率曲線分布。輻射聚焦元件16可包含一聚焦透鏡16A或設置成靠近紫外線發射器14之二或二以上聚焦透鏡16A的一組合。(多數)聚焦透鏡16A可包含一聚光透鏡、一散光透鏡及任何其他種類之透鏡的任一組合。在某些實施例中，(多數)聚焦透鏡16A可包含光學地靠近紫外線發射器14之一聚光透鏡及在遠離該聚光透鏡某一適當距離之一準直透鏡。在某些實施例中，(多數)聚焦透鏡16A可包含設置成由紫外線發射器14接收輻射26之一聚光透鏡及一準直透鏡，其中該準直透鏡可相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距小(例如一差距離 Δ)的一距離。

【0083】 在某些實施例中，(多數)透鏡16A可包含一半球透鏡及一平凸透鏡。圖12A係依據一特定實施例之反

應器10A之一端的示意圖，更詳細地顯示殼體32、固態紫外線發射器14及(多數)透鏡16A。如圖12A所示，例如，固態紫外線發射器14可與用於提供電力至紫外線發射器14之適當電子設備(未圖示)一起安裝在一電路板14A上。在這例子中，多數透鏡16A可包含：一半球透鏡17，其成形及/或設置成由紫外線發射器14接收輻射；及一平凸透鏡19，其成形及/或設置成由半球透鏡17接收輻射。透鏡17、19之各平面側17A、19A都面向紫外線發射器14；且透鏡17、19之各光軸都與中心通道軸30同軸，如圖12A所示。

【0084】 在某些實施例中，在平凸透鏡19與該流體流動通道22之內孔22A中的流體間(例如在殼體32內)有一氣隙21。在某些實施例中，在平凸透鏡19與該流體流動通道22之內孔22A間有一氣隙21及一紫外線透射(例如石英)窗32A。在某些實施例中，平凸透鏡19可相對由半球透鏡17發射之輻射的一焦點23定位在比其焦距 F 小之一距離 f' 。這示意地顯示在圖12B之一特定實施例中，其中由半球透鏡17發射之輻射具有一焦點23且平凸透鏡19具有一固有焦距 f_1 ，但平凸透鏡19未相對焦點23設置在一距離 f_1 。相反地，在所示實施例中，平凸透鏡19係設置在相對焦點23之一距離 f' ，其中 f' 比 F 小一差距離 Δ 。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距 f_1 之15%至30%的範圍內。在某些實施例中，這差

距離 Δ 係在平凸透鏡19之焦距 f_1 之20%至30%的範圍內。

【0085】 圖12A與12B之實施例的殼體32、固態紫外線發射器14及透鏡17、19的形貌體可用於在此所述之任一反應器之任一殼體、發射器及/或透鏡。通常，多數透鏡16A不限於圖12A與12B所示之特定透鏡。例如，(多數)透鏡16A可包含雙凸、雙凹、平凸、平凹、凹凸或半球透鏡之任何適當組合。多數透鏡16A可包含一第一透鏡(設置成較靠近紫外線發射器14)及一第二透鏡(設置成比較遠離紫外線發射器14)。例如，由該第一透鏡發射之輻射可具有一焦點23且該第二透鏡可具有一固有焦距 f_1 ，但該第二透鏡可未相對該第一透鏡之焦點設置在一距離 f_1 。相反地，該第二透鏡可相對該第一透鏡之焦點設置在一距離 f' ，其中 f' 比 F 小一差距離 Δ 。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之15%至30%的範圍內。在某些實施例中，這差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之20%至30%的範圍內。

【0086】 內孔界定壁28可成形以界定內孔22A至少在該流體流動通道22之一縱向中心部份22B上具有一圓柱形。縱向中心部份22B與流體入口18及流體出口20分開。該圓柱形可包含具有圓形橫截面之一筒體或具有某種其他(例如矩形或其他多邊形)橫截面之一筒體。在某些實施例中，紫外線發射器14之主要光軸、該(等)透鏡16A之光軸及中心通道軸30可同線或同軸。

【0087】 在某些實施例中，紫外線發射器14可收容在一殼體32中，該殼體32可包含一紫外線透射組件32A(例如一石英窗)以便將輻射由殼體32射入流體流動通道22。例如，(多數)透鏡16A可收容在殼體32中，但這不是必要的。

【0088】 在某些實施例中，紫外線發射器14可設置成比較靠近流體出口20(例如在內孔22A之出口端34)；且比較遠該流體入口18，並且紫外線發射器14之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向24大致反平行。流體導管12可在內孔22A之一端(例如，一入口端)38包含一橫截面壁36。橫截面壁36可界定流體入口18之一入口孔18A或可支持流體入口18。在某些實施例中，橫截面壁36可具有反射性，但這不是必要的。入口孔18A及/或流體入口18可居中地設置在該橫截面壁36中。中心通道軸30可突穿過入口孔18A及/或流體入口18。入口孔18A及/或流體入口18之一橫截面可相對位在中心通道軸30上之一點圓形地對稱。由於入口孔18A及/或流體入口18具有這些性質，對設置成比較靠近入口孔18A之流體流動通道22的內孔22A(且在所示實施例之情形中，比較遠離發射器14)橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0089】 在某些實施例中，紫外線發射器14可被支持紫外線發射器14之一或多數托架40(及/或殼體32)支持使得：紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸30大

致對齊；且該流體仍可流動通過流體出口20。多數托架40可由流體導管12之外導管界定壁13延伸至殼體32。在某些實施例中，多數托架40可由允許流體流動通過其中之穿孔材料製成；包含穿孔材料之一或多數環形環；及/或另外地或替代地互相橫交地(例如圓周地)分開。

【0090】 在某些實施例中，流體出口20之一出口孔20A可由外導管界定壁13(例如，內孔界定壁28)及殼體32之一組合界定。多數托架40亦可界定(多數)出口孔20A之一部份。流體出口20可被以下者之任一組合支持：外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)；殼體32；及/或多數托架40。流體出口20之出口導管20C可在(多數)出口孔20A與(多數)連接孔20C間之位置具有大致環形橫截面。這些環形橫截面可由外導管界定壁13及殼體32界定，但這環形被多數托架40中斷之區域除外。

【0091】 藉由這示範組態，(多數)出口孔20A及/或流體出口20可設置在與中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之橫截面邊緣)。在某些實施例中，(多數)出口孔20A及/或流體出口20之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。因此，由於(多數)出口孔20A及/或流體出口20具有這些性質，對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近(多數)出口孔20A之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可：在比較遠離中心通道軸30之至少某些位置(例如直接在(多數)出口孔20A之上游

或鄰近(多數)出口孔20A的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0092】 圖1A實施例之反應器10A的流體速度分布曲線的示範性質顯示在圖4A至4C中。圖4A係顯示反應器10A之不同區域的流體速度的流體速度圖且比較高局部流體速度具有較淺顏色並且比較低局部流體速度具有較深顏色。圖4B顯示在對應 $Z=0.5$ (即比較靠近紫外線發射器14)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖且圖4C顯示在對應 $Z=10$ (即比較遠離紫外線發射器14)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖。在圖4B與4C之圖中，中心通道軸30對應於該等X軸之原點。圖4A至4C顯示在圖1A實施例之反應器10A中，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例中之低Z值(例如圖4B))而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且可在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低；且對比較遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例中之高Z值(例如圖4C))而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且可在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較高。

【0093】 對反應器10A而言，流體入口18可設置成橫向地靠近中心通道軸30，且流體出口20可設置成朝向流體導管12之該(等)橫交橫截面邊緣。因此，反應器10A之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體入口18之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠

離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近流體出口20之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在(多數)出口孔20A之上游或鄰近(多數)出口孔20A的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0094】 如上所述，反應器10A之紫外線發射器14及(多數)透鏡16A可設置在流體導管12之出口端34且組配成朝大致與該流體流動方向反平行及/或相反之一方向導引輻射通過流體導管12。此外，反應器10A之(多數)透鏡16A可組配成使得：(1)對設置成比較遠離紫外線發射器14或比較靠近流體入口18之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近流體出口20之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。因此，在反應器10A中之輻射通量率可在該流體速度比較高之區域中比較高；且在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器10A之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上且隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變的紫外線通量(紫外線劑量)可比較均一。

【0095】 在某些實施例中，流體出口導管20C可成形為使得它部份地由殼體32界定或與殼體32直接或間接地熱接觸，而殼體32可與紫外線發射器14直接或間接地(例如透過一印刷電路板(PCB)14A(圖12A))熱接觸(即在殼體32或其某些部份之(多數)橫向側上及/或與該固態紫外線發射器或其一部份之主要光軸相對的紫外線發射器14之一側上)，以便由紫外線發射器14移除熱及將該熱傳送至由反應器10A移除之流體。在某些實施例中，可安裝紫外線發射器14之一印刷電路板(PCB)14A(圖12A)提供殼體32及/或出口導管20C或其一部份之一壁使得該流體可與安裝紫外線發射器14之電路板14A直接熱接觸。因為當該流體流動由流體流動通道22之內孔22A導入比較窄流體出口20時流動收束及流體速度之突然改變而產生的高混合度，所以這熱移除會特別有效。因為熱由殼體32之許多表面及對應表面積移除，所以該熱傳送(由殼體32之周圍壁)會特別有效。此外，藉由控制該出口導管20C之橫截面，靠近殼體32之壁可達到較高流體速度以進一步促進熱傳送。

【0096】 圖1B顯示依據另一特定示範實施例之一紫外線反應器10B的橫截面圖。反應器10B在許多方面類似於反應器10A且反應器10B之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10B與反應器10A之主要不同在於反應器10B具有與反應器10A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20'。如圖1B所示，反應器

10B可包括由流體流動通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體出口20'。流體出口20'可包含一出口孔20A'，該出口孔20A'設置在反應器10B之一出口端34；且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器10B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20'。這些流體出口20'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20'。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20'及/或出口孔20A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A'及/或流體出口20'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0097】 由於出口孔20A'及/或流體出口20'具有這些性質，反應器10B可具有反應器10A之相同性質，即對設置成比較靠近紫外線發射器14或靠近(多數)出口孔20A'之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低。在其他方面，反應器10B可具有類似在此所述之反應器10A形貌體的形貌體。圖5A至5C顯示反應器10B類似於圖4A至4C之模擬圖，但圖5C係在Z=8(相對於圖4C之Z=10)處取得。

圖5A至5C顯示，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖5B)中為低Z值)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低；且對遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖5C)中為高Z值)而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較高。

【0098】 圖1C顯示依據另一特定實施例之一紫外線反應器10C的橫截面圖。反應器10C在許多方面類似於反應器10A且反應器10C之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10C與反應器10A之主要不同在於反應器10C具有與反應器10A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20''。如圖1C所示，反應器10C可包括一流體出口20''，該流體出口20''使流體由流體流動通道22之內孔22A橫向地流出且接著可具有一出口導管20C''，且在橫向地延伸至其連接孔20B'前，該出口導管20C''朝該縱向並朝與該縱向流體流動方向24大致反平行之一方向延伸返回某一距離。流體出口20''可包含一出口孔20A''，該出口孔20A''設置在反應器10B之一出口端34且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器10C可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓

周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20”。這些流體出口20”之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20”。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20”及/或出口孔20A”可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A”及/或流體出口20”之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0099】 由於出口孔20A”及/或流體出口20”具有這些性質，反應器10C可具有反應器10A之相同性質，即對設置成比較靠近紫外線發射器14或靠近(多數)出口孔20A”之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A”之上游或鄰近出口孔20A”的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。在其他方面，反應器10C可具有類似在此所述之反應器10A形貌體的形貌體。圖6A至6C顯示反應器10C類似於圖4A至4C之圖，但圖6B係在 $Z=0.2$ (相對於圖4B之 $Z=0.5$)且圖6C係在 $Z=8$ (相對於圖4C之 $Z=10$)處取得。圖6A至6C顯示，對比較靠近紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖6B)中為低 Z 值)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且對遠離紫外線發射器14之橫截面(在所示實施例(例如圖6C)中為高 Z 值)而言，該流體速度可在與中

心通道軸30橫向地分開之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【00100】圖1D顯示依據另一特定實施例之一紫外線反應器10D的橫截面圖。反應器10D在許多方面類似於反應器10C且反應器10D之類似形貌體用類似於反應器10A之符號的符號來表示。反應器10D與反應器10C之不同只在於其出口導管20C'''在遠離其出口孔20A'''之位置的形狀。詳而言之，反應器10D之出口導管20C'''未橫向地延伸到達其連接孔20B'''而是縱向地(與該流動方向反平行地)延伸到達其連接孔20B'''。通常，在遠離其出口孔之位置，在此所述之任一反應器之流體出口的出口導管可具有任何適當形狀。在其他方面，反應器10D可具有類似於在此所述之反應器10C形貌體的形貌體。

【0101】圖3A至3D顯示依據特定實施例之紫外線反應器50A、50B、50C、50D的橫截面圖。圖3A至3D之反應器50A、50B、50C、50D分別類似於圖1A至1D之反應器10A、10B、10C、10D，但流動方向相反(例如，縱向流動方向24相反而變成縱向流動方向64)且反應器10A、10B、10C、10D之流體入口18、18'、18''、18'''變成反應器50A、50B、50C、50D之流體出口58、58'、58''、58'''(且具有其形貌體)並且反應器10A、10B、10C、10D之流體出口20、20'、20''、20'''變成反應器50A、50B、50C、50D之流體入口60、60'、60''、60'''(且具有其形貌體)。反應器50A、50B、50C、50D之其他形貌體具有

類似於反應器10A、10B、10C、10D之形貌體的形貌體且可在此使用類似於用於反應器10A、10B、10C、10D之符號的符號來表示(非全部符號均特別地顯示在圖3A至3D中)。

【0102】 在圖3A至3D之實施例中，紫外線發射器14可設置成比較靠近在內孔22A)之入口端的流體入口60、60'、60''、60'''(以下共同地且獨立地稱為流體入口60)且比較遠離流體出口58、58'、58''、58'''(以下共同地且獨立地稱為流體出口58)，且紫外線發射器14之主要光軸定向成與縱向流體流動方向64大致平行且在與縱向流體流動方向64相同之方向上。流體導管12可在其一端包含一橫截面壁36。該橫截面壁36可界定用於流體出口58之一出口孔58A(其中流體出口58通入流體流動通道22)或可支持流體出口58。出口孔58A及/或流體出口58可居中地設置在該橫截面壁36中。中心通道軸30可突穿過出口孔58A及/或流體出口58。出口孔58A及/或流體出口58之一橫截面可相對位在中心通道軸30上之一點圓形地對稱。由於出口孔58A及/或流體出口58具有這些性質，對設置成比較遠離紫外線發射器14或靠近出口孔58之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言，該流體速度在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0103】 該紫外線發射器14可被支持在殼體32中使得該固態紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸

30大致對齊。在某些實施例中(例如在圖3A之反應器50A中)，殼體32本身可被(例如一或多數托架40)支持，使得固態紫外線發射器14之主要光軸至少與中心通道軸30大致對齊且使得流體仍可流動通過流體入口60。該一或多數托架40可由流體導管12之外導管界定壁13延伸至殼體32。該一或多數托架40可延伸通過該流體入口60之該(等)入口導管60C。在某些實施例中，托架40可由允許流體流過其中之穿孔材料製成。在某些實施例中，托架40包含穿孔材料之一或多數環形環。用於流體入口60、60'、60''、60'''之一入口孔60A、60A'、60A''、60A'''可由外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)、殼體32及/或該一或多數托架40(當存在時)之一組合界定或流體入口60、60'、60''、60'''可被外導管界定壁13(可能包括內孔界定壁28)、殼體32及/或該一或多數托架40(當存在時)之一組合支持。在某些實施例中，圖3A反應器50A之流體入口60的入口導管60C可在(多數)入口孔60A與(多數)連接孔60B間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面可由外導管界定壁13及殼體32界定(這環形被該一或多數托架40中斷之區域除外)。這(流體入口60、60'、60''、60'''之大致環形橫截面)不是必要的。藉由這些組態，入口孔60A、60A'、60A''、60A'''可設置在與中心通道軸30橫向地分開(例如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離)的(多數)位置。因此，由於入口孔60A、60A'、60A''、60A'''及/或流體入

□60、60'、60''、60'''具有這些性質，對設置成比較靠近紫外線發射器14或比較靠近(多數)入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸30之某些位置(例如直接在中多數入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之下游或鄰近多數入口孔60A、60A'、60A''、60A'''的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

【0104】 因此當成形為流體出口58設置成橫向地靠近中心通道軸30且流體入口60、60'、60''、60'''設置成朝向流體導管12之(多數)橫交橫截面邊緣時，反應器50A、50B、50C、50D之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體出口58之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近流體入口60、60'、60''、60'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在中多數)入口孔60A、60A'、60A''、60A'''之下游或鄰近(多數)出口孔60A、60A'、60A''、60A'''的位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。反應器50A、50B、50C、50D之紫外線發射器14及(多數)透鏡16A係設置在流體導管12之入口端，用於朝大致與該流體流動方向64平行之一方向導引輻射通過流體導管12。此外，反應器50A、50B、50C、50D之(多數)透鏡16A可組配成使得：(1)對

設置成比較遠離紫外線發射器14或比較靠近流體出口58之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高；及(2)對設置成比較靠近紫外線發射器14或靠近流體入口60、60'、60''、60'''之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。因此，在反應器50A、50B、50C、50D中之輻射通量率可在該流體速度比較高之區域中比較高且在反應器50A、50B、50C、50D中之輻射通量率可在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器50A、50B、50C、50D之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上之紫外線通量(隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變之紫外線劑量)可比較均一。

【0105】 圖7A顯示依據另一實施例之一反應器70A的橫截面圖。反應器70A在許多方面類似於反應器10A(圖1A)及反應器50A(圖3A)且反應器70A之類似形貌體用類似於反應器10A與50A之符號的符號來表示，且非全部符號均特別地顯示在圖中。反應器70A與反應器10A之不同在於反應器70A具有一第二固態紫外線發射器74；及包含一或多數第二透鏡76A之一第二輻射聚焦元件76，該第二固態紫外線發射器74及該第二輻射聚焦元件76可實質地類似於(但朝一反平行方向定向之)紫外線

發射器14及(多數)透鏡16A。第二固態紫外線發射器74之一主要光軸可與第一紫外線發射器14之主要光軸反平行。該第一紫外線發射器14之主要光軸、該第二紫外線發射器74之主要光軸、該一或多數透鏡16A之光軸、該一或多數第二透鏡76A之光軸及該流體流動通道22之至少縱向中心部份22B的中心通道軸30可同線或同軸。第二固態紫外線發射器74、第二輻射聚焦元件76及(多數)第二透鏡76A可包含固態發射器14、輻射聚焦元件16及(多數)透鏡16之任一形貌體。(多數)透鏡76A可定位在由第二紫外線發射器74發射之輻射的一第二輻射路徑中，用於由第二紫外線發射器76導引輻射照射在流體流動通道22中流動之該流體上及藉此在流體流動通道22之內孔22A內提供一第二輻射通量率分布曲線。(多數)透鏡76A可組配成提供一第二輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A第二橫截面(例如在所示圖7A實施例中為高Z值)而言，該第二輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且其中對設置成比較遠離第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A第二橫截面(例如在所示圖7A實施例中為低Z值)而言，該第二輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0106】 如上所述，(多數)透鏡16A可組配成提供一

第一輻射通量率分布曲線，其中對設置成比較靠近第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面(例如在所示圖7A實施例中為低Z值)而言，該第一輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低，且其中對設置成比較遠離第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面(例如在所示圖7A實施例中為高Z值)而言，該第一輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。

【0107】 因此，對反應器70A而言，該總輻射通量率可為該第一輻射通量曲線分布(由第一紫外線發射器14發射且由(多數)透鏡16A成形之輻射產生)及該第二輻射通量率曲線分布(由第二紫外線發射器74發射且由(多數)透鏡76A成形之輻射產生)的疊加。圖8A至8C顯示在一反應器70A之各種橫截面位置(例如在各種Z值)圖7A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A各種橫截面的總輻射通量率分布曲線，且具有 $L=10\text{cm}$ 之一總縱向長度(在Z方向上)，其中該流體之紫外線透射率設定為95%。對反應器10A、10B、10C、10D及50A、50B、50C、50D而言，圖8A至8C類似於上述圖2A至2C之圖。圖8A至8C之圖的Y軸表示總輻射通量率(mW/cm^2)。圖8A至8C之圖的X軸表示相對中心通道軸30之徑向距離(例如沿圖7A所示之X軸或內孔22A具有圓形橫截面時沿任何其他適當徑向)。可了解的是圖8A至8C之圖的X軸原點表示中心通道軸30

上之位置且在圖8A至8C之圖上的較大X值表示比較遠離中心通道軸30之位置。

【0108】 圖9A至9D顯示在一反應器70A之各種橫截面位置(例如在各種Z值)圖7A反應器10A之流體流動通道22的內孔22A各種橫截面的總輻射通量率分布曲線，且具有 $L=18\text{cm}$ 之一總縱向長度(在Z方向上)，其中該流體之紫外線透射率設定為95%。對反應器10A、10B、10C、10D及50A、50B、50C、50D而言，圖9A至9C亦類似於上述圖2A至2C之圖。比較圖8A至8C之圖及圖9A至9D之圖，可發現對具有一較短縱向長度之反應器70A(圖8A至8C)而言，橫截面比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74(即圖8A之比較低Z值及圖8C之比較高Z值)的總照射度分布曲線具有可在比較靠近中心通道軸30之位置比較高的總通量率且具有可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低的總通量率。但是，相反地，對具有一較長縱向長度之反應器70A(圖9A至9D)而言，橫截面比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74(即圖9A之比較低Z值及圖9D之比較高Z值)的總照射度分布曲線具有可在與中心通道軸30橫向地分開(遠離)之某些位置比較高的總通量率及可在比較靠近中心通道軸30之位置比較低的總通量率。此外，圖9B與9C顯示對具有一比較長縱向長度之70A而言，比較靠近該反應器70A之縱向中心之橫截面(例如對在圖9B與9C之所示圖中的 $Z=4$ 至 $Z=14$ 而言)的總照射度曲線分布可在與中心通道軸30比較橫向地分開之

位置具有比較低總通量率且可在比較靠近中心通道軸30之位置具有比較高總通量率。

【0109】 總之，圖8A至8C及圖9A至9D顯示反應器70A之輻射通量率分布曲線可藉由調整反應器70A或至少內孔22A之縱向長度來調整。有利地，對圖9A至9D所示之比較長反應器70A而言：(1)比較靠近該等第一與第二紫外線發射器14、74之橫截面的總照射度分布曲線具有可在與中心通道軸30橫向地分開(遠離)之某些位置比較高的總通量率及可在比較靠近中心通道軸30之位置比較低的總通量率；且(2)比較靠近反應器70A之縱向中心之橫截面的總照射度分布曲線可在與中心通道軸30比較橫向地分開之位置具有比較低的總通量率且可在比較靠近中心通道軸30之位置具有比較高的總通量率。如以下更詳細所述地，由於在反應器70A中之流體速度曲線分布，這通量率曲線分布可在反應器70A產生比較均一紫外線劑量分布。

【0110】 圖7A之反應器70A與反應器10A之不同亦在於反應器70A包含一第二殼體82，該第二殼體82選擇地被托架84支持且實質地類似於反應器10A之殼體32，但第二殼體82係定向成與殼體32反平行且第二殼體82收容第二紫外線發射器74及第二透鏡76A。圖7A之反應器70A亦包含一流體入口80(具有類似反應器50A之流體入口60形貌體的形貌體，且包括類似於入口孔60A、連接孔60B及入口導管60C之入口孔80A、連接孔80B及入口導管

80C)。反應器70A可包含實質類似於在此所述反應器10A之流體出口20的一流體出口20。藉由流體入口80及流體出口20之這組態，對比較靠近流體入口80之內孔22A的橫截面(例如所示圖7A實施例中之高Z值)而言及對比較靠近流體出口20之內孔22A的橫截面(例如所示圖7實施例中之低Z值)而言，該等流體速度會在遠離中心通道軸30之橫向位置比較大。此外，藉由流體入口80及流體出口20之這組態，對比較中心之內孔22A的橫截面(例如與流體入口80及流體出口20分開且比較中範圍之Z值)而言，該等流體速度會在比較遠離中心通道軸30之橫向位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之橫向位置比較高。

【0111】 圖10A至10D顯示反應器70A之類似於圖4A至4C的模擬圖，其中該長度係 $L=10\text{cm}$ 。圖10A係顯示反應器70A之不同區域的流體速度的流體速度圖且比較高局部流體速度具有較淺顏色並且比較低局部流體速度具有較深顏色。圖10B顯示在對應 $Z=0.5$ (即比較靠近第一紫外線發射器14)之反應器70A橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖且圖10C顯示在對應 $Z=10$ (即比較遠離第二紫外線發射器74)之橫截面的流體速度對與中心通道軸30之距離的圖。圖10D顯示在對應 $Z=5$ (即在與第一紫外線發射器14及第二紫外線發射器74分開之比較中心縱向位置)之流體速度的圖。在圖10B至10D之圖中，中心通道軸30對應於該等X軸之原點。圖10A至10D顯示在圖7A實施例之反應器70A中，對比較靠近第一紫外線發射器14之

橫截面(在所示實施例中之低 Z 值(例如圖10B))而言且對比較靠近第二紫外線發射器74之橫截面(在所示實施例中之高 Z 值(例如圖10C))而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置比較高且可在比較靠近中心通道軸30之某些位置比較低，且對遠離該等第一與第二紫外線發射器14、74之縱向中心橫截面(在所示實施例中之中間範圍 Z 值(例如圖10D))而言，該流體速度可在與中心通道軸30橫向地分開之位置比較低且可在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。對比較長反應器(例如具有 $L \geq 10\text{cm}$ 之反應器，該等流體速度結果類似於圖10A至10D所示之結果，且對 Z 小於或等於大約3且 Z 大於或等於 $L_{\max}-3$ 而言流體速度類似於圖10B與10C之流體速度並且對中間 Z 值而言流體速度類似於圖10D之流體速度。

【0112】 因此，當成形為圖7A所示之流體入口80及流體出口20具有設置成朝向流體導管12之(多數)橫交橫截面邊緣的(多數)入口孔及(多數)出口孔時，紫外線反應器70A之組合效果可為：(1)對設置成比較靠近流體出口80且比較靠近流體出口20(例如比較靠近第一與第二發射器14、74)之流體流動通道22之內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在(多數)出口孔20A之上游或鄰近(多數)出口孔20A之位置及直接在(多數)入口孔80A之下游或鄰近(多數)入口孔80A之位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低；及(2)對流體流動通道22之內孔22A的中心縱向

中心橫截面(與流體入口80且與流體出口20並與第一與第二發射器14、74分開)而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。反應器70A之(多數)透鏡16A、76A及反應器70A之縱向尺寸可組配成使得：(1)對設置成比較靠近第一紫外線發射器14之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言且對設置成比較靠近第二紫外線發射器74之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低(請參見圖9A與9D)；及(2)對流體流動通道22之內孔22A的縱向中心橫截面(即與流體入口80、流體出口20分開且與第一與第二紫外線發射器14、74分開之橫截面)而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高(請參見圖9B與9C)。因此，反應器70A中之輻射通量率可組配成在該流體速度比較高之區域中比較高且反應器70A中之輻射通量率可在該流體速度比較低之區域中比較低。因此，當流體通過反應器70A之流體流動通道22的內孔22A時施加在該流體上且隨著紫外線通量率及滯留時間(速度之倒數)改變的紫外線通量(紫外線劑量)可比較均一。

【0113】 圖7B顯示依據另一特定實施例之一反應器70B的橫截面圖。反應器70B在許多方面類似於反應器70A且反應器70B之類似形貌體用類似於反應器70A之符

號的符號來表示，但非全部這些符號均顯示在圖7B圖中。反應器70B與反應器70A之主要不同在於反應器70B具有與反應器70A之出口20不同地設置及成形的一流體出口20'及與反應器70A之出口80不同地設置及成形的一流體入口80'。詳而言之，反應器70B之出口20'與在此所述之反應器10B之出口20'(圖1B)相同且入口80'與此所述之反應器50B之入口60'(圖3B)相同，但入口80'係定向成與反應器50B之入口60'反平行。

【0114】 如圖7B所示，反應器70B可包括由流體流動通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體出口20'。流體出口20'可包含一出口孔20A'，該出口孔20A'設置在反應器70B之一出口端34且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體32之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器70B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體出口20'。這些流體出口20'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體出口20'。如同反應器10A之流體出口20的情形，流體出口20'及/或出口孔20A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，出口孔20A'及/或流體出口20'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0115】 如圖7B所示，反應器70B可包括由流體流動

通道22大致橫向地(即與該縱向流體流動方向24正交地)延伸之一流體入口80'。流體入口80'可包含一入口孔80A'，該入口孔80A'設置在反應器70B之一入口端38且由流體流動通道22之內孔界定壁28或由內孔界定壁28與殼體82之一組合界定。雖然未顯示在所示實施例中，但反應器70B可包含由流體流動通道22朝橫交(例如圓周)方向不同地且分開地延伸之多數流體入口80'。這些流體入口80'之各流體出口可類似於在此所示及所述之流體入口80'。如同反應器50B之流體入口60的情形，流體入口80'及/或入口孔80A'可由中心通道軸30橫向地分開(即朝向流體導管12之(多數)橫截面邊緣)。在某些實施例中，入口孔80A'及/或流體入口80'之這些位置可如流體流動通道22之內孔22A或流體導管12大致可允許地橫向遠離中心通道軸30。

【0116】 由於出口孔20A'及/或流體出口20'及/或入口孔80A'及/或流體入口80'具有這些性質，反應器70B可具有反應器70A之相同性質，即對設置成比較靠近出口20'(及第一紫外線發射器14)之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言且對設置成比較靠近入口80'(及第二紫外線發射器74)之流體流動通道22的內孔22A橫截面而言，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之某些位置(例如直接在出口孔20A'之上游或鄰近出口孔20A'之位置及/或直接在入口孔80A'之下游或鄰近入口孔80A'之位置)比較高且在比較靠近中心通道軸30之位置比較低。

對流體流動通道22之內孔22A的縱向中心橫截面而言(即對與入口80'及出口20'分開之橫截面而言)，該流體速度可在比較遠離中心通道軸30之位置比較低且在比較靠近中心通道軸30之位置比較高。在其他方面，反應器70B可具有類似在此所述之反應器70A形貌體的形貌體。

【0117】 圖11A至11C顯示依據特定實施例之具有調流器的多數示範反應器。圖11A顯示實質類似於反應器10B(圖1B)之一反應器10B'，但圖11A之反應器10B'包含在流體入口18附近之一調流器91。詳而言之，調流器91係設置在入口孔18A之下游，但調流器91可設置在流體入口18之入口導管18C中。調流器91可為一擋板，該擋板可成形及/或定位在朝向低通量率之區域之流動一部份的路徑上，以導引該流動(至少部份地)遠離低通量率之區域。此外，調流器91可成形及/或定位成在該等低與高通量率之區域間對該流體提供混合以防止該流動在接收低劑量之紫外線時通過該反應器。例如，調流器91可包含一三角翼形混合器、一扭帶形混合器及/或另一種形式之渦流產生器以便在該流動中產生多數渦流及協助流動混合。調流器91可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體入口附近(例如在其入口孔之下游)。圖11B顯示實質類似於反應器70B(圖7B)之一反應器70B'，但圖11B之反應器70B'包含在流體入口80附近之一調流器93及在流體出口20'附近之一調流器95。詳而言之，調流器93可設置在入口孔80A之上游，但調流器93可設置在流體入口

80附近之其他位置。調流器93可協助促進流體在流動通道22中之混合。調流器93可另外地或替代地將流動重新導向以藉此協助防止該流體流動朝向該反應器之底部溝流，其中在該反應器中間(在底部)之橫向位置可具有比較低通量率。此外，任何明顯流動溝流可有效地減少在該反應器中之流體的滯留時間且產生該紫外線劑量對該流體之非均一性。類似地，調流器95可設置在出口孔20A'之下游，但調流器95可設置在流體出口20'附近之其他位置。調流器95可對離開該反應器之流體流動提供某一阻力，藉此協助靠近該出口之流動混合。調流器93可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體入口附近。調流器95可適當地改變以使用於在此所述之任一反應器的流體出口附近。圖11C顯示實質類似於反應器70A(圖7A)之一反應器70A'，但圖11C之反應器70A'包含由其內孔界定壁28向內(例如向中心通道軸30)延伸之一調流器97。調流器97可設置成一環形且可將該流體流動重新導向通量率比靠近該反應器壁大之中心通道軸30並促進混合。如調流器97之調流器可放在具有低輻射通量率之流體流動通道22的區域，例如，靠近該外導管界定壁13以減少該調流器對阻擋紫外線輻射之影響。調流器97可使用於在此所述之任一反應器的流體流動通道22中。調流器91、93、95、97中之任一調流器可由紫外線反射或紫外線透射材料形成。

【0118】 在此所述之任一紫外線發光二極體反應器

實施例的本體或殼體可由鋁、不鏽鋼或如金屬、合金、高強度塑膠等任何其他足夠硬且堅固之材料形成。在某些實施例中，例如，在類似一管之一單一通道反應器中，它亦可由如抗紫外線PVC等可撓材料形成。此外，該紫外線發光二極體反應器之各種組件可由不同材料形成。另外，在此所述之任一紫外線反應器中可使用光觸媒結構以便進行紫外線活化光觸媒反應。該光觸媒可藉由固定在流體穿過之多孔質基材上及/或藉由固定在流體通過之固體基材上而加入該反應器中。再者，光觸媒可與靜態混合器組合以便為在此所述之任一紫外線反應器提供多功能組件。

【0119】 此外，該紫外線發光二極體反應器可加入不同峰波長之紫外線發光二極體以產生加乘效應來增加光反應效率。

【0120】 各種反應器實施例之流動通道及紫外線發光二極體陣列可配置成使得該流動暴露於所需數目之發光二極體。該設計可為一單一流動通道、串聯地或並聯地配置之多數流動通道、或多數流動通道之一堆疊體。傳送至一流體之總紫外線劑量可藉由調整流速及/或調整紫外線發光二極體功率、及/或開啟/關閉該等紫外線發光二極體之數目來控制。這設計可製造薄平面紫外線發光二極體反應器。例如，在某些實施例中，該紫外線發光二極體反應器可在幾何形狀及尺寸方面為一氈尖馬克筆之大小，且具有用於由一外部系統接收一流體及用於輸出被處理流體至一外部系統之入口及出口連接孔。

【0121】 該等通道之內壁可由具有高紫外線反射性之材料形成或被具有高紫外線反射性之材料塗覆以促進輻射傳送至該流體及協助達成在此所述之劑量均一性。舉例而言，適當反射材料可包括鋁、聚四氟乙烯(PTFE)、石英等。二相鄰流體流動通道可在一端連接，以便該流體由一通道流動至另一通道(流體多次通過該反應器)。

【0122】 在某些實施例中，有極小或無輻射通量率之該反應器的某些部份會被阻擋(例如填充)使得該流體未在這些區域中流動。這(有效地成形該等流體流動通道)可有助於防止該流體之一部份因在該等區域中花費部份之滯留時間而接收低劑量。

【0123】 圖13至18與20顯示依據其他特定實施例之一示範紫外線反應器100、一示範紫外線反應器200及一示範紫外線反應器300。紫外線反應器100、200與300之某些實施例可類似於上述反應器10A、10B、10B'、10C、70A及/或70B之實施例。為便於說明，紫外線反應器100與200之某些實施例可類似任一反應器10A、10B、10B'、10C、70A及70B之對應實施例地說明。這些實施例之任何組合係這揭示之一部份，使反應器100、200及/或300之實施例可與反應器10A、10B、10B'、10C、70A及/或70B之實施例互換且反之亦然。

【0124】 以下參照圖13與14說明紫外線反應器100之實施例。如圖所示，反應器100可包含可操作以傳送一消毒輻射(例如，紫外線輻射)劑量至移動通過反應器100

之一流體F的流體動力及光實施例。在此說明多數示範流體動力及光實施例。在某些實施例中，反應器100可包含：一本體110；及安裝在本體110中之一光單元170。例如，光單元170可將一消毒輻射朝延伸穿過本體110之一第一方向導引至一或多數流動通道中及/或當朝一第二方向流動通過該等通道時被流體F冷卻，其中該第一方向可與該第二方向反平行及/或相反。可想到並在以下說明本體110及光單元170之多數示範實施例。

【0125】 如圖13與14所示，本體110可包含：一入口130；一流動通道140；一插座150；及一出口160。以下說明本體110之各元件的例子。本體110可包括多數連接部份，且多數連接部份之全部或至少某些連接部份可由導熱或非導熱材料形成。例如，本體110之各連接部份可由包括任何習知PVC材料之抗紫外線及耐熱的一聚合材料形成。如圖14之分解圖及圖15之橫截面圖所示，反應器100可藉由將多數連接部份組裝在一起而製成。

【0126】 入口130可包含：在本體110之一端的一孔道132；及與孔道132相鄰之一接合結構134。如圖13與14所示，孔道132可沿Z軸延伸進入本體110之一端以便由一流體輸入導引流體F至流動通道140。孔道132可與流動通道140及/或該流體輸入之一輸入流動通道同軸。接合結構134可組配成使孔道132與該輸入流動通道連通，藉此容許該流體流入流動通道140。例如，流體F可藉由接合接合結構134及該流體輸入之一對應接合結構而由該輸入流動通

道輸入流動通道140。如圖13與14所示，該流體輸入可為該輸入管；且接合結構134可包括一形狀(例如，一多邊形)，且該形狀可收納在該輸入管之一對應形狀(例如，一對應多邊形)之接合結構中。

【0127】 流動通道140可包括導引流體F沿該Z軸通過本體110之一或多數部份。如圖15所示，流動通道140可包含：一第一部份142，其具有沿該Z軸延伸在入口130與插座150間之一第一橫截面積；及一第二部份144，其具有沿該Z軸延伸在插座150與出口160間之一第二橫截面積。第一部份142之第一橫截面積可與第二部份144之第二橫截面積不同以便界定一空腔152及/或流體動力地改變朝沿該Z軸之一方向移動通過流動通道140之流體F。在圖15中，例如，第一部份142之第一橫截面積為圓形，第二部份144之第二橫截面積為環形，且流動通道140包含延伸在其間之一過渡區域146。如圖所示，過渡區域146可包括一截頭錐形，第二部份142可包括一圓柱形，且兩形狀都可與該Z軸同軸。亦可使用任何適當圓形或非圓形。

【0128】 本體110之該等多數連接部份可界定空腔152且將光單元170可移除地安裝在空腔152中。例如，作為本體110之一部份，插座150亦可包括可組裝在一起及分離之多數連接部份。如圖14與15所示，插座150可包含：一第一端部154；一第二端部156；及一耦合器158。第一與第二端部154與156可與耦合器158接合以便在流

動通道140之第二部份144內界定內空腔152；且將光單元170可移除地安裝在空腔152中。例如，第一端部154可包括一第一組螺紋155，第二端部156可包括一第二組螺紋157，且耦合器158可包括可與第一與第二螺紋155與157接合之一第三組螺紋159。可在任何位置使用任何組態之螺紋。如圖14與15所示，第一組螺紋155可設置在該第一端部154之一外表面上；第二組螺紋157可設置在第二端部156之一外表面上；且第三組螺紋159可設置在耦合器158之一內表面上並可與螺紋155與157接合以組合插座150之該等多數連接部份。

【0129】 插座150之內空腔152可包含一安裝結構180，且該安裝結構180係組配成藉由在空腔152中維持單元170之位置來安裝光單元170。如圖14與16所示，安裝結構180可包括多數托架181，且該等托架181由內空腔152之內表面向外且朝向該Z軸延伸以結合光單元170之外表面。當流體F流動通過流動通道140時，結構180可防止光單元170側向地或軸向地沿該Z軸移動。例如，光單元170可包含定向成與Z軸垂直之一端面；當由流動通道140之第一部份142流入流動通道140之第二部份144時，流體F可施加一移動力至單元170；且安裝結構180可抵抗該等移動力。

【0130】 一或多數感測器151可設置在內空腔152中且組配成測量流體F及/或光單元170之特性。例如，一或多數感測器151可包含一紫外線感測器；且該紫外線感測

器可定位成與光單元170之一端相鄰以便測量由單元170發射之消毒輻射的量。可使用任何類型的感測器151。例如，一或多數感測器151可包含以下者之任一組合：一污染感測器；一消毒程度感測器；一流體速度感測器；一溫度感測器；及/或任何其他習知測量技術。感測器121可藉由包括延伸通過及/或埋在一部份插座150內之任何數目的線112的任何裝置來電氣地供電。

【0131】 如圖15所示，第一端部154之一端面可抵靠第二端部156之一端面使得第一螺紋155沿該Z軸與該第二螺紋157相鄰，形成一排螺紋。在這組態中，耦合器158可相對插座150之第一端部154及第二端部156旋轉使得第三螺紋159可與該排螺紋接合以界定內空腔152、將光單元170及感測器151密封在空腔152中且防止流體F漏出空腔152。例如，螺紋159可與螺紋155與157接合以便朝沿該Z軸之一方向施加維持力而在部份154與156之各端面間形成一密封。可使用黏著劑、膠帶及/或其他密封劑來強化該密封。

【0132】 非常類似入口130，出口160可包含：與流動通道140及/或該流體輸出之一輸出流動通道同軸的一孔道162。接合結構164可使出口160與該輸出流動通道連通。例如，流體F可藉由接合接合結構164及該流體輸出之一對應安裝結構而由內空腔152輸出至該輸出流動通道。如圖13與14所示，該流體輸出可為一管；且接合結構164可包含一形狀(例如，一多邊形)，且該形狀可收容

在該管之一對應形狀安裝結構中。

【0133】 如圖16所示，光單元170可包含：一殼體172；一發射器總成174；一或多數透鏡182；及一紫外線透射窗188。如圖16所示，光單元170可為可移除地安裝在插座150之內空腔152內的一獨立裝置。例如，如圖17所示，空腔152之一或多數內表面可附接在殼體172之一或多數外表面上，因此容許藉由分離插座150之該等多數連接部份而由反應器100獨立地移除及/或更換光單元170。

【0134】 光單元170之殼體172可包含一內腔室173。如圖16所示，內腔室173之內表面可在該等多數透鏡182中之二或二以上透鏡間由該等Z軸向外逐漸縮小。腔室173之內表面可在一或多數透鏡182中之二或二以上透鏡間；及/或在該等透鏡182中之至少一透鏡與發射器總成174間維持一空間配置。例如，一或多數透鏡182可包含與一第二透鏡186分開之一第一透鏡184；且腔室173之內表面可包含用於第一透鏡184之一第一安裝結構185及用於第二透鏡186之一第二安裝結構187。在這例子中，第一安裝結構185可維持第一透鏡184之一位置且第二安裝結構187可維持第二透鏡186之一位置。腔室173之內表面亦可導引該消毒輻射。例如，腔室173之內表面可包含在第一結構185與第二結構187間由該Z軸向外逐漸縮小之一截頭錐形及/或組配成將輻射由透鏡184導引至透鏡186之一反射表面或塗層。

【0135】 如圖16所示，發射器總成174可包含：一發射器175；一印刷電路板或PCB178；及一散熱器179。發射器175可包含依據這揭示之一固態紫外線發射器，包括依據在此提供之任何例子的任何數目之紫外線發光二極體。在圖16中，發射器175包含附接在印刷電路板178上之一熱產生面176及定向成朝向一或多數透鏡182之一輻射發射面177。印刷電路板178可密封腔室173之一端。例如，如圖16所示，印刷電路板178之一端面可藉由一黏著劑或用於密封腔室173之其他附接裝置而附接在殼體172之一端上。

【0136】 至少一部份印刷電路板178可導熱。例如，印刷電路板178可包括一導熱部份，且發射器175之熱產生面176可附接在該導熱部份上，藉此提供在面176與印刷電路板178間熱傳送之一導引裝置。如圖16所示，散熱器179可由與印刷電路板178之導熱部份熱耦合之一導熱材料(例如金屬)形成。散熱器179可界定組配成用於與流體F接觸的光單元170之一導熱外表面，藉此容許發射器175可與至少印刷電路板178、散熱器179及流體F熱耦合。在這組態中，安裝結構180可防止在散熱器179與本體110間之熱傳送。如圖15所示，安裝結構180之各托架181可由非導熱材料形成且在內空腔152與光單元170之非導熱表面間延伸使得散熱器179與本體110熱絕緣且仍被空腔152中之流體F包圍。

【0137】 一或多數透鏡182可包括沿該等Z軸分開之

不同透鏡以改變該消毒輻射。如圖16所示，第一透鏡184可為一聚光透鏡；且一第二透鏡186可為一準直透鏡。聚光透鏡184可與發射器175之熱產生面176相鄰且定位成接收及折射由其發射之一輻射。第二透鏡186可與聚光透鏡分開且定位成接收且進一步折射由面176發射之輻射。例如，準直透鏡186可具有一焦距 f_1 且可相對被聚光透鏡184折射之輻射的一焦點定位在比焦距 f_1 小之一距離 f' 。在這例子中，在準直透鏡186之焦距 f_1 與相對被聚光透鏡184折射之輻射焦點之距離 f' 間的一差距離($\Delta=f_1-f'$)可在該焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【0138】 如上所述，光單元170可包含定向成與該Z軸垂直之一端面。紫外線透射窗188可界定該端面。例如，窗188可由包括石英等之任何紫外線透射材料形成，該紫外線透射材料係組配成當流體F流動通過流動通道140時抵抗由流體F施加之力。如圖16所示，紫外線透射窗188可界定光單元170之端面且密封腔室173之另一端。例如，窗188可具有一圓柱形且腔室173之內表面可包括組配成可收納窗188之圓柱形的一安裝結構。單元170之端面可由窗188之一面向流體表面界定。此外，亦如圖16所示，例如，窗188可與殼體172之一外邊緣189一起操作以便將流體F由流動通道140之過渡區域146導引至流動通道140之第二部份144中。

【0139】 當反應器100操作時，流體F可：由該輸入源(例如，附接在入口130上之一管)流出；流過入口30之孔

道132；且朝沿該Z軸之一方向流入流動通道140之第一部份142，其中流體F在孔道132之流動特性可類似於流體F在第一部份142中之特性。在流動通道140之第一部份142中，流體F可暴露於由發射器總成174及一或多數透鏡182輸出之一消毒輻射劑量。流體F可接著：由第一部份142流出；流過流動通道140之過渡區域146；且流入通道140之第二部份144，其中流體F在孔道132之流動特性可與流體F在第二部份144中之特性不同。如圖16所示，流體F可被在過渡區域146內之窗188及/或邊緣189導引偏離該Z軸且進入第二部份144。

【0140】 第二部份144可導引流體F環繞光單元170之外表面。例如，上述第二部份144之第二橫截面積可由空腔152之內表面及光單元170之外表面界定以導引流體F環繞光單元170之導熱部份，例如散熱器180及/或印刷電路板178。這組態容許熱由發射器175傳送；由熱產生面176傳送；進入印刷電路板178之導熱部份；進入散熱器180；且最後進入流體F，該流體F可以快到足以散熱且亦未加熱本體110之某些部份的方式流動。流體F可接著沿該Z軸流出出口160且進入該流體出口(例如，附接在出口160之一管)。

【0141】 光單元170可輸出該消毒輻射至流動通道140中及/或流動通過通道140之任何流體F上。例如，該輻射可由發射器175發射且在通過紫外線透射窗189進入通道140前進一步藉由一或多數透鏡182改變。當操作

時，來自發射器總成174之熱可：由發射器175排出；到達印刷電路板178之導熱部份；到達散熱器179；且接著到達流體F。因此，因為當該流體F流動通過出口160時由光單元170帶走熱，所以可在操作反應器100時藉由使用流體F之流動來冷卻發射器175。

【0142】 以下參照在圖18中概念地顯示之一紫外線反應器設備200；及在圖20中概念地顯示之一紫外線反應器設備300說明其他實施例。紫外線反應器設備100之各變化例，例如設備200與300，可包括類似於設備100之元件的多數元件，但不論是否顯示這些元件，這些元件均在各200或300系列之數字內。

【0143】 如圖18所示，示範紫外線反應器設備200可包含：一本體210；及安裝在本體210中之多數光單元270。類似上述者，各光單元270可導引一消毒輻射進入延伸通過本體210之一或多數流動通道；且當流體F流過該等通道時被流體F冷卻。可想到本體210及光單元270之多種示範組態。

【0144】 如圖18所示，本體210可包含：一入口230；一流動通道240；一第一插座250A；一第二插座250B；及出口260。反應器200之入口230及出口260可類似於反應器100之入口130及出口160。例如，入口230可類似地包含沿該Z軸延伸進入本體210之一端中以便由一輸入管201導引流體F至流動通道240的一孔道232，及可與輸入管201接合之一接合結構234。而且，出口260可類似地包

含沿該Z軸延伸進入本體210之另一端中以便導引流體F進入一輸出管203的一孔道262，及可與輸出管203接合之一接合結構264。如圖18所示，反應器200之實施例可安裝成與輸入管201及輸出管203成一直線及/或配置成與該Z軸同軸。

【0145】 流動通道240可類似於流動通道140。在某些實施例中，流動通道240可類似地包含組配成沿該Z軸導引流體F通過本體110之多數部份。如圖18所示，流動通道240可包含：一第一部份240A，其具有沿該Z軸延伸在入口230與插座250A之間的一第一橫截面積；一第二部份240B，其具有沿該Z軸延伸在插座250B與出口260之間的一第二橫截面積；及一第三部份240C，其具有沿該Z軸延伸在插座250A與插座250B之間的一第三橫截面積。依據這揭示，流動通道240之各部份240A、240B與240C的配置及尺寸可在流體F流動通過通道240時改變該流體F之特性，包括流體F在各部份240A、240B與240C中之滯留時間。

【0146】 反應器200可包含多數光單元270。如圖18所示，一第一光單元270A可移除地安裝在第一插座250A中；且一第二光單元270B可移除地安裝在第二插座250B中。反應器200之光單元270A、270B及插座250A、250B可互相且與反應器100之光單元170及插座150類似或相同。例如，插座250A可為與插座250B相對之一鏡像且該光單元270A可與光單元270B相同，並可互換地安裝在其

中一插座250A或250B中，藉此容許流體F沿該Z軸朝任一方向流動。

【0147】 操作時，流體F可：由輸入管201被導引進入口230之孔道232；在流動通道240之第一部份240A中環繞第一光單元270A，用依據在此所述之任一實施例的流體F冷卻單元270A；進入通道240之第三部份240C，使流體F暴露於來自光單元270A與270B中之一或兩者的消毒輻射；在通道240之第二部份240B中環繞第二插座250B，用依據在此所述之任一實施例的流體F冷卻單元270B；及進入出口260之孔道262以便傳送至輸出管203。例如，該消毒輻射可沿藉該Z軸朝相反方向由第一與第二光單元270A與270B兩者同時地發射進入通道240之部份240C。

【0148】 如圖18所示，來自光單元270A與270B之熱可透過附接在其上之一散熱器279A或279B傳送至流體F。散熱器279A與279B可與本體210熱絕緣。例如，如上所述，光單元270A與270B可藉由延伸在本體210與光單元270A與270B之非導熱部份間的多數安裝結構280而安裝在流動通道240之各部份240A與240B中，藉此防止熱傳送至本體210。若需要額外之冷卻，則本體210可作為另一散熱器使用。例如，該等安裝結構280可導熱且延伸在本體210與單元270A與270B之導熱部份間，藉此允許熱傳送至本體210。

【0149】 此外，亦如圖18所示，一或多數感測器251

可設置在流動通道240之各部份240A與240B中且組配成可測量流體F及/或光單元170之特性。例如，一或多數感測器251可類似地包含一紫外線感測器；且該紫外線感測器可定位成與光單元170之一端相鄰以便測量由單元270A及/或270B發射之消毒輻射的量。可使用任一種感測器251且可藉由任何裝置供電。對反應器200而言，各部份240A與240B中之各感測器251可測量來自光單元270A與270B中之一或兩者之消毒輻射且可與一或多數處理器一起操作以便相應地改變單元270A或270B之效能。

【0150】 如圖20所示，示範紫外線反應器設備300可包含：一本體310；及多數光單元370，其安裝在本體310中。類似於上述者，各光單元370可導引一消毒輻射進入延伸通過本體310之一或多數流動通道；且當流體F流過該等通道時被流體F冷卻。可想到本體310及光單元370之多種示範組態。

【0151】 如圖20所示，本體310可包含：一入口330；一流動通道340；一第一插座350A；一第二插座350B；及出口360。反應器300之入口330、流動通道340及出口360可類似於反應器200之入口230、流動通道240及出口260。例如，流動通道340可類似地包含組配成沿該Z軸導引流體F通過本體110之多數部份。

【0152】 反應器300可包含多數光單元，且各光單元可包含至少一幅射源。如圖20所示，一第一光單元370A

可移除地安裝在第一插座350A中；且一第二光單元370B可移除地安裝在第二插座350B中。反應器300之光單元370A、370B及插座350A、350B可不同或類似。例如，插座350A可為與插座350B相對之一鏡像且該光單元370A可與光單元370B不同，並可互換地安裝在其中一插座350A或350B中，藉此容許流體F沿該Z軸朝任一方向流動。

【0153】 類似於光單元170，第一光單元370A可包含至少一固態輻射源373A。相反地，第二光單元370B可包含收容多數固態輻射源373B之一框架371B。如關於其中一固態輻射源373B之圖20所示，各源373B可包含：一殼體372B；一發射器總成374B；一或多數透鏡382B；及一紫外線透射窗388B。框架371B可與各殼體372B組合在一起或一體成形。例如，各源373B可為類似圖16之源的一獨立裝置。各發射器總成374B可安裝在反應器300之一導熱部份上。例如，類似於上述者，圖20之各發射器總成374B可包含安裝在一共用印刷電路板378B之一導熱部份上的一發射器375B，該共用印刷電路板378B可再附接在類似於反應器100之散熱器179的一散熱器379B上。在另一例子中，各發射器375B可與依據這揭示之自身的透鏡382B及窗388B組一起操作。另外，各發射器375B可包含附接在共用散熱器379B上之一單一印刷電路板378B。

【0154】 以下參照一示範消毒方法500說明其他實施例。為了便於說明，方法500之實施例係參照紫外線反

應器設備100說明，但亦可參照在此所述之任一設備類似地說明類似實施例。如圖19所示，方法500可包含以下步驟：由入口130導引流體F通過反應器100之流動通道140(一「導引步驟」520)；使流體F暴露於由光單元170射入流動通道140之紫外線輻射，光單元170係安裝在流動通道140之空腔152中且包括：用於發射紫外線輻射之一固態輻射源，及與該固態輻射源熱耦合之至少一導熱部份(一「暴露步驟」540)；使流體F至少部份地環繞光單元170流動至出口160使得光單元170之該至少一導熱部份與流體F熱耦合(一「分流步驟」560)；及用流體F冷卻光單元170(一「冷卻步驟」580)。以下說明步驟520、540、560、580之示範實施例。

【0155】 導引步驟520可包含用於接受及/或導引流體F之多數中間步驟。如上所述，流動通道140之各部份的配置及尺寸、流動通道140在空腔152中之位置、及安裝結構180及/或托架181之形狀可單獨地或共同地組配成在步驟520時改變流體F。因此，步驟520可更包含使流體F用與由該光單元170發射之紫外線輻射強度正相關的一速度流動。

【0156】 暴露步驟540可包含用於使流體F暴露於該消毒輻射劑量之多數中間步驟。例如，該固態輻射源可包含一固態紫外線發射器(例如，發射器175)，且步驟540可包含使該固態紫外線發射器發射紫外線輻射。步驟540亦可包含透過例如聚光透鏡184及/或準直透鏡186之一

或多數透鏡182中的一或多數透鏡輸出輻射。例如，步驟540可包含藉由該一或多數透鏡182使該發射之紫外線輻射折射。在另一例子中，暴露步驟540亦可包含透過紫外線透射窗188輸出紫外線輻射及/或使在該流動通道140中之一位置的一輻射強度與該通道140位置之流體F的一速度配合。例如，一或多數透鏡182可經組配以使強度與通道140中之速度配合。

【0157】 分流步驟560可包含用於使流體F環繞光單元170流動及/或流出出口160之多數中間步驟。例如，步驟560可包含將光單元170安裝在空腔152中及/或當流體F流過通道140之多數部份時改變流體F之特性，例如速度或溫度。

【0158】 冷卻步驟580可包含用於由光單元170移除熱之多數中間步驟。例如，步驟580可包含透過光單元170之導熱部份將熱由光單元170傳送至流體F。在某些實施例中，步驟580可包含透過延伸在光單元170之導熱部份與本體110之一導熱部份間的一導熱安裝結構(例如，類似於結構180)，將該熱之一部份由光單元170傳送至本體110。

【0159】 方法500亦可包含其他步驟。例如，光單元170可移除地安裝在空腔152中，且方法500可更包含：使該流體F至少部份地環繞該安裝單元170流動；由空腔152移除及更換單元170；及相關中間步驟。

【0160】 依據在此所述之實施例，可使用設備10A、

10B、10B'、10C、70A、70B、100、200或300之任何組合；及適合該組合之方法500的任何重複來消毒流體F。某些實施例已參照特定輻射源及流體說明了。例如，該輻射源可包括如一紫外線發光二極體之一固態輻射源且該流體可包括水。如上所述，這些例子係為方便起見而提供且非意圖限制本揭示。例如，該輻射源亦可包含任何其他紫外線輻射源，例如包含一紫外線透射材料之一光纖電纜，且該紫外線透射材料係組配成可由如紫外線雷射產生器之一來源透射該紫外線輻射。任一種流體可進行類似改變。例如，該消毒輻射可包含適合供一特定流體使用或移除一特定污染物之紫外線及/或非紫外線輻射的任何組合。

【0161】 以下說明多數其他設備及方法實施例。在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如，紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多

數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0162】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可組配成藉由以下一或多數者提供該輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。

【0163】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及設置成接收由該聚光透鏡發射之輻射的一準直透鏡且其中該準直透鏡相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距 f_1 小的一距離 f' 。

【0164】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中在該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之焦距 f_1 間的一差距離($\Delta=f_1-f'$)可在該焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【0165】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡的平面側都面向該紫外線發射器且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡的光軸與該中心通道軸同軸。

【0166】 該紫外線反應器可包含在與該固態紫外線發射器之一側相對的該平凸透鏡一側上的一氣隙及使該氣隙與該流體流動通道中之流體流動分開的一紫外線透射窗。

【0167】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。

【0168】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【0169】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該一或多數透鏡可包含定位成較靠近該紫外線發射器以便由該紫外線發射器接收輻射之一第一透鏡及定位

成比較遠離該紫外線發射器以便由該第一透鏡接收輻射之一第二透鏡，且該固態紫外線發射器、該第一透鏡及該第二透鏡之光軸與該中心通道軸同軸。

【0170】 在某些實施例中，該第二透鏡可相對由該第一透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。

【0171】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該第二透鏡相對該第一透鏡之焦點的一間距 f' 可比該第二透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該第二透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【0172】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該流體流動通道之該內孔可在至少其縱向中心部份中具有圓形橫截面且其中該固態紫外線發射器之主要光軸、該一或多數透鏡之光軸及該中心通道軸係同線。

【0173】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該流體入口可包含：一或多數入口孔，其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接用於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其延伸在該一或多數入口孔與該一或多數連接孔之間；且該流體出口可包含：一或多數出口孔，其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及一或

多數出口導管，其延伸在該一或多數出口孔與該一或多數連接孔之間。

【0174】 在某些實施例中，該紫外線反應器可包含一殼體，用於支持該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件使得該固態紫外線發射器之該主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊，該殼體包含一紫外線透射窗，用於使該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件與該流體流動通道中之流體流動分開。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且該流體導管在其一端可包含一橫截面壁，該橫截面壁界定該流體入口之該一或多數入口孔，該一或多數入口孔係居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【0175】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且該流體導管在其一端可包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體入口，該流體入口之該一或多數入口孔係居中地設置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【0176】 在某些實施例中，該一或多數入口孔可居中

地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。例如，該一或多數入口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該一或多數入口孔係相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱。

【0177】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該流體出口之一出口孔可由該外導管界定壁與該殼體之一組合界定使得該出口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置。例如，該流體出口可被該外導管界定壁與該殼體之一組合，使得該流體出口之一出口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置。

【0178】 在某些實施例中，該流體出口之該出口孔可設置成如該流體流動通道之內孔允許地遠離該中心通道軸；該殼體可被一或多數托架支持，該一或多數托架由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體；及/或該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該出口導管。在某些實施例中，該流體出口之該出口導管可在該出口孔與該一或多數連接孔間之位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面係由該外導管界定壁及該殼體界定。

【0179】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：對設置成比較靠近該一或多數入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且對設置成比較靠近該出口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道

軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。例如，比較遠離該中心通道軸之該至少某些位置可包含直接在該出口孔之上游或鄰近該出口孔之位置。

【0180】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該流體出口之流體出口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體熱接觸，且其中該殼體再與該固態紫外線發射器直接或間接熱接觸(例如透過安裝該固態紫外線發射器之一印刷電路板)以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。例如，安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。

【0181】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定用於該流體出口之該一或多數出口孔，該一或多數出口孔居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【0182】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動

方向相同之方向上；且該流體導管可在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體出口，該流體出口之該一或多數出口孔居中地設置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。例如，該一或多數出口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【0183】 在另一例子中，該一或多數出口孔可居中地設置在該橫截面壁中使得該一或多數入口孔相對位在該中心通道軸上之一點圓形地對稱；該流體入口之一入口孔可由該外導管界定壁與該殼體之一組合界定使得該入口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置；該流體入口可被該外導管界定壁與該殼體之一組合支持，使得該流體入口之一入口孔設置在與該中心通道軸橫向地分開之一位置；該流體入口之該入口孔可設置成如該流體流動通道之內孔允許地遠離該中心通道軸；該殼體可被一或多數托架支持，該一或多數托架由該流體導管之外導管界定壁延伸至該殼體；及/或該一或多數托架可延伸通過該流體出口之該入口導管。

【0184】 在某些實施例中，該流體入口之入口導管可在該入口孔與該一或多數連接孔間之多數位置具有大致環形橫截面，其中這些橫截面係由該外導管界定壁及該殼體界定。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中：對設置成比較靠近該一或多數出口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道

軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且對設置成比較靠近該入口孔之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之某些位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【0185】 在某些實施例中，比較遠離該中心通道軸之至少某些位置可包含直接在該入口孔之下游或鄰近該入口孔的多數位置。例如，該流體入口之流體入口導管可部份地由該殼體界定或與該殼體直接或間接熱接觸(例如透過安裝該固態紫外線發射器之一印刷電路板)且其中該殼體再與該固態紫外線發射器熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。

【0186】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)可提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其可包含設置在該流體流動通道中之一或多數調流器，該一或多數調流器係成形及/或設置成用於改變與該一或多數調流器相鄰之流體流動通道之區域中的流體流動的局部速度特性。例如，該一或多數調流器可包含：一環或擋板，其由該流體流動通道之該內孔延伸；一環或擋板，其直接設置在一入口孔之下游；一環或擋板，其設置在該流體出口之一出口導管中；及/或一環或擋板，其設置在該流體入口之一入口導管

中。在某些實施例中，該一或多數調流器可包含一或多數三角翼形混合器及一扭帶形混合器以便在該流體流動中產生多數渦流。

【0187】 在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其包含：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡，該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑中，用以由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡係組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設置成比較靠近該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該第二固態紫外線發射器之該流體流動通道的內孔第二橫截面而言，該第二輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。例如，該固態紫外線發射器之主要光軸、該第二固態紫外線發射器之主要光軸、該一或多數透鏡之光軸、該一或多數第二透鏡之光軸及該中心通道軸可同軸。

【0188】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過

該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法可包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之內孔內提供一幅射通量率分布曲線；其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之流體流動通道的內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離一中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道

軸之位置比較高。

【0189】 在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該紫外線反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多數第一透鏡係定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；其中該一或多數第二透鏡係定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同之方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線

發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。例如，該流體出口之出口導管及該流體入口之入口導管的橫截面可為環形。

【0190】 在某些實施例中，該流體入口之入口孔及該流體出口之出口孔可設置成朝向該流體導管之一橫交橫截面邊緣；且對設置成比較靠近該流體入口且比較靠近該流體出口之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之某些位置(例如直接在該出口孔之上游或鄰近該出口孔之位置且直接在該入口孔之下游或鄰近該入口孔的位置)比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對該流體流動通道之內孔的縱向中心橫截面而言，該流體速度可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0191】 在某些實施例中，該一或多數第一透鏡、該一或多數第二透鏡及該流體流動通道之一縱向尺寸可組配成使得：對設置成比較靠近該第一紫外線發射器之該流

體流動通道的內孔橫截面而言且對設置成比較靠近該第二紫外線發射器之該流體流動通道的內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且對該流體流動通道之該內孔的縱向中心橫截面而言，該輻射通量率分布曲線可在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【0192】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法可包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射通過該一或多數第一透鏡且因此使該第

一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射通過該一或多數第二透鏡且因此使該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【0193】 在某些實施例中，提供一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器。該紫外線反應器可包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一

縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上且藉此在該流體流動通道之內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且其中該一或多數透鏡包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0194】 在某些實施例中，該平凸透鏡可相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。在某些實施例中，提供一種紫外線反應器，其可包含：一第二固態紫外線發射器，其具有可定向成與該固態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡，該一或多數第二透鏡定位在由該第二固態紫外線發射器發射之輻射的一第二輻射路徑

中，用於由該第二固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上且因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡可包含定位成由該第二紫外線發射器接收輻射之一第二半球透鏡及定位成由該第二半球透鏡接收輻射之一第二平凸透鏡，且該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側都面向該第二紫外線發射器並且該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。例如，該第二平凸透鏡可相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' ；且該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的一第二間距 f_2' 可比該第二平凸透鏡之固有焦距 f_2 小一第二差距離 Δ_2 且該第二差距離 Δ_2 係在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。

【0195】 在某些實施例中，提供一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體。該方法包含以下步驟：提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向

延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一幅射通量率分布曲線；其中該一或多數透鏡包含一半球透鏡及一平凸透鏡且該方法包含以下步驟：將該半球透鏡定位成由該紫外線發射器接收輻射；將該平凸透鏡定位成由該半球透鏡接收輻射；將該半球透鏡及平凸透鏡之平面側定向成面面向該紫外線發射器；及使該固態紫外線發射器、該半球透鏡及該平凸透鏡對齊以使其光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【0196】 例如，定位該平凸透鏡可包含將該平凸透鏡相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。在某些實施例中，該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 可比該平凸透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 可在該平凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【0197】 在某些實施例中，該方法可包含以下步驟：一第二固態紫外線發射器，其具有定向成與該固態紫外線發射器之主要光軸反平行的一第二主要光軸；及一第二輻

射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；透過該一或多數第二透鏡由該第二固態紫外線發射器導引第二輻射且藉此使該第二輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上並因此在該流體流動通道之內孔內提供一第二輻射通量率分布曲線；其中該一或多數第二透鏡包含一第二半球透鏡及一第二平凸透鏡且該方法包含以下步驟：將該第二半球透鏡定位成由該第二紫外線發射器接收第二輻射；將該第二平凸透鏡定位成由該第二半球透鏡接收第二輻射；將該第二半球透鏡及第二平凸透鏡之平面側定向成都面向該第二紫外線發射器；及使該第二固態紫外線發射器、該第二半球透鏡及該第二平凸透鏡對齊以使其光軸與該中心通道軸同軸。

【0198】 例如，定位該第二平凸透鏡可包含將該第二平凸透鏡相對由該第二半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_2 小之一第二距離 f_2' 。在某些實施例中，該方法可包含該第二平凸透鏡相對該第二半球透鏡之焦點的一第二間距 f_2' ，其可比該第二平凸透鏡之固有焦距 f_2 小一第二差距離 Δ_2 且該第二差距離 Δ_2 可在該第二平凸透鏡之焦距 f_2 之10%至35%的範圍內。

【0199】 在某些實施例中，提供一種使用該紫外線反應器之方法，其包含將該紫外線反應器安裝在朝一第一方向延伸之一現有流體流動導管中，其中將該紫外線反應器安裝在該現有流體流動導管可包含以下步驟：由該現有導管移除該現有導管之一部份以暴露該現有導管之一上游

部份及該現有導管之一下游部份，該上游部份及該下游部份朝該第一方向大致互相對齊；連接該紫外線反應器之流體入口及該現有導管之該上游部份的一端；及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的一端；其中連接該紫外線反應器之該流體入口及該現有導管之該上游部份的該端及連接該紫外線反應器之該流體出口及該現有導管之該下游部份的該端共同地包含使該流體流動之縱向與該第一方向對齊。

【0200】 雖然藉由特定形貌體及流體流動通道組態或透鏡組態等提出在此說明之實施例，但應了解的是在此所述之形貌體及組態的任何其他適當組合可存在一紫外線發光二極體反應器中及/或其使用與製造方法中。雖然已說明多數示範實施例，但所屬技術領域中具有通常知識者可知道其某些修改、置換、添加及子組合。因此意圖是以下附加申請專利範圍及後來加入之申請專利範圍的範圍不應受限於在該等例子中提出之實施例，而是應給予與全體說明一致之最廣義解釋。

【符號說明】

【0201】

10A-D, 10B', 50A-D, 70A, 70A' 70B, 70B' ...反應器

12...流體導管

13...外導管界定壁

14...(固態)紫外線發射器

14A...電路板

- 16...輻射聚焦元件
- 16A...(聚焦)透鏡
- 17...半球透鏡
- 17A, 19A...平面側
- 18, 18', 18'', 18''', 60, 60', 60'', 60''', 80, 80'...流體入口
- 18A, 60, 60A, 60A', 60A'', 60A''', 80A, 80A'...入口孔
- 18B, 20B, 20B', 20B''', 60B, 80B...連接孔
- 18C, 60C, 80C...入口導管
- 19...平凸透鏡
- 20, 20', 20'', 20''', 58, 58', 58'', 58''...流體出口
- 20A, 20A', 20A'', 20A''', 58A...出口孔
- 20C, 20C'', 20C''...出口導管
- 21...氣隙
- 22...流體流動通道
- 22A...內孔
- 22B...縱向中心部份
- 23...焦點
- 24...縱向；縱向流動方向
- 26...輻射
- 28...內孔界定壁
- 30...中心通道軸
- 32, 82, 172, 372B...殼體
- 32A...紫外線透射窗(組件)

34...出口端

36...橫截面壁

38...入口端

40, 181...托架

64...縱向流動方向；流體流動方向

74...第二(固態)紫外線發射器

76...第二輻射聚焦元件

76A...第二透鏡

91, 93, 95, 97...調流器

100, 200, 300...反應器；紫外線反應器設備

110, 210, 310...本體

112...線

130, 230, 330...入口

132, 162, 232, 262...孔道

134, 164, 234, 264...接合結構

140, 240, 340...流動通道

142, 240A...第一部份

144, 240B...第二部份

146...過渡區域

150...插座

151, 251...感測器

152...(內)空腔

154...第一端部

155...第一(組)螺紋

156...第二端部
157...第二(組)螺紋
158...耦合器
159...第三(組)螺紋
160, 260, 360...出口
170, 270, 370...光單元
173...(內)腔室
174, 374B...發射器總成
175, 375B...發射器
176...熱產生面
177...輻射發射面
178, 378B...印刷電路板(PCB)
179, 179B, 279A, 279B...散熱器
180, 280...安裝結構
182, 382B...透鏡
184...第一透鏡(聚光透鏡)
185...第一安裝結構
186...第二透鏡(準直透鏡)
187...第二安裝結構
188, 388B...紫外線透射窗
189...外邊緣
201...輸入管
203...輸出管
240C...第三部份

250A, 350A...第一插座

250B, 350B...第二插座

270A, 370A...第一光單元

270B, 370B...第二光單元

371B...框架

373A, 373B...固態輻射源

500...方法

520...導引步驟

540...暴露步驟

560...分流步驟

580...冷卻步驟

f' ...距離(間距)

f_2' ...第二距離(間距)

f_1, f_2 ...焦距

F...流體

Δ ...差距離

Δ_2 ...第二差距離

【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種設備，其包含：

一本體，其沿著一流路延伸在一第一端及沿著該流路與該第一端相對之一第二端間，該第一端包含沿著該流路之一入口，該第二端包含沿著該流路之一出口；

一流動通道，其在該本體內沿著該流路延伸以將一流體由該入口導引至該出口；及

一固態輻射源，其可安裝在該流動通道之一空腔中以便將輻射沿著該流路射入該流動通道，該固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該流體接觸。

【第2項】 如請求項1之設備，其中該固態輻射源係一固態紫外線發射器。

【第3項】 如請求項1或2之設備，更包含一或多數透鏡，該一或多數透鏡可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射。

【第4項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡係組配成當該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，使在該流動通道中之一位置的輻射通量率與在該流動通道中之該位置的流體速度相關。

【第5項】 如請求項1至4中任一項之設備，其中該空腔係由該流動通道之多數內表面界定，且該流動通道之該等內表面係組配成使該流體環繞該固態輻射源流動且當該

流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時與該固態輻射源之導熱部份接觸。

【第6項】 如請求項5之設備，其中該空腔之該等內表面可與該固態輻射源之多數外表面接合以便在該流體由該入口流動至該出口且該固態輻射源安裝在該空腔中時，維持該固態輻射源相對該流動通道之一位置。

【第7項】 如請求項1之設備，其中：

該固態輻射源係收容在在一光單元中，該光單元包含該導熱部份及可定位成使來自該固態輻射源之該輻射折射的一或多數透鏡，及

該光單元可分離地安裝在該空腔中。

【第8項】 如請求項7之設備，更包含一安裝結構，該安裝結構延伸在該空腔之該等內表面與該光單元之該等外表面間以便當該流體由該入口流動至該出口且該光單元安裝在該空腔中時維持該光單元相對該流動通道之一位置。

【第9項】 如請求項7或8之設備，其中當該光單元安裝在該空腔中時，該光單元之該導熱部份與該空腔之該等內表面分開。

【第10項】 如請求項9之設備，其中當該固態輻射源可移除地安裝在該第二段部中時，該固態輻射源之該導熱部份與該空腔之多數內表面分開。

【第11項】 如請求項1至10中任一項之設備，其中該入口及該出口可安裝成與一管成一直線。

【第12項】 如請求項1至11中任一項之設備，其中該空腔係一第一空腔，該固態輻射源係一第一固態輻射源，該輻射係一第一輻射，該流動通道界定一第二空腔，且該設備更包含：

一第二固態輻射源，其可安裝在該第二空腔中以便沿著該流路將一第二輻射射入該流動通道，該第二固態輻射源包含一導熱部份，該導熱部份係定位成當該流體由該入口流動至該出口且該第二固態輻射源安裝在該第二空腔中時與該流體接觸。

【第13項】 如請求項12之設備，其中，當該第一固態輻射源安裝在該第一空腔中且該第二固態輻射源定位在該第二空腔中時：

該第一固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第一方向發射該第一輻射，

該第二固態輻射源係定位成沿著該流路朝一第二方向發射該第二輻射，且

該第一方向與該第二方向不同。

【第14項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡包含：一聚光透鏡，其定位成由該固態輻射源接收輻射；及一準直透鏡，其設置成接收被該聚光透鏡折射之輻射。

【第15項】 如請求項14之設備，其中該聚光透鏡與該固態輻射源整合在一起。

【第16項】 如請求項3之設備，其中該一或多數透鏡包含具有至少一部份凸面透鏡之一透鏡、一圓頂透鏡、一

平凸透鏡及一菲涅耳(Fresnel)透鏡中之一或多數透鏡。

【第17項】 如請求項1至16中任一項之設備，其中該固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份對該等多數固態輻射源而言為共用或個別化。

【第18項】 一種光單元，其包含：

一殼體，其包含一空腔；

一印刷電路板，其在該空腔中附接在該殼體之一第一端；

一固態輻射源，其在該空腔之該第一端且附接在該印刷電路板上並與該印刷電路板之一導熱部份熱耦合；

一第一透鏡，其在該空腔中且定位成與該固態輻射源相鄰以折射由該固態輻射源發射之輻射；

一第二透鏡，其在該空腔中且與該第一透鏡分開並定位成折射由該固態輻射源發射且被該第一透鏡折射之輻射；及

一紫外線透射組件，其在該空腔之一第二端附接在該殼體之一第二端。

【第19項】 如請求項18之光單元，其中該光單元可移除地安裝在一流體導管之一空腔中使得該流體導管中流動之流體環繞該單元流動。

【第20項】 如請求項18之光單元，其中該固態輻射源包含多數固態輻射源且該導熱部份對該等多數固態輻射源而言為共用或個別化。

【第21項】 一種紫外線(UV)反應器，其包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及

一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

其中該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一幅射通量率分布曲線；且

其中該一或多數透鏡係組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中，當該固態紫外線發射器發射輻射時：

對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射

通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第22項】 一種紫外線(UV)反應器，其包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及

一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

其中該流體導管可包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔；

其中該一或多數透鏡係定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中且因此在該流體流動通道之一內孔內提供一幅射通量率分布曲線；且

其中該固態紫外線發射器在該紫外線發射器之該輻射路徑中具有一中心光軸，該中心光軸朝該縱向由該固態紫外線發射器之發射區域的形心延伸通過一或多數光透鏡之形心，且當該固態紫外線發射器發射輻射時：

對比較靠近該固態紫外線發射器之該固態紫外線發射器的該輻射路徑中的位置而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心光軸之位置比較高且在比較靠近該中心光軸之位置比較低；且

對比較遠離該固態紫外線發射器之該固態紫外線發射器的該輻射路徑中的位置而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心光軸之位置比較低且在比較靠近該中心光軸之位置比較高。

【第23項】 如請求項21或22或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡係組配成藉由以下一或多數者提供該輻射通量率分布曲線：由多數透鏡種類中選擇該一或多數透鏡；該一或多數透鏡之形狀；該一或多數透鏡之位置；及該一或多數透鏡之折射率。

【第24項】 如請求項21至23中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該固態紫外線發射器包含多數固態發射器。

【第25項】 如請求項21至24中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含設置成由該紫外線發射器接收輻射之一聚光透鏡及設置成由該聚光透鏡接收輻射之一準直透鏡且其中該準直透鏡係相對由該聚光透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其焦距 f_1 小的一距離 f' 。

【第26項】 如請求項25或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該準直透鏡相對該焦點之位置 f' 與該準直透鏡相對該焦點之該焦距 f_1 間的一差距離($\Delta=f'$)係在該焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【第27項】 如請求項21至26中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含定位成由

該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡或一菲涅耳(Fresnel)透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡或該菲涅耳透鏡的光軸與該中心通道軸同軸。

【第28項】 如請求項27或在此任一其他項之紫外線反應器，更包含：一氣隙，其在該平凸透鏡與該固態紫外線發射器之一側相對的一側上；及一紫外線透射窗，其使該氣隙與該流體流動通道中之該流體流動分開。

【第29項】 如請求項27至28中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該平凸透鏡係相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 F 小之一距離 f' 。

【第30項】 如請求項29或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該平凸透鏡相對該半球透鏡之該焦點的一間距 f' 比該平凸透鏡之該固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平凸透鏡之該焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【第31項】 如請求項21至30中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該一或多數透鏡包含：一第一透鏡，其定位成比較靠近該紫外線發射器以便由該紫外線發射器接收輻射；及一第二透鏡，其定位成比較遠離該紫外線發射器以便由該第一透鏡接收輻射，且該固態紫外線發射器、該第一透鏡及該第二透鏡之光軸與該中心通道軸同軸。

【第32項】 如請求項31或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該第二透鏡係相對由該第一透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。

【第33項】 如請求項21至32中任一項或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該流體入口包含：一或多數入口孔，該流體入口透過該一或多數入口孔通入該流體流動通道之該內孔；一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接用於提供流體至該反應器之一外流體系統；及一或多數入口導管，其可延伸在該一或多數入口孔與該一或多數連接孔之間；且

該流體出口可包含：

一或多數出口孔，該流體出口透過該一或多數出口孔通入該流體流動通道之該內孔；

一或多數連接孔，該紫外線反應器可透過該一或多數連接孔連接於一外輸出流體系統，且流體由該反應器流動至該外輸出流體系統；及

一或多數出口導管，其延伸在該一或多數出口孔與該一或多數連接孔之間。

【第34項】 如請求項33或在此任一其他項之紫外線反應器，更包含一殼體，用於支持該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件使得該固態紫外線發射器之該主要光軸至少與該中心通道軸大致對齊，該殼體包含一紫外線透射窗，用於使該固態紫外線發射器及該輻射聚焦元件與該流

體流動通道中之流體流動分開。

【第35項】 如請求項34或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器係設置成比較靠近該流體出口且比較遠離該流體入口，且該固態紫外線發射器之主要光軸係定向成與該縱向流體流動方向大致反平行；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定該流體入口之該一或多數入口孔，該一或多數入口孔係居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數入口孔之一中心。

【第36項】 如請求項35或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

對設置成比較靠近該一或多數入口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高；且

對設置成比較靠近該一或多數出口孔之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該流體速度在比較遠離該中心通道軸之至少某些位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低。

【第37項】 如請求項35或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該流體出口之該流體出口導管係部份地由該殼體界定或與該殼體熱接觸，且其中該殼體再與該固態紫外線發射器直接或間接(例如透過安裝該固態紫外線發射

器之一印刷電路板)熱接觸以便將熱由該固態紫外線發射器移除及將該熱傳送至該流體。

【第38項】 如請求項35或在此任一其他項之紫外線反應器，其中安裝該紫外線發射器之一印刷電路板(PCB)提供該殼體或該出口導管之一壁的至少一部份使得該流體與安裝該紫外線發射器之該印刷電路板熱接觸。

【第39項】 如請求項34或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之該主要光軸係定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁界定用於該流體出口之該一或多數出口孔，該一或多數出口孔居中地設置在該橫截面壁中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【第40項】 如請求項34或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該固態紫外線發射器可設置成比較靠近該流體入口且比較遠離該流體出口，且該固態紫外線發射器之該主要光軸定向成與該縱向流動方向大致平行且在與該縱向流動方向相同之方向上；且

該流體導管在其一端包含一橫截面壁，該橫截面壁支持該流體出口，該流體出口之該一或多數出口孔居中地設

置在該內孔之一橫截面中使得該中心通道軸通過該一或多數出口孔之一中心。

【第41項】 一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該紫外線反應器包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；

一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；

一第二固態紫外線發射器；及

一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；

其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數第一透鏡係定位在由該第一固態紫外線發射器發射之第一輻射的一輻射路徑中，用於由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

其中該一或多數第二透鏡係定位在由該第二固態紫外線發射器發射之第二輻射的一輻射路徑中，用於由該第

二固態紫外線發射器導引該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

一第一殼體，用於支持該第一固態紫外線發射器使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及

一第二殼體，用於支持該第二固態紫外線發射器使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

【第42項】 如請求項41或在此任一其他項之紫外線反應器，其中該流體出口之該出口導管及該流體入口之該入口導管的橫截面係環形。

【第43項】 一種用於藉由紫外線輻射照射一流體流之紫外線(UV)反應器，該反應器包含：

一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；

一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及

一幅射聚焦元件，其包含一或多數透鏡；

其中該流體導管包含一流體入口、一流體出口及設置在該入口與該出口間之一縱向延伸流體流動通道，該流體流動通道朝一縱向延伸以允許該流體朝一縱向流動通過該流體流動通道之一內孔且該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

其中該一或多數透鏡定位在由該固態紫外線發射器發射之輻射的一輻射路徑中，用於由該固態紫外線發射器導引輻射照射在該流體流動通道中且藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一輻射通量率分布曲線；且

其中該一或多數透鏡包含定位成由該紫外線發射器接收輻射之一半球透鏡及定位成由該半球透鏡接收輻射之一平凸透鏡，且該半球透鏡及平凸透鏡之平面側都面向該紫外線發射器並且該固態紫外線發射器、該半球透鏡及平凸透鏡的光軸與該中心通道軸平行，且在某些情形中與該中心通道軸同軸。

【第44項】 如請求項43或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該平凸透鏡係相對由該半球透鏡發射之輻射的一焦點定位在比其固有焦距 f_1 小之一距離 f' 。

【第45項】 如請求項43或在此任一其他項之紫外線反應器，其中：

該平凸透鏡相對該半球透鏡之焦點的一間距 f' 比該平凸透鏡之固有焦距 f_1 小一差距離 Δ 且該差距離 Δ 係在該平

凸透鏡之焦距 f_1 之10%至35%的範圍內。

【第46項】 如請求項21至45中任一項之紫外線反應器，更包含設置在該流體流動通道中之一或多數調流器，該一或多數調流器係成形及/或設置成用於改變與該一或多數調流器相鄰之該流體流動通道之多數區域中的該流體流動的局部速度特性。

【第47項】 如請求項21至46中任一項之紫外線反應器，其中該一或多數第一透鏡、該一或多數第二透鏡及該流體流動通道之一縱向尺寸係組配成使得：

對設置成比較靠近該第一紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言且對設置成比較靠近該第二紫外線發射器之該流體流動通道的該內孔橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對該流體流動通道之該內孔的縱向中心橫截面而言，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第48項】 一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體，該方法包含以下步驟：

提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；及一輻射聚焦元件，其包含一或多數透

鏡；

透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

由該固態紫外線發射器導引輻射通過該一或多數透鏡且因此使該輻射照射在該流體流動通道中流動之該流體上及藉此在該流體流動通道之該內孔內提供一幅射通量率分布曲線；

其中該一或多數透鏡可組配成提供該輻射通量率分布曲線，其中：

對設置成比較靠近該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對一第一橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較高且在比較靠近該中心通道軸之位置比較低；且

對設置成比較遠離該固態紫外線發射器之該流體流動通道之該內孔橫截面而言(例如對設置成比該第一橫截面遠離該固態紫外線發射器之一第二橫截面而言)，該輻射通量率分布曲線在比較遠離該中心通道軸之位置比較低且在比較靠近該中心通道軸之位置比較高。

【第49項】 一種使用一紫外線(UV)反應器之方法，

用於藉由紫外線輻射照射移動通過該反應器之一流體以藉此處理該流體，該方法包含以下步驟：

提供一紫外線反應器，該紫外線反應器包含：一流體導管，其至少部份地由一外導管界定壁界定以允許一流體流動通過其中；一第一固態紫外線發射器(例如紫外線發光二極體或UV-LED)；一第一輻射聚焦元件，其包含一或多數第一透鏡；一第二固態紫外線發射器；及一第二輻射聚焦元件，其包含一或多數第二透鏡；

透過一流體入口將該流體導入一縱向延伸流體流動通道之一內孔，藉此容許該流體朝一縱向流動通過該縱向延伸流體流動通道及透過一流體出口由該流體流動通道移除該流體，該流體出口設置在該流體流動通道與該入口相對之一縱向相對端，其中該流體流動通道具有一中心通道軸，該中心通道軸朝該縱向延伸通過在該內孔之至少一縱向中心部份中該內孔之橫交橫截面的形心；

由該第一固態紫外線發射器導引該第一輻射通過該一或多數第一透鏡且因此使該第一輻射朝與該流體流動之縱向大致相反之一方向由該流體流動通道之一出口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

由該第二固態紫外線發射器導引該第二輻射通過該一或多數第二透鏡且因此使該第二輻射朝與該流體流動之縱向大致對齊之一方向且朝與該流體流動之縱向相同的方向由該流體流動通道之一入口端照射在該流體流動通道中流動的該流體上；

將該第一固態紫外線發射器支持在一第一殼體中使得該第一固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體出口通入該流體流動通道之該內孔的該流體出口之一出口孔係由該外導管界定壁與該第一殼體之一組合界定；及

將該第二固態紫外線發射器支持在一第二殼體中使得該第二固態紫外線發射器之一主要光軸至少與該中心通道軸大致同軸且其中該流體入口通入該流體流動通道之該內孔的該流體入口之一入口孔係由該外導管界定壁與該第二殼體之一組合界定。

