

光學特性與熱流軟體FloEFD整合說明
FloEFD LED module
Ultraviolet germicidal irradiation (UVGI)
紫外線殺菌照射法

兆水科技 熱流部門

兆水科技應用案例

LED Module – 光學與熱流場之關係

- 一個光源所輻射可見光及其他的電磁波每單位時間內全部的輻射能量，稱為輻射通量，其單位為瓦特(W)
- 光通量即單位時間內可見光的輻射通量，也就是可見光的功率。光通量以符號 ϕ 表示，單位為流明(Lumen, lm)
- 給定光學特性，輻射光譜(Radiation Spectra)，可透過FloEFD蒙地卡羅輻射模型(Monte-Carlo radiation model) 求得光通量

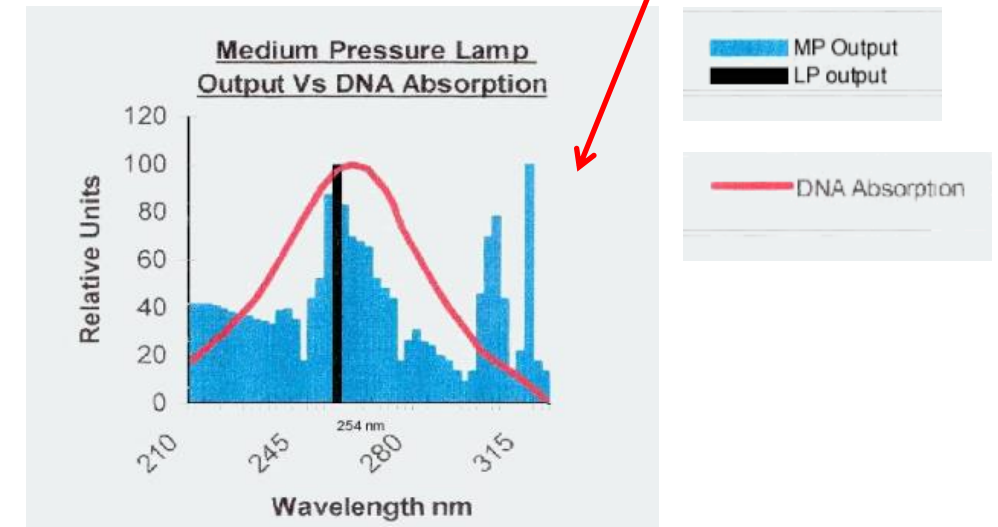
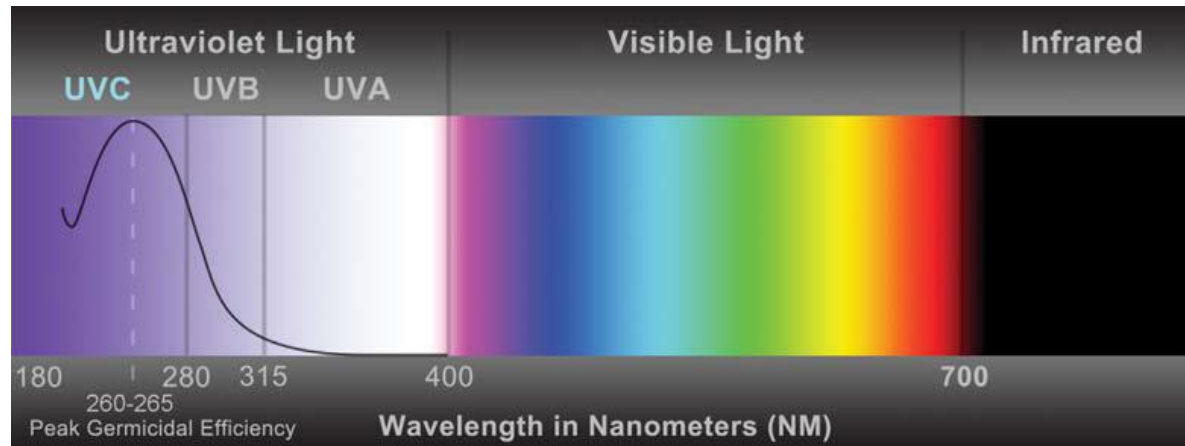
$$\Phi_v = 683 \text{ lm/W} \int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda} V_{\lambda} d\lambda$$

註:光通量是從源輻射的功率（輻射通量），透過人眼的靈敏度校正。

即為輻射通量與可見光光度函數的乘積

LED Module -- 紫外線殺菌輻射

- 紫外線殺菌輻射 (UVGI) 的定義是使用殺菌範圍 (200-320 nm) 的紫外線波長的光對空氣和表面進行消毒
- UVB和UVC波段(315 nm以下)會引起光化學反應，尤其在UVC範圍內的波長容易被核酸(nucleic acids)吸收，進而損壞細胞



- FloEFD蒙地卡羅輻射模型([Monte-Carlo](#) radiation model) 給定光波輻射能量跟波長的關係
- 透過LED module紫外線殺菌輻射模型，利用輻射照度 E_{bact} ，求得UV光有效照射劑量H

LED Module -- 紫外線殺菌輻射

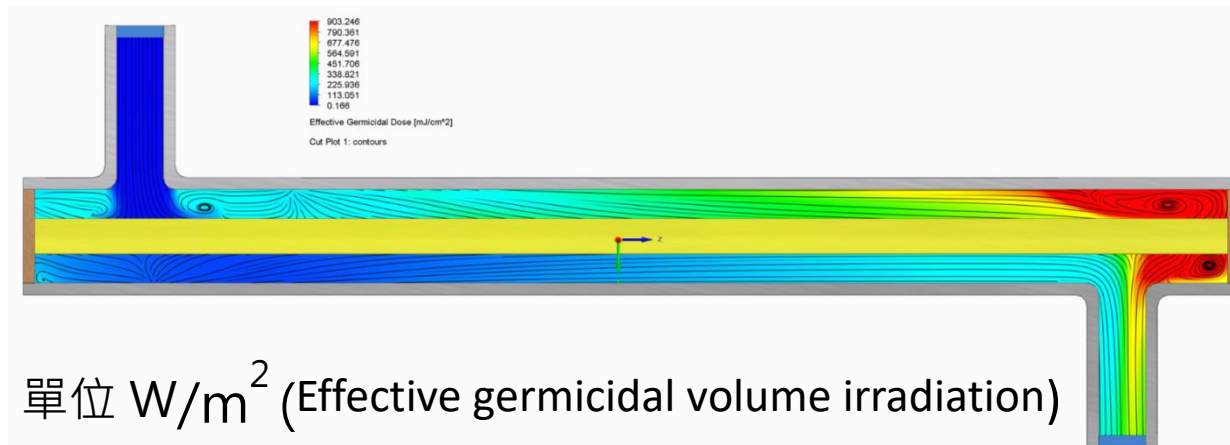
- 暴露於紫外線輻射下的微生物的照射劑量（通量）為輻照度乘以曝光時間的函數

$$dH = E_{bact} \cdot dt \text{ (Effective Germicidal Dose)}$$

其中 dH 為照射劑量（通量），單位 J/m²

dt 為曝光時間

E_{bact}為輻照度，即通過外表面的輻射通量，單位 W/m² (Effective germicidal volume irradiation)



- 曝光劑量的方程：

球輻射條件

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (H \cdot u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left((v + v_t) \frac{\partial H}{\partial x_j} \right) + E_{bact}$$

其中 $E_{bact} = \int_{205 \text{ nm}}^{315 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda) S(\lambda) d\lambda$ E_{λ} 是波長間隔 $d\lambda$ 中的光譜輻照度

平板輻射條件

$$\frac{\partial H_s}{\partial t} = E_{bact}^s$$

LED Module -- 紫外線殺菌輻射

- 透過確定存活率來估計微生物對紫外線的反應

在曝照時間內的微生物總數(N_t)/曝照前的微生物總數(N_0)

- 紫外線照射微生物存活率的主要模型為指數衰減模型, J_{bact}

$$J_{bact} = \frac{N_t}{N_0} = 1 - e^{-ZH} \quad (\text{Irradiation Germicidal Efficiency})$$

H: 照射劑量 (J/m^2)

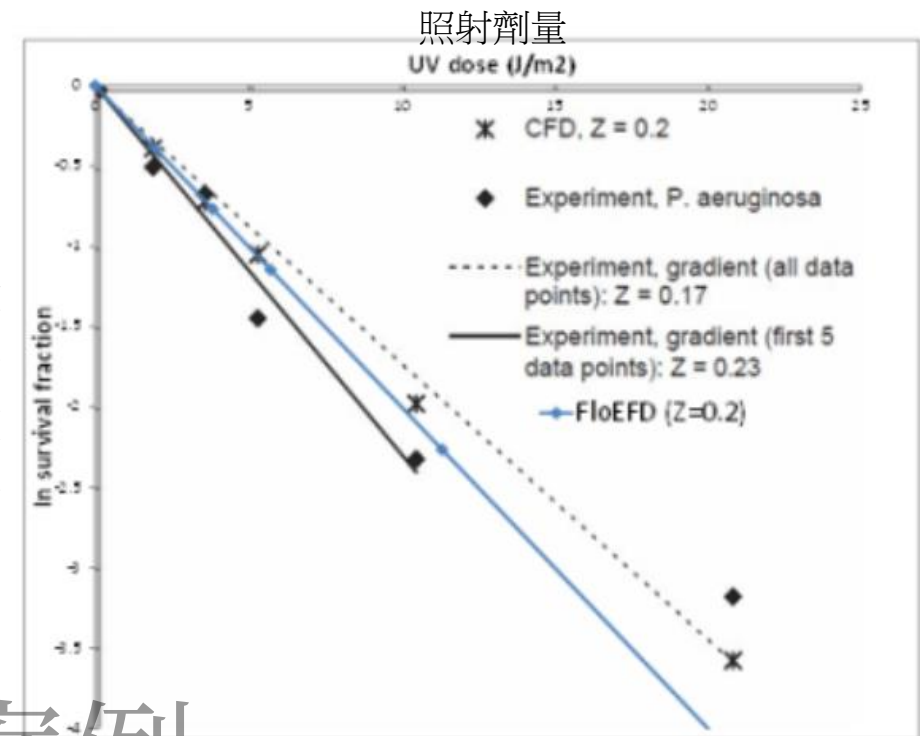
Z: 磁化常數 (m^2/J)

註:

磁化常數會隨紫外線光譜，相對濕度，DNA構象（A或B）而變化，並受光活化和甚至輻照度的影響。



微生物存活率

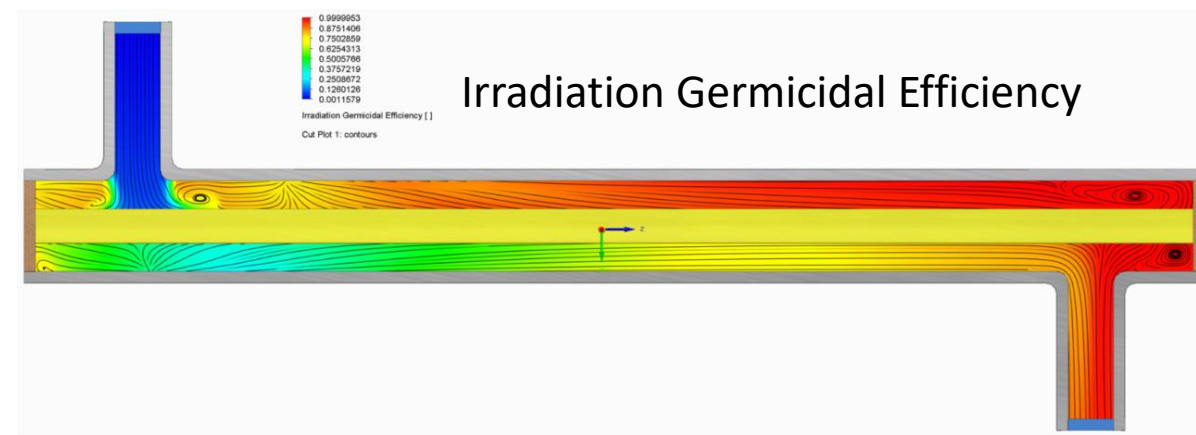
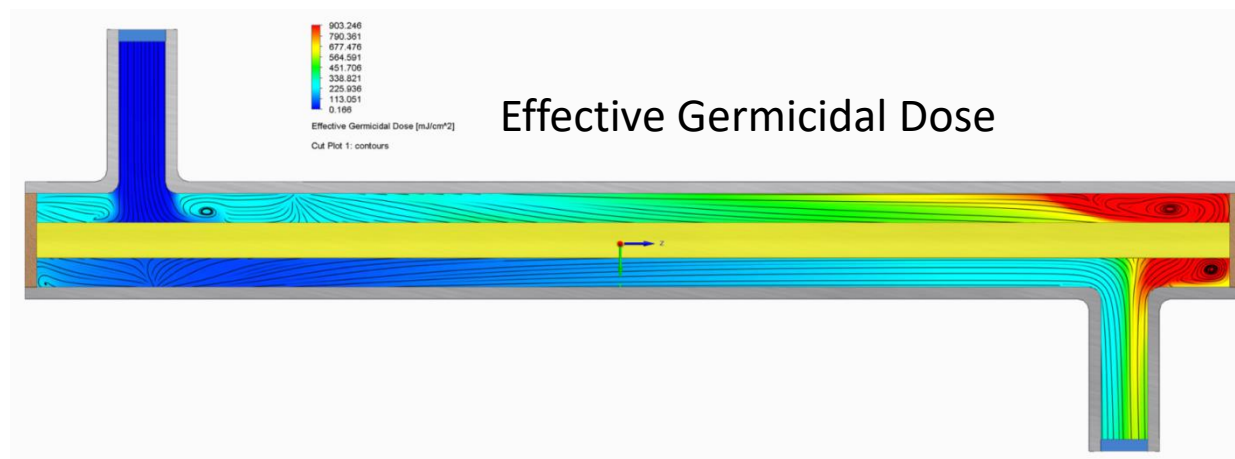
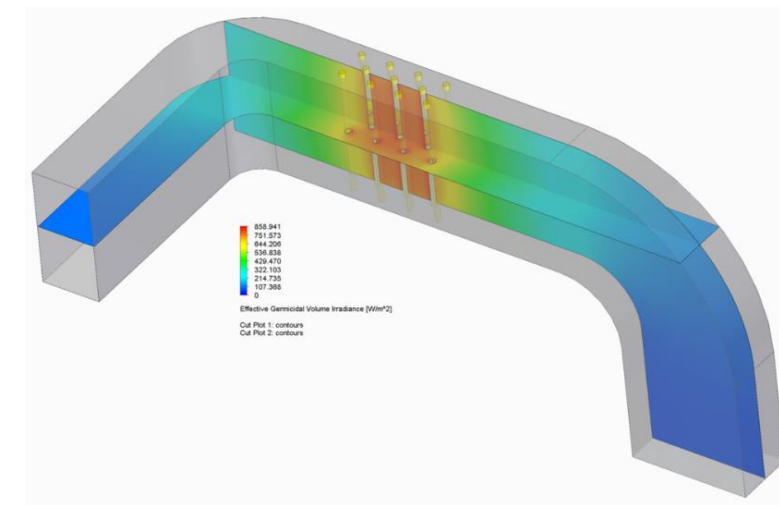


結論

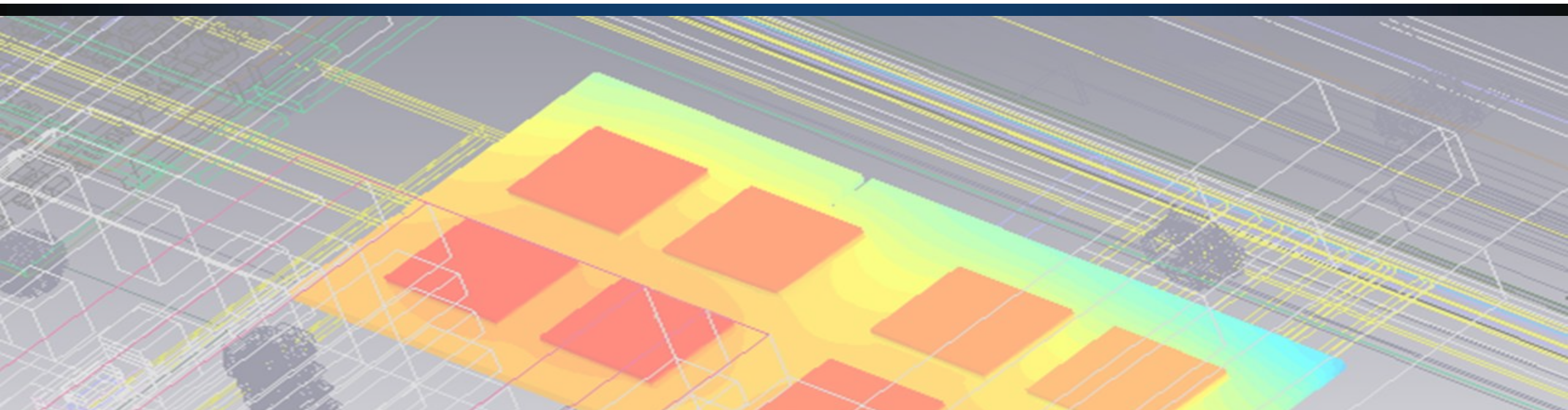
■ 透過FloEFD LED module紫外線殺菌輻射模型可求得

- 光通量 (luminous)
- 有效的殺菌量照射(Effective Germicidal Dose, H)
- 輻照殺菌效率(Irradiation Germicidal Efficiency, J_{bact})
- 有效的殺菌量照射 (Effective germicidal volume irradiation, E_{bact})

Effective germicidal volume irradiation



圖片來源: <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/what-engineers-can-do-about-covid-19/>



• Thank You •

your thermal selection

兆水科技應用案例