

第三章 三維奈米結構陣列的光學模擬分析

本章節透過FullWAVE 4.0商業光學模擬軟體的一種數值運算方法：時域有限差分法（FDTD）來分析連續型三維之抗反射表面結構，並且模擬不同的結構形狀與不同深寬比所造成的抗反射效果。

3.1 FullWAVE軟體簡介

本軟體係由美國Rsoft Design Group 公司所開發，它是一高度整合之複雜光子元件模擬設計分析軟體，它使用一有限差分時域（Finite Difference Time Domain）之模擬分析方法，藉以分析一般光束傳播法（Beam-Propagation-Method, BPM）所無法建立模型分析的光子元件。首先在Rsoft CAD視窗下建立2D的圖形結構，接著可針對每個圖形做週期性與非週期性的不同間距排列，如圖3.1所示。建立2D的圖形結構後，我們必須對每個元素設定它的高度，使模擬過程符合實際情形。

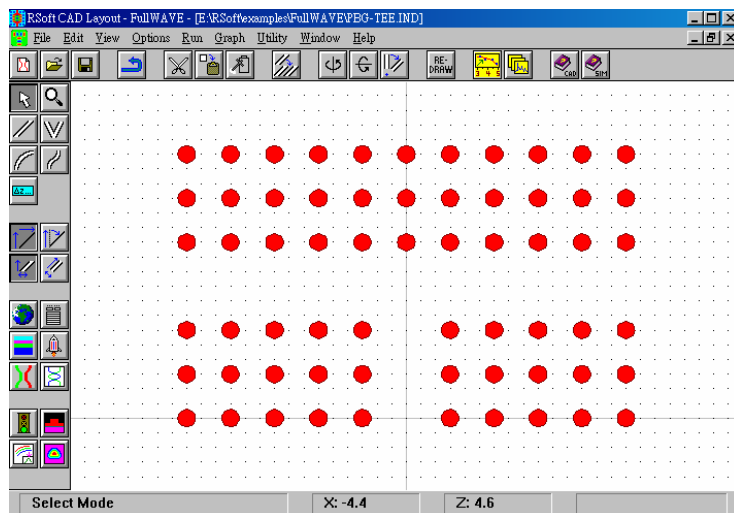


圖3.1 Rsoft CAD視窗建立2D模式

3.2 奈米結構形狀設計

3.2.1 三角錐結構設計

首先設計三角錐結構 (triangular structure) 形狀，平面形狀如圖 3.2(a) 所示。定義圖形的符號週期為 Λ 、高度為 d 、空氣與基材折射率分別為 n_0 與 n_s 。而設定的參數值如表 3.1 所示。結構的深寬比 (aspect ratio) 為 d/Λ 。而在光學軟體中搭配參數值所繪製的三維形狀如圖 3.1(b) 所示。

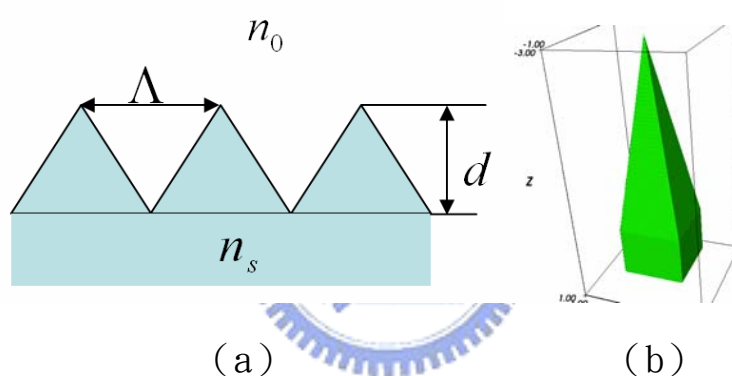


圖3.2 (a)三角錐結構平面示意圖 (b) 三角錐結構三維示意圖

表3.1 三角錐結構參數設定值

項目	參數值(nm)
Λ	300
d	150~600
n_0	1.0
n_s	1.54

而上述是有關圖形單一結構之定義。為了與將來實驗製作針尖陣列關係，我們將分析連續型之三維空間型態，如圖 3.3 所示。

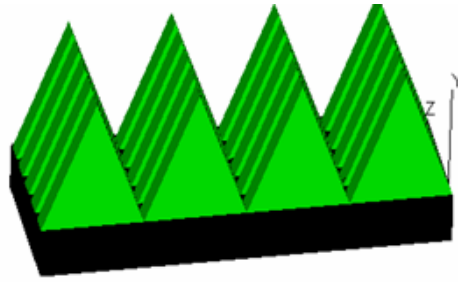


圖3.3 連續型之三維三角錐結構

3.2.2 半圓形柱結構設計

設計半圓形柱結構 (semicircular structure) 形狀，其設計方式與定義圖形的符號猶如三角錐結構一樣，如圖3.4所示。而設定的參數值如表3.2所示。

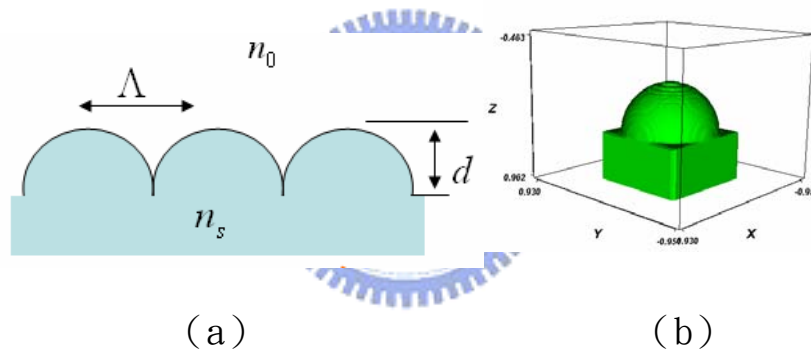


圖3.4 (a) 半圓形柱結構平面示意圖 (b) 半圓形柱結構三維示意圖

表3.2 半圓形柱結構參數設定值

項目	參數值(nm)
Λ	300
d	150~600
n_0	1.0
n_s	1.54

分析型態設計成連續型之三維空間，如圖3.5所示。

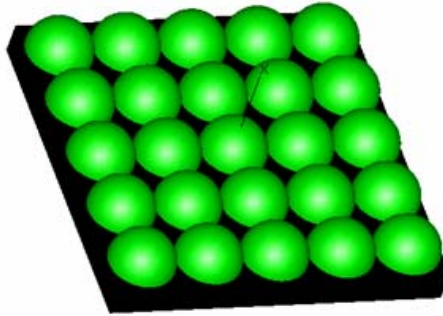


圖3.5 連續型之半圓形柱結構

3.3 光學模擬分析結果與討論

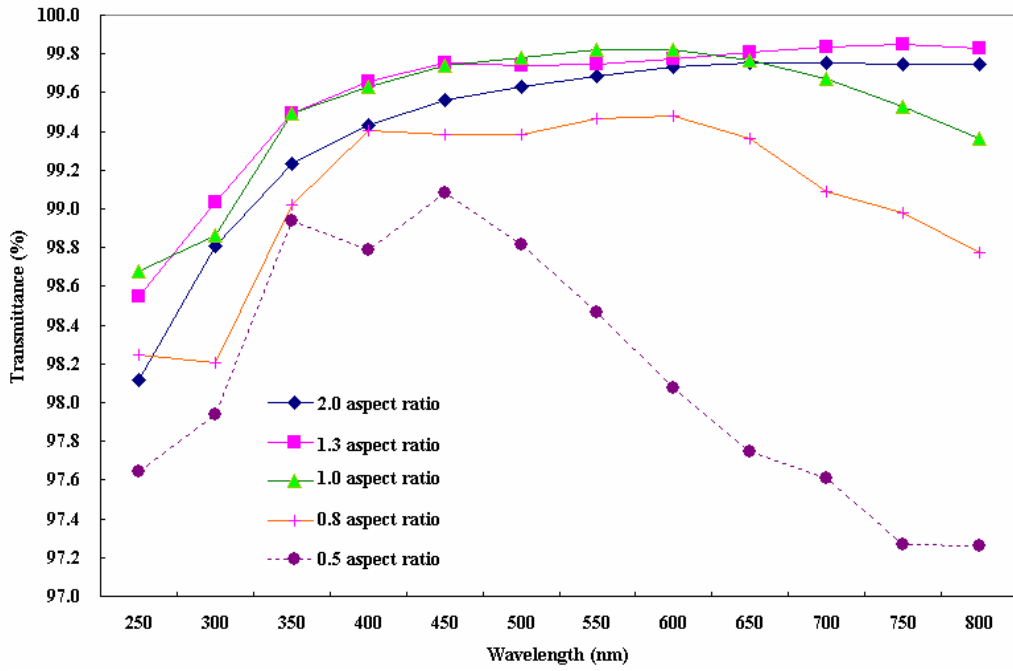
3.3.1 模擬分析結果

(1) 三角錐結構分析

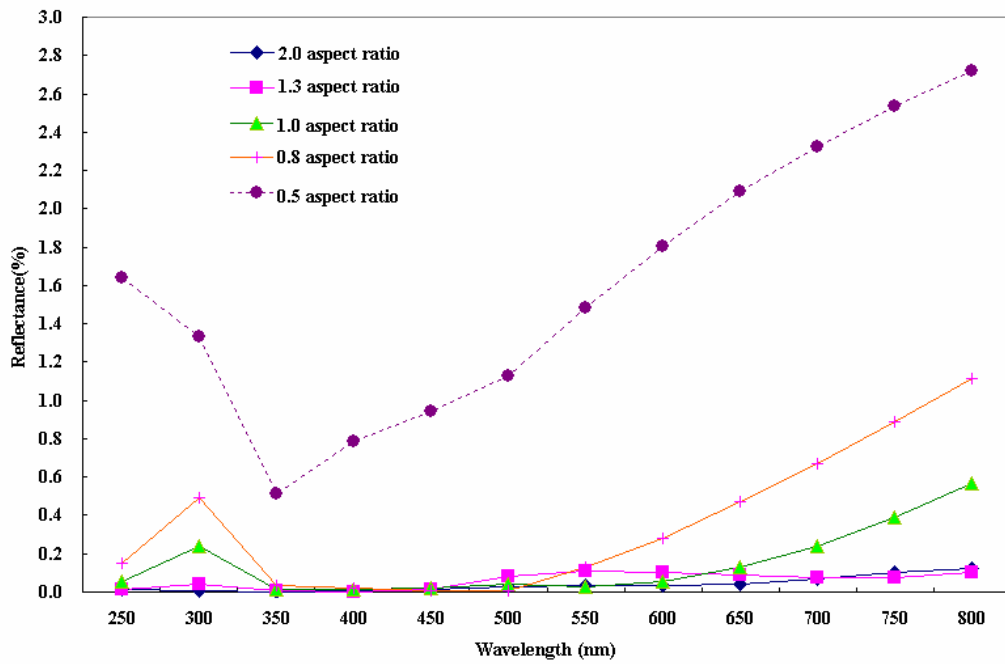
我們依不同的深寬比長度做模擬分析，光譜量測範圍從250~800nm，對於穿透率與反射率其結果顯示，如圖3.6所示。當深寬比 ≥ 0.8 時，其穿透率從98%到99.8%往上升的效果，而反射率有下降的趨勢且均小於1%。在可見光部分（約400nm~800nm）所得到的反射率效果大約低於0.2%。

(2) 半圓形柱結構分析

依照上述的方式對半圓形柱結構分析穿透率與反射率，其結果顯示如圖 3.7 所示。當深寬比 ≥ 0.8 時，反射率均小於 1%，但在可見光波段的光譜起伏多與三角錐結構分析結果比較來的不平順。



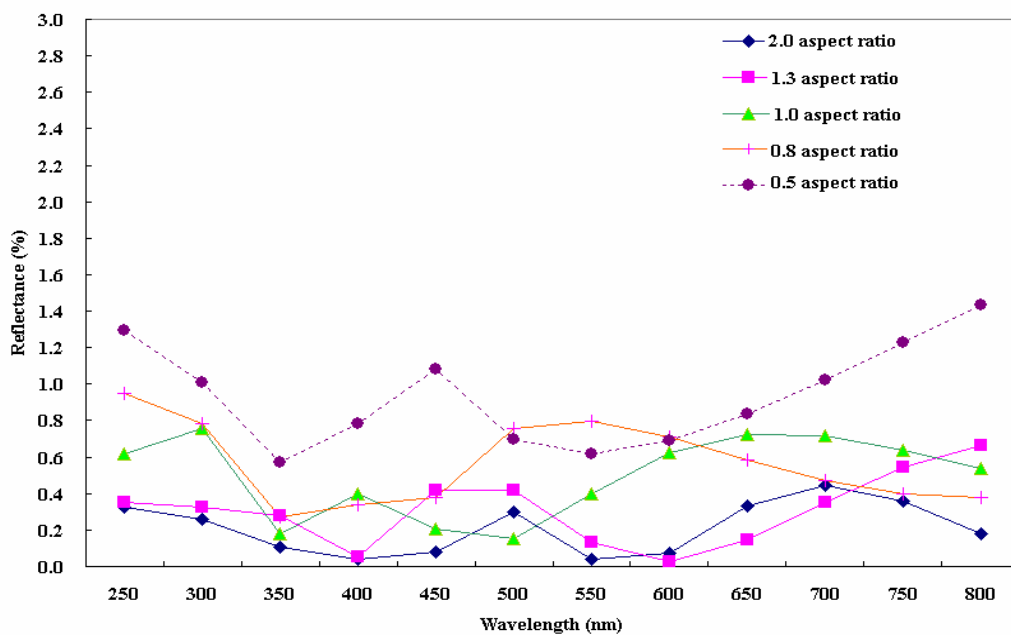
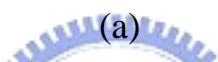
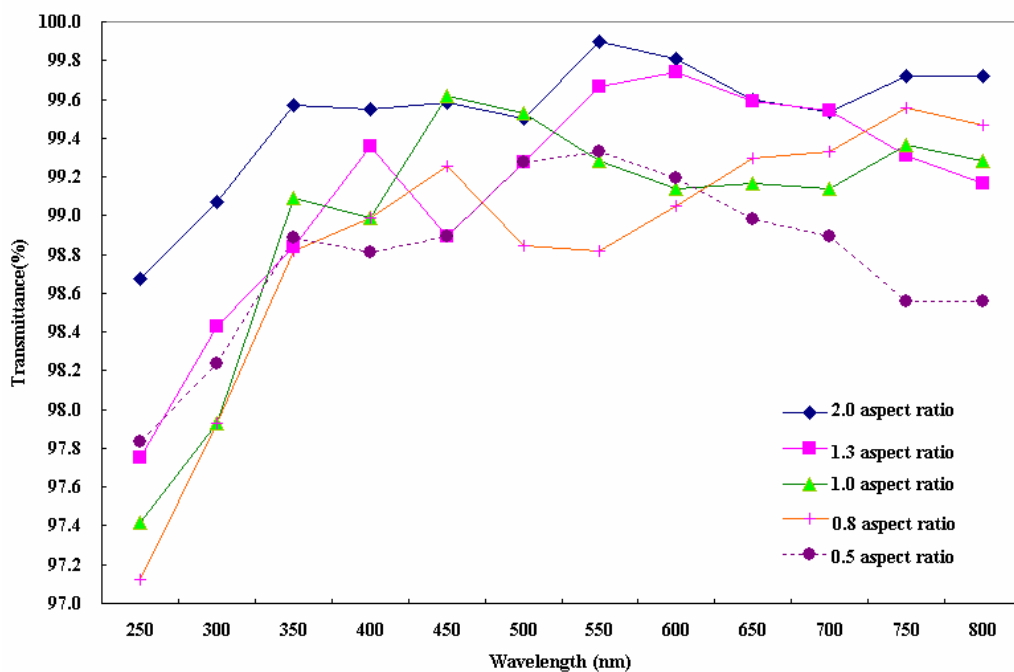
(a)



(b)

圖 3.6 不同深寬比長度的三角錐結構在可見光波段

(a) 穿透率光譜 (b) 反射率光譜



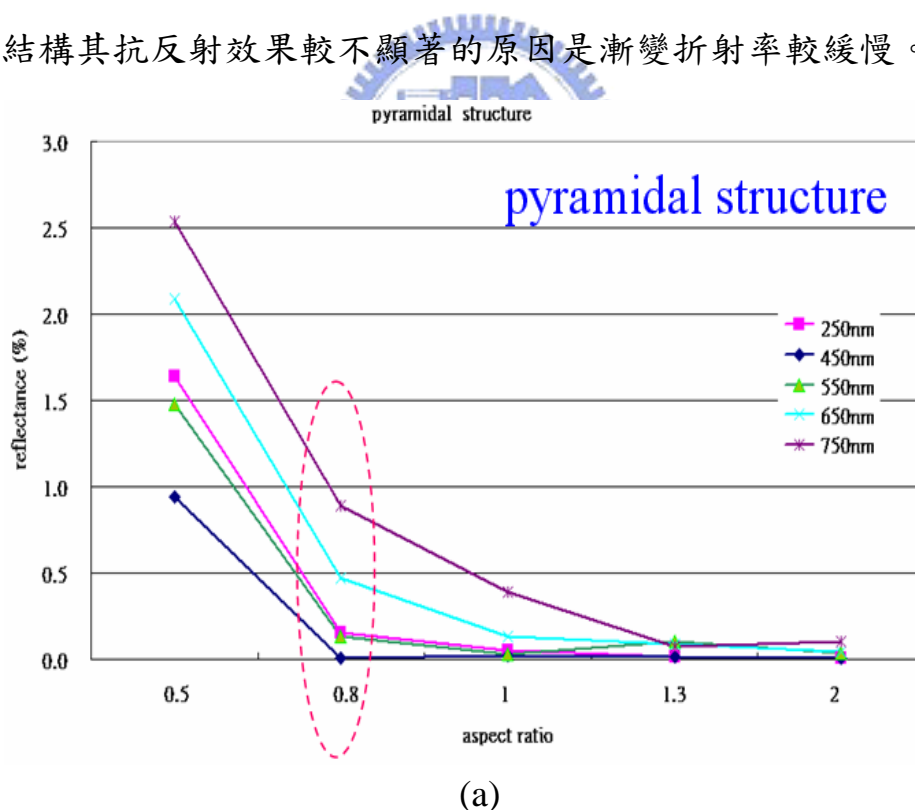
(b)

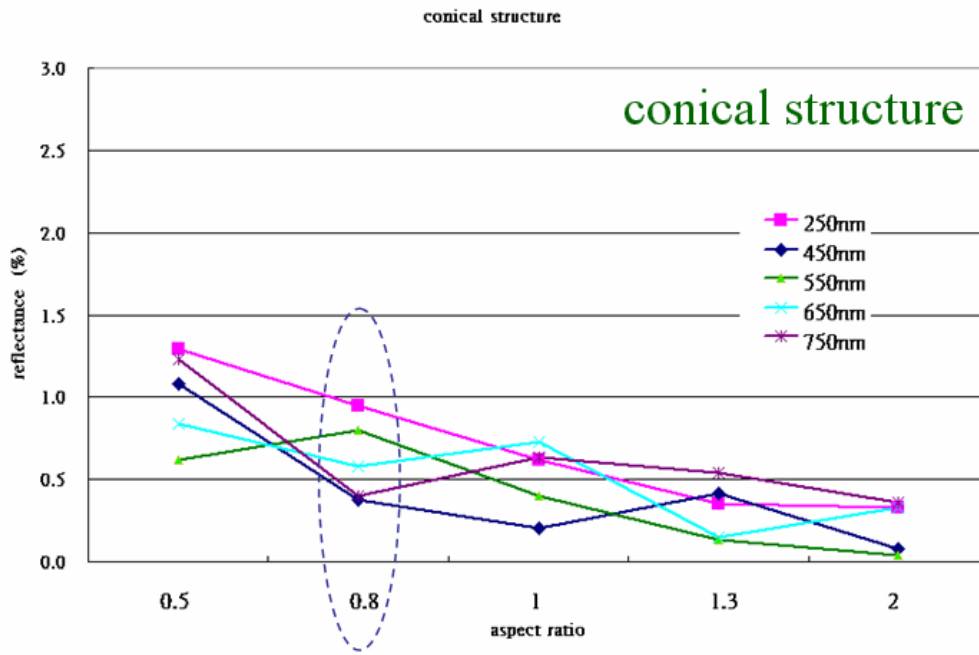
圖 3.7 不同深寬比長度的半圓形柱結構在可見光波段

(a) 穿透率光譜 (b) 反射率光譜

3.3.2 結果比較與討論

接著將三角錐結構與半圓柱結構，比較在不同的深寬比長從紫外光到可見光波段部份（250nm、450nm、550nm、650nm、750nm）其反射率的關係，如圖 3.8 所示。分析結果發現三角錐結構在深寬比從 0.5 到 0.8 時，其反射率下降的趨勢很快，顯示出當深寬比增加時，抗反射效果會提升；而當三角錐結構在深寬比從 0.8 到 2 時，從紫外光到可見光波段部份的反射率比半圓柱結構來的低，而且反射率的變動也比較平順不大，因此我們得知三角錐結構的抗反射效果較佳。半圓柱結構其抗反射效果較不顯著的原因是漸變折射率較緩慢。





(b)

圖 3.8 不同的深寬比長在各光波段部份的反射率關係

(a)三角錐結構 (b)半圓柱結構

