

研究工作詳述

附註：介紹張宏鈞教授研究團隊，描述從事研究、計算的工作內容。

參考網址：<http://www.ee.ntu.edu.tw/2003/people/faculty/hc-chang/hc-chang.htm>

主要研究領域：光纖光學、光波導元件及理論、光電數值電磁學、光波技術

研究領域、計算的工作內容摘要：

我們建立並應用不同的電磁數值方法於不同的光學與光電問題之研究，包括：

1. 發展高精準度之光波導或介質波導結構模態解法，採用數值技術包括有限差分法、有限元素法、譜方法等。
2. 結合 1. 數值技術與計算，發展適用於光電應用之先進時域、頻域電磁分析與模擬方法。
3. 研究光子晶體結構及相關元件的探討與設計，計算光子晶體場的分佈，分析有效折射率、損耗，隨空氣孔直徑、空氣孔圈數與波長的關係。著重於導波光學與光子線路之應用，例如光子晶體光纖與光子晶體波導元件等。
4. 發展用於分析與設計各種複雜導波光學結構之各式波束傳播方法。
5. 研究各種纖維光學與積體光學元件並建立理論分析模型與設計，相關結構元件包括融燒式光纖元件、研磨式光纖元件、方向性耦合元件、極化相關型元件、光柵元件等。
6. 奈米光電與電漿子現象與元件之研究等，在本研究中我們將焦點放在表面電漿電子波導上，有別於傳統的波導，這種波導具有許多有趣的性質比如其結構遠小於傳統波導，這可使光電路成為一個可能實現的夢。我們舉出了幾個表面電漿電子的波導來做相關的探討，比如：金屬凹槽波導， Λ -

楔形物波導，V-型波導，金屬帶線，and 用表面電漿帶線波導做的方向耦合器。

由上述研究領域、計算的工作內容摘要中可以將求解光學與光電數值電磁學的方法論可分為下列幾種，可依求解問題的難易、邊界處理、電腦須求、解的準確度，來選擇適當的方法。

1-1. 有限差分時域法(Finite-Difference Time-Domain Method, FDTD)：採用有

限差分時域法模擬研究以金屬為主的次波長元件。我們使用 Drude 色散模型模擬金屬，並使用具有色散的單軸異向性完美匹配層作為相對應的計算空域吸收邊界。我們旨在研究次波長狹縫的異常光學透射現象。計算極耗電腦計算時間，尤其是三維問題；而我們所大量探討的各式光波導模態解析問題，須求解維度甚大的矩陣方程式，有甚大記憶體的需求；因此有必要藉助計算中心的高效能計算資源進行研究工作。

1-2. 有限差分頻域法(Finite-Difference Frequency-Domain Method, FDFD)：使

用有限差分頻域法搭配適當邊界條件匹配處理來分析不同截面之介電質光波導，並在程式中引入完美匹配層做為計算視窗之吸收邊界以分析具有損耗的光波導。用以余氏網格為基礎所建立之三維有限差分頻域法來分析三維光子晶體元件的能帶結構。利用均勻網格及週期性的邊界條件，我們可以很容易地從馬克斯威爾旋度方程式，推導出三維光子晶體

能帶結構的特徵矩陣方程式，並求出能帶結構圖。為了處理光子晶體結構中介質介面不連續的問題，我們利用折射率加權平均法以增進數值計算的精確性並加速數值計算的收斂性。

2-1. 有限差分虛軸波束傳播法(Finite-Difference Image Distance Beam

Propagation Method, FD-IDBPM)：以余氏網格為基礎的全向量有限差分波束傳播法，以分析各種光波導結構的模態特性。此方法採用余氏網格直接離散馬克斯威爾方程式，並應用虛軸波束傳播法的技巧。此種直接傳播的方法在計算時間與記憶需求方面具有效率，並可以有效地同時求得波導模態傳播常數與場形分佈。此外，為能求解洩漏模態問題並計算其傳播損耗，本研究採用完美匹配層以吸收傳向計算邊界的波能。余氏網格的採用得以同時提供電場與磁場各分量，因而其特徵模態場形可直接當作相關問題的初始場套用於同樣使用余氏網格的有限時域差分法，以利後續的計算。

2-2. 有限元素虛軸波束傳播法(Finite Element Image Distance Beam Propagation

Method, FE-IDBPM)：為了瞭解在光子學領域上日益重要的光子晶體光纖之模態特性，我們採用高精準度的曲線式混合基底元素之全向量有限元素特徵值解法以及虛軸波束傳播法來進行分析。由於有限元素法使用非均勻切割的曲線形元素，是故可精確分析屬複雜結構的光子晶體光纖。使用非均勻網格，優點是網格可局部增加密度，在非規則的邊界容易處理，可節省計算量；根據以往的經驗，這種方法能夠有良好的收斂

性, 在準確度上也有相當的表現, 也是利用迭代方式求解稀疏聯立方程式的模態或是能帶與表面電漿電子的波導。

2-3. 快速傅里葉變換的波束傳播法(FFT-BPM)。採用快速傅裏葉變換將實際空間的場分佈變換到頻譜空間, 適用在模擬折射率隨傳播方向發生變化的波導方面有重大的實用價值更為有效率。

3-1. 譜時域方法(Pseudo Spectral Time-Domain Method, PSTD) : 這種算法用於模擬電磁波傳播和目標散射, 計算極耗電腦計算時間, 尤其是三維問題; 須求解維度甚大的迭代方程式, 有甚大中央處理器的需求; 因此有必要藉助計算中心的高效能計算資源進行研究工作。

3-2. 譜頻域方法(Pseudo Spectral Frequency-Domain Method, PSFD) : 這種算法用於將實際空間的場分佈變換到頻譜空間, 用於探討的各式光波導模態解析問題, 須求解維度甚大的矩陣方程式, 有甚大記憶體的需求; 因此有必要藉助計算中心的高效能計算資源進行研究工作。

4. 有限元素法(Finite Element Method, FEM) : 運用非均勻網格全向量有限元模態解析, 可局部增加網格密度, 可節省計算量, 也是利用矩陣乘冪迭代方式, 求解稀疏矩陣。可用於探討的各式光波導模態或是能帶解析問題。

高效能運算服務的工作內容:

我們目前認為未來有必要藉助台灣大學計算中心的高效能計算資源進行高

速電磁數值計算暨研究工作，包括：

1. 有限差分時域法(Finite-Difference Time-Domain Method, FDTD)：計算極耗電腦計算時間，尤其是三維問題；而我們所大量探討的各式光波導模態解析問題，須求解維度甚大的矩陣方程式，有甚大記憶體的需求。
2. 譜時域方法(Pseudo Spectral Time-Domain Method, PSTD)：這種算法用於模擬電磁波傳播和目標散射，計算極耗電腦計算時間，尤其是三維問題；須求解維度甚大的迭代方程式，有甚大中央處理器的需求。
3. 譜頻域方法(Pseudo Spectral Frequency-Domain Method, PSFD)：這種算法用於將實際空間的場分佈變換到頻譜空間，用於探討的各式光波導模態解析問題，須求解維度甚大的矩陣方程式，有甚大記憶體的需求。
4. 有限元素法(Finite Element Method, FEM)：運用非均勻網格全向量有限元模態解析，可局部增加網格密度，可節省計算量，也是利用矩陣乘冪迭代方式，須求解維度甚大的稀疏矩陣方程式，有甚大記憶體的需求。