

# Coherent Diffraction Tomography

## 同調斷層掃描顯微術



Group : A09 Advisor : 陳明彰 教授 Members : 陳佳怡、林家瑋

### Introduction

同調斷層掃描顯微術(Coherent Diffraction Tomography)是一種新型態的同調光源顯微技術，其利用一系列從物體繞射取得的二維影像，重建物體三維模型，而其中必須使用無透鏡同調繞射顯微術(Lensless Coherent Diffractive Imaging Tomography)，來取得高解析度且完整的二維影像。此技術常用於奈米尺度的物體，例如蛋白質(proteins)結構等。

以電腦相位恢復演算法(computerized phase retrieval algorithm)取代傳統成像系統中的透鏡，可以完整取得影像的光場強度和相位資訊，得到高解析度的影像，因此不似光學顯微鏡、電子顯微鏡等顯微技術會受限於透鏡尺寸和精密度的限制。

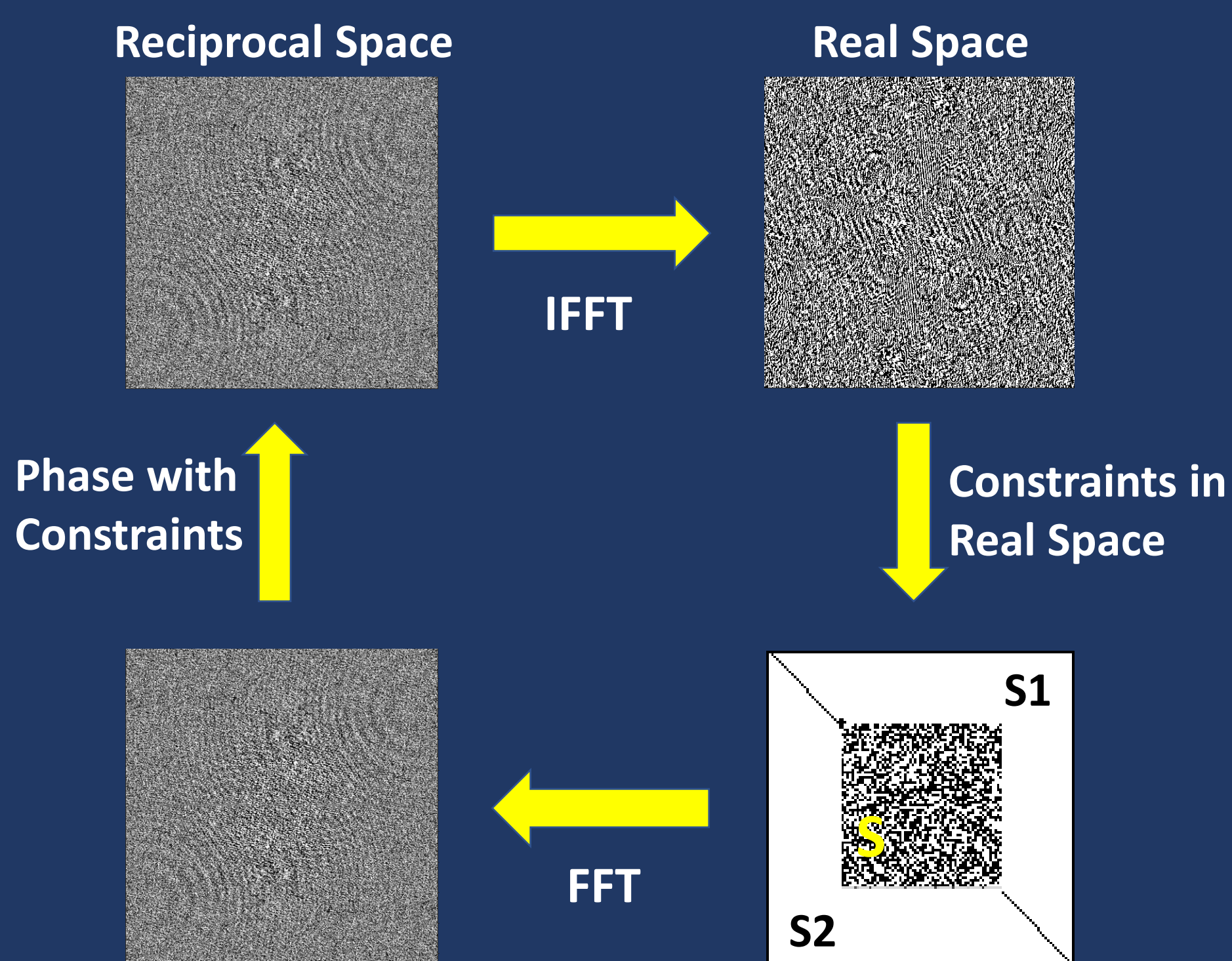
本專題中，我們運用Matlab實現相位恢復演算法，並自行設計樣品圖樣進行模擬，再實際搭建光學系統，取得樣品的繞射光場大小資訊，最後再運用數值計算對繞射圖形進行相位恢復，以實現微米等級解析度的無透鏡同調繞射顯微術。

### Oversampling Technique

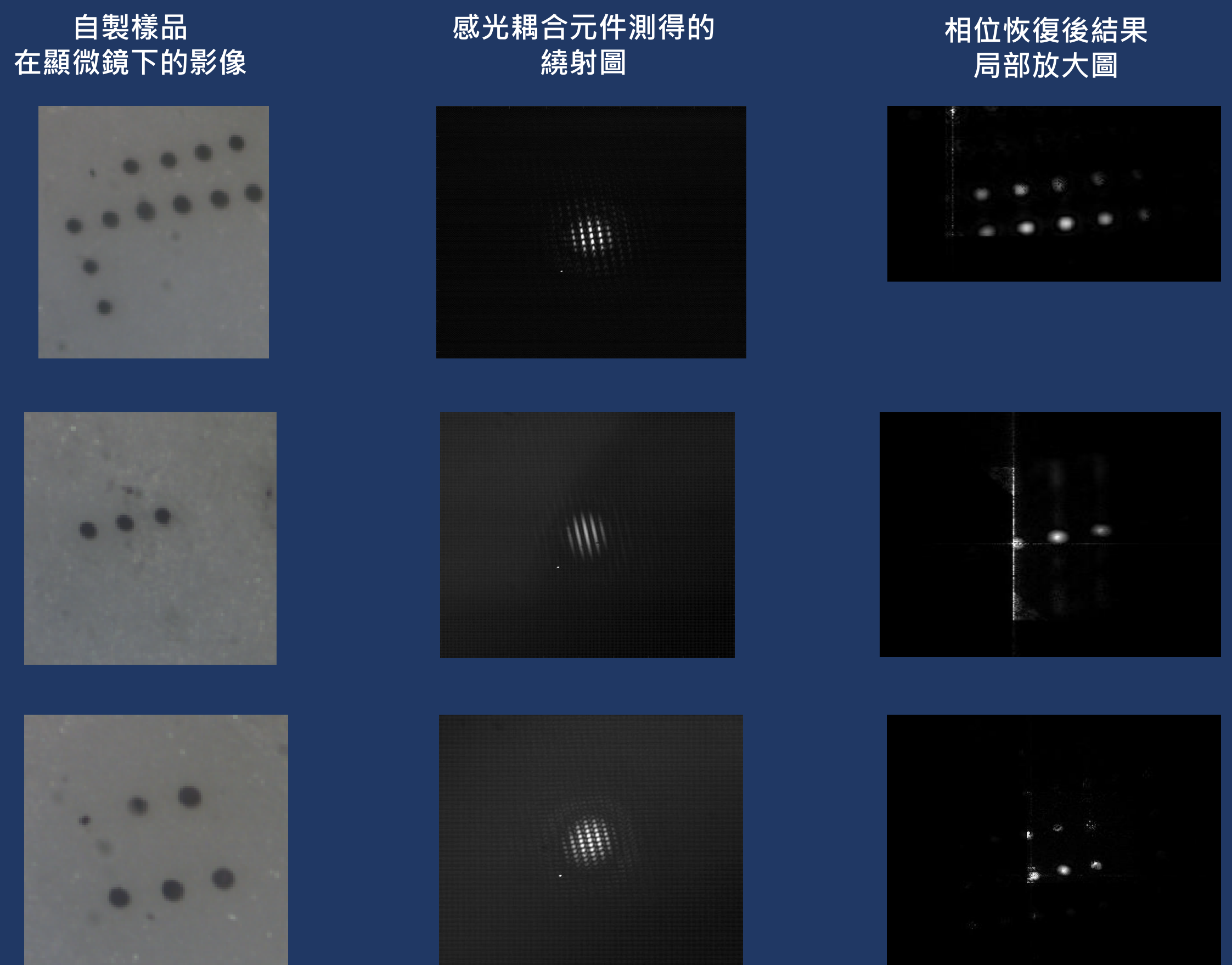
無透鏡同調繞射顯微術所採的繞射圖樣必須為超取樣(oversampled)的繞射圖形，若達到超取樣的條件，即可利用相位恢復疊代演算法重建遺失的相位資訊。

在傅氏光學中，遠場繞射可以藉由傅立葉轉換實現，當光源通過樣本後，在遠場上會產生繞射現象，繞射圖形可視為通過樣本後的光場分佈做傅立葉轉換的結果。因此，理論上只要有遠場繞射的光場分佈(包含光場的大小及相位)，便可以利用反傅立葉轉換得到物體空間分佈的資訊。然而，實際上利用偵測器(detector)只能紀錄繞射圖形的光場大小(amplitude)，而無法得到繞射圖形的光場相位(phase)，缺少相位資訊便無法重建物體的空間分佈，這就是所謂的「相位問題」(phase problem)。若利用超取樣技術(oversampling technique)，對繞射圖形做高取樣頻率的超取樣時，會對應在實空間(real space)的物體空間分布周圍產生環繞的無密度分布區域(no-density region)，這個無密度分布區域便可以用來還原相位資訊。

### Phase Retrieval Algorithm

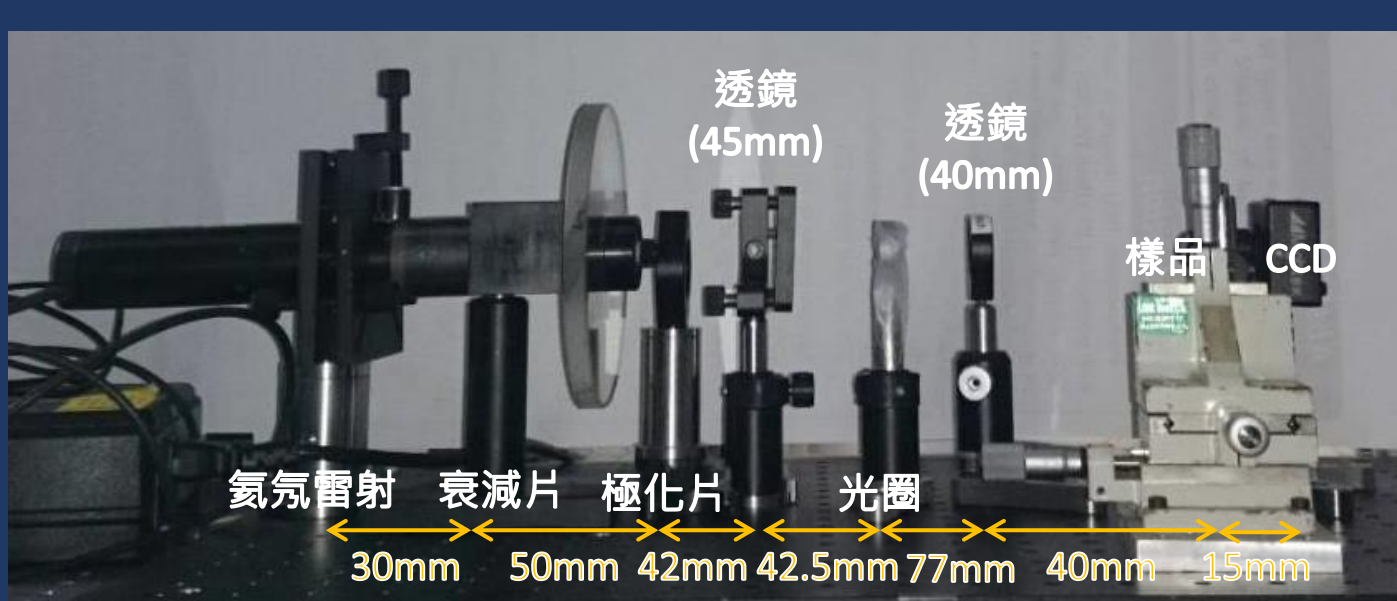


### Experimental Results



### Optical System Design

Component	Function
氦氖雷射	光源
衰減片(attenuator) 極化片(polarizer)	弱化雷射的光強度，避免造成繞射圖因為飽和而無法取樣完整
光圈(iris)和兩個凸透鏡	建立空間濾波器(spatial filter)以去除空間雜訊(spatial noise)
感光耦合元件(charge-coupled device, CCD)前的凸透鏡	在空間濾波器出來的平行光打在樣品上之後，可以聚焦於CCD上，達到遠場的效果



### Conclusion & Future Works

在本專題中，我們成功使用了同調斷層掃描顯微術中的關鍵技術--無透鏡同調繞射顯微術，結合超取樣技術和相位恢復演算法模擬取得高解析度且完整的二維影像，但在實際架設光學設備取得樣品繞射影像後，相位恢復的情形卻不如模擬情形成功。之後的研究我們希望針對此次專題發現需要改善的部分進行改良，並提升二維影像的解析度和準確性。

未來研究我們希望在建構出高解析度的二維影像後，可以藉由物體不同方位的二維影像重建三維模型，進一步實現同調斷層掃描顯微術，並探討影像的深度問題和提高影像的深度解析度。

Reference:  
Miao, Jianwei, and D. Sayre. "On possible extensions of X-ray crystallography through diffraction-pattern oversampling." Acta Crystallographica Section A: Foundations of Crystallography 56.6 (2000): 596-605.