

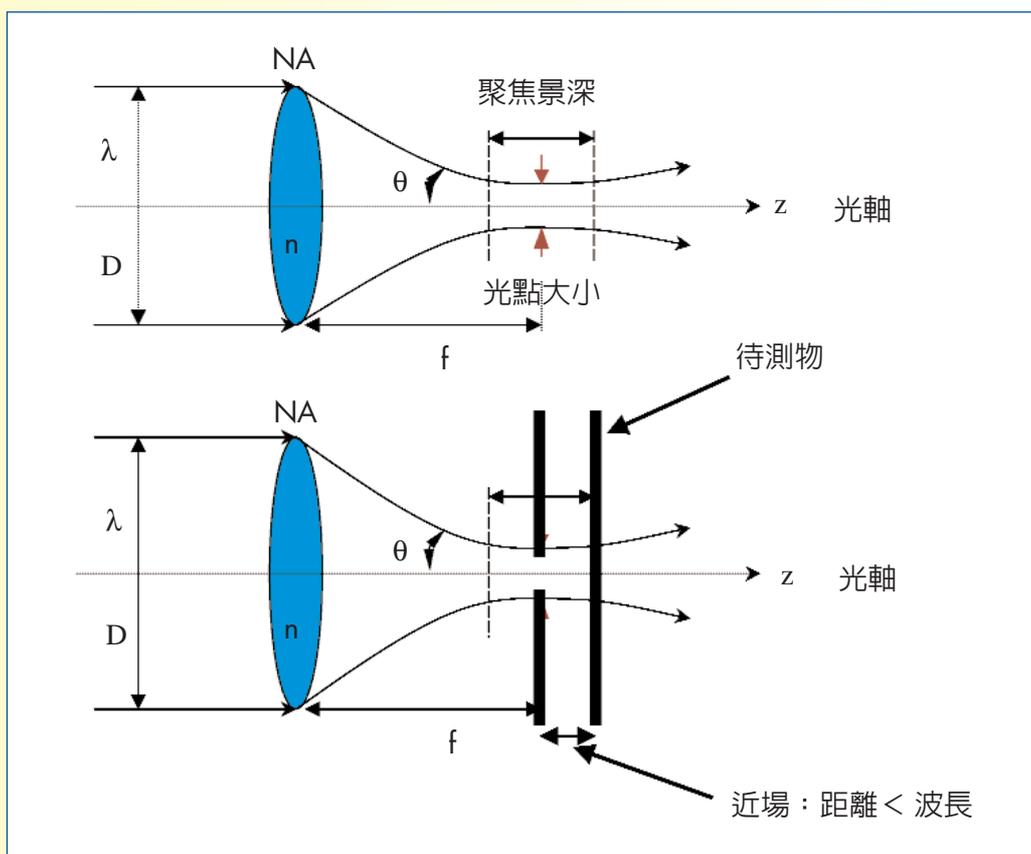
近場光學

隨著國內光電產業的蓬勃發展，舉凡發光二極體、光記錄、光通訊及發光顯示器等無不受到國內外產業之重視與發展。而這種光電產業的興起也導致大家對於傳統光學知識的重新體驗。1873年德國物理學家Ernst Abbe提出了光的繞射極限學說，他認為當我們觀察物體時，通常眼睛（或光學顯微鏡之物鏡）至物體表面的距離必定遠超過一個波長之長度，在光學上稱之為遠場，這種情形必定無法避免光之波動性質所造成的干涉及繞射效應，因此空間解析度只有約半個波長，所以傳統的光學顯微鏡受到光學繞射極限的影響，無法提供超高的光學解析度。

爲了克服上述自然現象的限制而得到超高的空間解析度，解決的方法不外(1)利用電子束的短物質波波長而取得奈米(nm)的解析度，例如目前常用的電子顯微鏡；(2)利用近場光學原理與探針掃描技術之顯微鏡—近場光學顯微鏡，解決了傳統光學顯微鏡光波繞射的限制，將光學解析度提昇至奈米級的境界。由於電子顯微鏡使用高能量的電子束需要有高真空的環境、導電的試片並導致樣品的破壞，所以限制其使用範圍與功能甚鉅。爲了達到與電子顯微鏡互補之功能，一系列近場光學顯微鏡相關之研究與產品遂於1986年後陸續被發展出來。

近場光學的現象可以實例來說明，如圖一所示；在一片不透光的平板上挖一個奈米尺度的光學孔穴（孔長較波長爲短），當光源由平板後方照射時，此小孔可視爲一點光源。如果待測物離平板很近時，光由小孔照射到待測物上的光點大小與光的波長並無關係，而僅取決於此洞的大小，我們稱此區域爲近場。當待測物離平板夠遠而有光繞射現象產生時，則待測物上的光點大小不僅與光孔大小有關，同時與入射光的波長及物距有關，則稱此區域爲遠場。所以只有遠場存在光波繞射的限制，如果我們將待測物體與光孔保持在近場的範圍內，讓光經由光孔在待測物體上進行掃描，應該可以得到高空間解析度的影像。

1989年R.C. Reddick等人在美國Oak Ridge國家實驗室製作了具有光學回饋控制探針高度的近場光學顯微鏡，並首次使用光纖探針作爲近場感測之探針，稱之爲光子掃描穿隧顯微鏡(Photon Scanning Tunneling Microscope; PSTM)，它可成功的進行穩定的近場光學掃描，空間解析度由50奈米至20奈米。此外，1986年原子力顯微鏡(Atomic Force Microscope; AFM)發展出來後，於1992年由美國貝爾實驗室的Eric Betzig及RIT大學的Mehdi Vaez-Iravani分別提出利用剪力式顯微鏡的技術作爲近場光學顯微鏡之光學探針的高



圖一 光的繞射極限與近場光學，其中光點大小 $\approx 0.6 \cdot \lambda / NA$ ；其中 λ 為波長，NA為數值孔徑， $NA = n \sin \theta$

度回饋控制，此一技術之改進，使高解析的近場光學影像量測得以實現。

目前近場光學技術除了應用在顯微鏡外，更積極被應用在下世代超高密度光記錄媒體的開發上。當記錄訊號小於60奈米時，與12公分CD相同尺寸的光碟上將具有100GB以上的記錄容量，例如結合近場觀念及奈米技術設計的超解析近場光碟片(Super-RENS)目前正分別由日本AIST、國內工研院及台大積極研發之中，預計2005年後有商品化的產品問世。

備註：

- ★近場是存在於距作用場源一個波長範圍內的作用場。
- ★近場光學是研究距離物體表面一個波長以內的光學現象的新型交叉學科。
- ★近場光學是一種不受繞射和波長限制的光學領域。