

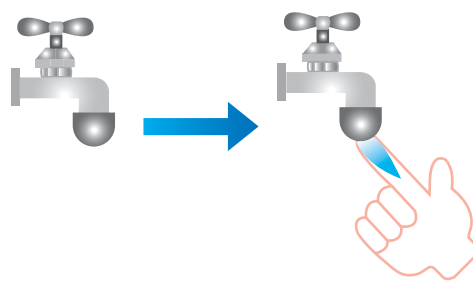
不可思議之近場光

前言

一般光大都具有波之傳播性質，如Maglite手電筒的強光可以照射達100米之遠方，組合雷射光之「花火節」更是點綴多彩多姿的夜空；此外，採用光纖將可以使光傳播至100公里以外，使得電話及網際網路更能提供高品質且價廉之通訊服務。然而，最近一種無法傳播之光開始受到大家的矚目，而且也投入了相關的應用研究。以下介紹此種人們尚不熟習之「近場光」的原理及應用。

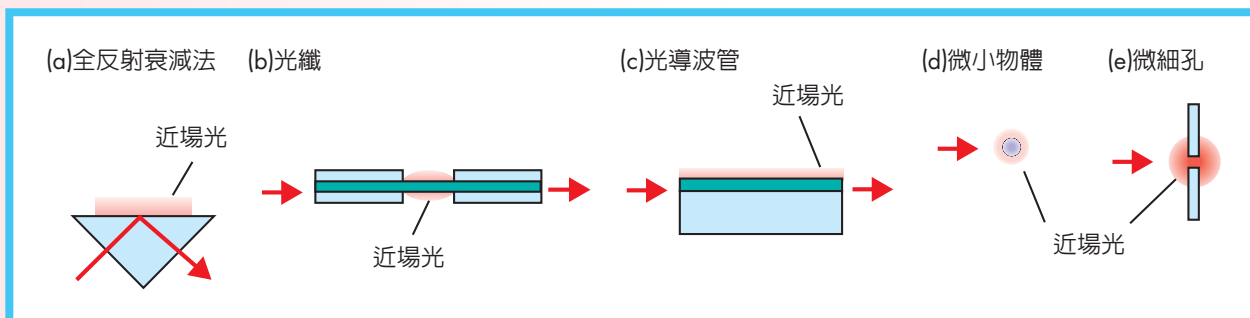
何謂近場光？

當未能完全栓緊圖一所示之水龍頭時，我們常會發現水龍頭口含水滴要落不落的情形。當你的手觸摸時，此水滴將粘濕你的手。這就是近場光的概念。當光照射比其波長更小的物體時，將釋出被物體大幅散射之光，一般通稱此種常見之散射光為傳播光。在此同時物體周遭則會形成一種無法在空氣或介質中傳播之特殊光，稱為近場光或漸逝光(Evanescent)。



圖一 近場光的概念

近場光產生的方式，最常見是當光照射圖二(a)所示三稜鏡底面時，所有入射光均呈現全反射現象。然而也有少許光自三稜鏡界面之空氣側滲出，此種光即為近場光。此外，由光纖、光導波



圖二 近場光之激發原理

管、微小物體或微細孔也會產生近場光（圖二(b)(c)(d)(e)）。

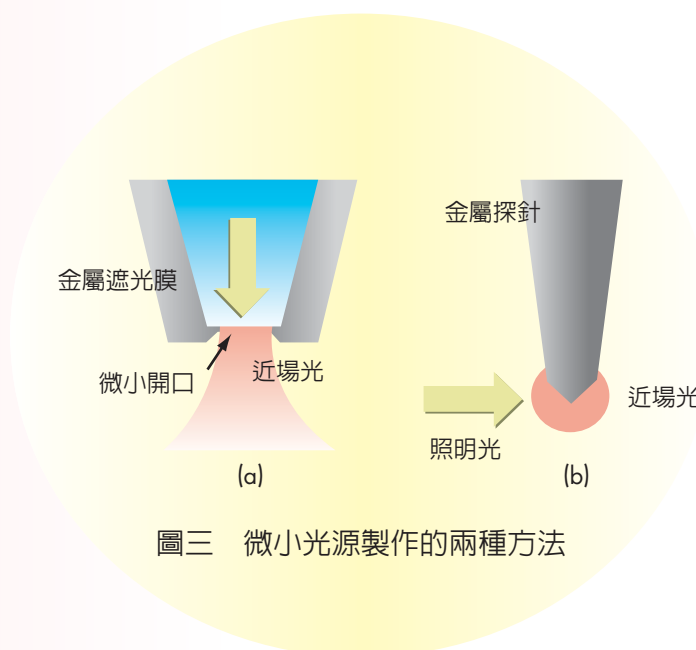
近場光可以用來觀察物體

近場光之最重要應用例為掃描式近場光顯微鏡(Near-field Scanning Optical Microscope: NSOM)。通常光學顯微鏡採用玻璃透鏡來放大觀察微小物體，但因光波長的限制，可觀察之最小尺寸（解析度）約為 $0.5\mu\text{m}$ 左右，此稱為光波之繞射極限。相對地，如圖三在光纖尖端製作極微小之金屬開口或直接照射尖銳

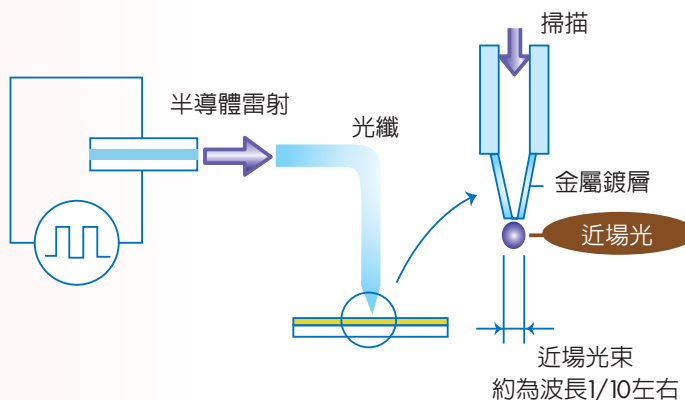
之金屬探針，均可形成極微小之近場光。因此若使用近場光時，則可以觀察與金屬開口或光纖尖端相同大小之微小

物體。藉由微機電(MEMS)之加工技術，製作 $0.1\mu\text{m}$ 以下之金屬開口或金屬探針已不是困難之事，預期將可獲得超越繞射極限之解析度。

圖四為掃描式近場光顯微鏡(NSOM)之示意圖，以雷射光通過直徑只有數 10nm 之光纖尖端，形成與尖端直徑相當之微小光點。NSOM與一般使用透鏡之光學顯微鏡不同，檢測試樣表面上各位置之近場光強度，再構成試樣之二維分布。雖然觀察時間較光學顯微鏡長，但可分析例如記憶材料產生之相變化、磁化逆轉、折射率等變化現象，甚而用來執行高密度之記憶。



圖三 微小光源製作的兩種方法



圖四 掃描式近場光顯微鏡之示意圖

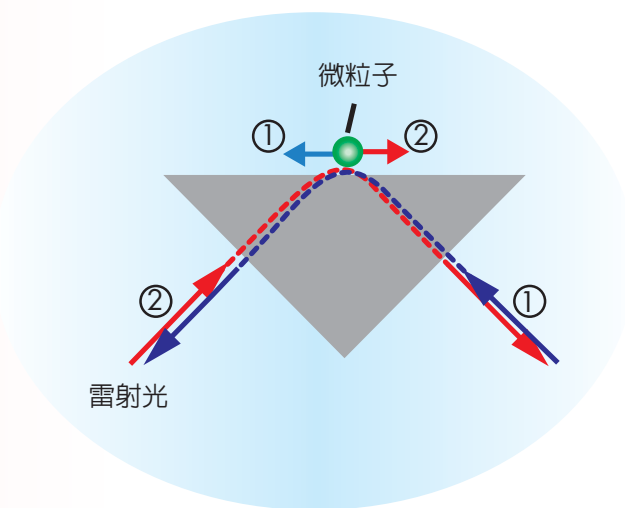
近場光可以用來移動物體

光具有波的性質，同時也具有粒子的行為。呈現粒子特性之光，稱為光子(Photon)。光子具有動量，碰撞物體會產生反射或折射，將使其運動方向改變，動量也隨之改變。改變之動量將成為作用於物體之作用力，而使「物體」產生移動。

此種光子作用力使微粒子移動的現象，可應用在細胞或化學合成之微粒子移動控制等。如圖五所示，方向相反之雷射以全反射角度照射三稜鏡。藉由兩方向雷射強度之調整，可以左右移動微粒子。如此可以一面觀測微粒子，同時也可以控制微粒子之位置。

結言

以上扼要介紹近場光之原理及其應用，可感覺到與以往所熟習之物理光學有些不同。雖然仍屬起步階段，但此領域之研究已開始受到世界各研究機構之重視。除上述的近場光用於顯微鏡觀察、做成近場光鉗成為生物單分子操作工具之外，日本產業技術綜合研究所也將光碟技術與近場光學顯微鏡加以整合，開發出高密度光Super RENS (Super Resolution Near-filed Structure)，顯示其在奈米技術研發領域有著無窮的潛在發揮空間。



圖五 以近場光控制微粒子之位置

(中山科學研究院材料暨光電研究所研究員 王建義)