

新型電漿波誘導Smith-Purcell輻射

Surface Plasmon Pulse Induced Smith-Purcell-like Radiation

組別：B13 指導教授：黃衍介 組員：蔡瑋哲

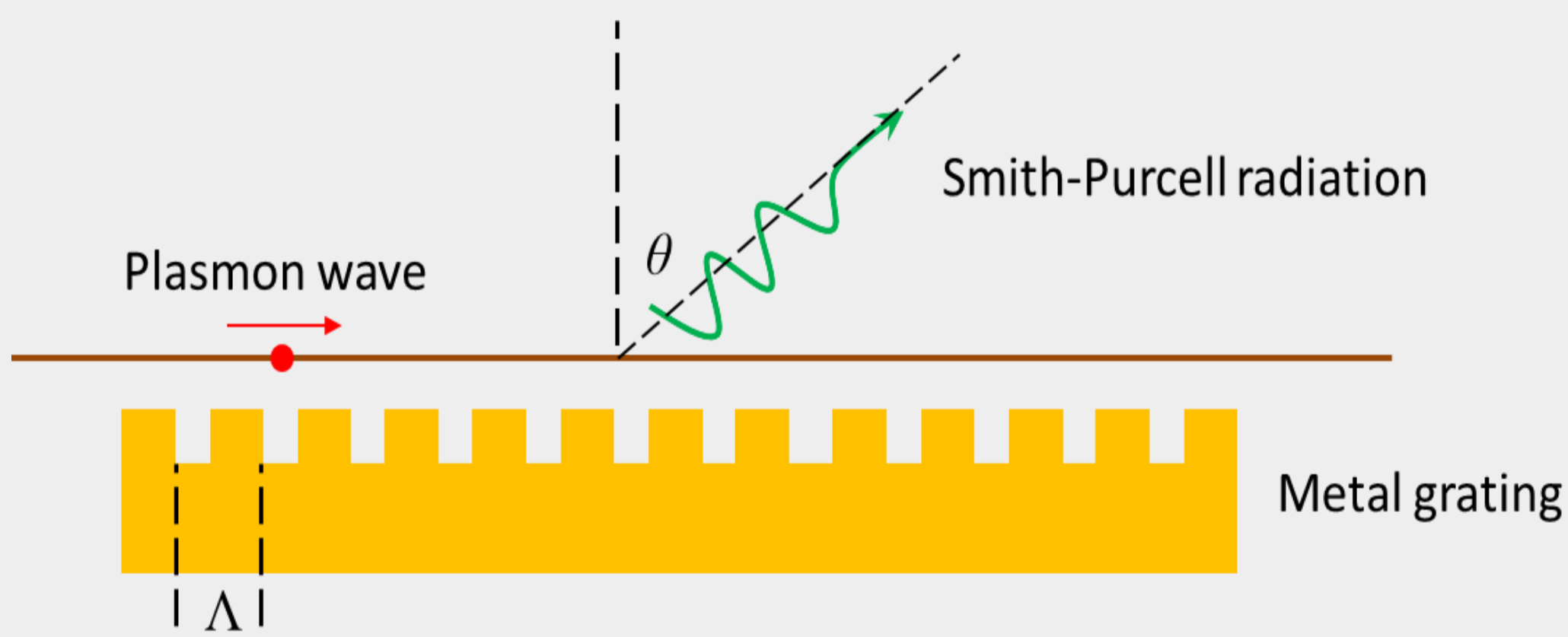
摘要

Smith-Purcell輻射效應是研究自由電子雷射的一個方向。當一電荷以等速沿著平行金屬光柵的方向移動時，金屬光柵表面則會產生Smith-Purcell Radiation。而Smith-Purcell Radiation效應的產生，其原理是以光柵作為共振結構，使得電子通過其表面輻射時受到共振干涉而在特定方向上產生特定波長的輻射。

本實驗的目的在於做出結構簡單但具影響力的遠紅外線輻射源。我們利用脈衝寬度在250飛秒且單發脈衝能量約0.7毫焦耳的鈦藍寶石雷射激發金屬導線，在導線上產生具正電及傳播性質的表面電漿波。並利用此表面電漿波的庫倫電場推動金屬光柵結構上的假想電荷，進而產生類似Smith-Purcell輻射的效應。

實驗原理

Smith-Purcell輻射的原理是利用電子通過光柵結構時發生共振，進而產生輻射。但在本實驗中，我們預計使用一套特殊的實驗架構來產生新型的Smith-Purcell輻射效應。實驗的簡易架構如下圖所示。



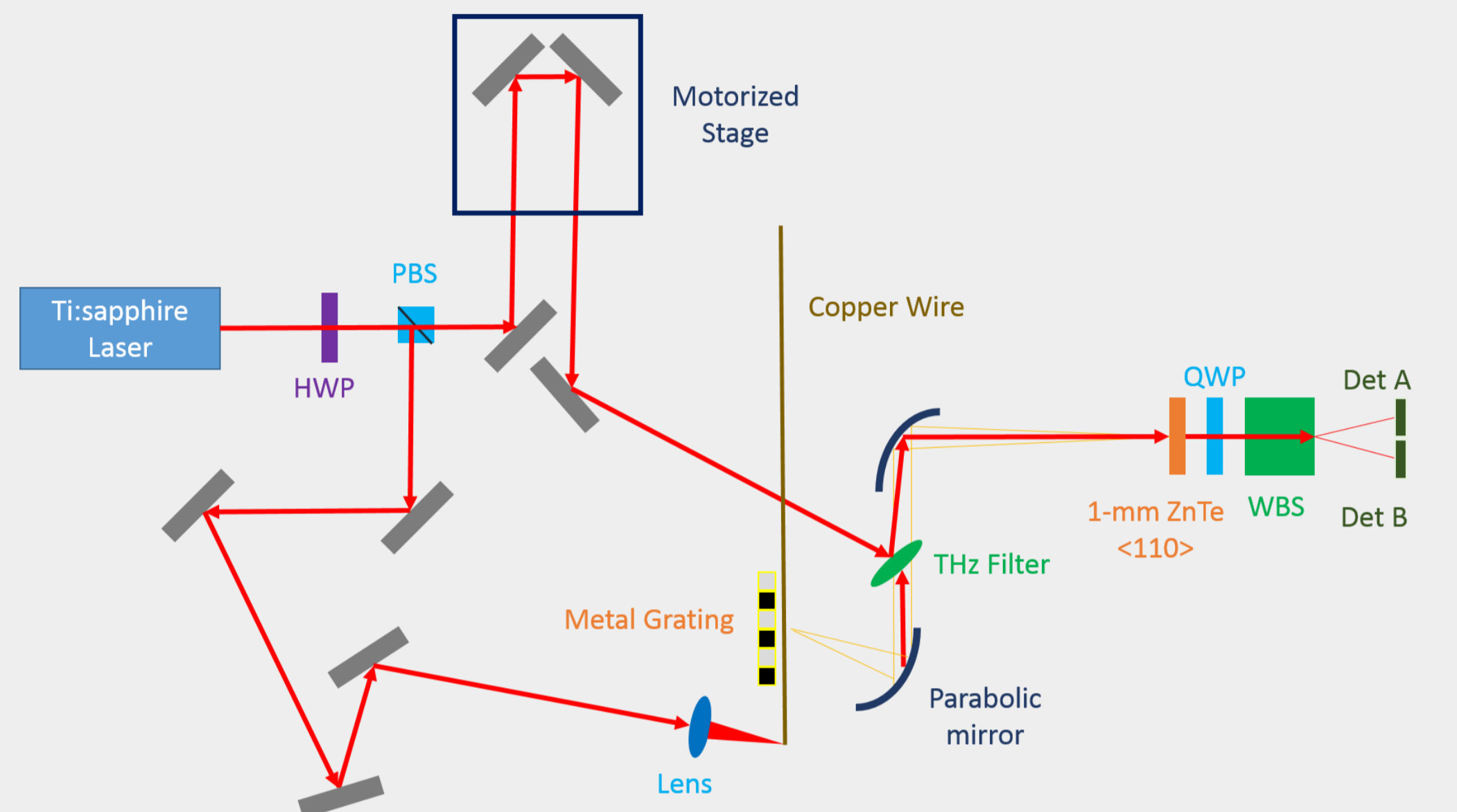
我們利用高能短脈衝雷射激發導線的一端、擊落導線上的電子，使其產生帶正電的表面電漿波。當此電漿波以接近光速於金屬光柵上傳輸時，其電性會牽引金屬光柵中的電荷、能量會受到金屬光柵的結構牽引並耦合，進而產生輻射能量的交互作用。

其產生的Smith-Purcell輻射波長 λ_{sp} 與其輻射角度 θ 、光柵周期長度 Λ 及電漿波的速度 βc_0 有關。這些參數的關係可以下方的公式表示。

$$\lambda_{sp} = \Lambda \left(\frac{1}{\beta} - \sin \theta \right)$$

實驗與量測系統

實驗系統的簡易架構如下所示，利用femtosecond的脈衝雷射光源，我們預期實驗產生的輻射會在THz頻段，因此必須使用電光取樣(E-O Sampling)的技術才能取得輻射在時間上的場分佈譜型，可再經由傅立葉轉換得到輻射的頻譜。



電光取樣的原理來自於電光晶體(ZnTe)受THz輻射場的影響產生Pockels effect，進而造成折射率的改變。脈衝雷射光源分成上下兩路，上方為Probe光，可利用移動平台調整時間延遲；下方的Pump光則由透鏡聚焦在導線上，激發電漿波並產生Smith-Purcell輻射(THz)。藉由電光效應，Probe光與此THz輻射在ZnTe晶體內交互作用時，Probe光會感受到折射率的改變因而產生相位延遲，而此改變量又正比於THz輻射的強度。透過改變Probe光在時間上與Smith-Purcell輻射的相對延遲，可掃描一段時間內兩道偏振光的強度差異，此強度差異在時間上的分佈可轉為THz輻射的譜型。

實驗結果

實驗預計使用的光源、測量系統、導線、光柵皆已準備完成，只可惜中途遭遇了硬體設備上的問題，導致實驗無法繼續進行，尚未產生實驗結果。我們可透過軟體來模擬電子束通過金屬光柵時產生的輻射。模擬所使用的電子束DC電流為1 mA，最大電壓為25 kV，光柵週期為0.1 mm。下圖即為透過MAGIC模擬的結果，電子束從左側的電子槍中往前射出，通過光柵表面後我們可觀測到Smith-Purcell輻射場在特定方向傳播。

