1 Observation of a 'quantum eraser'

1.1 非線形結晶の性能

この実験では、長さ 10cm の燐酸二水素カリウム (KDP:potassium dihydrogen phosphate) を用いており、結晶の光学軸の方向を、端の表面に対して 53° を成すように切ってある。この実験では、アルゴンイオンレーザーを照射すれば、波長 $351.1nm$ の pump photon が 2 方向に放出される。
また、この干渉系での detector は-18° C に冷やした RCA C30902C avalanche photodiode(APD) [1]から構成され、そこから得られたデータは、EG &G ortec model 583 の constant fraction discriminator によって処理される。

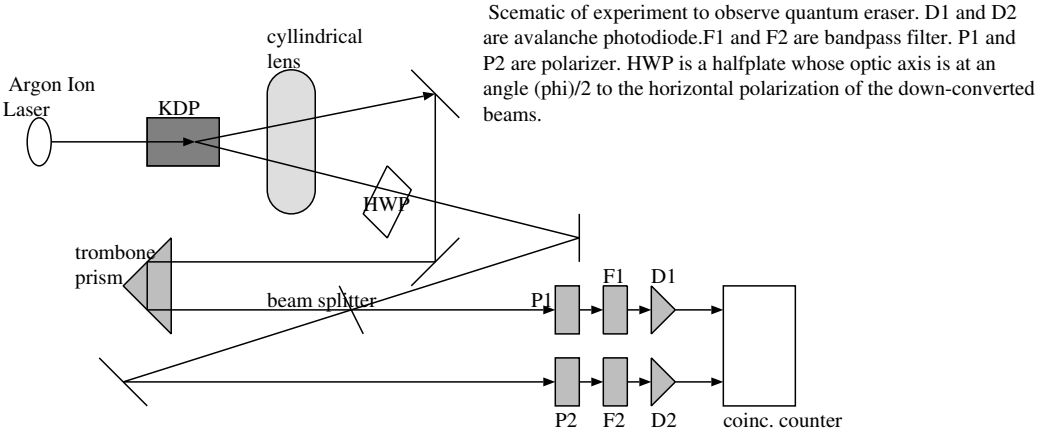

図 1: Kwait らの実験で用いた setup

1.2 この論文におけるダウンコンバーターの使用目的

この実験では、quantum eraser と呼ばれる現象を観察することを目的とする。まず$\frac{\lambda}{2}$板を一方だけの光路に置くことによって、 2 つの経路を識別可能にすることによって incoherent な状態にする。つまり、それぞれの光路に偏極という情報を与えることによって、このことは実現されている。quantum eraser はこの情報を状態ベクトルから除去するが、条件を変えれば再びその情報が復活させる。

この実験では、以下の 2 つの場合について測定している。
まず、$\frac{\lambda}{2}$板の half wave plate angle を$\frac{\phi}{2}$、τ_cをコヒーレント長、δx を 2 つの経路の長さの差、P_cを'transmission-transmission' 及び'reflection-reflection' の衝突の確率とする時、

$$P_c(\delta x = 0) = \frac{\sin^2\phi}{2},\ P_c(\delta x \gg \tau_c) = \frac{1}{2},\ V = \frac{P_c(\delta x \gg \tau_c) - P_c(\delta x = 0)}{P_c(\delta x \gg \tau_c)} = \frac{\cos^2\phi}{2} \tag{1}$$

となる。ここで、上式でのVは、dip の visibility と呼ばれる量である。つまり、half wave plate angle が 45° になれば干渉が消える。

次に、線形偏光器の水平方向との角度依存性について考える。P1 と P2 の水平方向とのなす角をそれぞれθ_1, θ_2とするとき、簡単のため$\phi = 90°$ に固定すると、以下の結果を得た。

$$P_c(\delta x = 0) = \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1)}{4},\ P_c(\delta x \gg \tau_c) = \frac{\sin^2(\theta_2 - \theta_1) + \sin^2(\theta_2 + \theta_1)}{4} \tag{2}$$

[1] avalanche 効果とは、半導体結晶に高電場を加えた時に、高速に加速されたキャリアーが格子電子に衝突することにより、そこに束縛された電子を励起し、自由電子とホールを作り、これらの二次キャリアーも次々に衝突電離に加わるため、キャリアーの増倍が雪崩状に起こる現象をいう。avalanche diode とは、こうした pn 接合の avalanche 効果による電子雪崩現象のキャリアーとその走行時間効果による負性抵抗を持つダイオードのことである。