

### 練習問題

量子情報通信では、しばしば、単一光子発生素子が必要な場合がある。そこで、BBO 結晶から自発的パラメトリック下方変換で生成された、量子的にもつれ合った光子対を、単一光子源に使う方法を考える。図 1 のように、BBO 結晶に状態  $|D\rangle$  の光子を入射することを考える。すると、 $10^{-6}$  程度の確率で、 $(1/\sqrt{2})(|HH\rangle + |VV\rangle)$  という光子対が得られる。

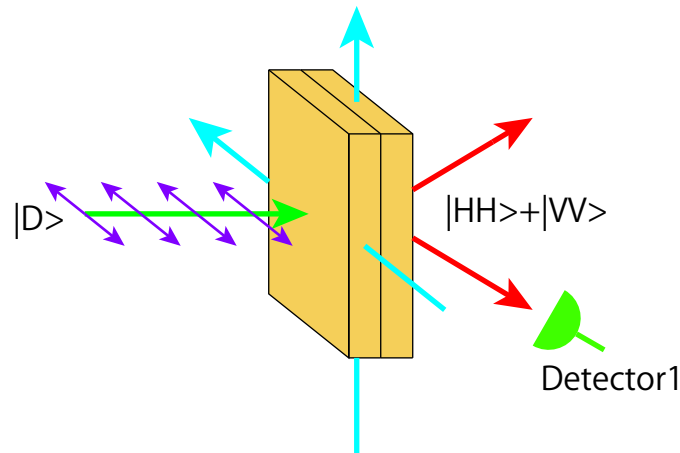


Figure 1: BBO 結晶から、もつれ合った光子の対が生成する様子

このうちの 1 個の光子を Detector1 で検出するとする。検出器 Detector1 は、状態  $|H\rangle$  と  $|V\rangle$  を識別できるとする。すると、Detector1 が光子を検出した瞬間、もう一方の光子が定められた経路に確実に射出されていることになる。さらに、Detector1 の測定結果より、もう一方の光子の状態も決定される。このような単一光子発生源は、量子暗号プロトコル BB84 の実験等で実際に使用されている。

これとは別に、次のような単一光子発生源も考えられる。非常に強度を弱めたレーザー光を単一光子の発生源と見なす方法である。一般に、複素振幅  $\alpha$  のレーザー光において、 $n(\geq 0)$  個の光子が含まれている確率  $P(n)$  は、

$$P(n) = \exp(-|\alpha|^2) \frac{|\alpha|^{2n}}{n!} \quad (1)$$

で与えられ、平均光子数は  $\langle n \rangle = |\alpha|^2$  となる。すなわち、レーザー光に含まれる光子の個数はランダムで、ポアソン分布を成す。従って、例えば、 $\alpha = 1$  のレーザー光を使えば、平均光子数が 1 個の光を実現できる。

上記の二つの方法、(1) 自発的パラメトリック下方変換を使う方法、(2) 平均光子数が 1 個のレーザー光を使う方法、を、単一光子発生源として考えた場合、それぞれの短所と長所を述べなさい。