

## 关于光学信息量\*

王之江

1. 信息的储存和传递总是由某种物理量的变化而实现的, 用相互可区分的光子态来传递信息, 是信息传送方法中很重要的一种. 用这种方法所能达到的限度可由下述考虑得到: 按 Shannon 定理, 当有  $M$  个独立的信息通道, 每个通道内可能具有的不同状态数为  $N$  时, 可传送的信息量为  $M \log_2 N$ . 在用光传递信息时,  $M$  就是光子态数, 即通道所占的相空间体积与 Bose 单胞体积之比<sup>1)</sup>, 而  $N$  就是单态中的光子数, 即光子简并度. 故当接收器面积  $A$ , 接收光束立体角  $\Omega$ , 接收光束频宽  $W$ , 接收时间  $T$ , 光束简并度  $\delta$ , 波长约为  $\lambda$  时, 可能传送的总信息量<sup>1)</sup>

$$H = \frac{1}{\lambda^2} A \Omega W T \log_2 \delta.$$

2. 当接收方法或传递过程并不能区分某些不同的通道, 例如它能区分的面积元  $\Delta S$  远大于  $\frac{\lambda^2}{\Omega}$ ; 或者它能区分的频差  $\Delta\nu$  远大于  $\frac{1}{T}$ , 则上式应改为

$$H = \frac{A}{\Delta S} \cdot \frac{W}{\Delta\nu} \log_2 \delta.$$

当接收器不灵敏, 并不能对单个光子起反应, 仅对  $\Delta$  个光子才有反应; 或因引入噪音, 而使通道内发生与  $\Delta$  个光子相当的无规起伏, 则上式应改为

$$H = \frac{A}{\Delta S} \cdot \frac{W}{\Delta\nu} \log_2 \frac{\delta}{\Delta}.$$

这二个表示式表明, 当区分光子态或光子数的能力不够时, 发射或接收的信息量会远低于原则上可达到的值.

3. 对于光学成象而言, 光学系统的象差将使可分辨的面积小于  $\lambda^2/\Omega$ , 因而由光束弥散范围易于判定其信息量降低的情况. 用光学传递函数似反使问题复杂化了. 再如用目视观察时, 由于眼并不能判别可见光波段内的各种波长差别, 彩色图象的信息量并不比单色图象增加多少.

4. 对于非成象情况而言, 由于已不能区分各不同空间点所发出的信号, 上述表式中的因子  $A/\Delta S$  或  $\frac{1}{\lambda^2} A \Omega$  应除去. 在一般无线电技术中遇到的就是这种情况. 由于接收面积  $A$  远小于  $\lambda^2/\Omega$ , 故因衍射和散射而使接收到的信号强度远小于光子简并度所定之值. 在光学中也有类似的情况. 例如光束通过一积分球后再被接收. 这种情况实际上与成象弥散而使  $\Delta S$  加大是有类似之处的, 都是使光子态混乱, 以至不能相互区分. 非成象过程都是不可逆过程, 这类不可逆过程的特点是使单态变为多态, 使能量分散, 使信息量降低.

\* 1964年5月9日收到.

1) 这和譚維翰用较复杂的过程导出的结果相同(见文献[2]中公式(10)).

在远距通信的情况下,  $A$  一般总小于  $\lambda^2/Q$ , 此时的信息通道在空间上是单通道的, 与上述情况无原则区别。

### 参 考 文 献

- [1] 王之江, 物理学报, **19**(1963), 320.
- [2] 譚維翰, 物理学报, **20**(1964), 1135.