

光的压缩态

Daniel F. Walls

(新西兰怀卡托大学物理系, 汉密尔顿)

压缩态是这样一种量子态, 在此量子态中一个正交相中的偏离方差小于相干态时的值。所差的部分必需靠另一个正交相中的涨落之增大来补偿, 以便满足海森堡测不准关系。压缩态有可能应用于受量子噪声限制的光通讯系统。本文将讨论各种产生和检测光的压缩态的方案。

我们以二能级原子的共振荧光为例加以说明。如实验已证实的, 从二能级原子产生的荧光表现出光子反聚束效应。对于那些不足以使原子饱和的驱动场强, 荧光也是被压缩的。压缩总是发生在对于表示场成正交的情形。这样, 幅度的涨落减小了, 造成光子反聚束的增强。对于可使原子饱和的驱动场强, 荧光则不再被压缩。由于光仍然是反聚束的, 在饱和情况下, 光的特性类似于数态时的情况。

预期了压缩态可以发生于某种具有相位依赖性的非线性光学相互作用之中。文章具体讨论了参量放大和四波混频过程。首先考虑在相干驱动的光学腔中放置非线性介质的情形。此种场合发生的最大压缩不超过一倍。这一压缩极限看来很可能是由于与腔耗有关的真空涨落所造成。为突破这一限制, 我们进而对没有腔的行波状态进行量子处理。发现与前所说的空间变化场的量子化的情形相反, 场中的压缩不再对应单模的情况。在某一临界相互作用长度不可获得最大的压缩, 超过此值, 压缩减小。通过研究单一非共振模下的压缩, 可更多地了解这一现象。与共振模比较, 非共振模的误差椭圆之主轴取向不同(随时间而变)。若压缩的方向依共振状况而确定, 那么经某段时间之后, 非共振模的压缩将再也不会存在。对于波包的情形, 结果又理解为非共振模集合的总效应。观察到的压缩量强烈地依赖于检测器接收到的光的频谱宽度。