多光子过程的全量子理论

王润文

（中国科学院上海光学精密机械研究所）

过去对多光子过程解析理论研究有用半经典理论得到很复杂的解的形式，也有用近似的理论分析，忽略因素太多；本文从全量子理论出发，采用相互作用表象，考虑到原子在激发态寿命是有限的，所以几率振幅 $C_m(t)$在有限时间区间内为连续有限，采用了 Laplace 变换，得到了一组线性代数耦合方程组。

$$i(sL_m-1)=g_2(\sqrt{n_2+1})L_2$$
$$isL_2=g_2\sqrt{m_2+1}\,L_1+g_3\sqrt{n_3+1}\,L_3$$
$$\cdots\cdots$$
$$isL_m=g_m\sqrt{n_m+1}\,L_{m-1}$$

我们解出了方程组的行列式及余子式，由于 $L_i(s)$是多项式，将它进行反变换即可导出多光子跃迁的几率振幅。作为例子我们计算了等间距及不等间距四能级级联多光子跃迁几率，解析计算表明双光子跃迁几率比单光子低两个量级，而三光子又比双光子跃迁几率小两个量级，为了保证级联跃迁有高的几率就得有合理的时间延迟。对一不等距四能级系统共振单光子、双光子与三光子过程的几率振幅是：

$$C_2(t)=\frac{-ia_1}{\beta^2-\alpha^2}\left\{\frac{a_3{}^2+\beta^2}{\beta}\sin\beta t-\frac{a_3{}^2+\alpha^2}{\alpha}\sin\alpha t\right\}$$

$$C_3(t)=\frac{i\,\alpha_1a_2}{\beta^2-\alpha^2}\{\cos\alpha t-\cos\beta t\}$$

$$C_4(t)=\frac{-ia_1a_2a_3}{\alpha\beta(\alpha^2-\beta^2)}\{\alpha\sin\beta t-\beta\sin\alpha t\}$$

其中 α、β、a_1、a_2 a_3 都是与原子耦极矩有关的系数。