

使用单频可调频(F_2^+)*色心激光器光泵

获得并测量自旋偏极氦原子

褚 成

(中国科学院上海光学精密机械研究所)

K. W. Giberson, F. B. Dunning and G. K. Walters

(美国莱斯大学物理系)

为进行 $He(2^3S)$ 原子的一系列光泵实验, 研制了一台单频可调谐(F_2^+)*色心激光器。该激光器使用冷却到液氮温度的掺 MnF_2 的 NaF 晶体为工作体系。晶体安放在环形/线形可变腔中, 由一台 HITC 染料激光器(870nm, 多模 400mW)泵浦, 可获得功率 $>50mW$, 调谐范围 $1.02\sim 1.16\mu m$ 的单频激光输出。

使用该光源进行了以下实验: 定量测定光泵 $He(2^3S)$ 原子包的自旋偏极度; 经由 $2^3S \rightarrow 2^3P$ 跃迁光泵热 $He(2^3S)$ 原子束; 光泵辉光后气流中的 $He(2^3S)$ 原子并使其与靶气碰撞反应获得自旋偏极的电子束。

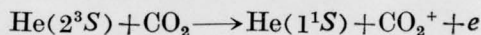
在测量自旋偏极度的实验中, 将色心激光调谐到 $He 2^3S_1 \rightarrow 2^3P_0$ 跃迁线(波长为 10829.081 \AA), 测量该圆偏振激光束通过氦包的衰减, 即可由以下公式计算出氦包中 $He(2^3S)$ 的自旋偏极度 P_z :

$$P_z \approx \frac{I(lhcp) - I(rhcp)}{3[I_0^u(rhcp) - I^u(rhcp)]} \quad (1)$$

式中 $I(lhcp)$ 及 $I(rhcp)$ 分别为左旋及右旋圆偏振激光通过受到光泵及放电作用的氦包后的强度; $I_0^u(rhcp)$ 为右旋圆偏振激光通过未受光泵及放电作用的氦包后的强度; $I^u(rhcp)$ 为右旋圆偏振激光通过未受光泵但被放电激励的氦包后的强度。由于(1)式仅涉及强度之比, 故仅测量相对强度而无需绝对强度即可确定 P_z 。

在光泵 $He(2^3S)$ 原子束的实验中, 采用调谐到 $He 2^3S_1 \rightarrow 2^3S_0$ 跃迁(10829.081 \AA)的线偏振激光获得了 $P_z=0$, $P_{zz}=-0.67$ 的结果(P_z 及 P_{zz} 为标志自旋偏振态的两个参数); 使用调谐到 $He 2^3S_1 \rightarrow 2^3P_0$ 跃迁的右旋圆偏振激光获得 $P_z=0.42$, $P_{zz}=-0.34$ 的结果; 使用调谐到 $He 2^3S_1 \rightarrow 2^3S_2$ (10830.341 \AA)的右旋圆偏振激光获得了 $P_z=0.66$, $P_{zz}=0.44$ 的结果。以上实验中激光功率均只有 $10mW$ 左右, 但获得的 P_z 值却远比使用 $400W$ 射频 He 灯为光源时来得高。

利用类似的方法亦获得了辉光后气流中 $He(2^3S)$ 的自旋偏极, 再与靶气 CO_2 碰撞, 利用以下自旋角动量守恒的反应过程即可获得自旋偏极的电子束:



使用调谐到 $He 2^3S_1 \rightarrow 2^3P_2$ (10830.341 \AA)的 $25mW$ 色心激光, 获得了自旋偏极度 $P=0.4$ 、束流 $I=45\mu A$ 的电子束, 其品质因子 P^2I 高达 $7.2\mu A$, 超过迄今为止最好的结果($3.6\mu A$, 由美国国家标准局 D. T. Piece 等人获得)约一倍。