

- 5 李林林, 中国激光, **16** (3) 182 (1989)
 6 D. Welford, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-21** (11), 1749 (1985)
 7 G. P. Agrawal, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-21** (6), 680 (1985)
 8 李林林, 中国激光, **14** (9), 529 (1987)
 9 S. Piazzolla *et al.*, *IEEE J. Quant. Electr.*, **QE-22** (12), 2219 (1986)

(收稿日期: 1989年1月30日)

紫外激光冷却镁原子

王玉芝*

(中国科学院上海光机所, 201800)

N. Beverinni, F. Strumia

(意大利比萨大学物理系)

UV laser cooling of magnesium atomic beam

Wang Yuzhi

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica, Shanghai)

N. Beverinni, F. Strumia

(Department of Physics, University of Pisa, Italy)

Abstract: We reported an experiment of cooling Mg atomic beam by a UV laser and experimental results are given.

Key words Mg atom, laser, cooling

利用反向激光与原子跃迁产生共振, 可使 Na 和 Cs 原子减速^[1,2]。与 Na 和 Cs 原子相比, Mg 原子结构对于冷却更为方便。Mg 原子的部分能级示于图 1。从图中可以看出, 区别于 Na 或 Cs 原子的是 Mg 原子的基态没有精细结构, 因此也就避免了光泵效应。当然有一定输出功率的与 Mg 原子的 $^1S_0-^1P_1$ 产生共振跃迁的 285.2 nm 的激光是必要的。

一、实验装置

图 2 是实验装置方框图。从原子束炉(11)喷射出来的热原子束被准直, 使输出波长为 285.2 nm 的反向激光束作用于原子束, 与其 $^1S_0-^1P_1$ 能级产生共振跃迁。699/21 型环形染料激光经 KDP 倍频(4)后产生 285.2 nm 波长的连续紫外激光束, 可获得 4 mW 的单模最大输出, 线宽为 2 MHz。但在我们的实验中, 由于采用了塞曼冷却, 因此仅用 1~2 mW 的输出就获得了冷却结果。

分析光束是由另一台 699/21 环形染料激光器(2)经 KDP(3)倍频后而得到的, 其波长仍为 285.2 nm, 其输出功率比冷却光束约低三个量级。为了得到足够大的分析信号和高的速度

* ICTP Fellow in Trieste of Italy.

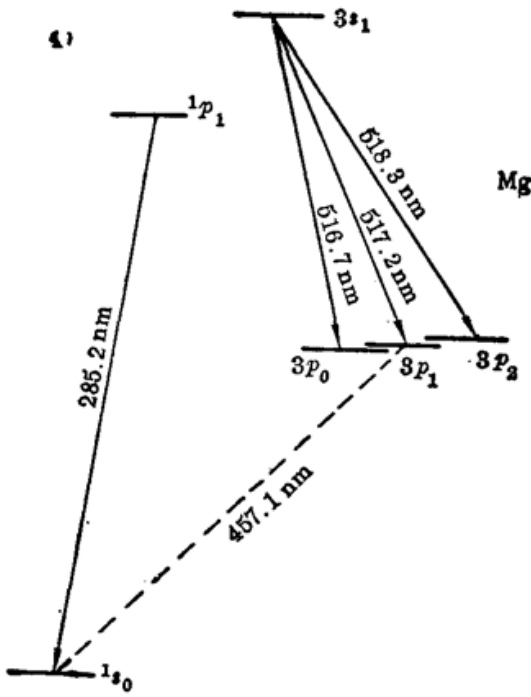


Fig. 1 Scheme of the lowest energy Mg levels

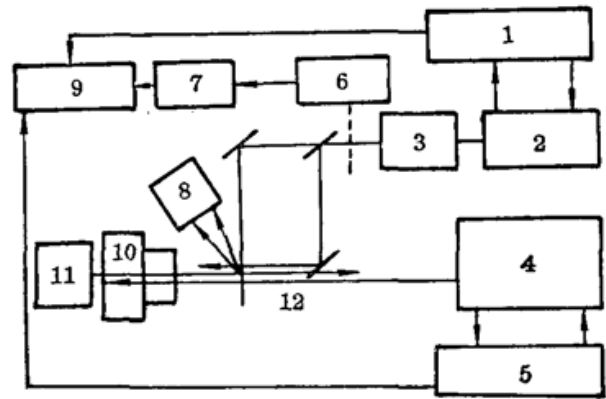


Fig. 2 Experimental apparatus

1—frequency control; 2—dye laser; 3—KDP crystal; 4—intracavity frequency-doubled dye laser; 5—frequency control; 6—chopper; 7—lock-in; 8—PM; 9—recorder; 10—magnetic coils; 11—Mg oven; 12—Mg atomic beam

分辨率, 应使分析激光束直径小于冷却激光束直径也小于原子束直径。

由于倍频的结果, 紫外激光可能发生像差, 所以分析光束和冷却光束都要用光阑仔细校准, 目的是使冷却激光束朝向炉子会聚, 从而增加原子-电子的弹性碰撞截面, 产生良好的冷却效果。

分析激光束的调制频率为 1 kHz , 荧光信号由光电倍增管接收, 并用锁相放大器处理。

二、实验结果

我们做了两组实验: 比较有无磁场时的激光冷却; 比较用固定频率的冷却激光和扫描频率

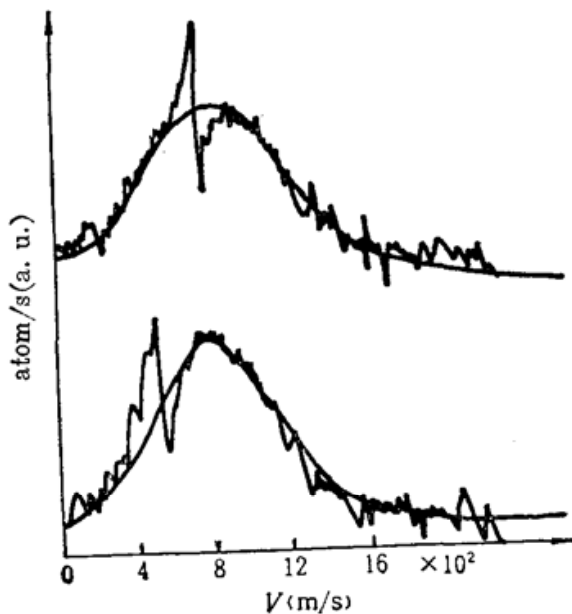


Fig. 3

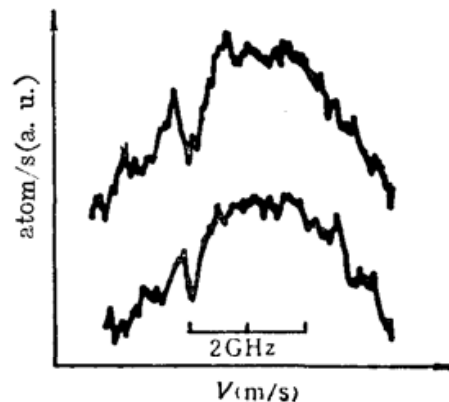


Fig. 4

冷却激光时的冷却结果。图 3、4 给出了第 1 组实验结果。

图 3 中的上图和下图均是冷却激光和分析激光叠加的结果。平滑的速度包迹线是由分析激光束产生的,而冷却激光所产生的噪音水平要增加二个量级。由于没有磁场,即限制了在冷却激光多普勒失谐处速度分布的凹陷,也限制了在低速边减速原子的峰值。上图的冷却激光频率固定在速度包迹线的最大处,下图是在 600 m/s 速度处固定冷却激光频率。

实验中冷却激光功率为 1.5 mW ,在离 Mg 原子炉 35 cm 处的光束直径为 0.15 cm ,而聚焦在 Mg 原子炉处的直径为 0.10 cm 。

我们还比较了塞曼调谐效应对冷却的影响。实验中我们利用了一个足够强的轴向磁场,磁场强度 $B(z)$ 在 25 cm 内减到零,因此最大的冷却长度为 25 cm 。图 4 的下图是固定激光频率,不加磁场时的冷却结果。上图是在同样的实验条件下,加上 $B(Z=0)=0.03\text{ T}$ 的磁场时的冷却结果。正如预期的一样,有磁场存在时冷却深度增加。在这样强的磁场中,塞曼调谐范围相当于 Mg 原子自然线宽($\Delta\nu=78\text{ MHz}$)的 5 倍,因此可以有效地补偿多普勒漂移。

图 5、6 给出了第 2 组实验结果,都是在不加磁场时获得的冷却结果。但图 5 的冷却激光频率固定在 600 m/s 速度处,而图 6 的冷却激光频率进行了扫描。图 6 给出了一个畸变的图形,而且在高速度边的原子增加。从图 6 中我们也可以看到 Mg 原子同位素 ^{24}Mg 、 ^{25}Mg 、 ^{26}Mg 的共振吸收峰,这与[3]的结果一致。

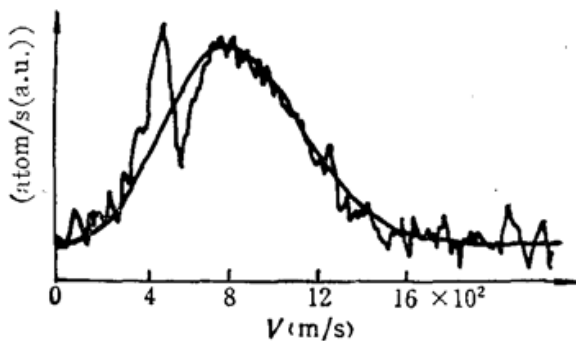


Fig. 5 The cooling result of Mg atom absence magnetic field by scanning probe laser frequency

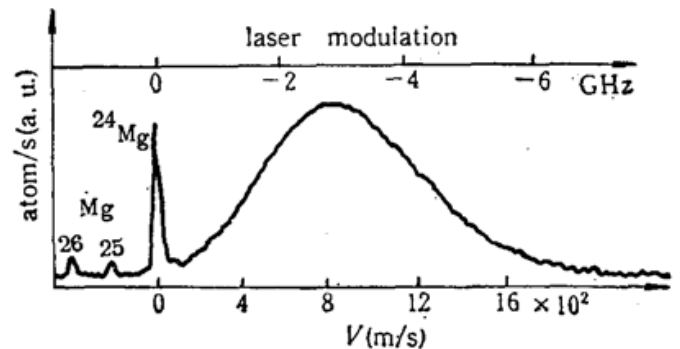


Fig. 6 The cooling result of Mg atom absence magnetic field by scanning cooling laser frequency

参 考 文 献

- 1 V. I. Balykin, V. S. Letokhov, A. I. Sidorov, *Opt. Commun.*, **49**, 248 (1984)
- 2 R. N. Watts, C. E. Wieman, *Opt. Lett.*, **11**, 291 (1986)
- 3 王玉芝, N. Beverini, F. Strumia, *中国激光*, **16** (11), 699 (1989)

(收稿日期: 1989年11月22日)