

# 一种用于激光蒸发产生团簇束的高速脉冲气阀\*

倪国权 周汝枋 戴明 许达民

(中国科学院上海光机所, 中国科学院量子光学联合开放实验室, 上海 201800)

**提要** 报道一种双线圈弹簧结构脉冲气阀的成功研制。产生的气体脉冲宽度(FWHM)小于 200  $\mu\text{s}$ , 在不加 Skimmer 时气体脉冲峰值强度为  $2 \times 10^{22}$  molecules/sr  $\cdot$  s。气阀的主要性能与国外用激光蒸发/分子束技术产生簇束的有代表性的实验室所用的同类气阀相比并不逊色。

**关键词** 脉冲气阀, 激光蒸发, 分子束, 团簇

近十余年来, 原子和分子团簇(clusters)的研究发展十分迅速, 它涉及基础研究和实际应用的广泛领域。束团簇(beam cluster)作为一种处于孤立和隔绝状态的团簇形态, 在团簇的物理和化学特性研究中扮演十分重要和独特的角色。

炉子蒸发技术只适用于熔点较低的样品。由于 R. E. Smalley 等<sup>[1]</sup>和 V. E. Bondybey<sup>[2]</sup>等的开创性工作, 采用激光蒸发和分子束技术, 已经可以制备任何难熔材料的团簇束, 大大拓宽了团簇研究的范围, 给团簇研究以巨大的推动。在使用激光蒸发技术的簇束实验中, 由激光蒸发靶材产生的高温等离子体必须在喷嘴的管道里被载气(carrier gas)冷却, 再与电子重新结合为中性原子; 热原子必须在喷嘴管道里为载气冷却, 相互碰撞而形成原子簇; 而在原子簇生成过程中释放出的能量也必须由载气消散。所以, 脉冲气阀必须给出足够大的瞬时流量, 即足够大的气体脉冲峰值强度。同时, 所用载气的典型压强在 5 atm 左右, 为了使真空系统在脉冲探测时有足够高的真空度, 气体脉冲的宽度必须足够窄。可见, 在用激光蒸发产生簇束的实验中, 脉冲气阀起着相当关键的作用。

本文报道的脉冲气阀采用双线圈、弹簧结构(图 1)。气体未受电流脉冲激励时, 由弹簧力实现密封。在开启电脉冲作用下, 开启电磁力克服弹簧力使气阀开启; 在开启电脉冲中止的同时, 闭合电脉冲激励闭合线圈产生闭合电磁力, 与弹簧力共同作用, 使气阀快速关闭。我们成功地产生了宽度(FWHM)小于 200  $\mu\text{s}$ , 峰值强度约为  $2 \times 10^{22}$  molecules/sr  $\cdot$  s(不加 Skimmer)的氦气脉冲(图 2)。中性气体分子用 ZJ-2 电离管探测。在电离管圆筒收集极的相对位置上各开一

\* 本工作得到国家自然科学基金和中国科学院量子光学开放实验室的支持。

收稿日期: 1993年11月15日; 收到修改稿日期: 1994年1月6日

个  $2.2 \text{ cm}^2$  的方孔,使气体分子可以穿越。探测系统的灵敏度在实验条件下标定。气阀的最高可工作气压大于  $6 \text{ atm}$ ,最高可工作频率大于  $10 \text{ Hz}$ ,可在  $10 \text{ Hz}$  的频率下连续工作,无发热现象,工作稳定可靠,完全适用于通常的实验工作。该电磁气阀的主要性能与国外一些采用激光蒸发/分子束技术产生脉冲金属团簇束的代表性实验室所用的同类气阀可以比较。文献[3~5]所载的脉冲气阀的动作速度在  $200\sim 400 \mu\text{s}$  之间;典型的束强约为  $1 \times 10^{22} \text{ mole/sr} \cdot \text{s}^{[6]}$ 。可见,本气阀的主要性能与之相比并不逊色。

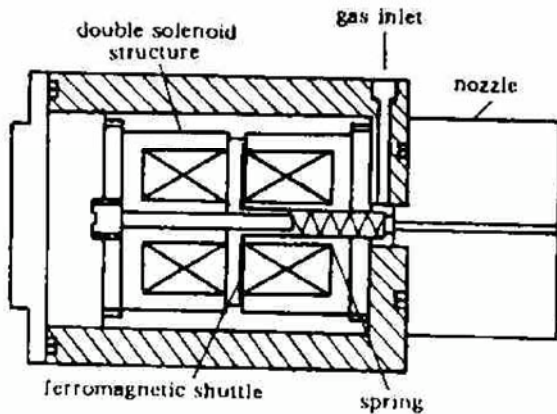


Fig. 1 Schematic of the double-solenoid valve structure

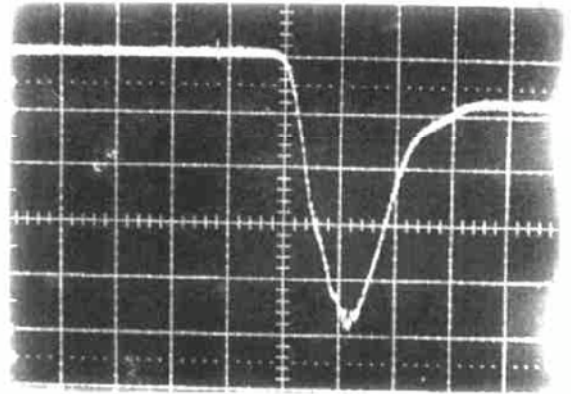


Fig. 2 Typical gas pulse generated.  $x$  axis:  $100 \mu\text{s}/\text{div}$ .  $y$  axis:  $8 \times 10^{-2} \text{ Pa}/\text{div}$ . The detector is located  $34 \text{ cm}$  downstream from the nozzle

作者已经对这种气阀产生的脉冲分子束的速度、速度分布和束强作了诊断,并成功地应用这种气阀于激光蒸发/分子束技术,实现了金属团簇( $\text{Al}_2, \text{Al}_3\text{O}, \dots$ )束的初步产生,并作了光电离( $193 \text{ nm}$ )和飞行时间质谱(TOF MS)探测<sup>[7]</sup>。

**致谢** 感谢日本庆应大学化学系茅幸二教授和上海钢铁研究所刘大均高级工程师,提供的磁性材料 TDK 铁氧体(H5C2P30/19Z-52H)和 1J12DY 材料对气阀的研制成功至关重要。感谢王育竹教授对本工作的关心和支持。

### 参 考 文 献

- 1 D. E. Powers, S. G. Hansen, M. E. Geusic *et al.*. Supersonic Metal Cluster Beams; Laser photoionization Studies of  $\text{Cu}_2$ . *J. Phys. Chem.*, 1982, **88**: 2556
- 2 V. E. Bondybey, J. H. English. Laser Excitation Spectra and Lifetimes of  $\text{Pb}_2$  and  $\text{Sn}_2$  produced by YAG Laser Vaporization. *J. Chem. Phys.*, 1982, **76**: 2165
- 3 D. E. Powers *et al.*. Supersonic Copper Clusters. *J. Chem. Phys.*, 1983, **78**: 2866
- 4 E. A. Rohlfing *et al.*. Production and Characterization of Supersonic Carbon Cluster Beams. *J. Chem. Phys.*, 1984, **81**: 3322
- 5 P. Milani *et al.*. Improved Pulsed Laser Vaporization Source for Production of Intense Beams of Neutral and Ionized Clusters. *Rev. Sci. Instrum.*, 1990, **61**: 1835
- 6 Thomas E. Adams *et al.*. Convenient Fast Pulsed Molecular Beam Valve. *Rev. Sci. Instrum.*, 1981, **52**: 1469
- 7 倪国权 等. 待发表

## A Double-solenoid Pulsed Valve Used for the Generation of Cluster Beams with Laser Vaporization Technique

Ni Guoquan Zhou Rufang Dai Ming Xu Damin

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

Joint Laboratory for Quantum Optics, Academia Sinica, Shanghai 201800)

**Abstract** It is reported that a double-solenoid pulsed valve with pulse width less than 200  $\mu\text{s}$  has operated successfully. The peak intensity of the produced gas pulse is about  $2 \times 10^{22}$  molecules/sr  $\cdot$  s without Skimmer. The main features of the valve are comparable with those used in foreign representative laboratories for the generation of cluster beams with laser vaporization/molecular beam technique.

**Key words** pulsed valve, laser vaporization, molecular beam, clusters

## CHINESE JOURNAL OF LASERS B

Vol. B3, No. 4 (Series No. 16), August 20, 1994

(July/August)

### CONTENTS

#### • FRONTIER FOR LASER TECHNOLOGY •

Multiple photon laser photochemistry ..... *V. S. Letokhov* (289)

#### • LASER DEVICES •

An investigation on laser-diode-array pumped Nd : glass slab laser  
..... *HU Wentao, Zhou Fuzheng, CHEN Youming, JIANG Zhonghong* (315)

Theoretical analysis and experimental investigation of pulsed tunable forsterite laser  
..... *WU Fushun, WU Xing, B. Hamilton, YAO Jianquan* (321)

Birefringence of (Al)GaAs/AlGaAs multiple quantum well optical waveguides  
..... *MA Chunsheng* (331)

#### • LASER PHYSICS AND LASER CHEMISTRY •

Study on the orthonormalization eigenstates of  $a_1^3$   
..... *XIA Deyong, REN Min, MA Aiqun, SHI Weichun* (339)

Rapid evaluation for dielectronic recombination rate coefficients of Ni-like ions Gd and Ta  
..... *TENG Huaquo, XU Zhizhan, ZHANG Wenqi* (343)

HMO in geometrical optics  
..... *GUO Hong, LIN Tao, WANG Gang et al.* (347)

#### • EXPERIMENTAL TECHNOLOGY AND ELEMENTS •

Two-dimensional  $4 \times 4$  optical switching element by using HOE and SLM  
..... *LAI Songcan* (351)

Optimum design of birefringent filter  
..... *XIE Jianping, SUN Xiaoquan, Wang Junmei et al.* (355)

#### • LASER APPLICATIONS •

Surface temperature field survey for laser heating of steels  
..... *ZHU Zuchang, LI Xiuqian, YU Shaobuo* (363)

Effects of He-Ne laser irradiation at acupuncture points on steroid hormone receptors of uteri  
in rabbits ..... *HUANG Ping, CAI Shangda, QIU Yiguang et al.* (369)

Laser Glazing study of Co-based alloy and Ni-Nb-Cr alloy coating  
..... *TIAN Nailiang, YANG Yongqiang* (377)