

- Engineering, 1996, 9: 479 - 484.
- [3] Lai L H, Yang Y T. Conformational analysis of oligosaccharides. Progress in Biochem. & Biophys. 1995, 22: 290 - 294.
- [4] Zhang H Y, Yang Y T, Lai L H. Conformational analysis of two glycoproteins: A Monte Carlo simulated annealing approach using a soft-sphere potential. Carbohydrate Research 1996, 284: 25.
- [5] Zhang H Y, Lai L H et al. A Fast and Efficient Program for Modelling Protein Loops. Biopolymers, 1996, 41: 61 - 72.
- [6] Ji H, Zhang R H, Lai L H et al. Solid-phase synthesis, metal binding and folding properties of caulimovirus-related "zinc finger". Int. J. Peptide & Protein Res., 1996, 48: 461 - 464.
- [7] Deng Q L, Cao B, Lai L H. Receptor Mapping by Comparative Molecular Field Analysis of Phospholipase A2 Inhibitors. J. Chin. Chem. Soc., 1995, 42: 739 - 744.
- [8] Lai L H, Guo F, Xu X J et al. Automatic Protein de novo Design by Genetic Algorithm and 3D Profile. J. Biomol. Struct. & Dyn., 1995, 12: a128.
- [9] Luo Z W, Wang R X, Lai L H. RASSE: A New Method for Structure-Based Drug Design. J. Chem. Inf. Comput. Sci., 1996, 36: 1187 - 1194.
- [10] Wang R X, Fu Y, Lai L H. A New Atom-Additive Method for Calculating Partition Coefficients. J. Chem. Inf. Comput. Sci., 1997, 37: 615 - 621.

PROTEIN STRUCTURE PREDICTION

Lai Luhua

(Peking University, Beijing 100871)

Key words protein, structure prediction, bioinformatics, *de novo* protein design

·成果简介·

我国研制成功新型射频激励扩散型 冷却千瓦 CO₂ 激光器

辛建国*

(北京理工大学光电工程系, 北京 100081)

[关键词] 射频激励, 扩散型冷却, CO₂ 激光器

射频横向激励扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器技术是国际上 90 年代出现的最新技术, 目

* 1995 年度国家杰出青年科学基金获得者。
本文于 1997 年 4 月 15 日收到。

前只有少数几个国家掌握。这种激光器具有体积小、光束质量高、总效率高、成本低和机动性好等优点,具有广阔的应用前景。

射频横向气体放电激励技术与目前采用的传统的直流气体放电激励技术相比有如下优点:(1)射频波可实现高频幅度调制,因而可高频调制激光增益获得方波激光输出,其调制频率可达 200 kHz,可实现带前沿尖峰的方波输出(superpulse),这是直流放电激励方式所不能达到的;(2)射频横向放电具有正向伏安特性,可实现持续放电,而直流气体放电具有负向伏安特性,需串联限流电阻才能形成持续放电,其限流电阻消耗加载在激光头上的电输入功率的 50%左右;(3)射频横向放电激励方式工作电压低(约几百 V,而直流放电激励方式工作电压约为几万 V),因而射频横向放电激励方式有利于提高器件寿命;(4)射频横向放电激励方式可实现大面积均匀放电激励,因而可采用面增比技术以提高器件输出功率,使大功率激光器件体积大为缩小;(5)射频横向放电激励方式可实现单电源输入多通道同时放电均匀激励,因而可将器件做成阵列结构以提高器件输出功率和进一步缩小器件体积。以上优点都是传统的直流放电激励技术所不能及的。

射频横向放电激励方式的低工作电压、大面积均匀放电激励和单电源输入多通道同时均匀激励的优点,为大功率输出 CO₂ 激光器采用扩散型冷却技术提供了条件,从而可抛弃用于快速气体流动冷却的罗茨泵,使激光器件体积大为缩小并降低了激光器件成本。由于罗茨泵需消耗总输入电功率的 50%左右和产生特有的噪声,抛弃了罗茨泵就提高了激光器的总效率(plug efficiency)和实现了激光器无噪声工作环境运行。扩散型冷却技术的实施还提高了大功率 CO₂ 激光器的光束质量,拓广了大功率 CO₂ 激光器的应用范围,例如,可设计成激光加工用机器人,应用于生产线上和人们不能去的环境中。

此外,射频横向激励扩散型冷却大功率输出 CO₂ 激光器的射频功率的传输是利用同轴软电缆进行的,因而可采用射频电源与激光器分离放置的方式,使激光器可在大范围内移动,进行激光加工。这些都是直流放电激励快速气体流动冷却(纵流或横流)大功率 CO₂ 激光器所不能比拟的。

自 1989 年英国的 Hall 教授等人^[1]首次报道了面增比技术(area scaling)以来,射频激励扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器技术得到了迅速发展。

1990 年,德国 DLR 技术物理研究所的 Nowack 等人在 SPIE 会议上发表了射频激励扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器技术的学术论文^[2],他们在实验室获得了 500 W 的激光功率输出,其器件结构电极长度为 420 mm,放电区横截面尺寸为 70×1.5 (mm)²,从技术上论证了实现千瓦级扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器的可能性;1992 年英国的 Hall 教授等人在世界上首次报道了射频激励扩散型冷却千瓦输出 CO₂ 激光器^[3],其电极长度为 770 mm,放电区横截面尺寸为 95×2 (mm)²;1994 年中国北京理工大学辛建国提出了体增比技术的概念及实现的技术途径^[4],研究成板条波导阵列结构 CO₂ 激光器件^[5],从 500 mm 电极长度器件中获得 1040 W 的激光功率输出;1994 年德国 Fraunhofer 激光技术研究所的 Ehrlichmann 等人^[6],提出了一种环形非稳腔结构,利用同轴放电形成的环形增益与环形非稳腔匹配,获得 1 kW 的激光功率输出,其结构电极长度为 1150 mm,放电区等效横截面尺寸为 150×7 (mm)²;1996 年英国的 Hall 教授等人报道了一种射频激励扩散型冷却二维波导阵列 CO₂ 激光器^[7],由 16×4 个 2.25mm×2.25 mm×590 mm 波导构成,激光输出功率为 2 kW;1996

年德国 DLR 技术物理研究所的 Nowack 等人又报道了射频激励扩散型冷却同轴结构大功率 CO₂ 激光器^[8], 获得了 1200 W 激光功率输出, 其器件结构电极长度为 530 mm, 同轴放电区外直径为 95 mm, 电极极间距为 1.5 mm; 1996 年日本 Toshiba 公司重仪器工程实验室报道了电源与激光头一体的 1000 W 射频激励扩散型冷却板条波导 CO₂ 激光器^[9]。

射频激励扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器技术包含了三项技术单元: 扩散型冷却技术, 大面积和多通道射频均匀放电激励技术, 及面增比与体增比光学谐振腔技术。这三项技术的组合使扩散型冷却紧凑型大功率气体激光器的实现成为可能。但目前采用的面增比激光器件的技术途径(单板条波导结构与光学非稳腔的组合), 使激光功率的进一步提高并同时保持器件的紧凑型受到限制, 主要原因是: (1) 实验研究表明, 射频激励器件的高增益激励频率在 90—150 MHz 之间, 即射频波长为 2—3 m 左右, 而电磁波在平行电极中传播形成驻波电压分布。为获得均匀放电激励, 一般电极尺寸小于 1 m, 同时配合以一定的纵向匹配技术。而为了保证纵向匹配技术的有效实施, 大面积放电电极尺寸的横纵比一般远小于 1, 如若保持器件长度不变, 面增比技术要求增大电极尺寸的横纵比, 这样才能进一步提高器件的激光输出功率。大横纵比电极使得电压均分匹配技术的效用大为降低, 因而使放电均匀激励性降低, 导致激光输出功率的提高受到限制。(2) 由于光学望远镜非稳腔的耦合输出率与非稳腔的光束输出口径相关, 因而随着电极横纵比的提高, 为保证激光输出最佳耦合, 非稳腔的光束输出口径也要加大, 这样, 使得输出光束长宽比增大, 在实际应用中为光束变换带来了困难。

为进一步提高扩散型冷却激光器的输出功率, 而又同时保持其紧凑型, 仅采用面增比技术是不够的, 而应采用体增比技术 (volume scaling)。

辛建国在前期研究扩散型冷却同轴电极射频放电结构的基础上, 把同轴结构的外电极和内电极展开, 构成了一个 1×2 板条波导阵列器件结构, 这种结构与单板条波导器件相比, 充分利用了单板条波导器件中, 上电极与真空腔外壳间的空间, 在这空间中设计布置了另一个接地电极, 使得原器件尺寸保持不变, 而同时又增加了器件增益面积, 提高了激光器件的输出功率。同时由于这种结构的上下电极均为接地电极, 射频功率从中间电极输入, 为电极的固定和工艺安装带来了便利。

此外, 为实现大面积和多通道射频均匀放电激励, 在过去的几年中, 研究者们基于传输线电压分布理论, 先后提出了多种改善射频横向气体放电纵向电压分布均匀性的匹配技术, 在实验中均得到了良好应用。考虑到知识产权的限制, 在课题研究中, 我们提出并应用了一种新的改善射频横向气体放电纵向均匀性的匹配技术^[10], 获得了良好的射频气体大面积和双通道放电的均匀性。

我们还从工程机生产的需要出发, 研究了一套从加工到调试的工艺流程, 以便于生产制造。

本课题研究中, 我们获得了稳定连续运行的千瓦激光功率输出的 CO₂ 激光器件。射频输入功率为 8050 W 左右, 射频反射功率为 200 W, 混合气体气压为 9.3 kPa, 光电转换效率大于 12%。谐振腔输出口径为 $2 \times 22 \text{ (mm)}^2$, 激光器件外尺寸为 $\Phi 270 \text{ mm} \times 720 \text{ mm}$ 。

本课题实现了从射频激励扩散型冷却千瓦输出 CO₂ 激光器原理样机到工程样机的全部研究, 提出并采用了如下创新技术:

(1) 提出了体增比激光器件的概念, 实现了一种体增比的板条波导阵 CO₂ 激光器结构,

这种器件结构与单板条波导气体激光器件结构相比,提高了器件结构空间的利用率,增加了相同器件长度的增益面积,因而提高了器件单位电极长度激光输出功率,与同量级激光功率输出单板条波导器件相比,减小了器件尺寸,为更高功率的扩散型冷却 CO₂ 激光器的实现奠定了基础。

(2) 大面积射频气体均匀放电技术是大功率射频横向激励面增比和体增比激光器件的关键技术。目前国际上均采用的是基于传输线理论的电压均匀分布原理的等值均分布电感匹配技术和电容耦合均分布电感匹配技术。我们提出和采用了新的基于传输线理论的射频功率吸收(吸收损耗)的周期变化值分布电感匹配技术,获得了良好的效果,并在工程样机中采用。

考虑到实际应用中单光束激光系统和双光束激光系统的需求,我们采用了新的体增比的板条波导阵列的结构,这样在生产射频激励扩散型冷却大功率 CO₂ 激光器的工艺流程及器件结构相同的情况下,根据用户的需求可分别采用折叠腔或并列腔来生产单光束激光系统和双光束激光系统。

参 考 文 献

- [1] Hall D R, Baker H J. Area Scaling Boosts CO₂ Laser Performance. *Laser Focus World*, Oct. 1989, **25** (10): 77-81.
- [2] Norack R, Opower H, Schaefer U. et al, High Power CO₂ Waveguide Laser of the 1 kW Category. SPIE. 1990, 1276, 18.
- [3] Colley A D, Baker H J, Hall D R. Planar Waveguide, 1kW CW, Carbon Dioxide Laser Excited by a Single Transverse RF Discharge. *Applied Physics Letters*, 1992, **61** (2): 36-138.
- [4] Xin J G, Wei G H. Technological Development and Prospect of RF Excited Diffusively Cooled CO₂ Laser, invited paper, 1994, SPIE 2321, 269-273.
- [5] Xin J G. Kilowatt Single Transverse Discharge Excited Slab Waveguide Array CO₂ Laser, CML2, CLEO/Europe' 94, 28 August-2 Sep., 1994, Amsterdam, The Netherlands.
- [6] Nowack R, et al, Annular Resonator for Diffusion Cooled CO₂-lasers, CFF2, CLEO/Europe' 94, 28 Aug. - 2 Sept., 1994. Amsterdam, The Netherlands.
- [7] Abram R, Hall D R et al. 2-Dimensional Waveguide CO₂ Laser Arrays and Beam Reforming. GCL/HPL' 96, 25-30 August, 1996, Edinburgh, U K.
- [8] Nowack R, Bochum H et al. High Power Coaxial CO₂ Waveguide Laser, GCL/HPL' 96, Edinburgh, U. K, 25-30 August, 1996.
- [9] Kobayashi S, Terai K et al. 1kW Slab CO₂ Laser Excited by a Self-excited RF Generator, GCL/HPL' 96, Edinburgh, U. K, 25-30 August, 1996.
- [10] Xin J G, Peng X Y. Analysis of Discharge Uniformity in RF Excited Gas Lasers, in Proceedings of ICOEL' 95, edited by Zhou Bing Kun, Beijing, Publishing House of Electronic Industry, 1995, p271.

RF EXCITED DIFFUSIVELY COOLED HIGH POWER CO₂ LASERS

Xin Jianguo

(Department of Photoelectric Engineering, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Key words RF excited, diffusively cooled, CO₂ laser