超短脉冲激光及其应用

侯 洵

中 国 科 学 院 院 士

中国科学院西安光机所

激光的出现是二十世纪最重要的发现之一，也是光学发展史上第三个里程碑。激光一出现即以其高度的方向性、相干性以及高强度而受到各方面的重视并迅速获得应用。

激光自出现以来一直朝着提高功率、扩展波长范围、缩短脉冲宽度以及全固态化、小型化以至微型化方向发展。目前，它已经深入到国民经济、国防建设与人们日常生活的大多数领域，成为人们认识世界、改造世界、保卫国家、提高生活质量的有力工具。本文仅就其发展的最重要的前沿之一——超短脉冲激光及其应用介绍一些情况，供参考。

超短脉冲激光技术近几年取得了突飞猛进的发展，当前达到的水平大体如下：

固体激光器直接产生的脉冲宽度已缩小到了 5fs，经过压缩的最短脉冲为 4fs；出现了用半导体激光器（LD）泵浦的全固体化的飞秒激光器，使飞秒激光器体积更小、工作更稳定、寿命更长、使用更方便；开发了多种激光介质和放大介质，除 Ti: Sapphire 外，尚有 Cr3+:LiSAF ,Cr3+:LiCAF, Cr4+:YAG, Nd:YVO4 ,等发展了宽调谐的飞秒 OPO 及 OPA，拓宽了飞秒激光的波长可调谐范围。目前 OPO 的频率已可覆盖 178nm-20μm 而 OPA 则可以做到 6.3fs、5J，波长 550-700nm；4fs、1J，波长 900-1300nm ；出现了全光纤的超短脉冲激光器；发展了单次或重复频率 10Hz 的桌上型 TW 级固体飞秒激光器。这类系统的峰值功率已达 100TW 以上，可以提供 1020W/cm2 的功率密度，为开展强场物理创造了条件。目前已经利用 25fs 的高功率激光脉冲在氦气中实现了 221 次的高次谐波，从而获得了相干的可调谐的已进入水窗范围的 X 射线。

目前，飞秒激光技术的发展趋势是：

向更短的脉宽迈进，例如试图获得 Ti:Sapphire 的 3fs 的极限脉宽；寻求新的介质、机理和技术、向阿秒（10-18 秒）时域迈进；发展半导体激光器（LD）泵浦的全固体飞秒激光器，包括飞秒光纤激光器和高功率的系统。研制端面发射的飞秒 LD 列阵器件、完善 DFB Laser；发展桌上型数十太瓦（TW）可调谐飞秒激光系统，为在普通实验室开展强场物理及惯性约束快点火创造条件；扩展飞秒激光的波长范围。利用各种方法，包括变换激光介质，使用多种频率变换技术，把飞秒激光的波长向软 X 射线及中红外、甚至远红外方向扩展，以适应多种学科的使用要求。

超短脉冲激光的最直接的应用就是人们利用它作为光源，形成了多种时间分辨光谱技术和泵浦／探测技术。它的发展直接带动物理、化学、生物、材料与信息科学的研究进入了微观超快过程领域并开创了一些全新的研究领域，如飞秒化学、量子控制化学、半导体相干光谱、高／超高强度科学与技术等。飞秒脉冲激光与纳米显微术的结合使人们可以研究半导体的纳米结构（量子线、量子点、纳米晶体）的载流子动力学。在生物学方面，人们正在利用飞秒激光技术所提供的差异吸收光谱、泵浦／探测技术研究光合作用反应中心的传能、转能与电荷分离过程。超短脉冲激光的另一重要应用是在信息的传输、处理与存贮方面，本文也将简单予以介绍。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

传承辟新、寻优勇进

——谈科学精神与科技创新

周立伟

中国工程院院士
北京理工大学

摘要

“传承辟新、寻优勇进”这八个字是王大珩先生在今年9月中国光学学会第五届代表大会闭幕式上的致词。他鼓励我们继承和发扬科学前辈的探索精神与光荣传统，在科学的道路上开辟新的研究，寻找最佳的途径、方案和方法，勇于冲破障碍．实现跨越式的前进。这也是他对我国从事光学的青年科技人员的殷切期望。本文接着这个话题，与我国从事光学的青年学人谈谈科学精神与科技创新。

1.学问三境界与科学创造四阶段

王国维先生提出学问三境界，与科学创造的“准备期、探索期和豁朗期”是一致的。但科学研究更为重要的是要有“验证期”。本文从“曹冲称象”和“阿基米德称王冠”的故事，说明“验证期”的重要性和两位古人在创造上的差异。

2.中国的四大发明与古代中西科学之差异

中国有四大发明：造纸、印刷术、火药、指南针，推动了全世界的技术进步，并是欧洲产生近代科学的动力。但为什么在近代中国科学落后了呢？

中国古代科学的特点是技术型和经验型，从整体把握复杂体系的规律。中国传统文化中缺乏希腊式的数理自然现，因此虽然有许多重大发明和发现，却未把它们上升为系统的理论；其突出特点就是极强的实用性，一旦现实不提出直接的要求，它就没有了发展的动力。

西方古代科学的特点是注重通过实验认识自然，用逻辑推理理解自然，把复杂体系分成基本单元，注重实用和征服自然。希腊人不讲实用，为理论而理论，这就为科学的发展开辟了无限的空间。

3. 弘扬科学精神

科学精神的内涵是丰富的，择要而言有以下几方面：穷根究底、锲而不舍的求真精神；独立不羁的自由思想精神；勇于进取、忘我献身的精神；坚持真理、勇于改正错误的精神。科学精神，其目的归根结底是为了寻求、揭示真理，在科学上推陈出新，不断地取得进步。因此，科学精神的内核在一定意义上说就是创新。发现真理的过程，提出创见的过程，也就是创新的过程。

4.世界科技创新的十大特点

科技创新成为世界规模的强大潮流；知识资源成为科技创新的第一要素；前沿科技成为创新竞争的主要焦点；科技成果已成为创新的常用形式；研究–发展–生产成为完整的创新链的必需环节；技术协调成为重大创新的必要前提；可持续发展成为创新的基础使命；公司并购成为重组创新能力的有效途径；风险资金成为支撑创新的金融支柱；创新战略成为引导国

家发展的重要指针。

5.技术创新与信息技术革命

技术创新是一个以市场为导向，以企业为主体，以产品创新为中心，以提高国际竞争力为目标，从新产品或新工艺设想的产生，经过研究和开发、工程化、商业化生产，到推向市场、创造效益整个过程一系列活动的总和。技术创新的特点有：创造性；高投入；高效益；高人力资本存量；风险性。

信息技术革命为技术创新带来更为丰富的内涵。当前正在推动经济发展与增长的信息技术革命，主要是以计算机和互联网的发展为主线。 80 年代出现了一个以个人计算机为中心的创新“蜂聚”时期。90 年代又进入了一个以互联网发展为中心的创新高峰期。
80 年代和 90 年代这两个创新“蜂聚”时期，比起历史上铁路、电力、汽车等的创新情况，规模与影响更加空前。特别突出的是，一大批高新技术的中小企业迅速诞生和崛起。这首先与信息技术产业本身的特点有关。

6. 创新与人才特征

创新的内涵是指人类在深化对事物本质、规律的认识基础上不断地有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。因此，要创新就必须研究、探索、思考，不断突破，永不止步。具体而言，创新可以有理论的创新、技术的创新、方法的创新、工程的创新。但从本质上言，所有这些一以贯之是创新意识、创新观念和创新精神。

创造性个体具有鲜明的人格特征。如：有高度的自觉性和独立性，不肯雷同；有旺盛的求知欲；有强烈的好奇心，对事物运动的机理有深入追究的动机；知识面宽，善于观察；工作中讲究条理性、准确性与严格性；有丰富的想象力、敏锐的直觉、喜好抽象思维；意志品质出众，有对模糊的容纳力，有冒险精神，有非凡的毅力和坚持性，有强烈的成长愿望和自尊心。

7. 创新，依靠中青年

中青年时代是最利于创新的年龄阶段，因为“他们最肯学习，最少保守思想”，根据统计分析，科学家最富有创造力的平均年龄在 37 岁左右。享誉世界的科学家如牛顿、爱因斯坦、爱迪生等都是在中青年时代发挥出最大的创造力。

8. 培养和造就高素质、高创造力的专门人才

为培养高层次科技人才、造就新一代学术和技术带头人，国家采取一系列
的措施，其中建立一系列的国家级重点实验室或科学中心（研究院）和设立博士后流动站，其根本目的是培养高素质、高创造力的专门人才，出高水平的科研成果。可以断言，在我国，达到能获得诺贝尔奖的开创先河的科学成果必将出自科学中心和重点实验室。

9. 治学之道

治学之道，有六字要诀：“志、勤、识、恒、法、创”。有志则有为，有勤则有才，有识则有求，有恒则有成，有法则有能，有创则有新。

结束语

当前，国内适应科技发展需要的青年科技人才的培养力度正在加大，适合青年人才成长的社会环境已经初步形成，青年学人应珍惜这一历史机遇，以崇高的使命感和责任感，为中国科学技术的振兴自强不息。在 21 世纪里，愿我们中国青年一代共同努力，更多地出现世界一流的科学家，涌现出更多的世界水平的科学发现。

X 射线光学的形成和发展

陈星旦

中 国 科 学 院 院 士

中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

伦琴发现 X 射线之初，没有能实现 X 射线像可见光一样的偏折、聚焦和成像。自劳厄及布喇格父子发现并发展 X 射线晶体衍射，康普顿发现 X 射线在掠入射条件下反射以后，人们才认识到“ X 射线是光学的一个分支 ”，从此形成了“ X 射线光学 ”这一门分支学科。

本世纪初，不少科学家想利用掠入射光学系统建立 X 射线显微镜。1948 年 Kirkpatrick 和 Baez 用两块正交的柱面镜消除单块反射镜的像散，得到了较好的成像质量。 1952 年 Wolter 采用两个同轴共焦二次曲面组成旋转对称掠入射反射镜系统，接收立体角较大，成像质量进一步提高。

作为衍射光元件的波带片，其聚焦特性早已知道。 Baez 在 50 年代建议用波带片作 X 射线光学元件,但由于制造工艺的限制,直到 70 年代才出现在同步辐射光束线上。现在波带片的最外环宽度已能做到 10nm 量级,具有目前各类 X 射线光学系统中的最高分辨率。

X 射线多层膜 70 年代后期取得了实验上的成功。以后的不断发展，使 X 射线反射光学由掠入射走向正入射。这一进步，曾被人誉为是革命性的。 Mo/Si 多层膜在 13nm 波长处，正入射反射率已达到 60%以上。

布喇格·菲涅耳元件体现了反射一衍射相结合，综合了多层膜和波带片的优点，有较高的反射率和衍射分辨率。可在平面上实现 X 射线的会聚和成像，避免了多层膜要用曲面基板带来的困难。还可制备在厚基板上，比波带片有较好的机械强度和热稳定性。

在硬 X 射线波段，90 年代初出现了 X 射线光导管（也叫 Kumakhov 透镜),它基于全反射原理，可在较大立体角内实现宽波段 X 射线的准直、聚焦，已在 X 射线许多领域内得到应用。90 年代后期，随着第三代同步辐射光源的应用，人们又重新考虑了 X 射线的折射现象，制成了复合折射透镜，它可实现更短波长 X 射线的准直、聚焦和成像，并得到了微米级的成像分辨率。

X 射线光学的发展正处于日新月异的上升时期。科学家们百年来力求实现的 X 射线像可见光一样偏折、聚焦和成像的技术，正在日益完善。

Advanced Solid State Laser and Nonlinear Optical Frequency Conversion Technology

Jian-quan Yao

中国科学院院士

Institute of Laser and Opto-electronics,
Tianjin University, Tianjin 300072

Summary

I. Advanced Solid State Laser Technology
- All solid state laser
- Tunable solid state laser
- High power and energy laser
- Advanced technologies for improving beam quality
- Fiber laser and waveguide laser
- Some typical applications

II. Nonlinear Optical Frequency Conversion Technology
- Noncritical phase-matching and quasi-phase-matching
- Nonlinear Optical Materials
- Harmonic generations
- Optical parametric oscillation
- Some typical applications

需要全本请访问 www.ertongbook.com

New optical analysis of liquid crystal displays

H S Kwok

Center for Display Research, HKUST

We have developed a new approach to the analysis of liquid crystal displays. This approach is elegant and can explain all LCD modes together under the same formulation. Using this method, we have developed new LCD modes as well as new LCD measurement techniques. For the case of bistable twisted nematic LCD, we have analysed their optics and discovered new operating conditions that lead to the best brightness and optical contrast. For the case of LCD measurement, we have developed new techniques that can yield the twist angle and cell gap of any LCD cell without any a prori knowledge of the LCD alignment. We have further developed a 3x3 matrix for the analysis of optical polarizations for any nondissipative optical system.

Fiber Bragg gratings and sensors

Wei Jin

Department of Electrical Engineering, The Hong Kong Polytechnic University,
Hung Hom, Kowloon, Hong Kong

Summary

Fibre Bragg gratings (FBG) sensors have been an area of intense research and development since the discovery of photosensitivity in optical fibre by Hill et al[1]. Numerous papers have been published in this area and the state-of-the-art may be found in a recent review article by Kersey et al[2]. The Bragg wavelength of an FBG shifts with applied strain, temperature and pressure and can therefore be used to sense these parameters. Multiple fibre gratings can now be written at arbitrary locations along a single optical fibre, with reflectivity ranging from 0.1% to approaching 100% and spectral width tailored from 0.1nm to a few tens of nm. This makes them ideal for multi-point or quasi-distributed sensing.

Practical applications are based on the detection of the relatively small shift in the Bragg wavelength caused by the measurands(e.g., strain). This area has received significant attention recently, with a variety of wavelength detection schemes demonstrated[2]. These include the use of CCD spectrometers, wavelength to intensity conversion using passive optical filters, tracking using tunable filters, wavelength tunable sources, Fourier transform spectroscopy, interferometric detection, mode-locked fibre lasers, wavelength-swept fibre laser, etc. The detection resolution is scheme-dependent and for most of the aforementioned schemes resolution on the order of 1-$\mu\varepsilon$ has been achieved that is sufficient for many applications.

FBGs have been identified as an enabling technology for a variety of applications from aerospace, marine, to civil engineering structural monitoring, from medical, nuclear power industry, to electrical power industry. In many applications such as condition monitoring of civil structures such as highways, bridges and buildings, FBG sensors need to be multiplexed in order to achieve quasi-distributed measurement and to reduce cost per sensing point to compete with conventional electrical or optical sensors.

Two popular techniques for FBG multiplexing are wavelength division multiplexing (WDM) and time division multiplexing (TDM). The maximum sensor number that can be multiplexed using WDM is determined by the ratio of the source spectral width over the width of the wavelength slot allocated to individual FBGs. The wavelength slot is related to the dynamic range of the sensors. The sensor number in a TDM system is also limited. In a TDM system, the pulse duty cycle is low when the number of sensors in the array is large. This requires the use use of high peak power optical pules in order to obtain a reasonable average power

level for each sensor at the photo-detector and thus a good signal to noise ratio for each individual sensor. WDM, TDM and other multiplexing techniques such as spatial division multiplexing(SDM) can be combined to multiplex a larger number of FBG sensors.

The state-of-the-art is a 60-sensor array using WDM combined with the sequential addressing of separate fibre arrays via a single-mode fibre switch. A recent paper[3] reported a FBG sensor array capable of supporting 128 FBGs or 64 temperature-referenced strain sensors (with 8 sensors tested experimentally) using a combination of WDM and SDM.

In addition to improving wavelength detection resolution and multiplexing capacity, an important issue is to enhance the overall measurement accuracy of each sensor within the array over a dynamic range required by a specific application. Consider a multi-sensor system where an optical Fabry-Perot tunable filter is used to detect wavelength shift and to realize WDM, although high wavelength resolution of better than 1 pm has been achieved with this approach, the non-linear wavelength response due to Fabry-Perot tunable optics and the mechanical actuator(PZT), drift and instability from thermal coefficients of Fabry-Perot filters and other components could cause an overall wavelength measurement inaccuracy of several nanometers(several thousand times the resolution). Reference techniques are therefore required to minimize these effects.

In this paper, we report our recent work on FBG sensor fabrication, multiplexing, interrogation and applications. the following work will be reported:

(1)Fabrication of FBG sensors

(2)TDM multiplexing of FBG sensors with a tunable laser source

(3)FMCW multiplexing of FBG sensors

(4)FBG sensors for static and dynamic strain measurements

(5)Measurement of flow-induced vibration using FBG sensors

(6)Monitoring of concrete/composite structures using FBG sensors

REFERENCES

[1]K.O. Hill, Y.Fujii, D.C.Johnson, and B.S. Kawasaki,"Photosensitivity in optical fibre waveguides: application to reflection filter fabrication," Appl. Phys. Lett. Vol. 32, 647-649, 1978

[2]A.D. Kersey, M.A.Davis, H.J.Patric, M.LeBlanc, K.P.Koo, C.G.Askins, M.A.Putnam and E.J.Friebele,"Fiber Grating Sensors," Journal of lightwave Technology, Vol.15, 1442-1462, 1997.

[3]P.J. Henderson, D.J.Webb, D.A.Jackson, L.Zhang and I.Bennion, "Highly-multiplexed grating-sensors for temperature-referenced quasi-static measurements of strain in concrete bridges," Proc.of OFS'13, 320-323, Korea, April 1999.

[4]K.C.Chan,"Multiplexing of fibre Bragg grating sensors," Ph.D thesis, The Hong Kong Polytechnic University,2000.

[5]C.C.Chan, "Interrogation of fibre Bragg grating sensors with a tunable laser source," Ph.D thesis, The Hohg Kong Polytechnic University,2000.

光互连技术的最新进展与发展趋势

周　革

天津大学精密仪器与光电子学院，天津　300072　Email: gzhou@tju.edu.cn

光互连技术在近几年里取得很大的进展，并已经开始代替电子互连而影响着电子系统的发展。高性能计算、高密度交换的高速进展和局域网速率的不断升级，带动了对高速和高密度互连技术的需求。发展光电子互连技术已经广泛被认为是解决互连瓶颈的一种有效途径。光互连技术已在系统之间的互连网络（System area network: SAN ）中应用。光纤链路在计算机集群（Clusters）系统中的应用，将产生第一代光互连高性能并行计算机系统。在 Clusters 网络中,如何即增加带宽，又减少通信开销和网络延迟，是需要解决的主要问题。光互连是实现计算机集群系统网络最理想技术之一。

WDM 的发展同样也促进了计算机互连技术的发展。宽波长间隔波分复用（CWDM)是国际上最新提出的新技术，其主要的应用对象是 Gigabit Ethernet 网络。Coarse WDM 将 DWDM 的 0.8nm 波长间隔拓宽到 20nm 以上。Coarse WDM 采用宽波长的间隔，降低了对无源器件的制作成本和光电子器件的波长稳定性等要求，可以有效地降低成本，这正适应了计算机网络发展的需求。WDM 技术在互连网络更有价值的是可以采用不同波长实现路由寻径功能。

随着光电子器件及其集成技术的发展，光互连技术会得到更快速的发展，其研究内容也在向更加实用的方向发展。空间光互连技术在超短距离互连方面，有着其它技术不可比拟的空间带宽积和互连密度。面发光阵列和微处理与驱动芯片的集成技术，在光信号的主动控制和功耗方面已能够满足电子互连的需要,但光在空间的控制方面,如光束的准直、转向、会聚等,由于光学器件的原因，仍然需要比较大的空间，并由于光的衍射效应，限制了光的互连密度与互连长度的乘积,即当互连长度变长时,互连的密度必然要降低。

光互连在未来的发展还将体现在两个方面，一是器件技术，二是应用技术。器件技术包括有源器件和无源器件。有源器件方面的研究在于如何将发光器件更好地与微电子器件结合，如果在微电子材料上直接做出发光器件的研究能够有突破，则光互连会有进一步的发展。对于无源器件，已出现了用半导体材料做微光学元件的技术，这为光学元件与光子器件的集成提供了一个很好的途径。此外，微光机系统的发展将为光互连提供新的集成技术。利用 MOEMS 技术可以将许多需要复杂系统实现的功能在简单的系统中实现，如计算机中的寻址，在目前的互连方法中，由于光路不易变换，常常是多个发光单元对应于不同的地址，如果采用 MOEMS 技术，光路变换问题将可以解决，地址变换可以用光束的方向变换来实现。

本文将对光互连近期的发展状况加以总结，并提出光互连未来的发展方向。

加外电场的光伏光折变晶体中的孤波演化

刘劲松

华中科技大学激光技术国家重点实验室，武汉，430074 Email:jsliu@xidian.edu.cn

本文从理论上系统研究了加外电场的光伏光折变晶体中的孤波演化，得到以下结论：

1. 从理论上证明了施加外电场的光伏光折变晶体中存在稳态空间孤子波一屏蔽光伏孤子。它不同于加外电场的非光伏光折变晶体中的屏蔽孤子，也不同于不加外电场的光伏光折变晶体中的光伏孤子，它兼有这两种孤子的性质。

2. 在考虑了扩散效应后，从理论上证明屏蔽光伏明孤子具有自偏转特性。其特征同屏蔽明孤子的自偏转特征相类似，即光束的中心沿着一条抛物线轨迹偏转，中央空间频率分量随传播距离线性移动。闭路光伏明孤子具有同屏蔽明孤子相类似的自偏转特征。

3. 对于一块给定的光伏光折变晶体，当外加电场确定后，它就能支持一种屏蔽光伏孤子当入射波就是这种孤子波时，在忽略扩散效应和损耗的条件下，它能稳定直线无损耗地传播。当入射的光波不是这种孤子波时，例如是一个高斯光束，则当此光束同这种孤子波的差别较小时，能很快演化成稳定的孤子波。当差别较大后，就不能演化成稳定的孤子波，而在传播方向上呈现出振幅和横截面的周期振荡现象。差别太大后，光束就会发散。对低光强入射波来说，在传播方向上呈现出先压缩后膨胀的周期振荡过程。而对高光强入射波来说，在传播方向上呈现出先膨胀后的压缩周期振荡过程。

4. 损耗将造成孤子波传播时振幅的不断减弱和横截面的不断增大，长距离传播时将最终造成孤子波的发散。损耗对光强强弱不同的入射波所造成的影响不同。弱光强入射时，光波横截面随传播距离的增长而不断扩大。而强光强入射时，横截面先压缩，后膨胀。当传播距离足够短（如在 0.2 以内，对应实际传播距离为 1cm），损耗的影响很小，可忽略不计。

外加电场对高斯光束在光伏光折变晶体中的传播特性有显著的影响。对于给定的晶体和高斯光束，选择适当的外加电场，能使此高斯光束演化成稳定的屏蔽光伏明孤子。如果外加电场不合适，高斯光束在传播过程中就要呈现出周期性的压缩和膨胀现象。外电场的选择包括强度和极性的选择。对于铌酸锂，只能选择正的外加电场，并且强度要大于晶体的光伏场。对于钛酸钡，在一定的条件下，外加电场可正可负。比较而言，外加电场的极性比强度对高斯光束在光伏光折变晶体中传播时所造成的影响更大。外加电场对稳态屏蔽光伏明孤子的空间波形的影响也是显著的。同样，极性的影响更大些。

腔量子光学研究进展

张智明

上海交通大学应用物理系

量子腔场与原子的相互作用是量子光学和激光物理研究的核心内容之一。该相互作用的最简单可精确求解模型是 Jaynes-Cummings 模型(JC 模型),它描述的是单个两能级原子与单模量子腔场的相互作用。在该模型的研究中，人们发现了原子和光场的非经典性质，如在原子布局和光场平均光子数的时间演化中出现的崩塌与复苏 (collapse-revival) 现象、原子发射谱的 Rabi 分裂、光子的亚泊松分布(sub-Poissonian distribution) 、反聚束效应(anti-bunching effect)以及光场压缩态(squeezed states)等。人们对 JC 模型进行了各种形式的推广，其中之一是三能级原子与量子腔场的双光子相互作用。在三能级原子与量子腔场的双光子相互作用中发现了丰富的物理效应，如原子能级间的量子相干和干涉效应以及由此导致的电磁感应透明、无反转激光、折射率增强、原子的激光冷却等。

1985 年,德国的 Walther 小组首次研制出微脉塞(one-atom maser 或 micromaser),实现了单个原子与单模量子腔场的相互作用。其后不久，微脉塞的有关理论就被建立起来。 1987 年，Walther 小组在微脉塞装置上首次观察到理论所预言的崩塌与复苏现象。从而大大激发了人们研究单个(或少量)原子与量子光场相互作用的热情。人们先后研究了微脉塞的光子统计、光谱线型和线宽,观察到原子发射谱的 Rabi 分裂、亚泊松原子统计和亚泊松光子统计等。进一步的研究表明,在微脉塞中可产生捕陷态(trapping states)和光子数态、以及量子宏观叠加态等。1987 年，法国的 Horache 小组把微脉塞的概念推广到双光子过程，首先建立了双光子微脉塞(two-photon micromaser) 的量子理论，不久就实现了双光子微脉塞运转。随后人们研究了双光子微脉塞的光子统计、光谱线型和线宽等。1994 年,美国的 Feld 小组把微脉塞的概念推广到光频区，实现了微激光(microlaser)运转。

在传统的脉塞和微脉塞研究中，一般都用热原子注入。随着激光冷却原子技术的发展，人们已经获得了非常冷的原子。研究超冷原子与量子电磁场的相互作用引起了人们的重视。在研究超冷原子与量子电磁场的相互作用中，必须考虑原子质心运动的量子效应。 1996 年，Scully、Meyer 和 Walther 首次提出在微脉塞的研究中用超冷原子注入，提出了 mazer(Microwave Amplification via Z-motion-induced Emission of Radiation)的概念。随后他们及其合作者发表了一系列论文,分别研究了在 mazer 中原子的发射几率、光场的光子统计、辐射谱的线型与线宽等,并提出了实验设想。1997 年，Bracher 提出可用超冷原子微脉塞作为量子时钟。 1998 年，Loffler、Meyer 和 Walther 提出可用微脉塞作为超冷原子的速度选择器。但是所有这些工作都是采用二能级原子与量子电磁场的单光子相互作用模型。 1998 年,我们在 mazer 的研究中首先考虑了超冷等效二能级原子与量子电磁场的双光子相互作用，提出了双光子 mazer 的概念,建立了双光子 mazer 的普适量子理论并研究了原子的发射几率。接着考虑到三能级原子较之两能级原子具有更丰富的能级结构和组态，三能级原子与量子电磁场的相互作用具有更丰富的物理内容，

需要全本请访问 www.ertongbook.com

我们把 mazer 的概念推广到三能级原子的情况，提出了超冷三能级原子微脉塞（或三能级原子 maser）的概念，并分别建立了超冷 Λ 型三能级原子微脉塞和超冷级联型三能级原子微脉塞的普适量子理论，研究了原子的发射几率、透射几率、微脉塞腔对原子速度的选择性、腔场的光子统计、腔场的光谱特性等。

本文将较系统地介绍关于 JC 模型、单光子微脉塞、双光子微脉塞、单光子 mazer 和双光子 mazer 的研究工作。

SBN:Cr 晶体的光折变二波耦合特性研究*

赵建林　王　彬　吴建军　杨德兴

西北工业大学应用物理系,西安　710072

经单畴化处理并处于室温下的掺杂（如掺 Ce、Cr、Rh 等）SBN 晶体,是一种性能价格比最优良的光折变非线性光学材料。当前研究得较多的一种掺杂 SBN 晶体是 SBN:Ce。SBN:Ce 晶体的特点是对蓝绿光有较高的光折变响应灵敏度和较快的速度，但对红光响应较差，因而不适宜于用 He-Ne 激光器或红光波段半导体激光器作光源的光学处理器。SBN:Cr 晶体是 SBN 晶体家族的新成员之一，虽然目前对其研究的报道还很少，但已有的实验结果表明它同样具有优秀的光折变性质。不过这些研究结果也多是在 514.5nm 下进行的。从 SBN:Cr 晶体的光谱吸收曲线来看，由于 Cr 的掺杂使得 SBN:Cr 晶体在红光波段存在着一个以 650nm 波长为峰值的宽吸收带,对 He-Ne 激光波长(632.8nm)也有较强的吸收。因此,SBN:Cr 晶体在红光波段应该表现出更优良的光折变特性。本文主要报道我们采用 He-Ne 激光器作为光源对 SBN:61:Cr 晶体二波耦合放大的实验研究结果。

实验中所用晶体样品为经单畴化的SBN:61:Cr,由德国 Osnabruck 大学物理系晶体生长组采用 Czochralski 方法生长，晶体尺寸:5×7×7mm³,掺 Cr 浓度:1000ppm 居里点 80 ℃,在白光下呈淡绿色。极化处理的温度、电压及时间分别为:130℃、1kV/mm、1 小时。

由于 SBN:Cr 晶体的非零电光张量元中以 r33 最大,为了利用 r33 获得强的耦合,应使光束耦合时形成的光栅矢量沿晶体光轴方向,并使参考(泵浦)光与信号(物)光均以异常光对称入射。实验中,晶体光轴沿水平方向放置,且将激光器输出的激光束调为水平偏振。在晶体后用光电探测器件接收耦合光信号，或用面阵 CCD 摄象机记录物光再现图象。

首先，我们分别测量了同一参物光强比下双光束夹角不同时及同一光束夹角下不同光强比时的两波耦合增益。结果表明：在同一光强比下的二波耦合稳态耦合系数对应双光束夹角有一个峰值角度，本实验测量值为 12.72℃ 饱和增益响应时间不超过 0.6s 二波耦合稳态耦合系数与光强调制度之间近似成反正切关系变化。实验中还观察到了光致透明现象，并且观察到耦合过程中信号光的演变具有双稳态特性。

其次,在研究 SBN:Cr 晶体的实时傅立叶变换全息读写特性时发现，当参考光与物光的频谱在晶体中发生耦合时，物光透过晶体的投影像或其全息再现像会出现边缘增强现象，而且边缘增强的程度与晶体光轴的取向和参物比有关。这个现象用光折变自衍射效应或尺寸效应并不能给出满意的解释。通过分析我们认为合理的解释应该是：在参考光与物光的耦合过程中，因傅立叶变换而相对分离的物光波的高、低频成分将分别与参考光波在晶体中发生二波耦合。由于代表图象边缘信息的高频分量强度远低于代表图像本底信息的低频分量，耦合的结果使得两者获得不同增益，当相对较弱的高频分量获得较大增益时，将导致与此对应的边缘信息凸显出来。进而详细研究了晶体光轴取向及参物比对图象边缘增强效果的影响，分析了不同能量

* 西北工业大学“双新计划”资助项目

转移方向下实现边缘增强的物理机制。实验结果表明，边缘增强的效果取决于两光束的强度比和晶体光轴的相对取向，后者决定了耦合过程的能量转移方向。在参考光向物光转移能量情况下，较大的参物比将获得较好的边缘增强效果。从光信息处理的角度，放大物光频谱中的高频成分或减弱其低频成分都会起到突出其高频成分，即增强图象边缘的目的。在这里，SBN:Cr 晶体实际上起着一种滤波作用。这种滤波器结构简单，有别于传统的光学滤波器。并且由于其高的耦合增益、快速的响应和可擦除性，这种滤波器实际上是一种操作灵活的动态光学滤波器。

飞秒激光探测 PSⅡ高效传能途径和技术研究

王水才

中科院西安光机所瞬态光学技术国家重点实验室，西安　71006

采用可独立调谐的单色、双色甚至三色飞秒激光光谱学、能量传递动力学，瞬态荧光动力学研究 PSⅡ能量传递途径。研究采用多色飞秒激光技术探索 PSⅡ的多激发态光谱学、PSⅡ选择性超快时间分辨光谱学、程控飞秒光化学反应动力学的微观机理

关键词：飞秒激光，PSⅡ，传能途径，微观机理

放大介质中的飞秒脉冲及自频移的抑制

李仲豪　田慧平　李录　周国生

山西大学物理电子工程学院,山西,太原　030006

由于超短光脉冲的产生和传输在超快过程中和大容量光通信中具有重要的应用而一直受到广泛的关注。对于飞秒超短光脉冲，其频谱宽度与放大增益谱宽相当，增益带宽限制效应以及增益的非线性效应都将对脉冲的传输特性产生影响。本文从复系数的高阶非线性薛定谔方程出发，讨论了飞秒光脉冲在含有光放大介质中的传输特性。给出了一般复系数高阶非线性薛定谔方程的类孤子解及其存在条件；重点讨论了对自频移效应的抑制，指出放大失谐（非共振）和啁啾可以有效地抑制自频移效应。而 Blow 等人利用微扰法得到的增益二阶色散或滤波器抑制自频移仅在较短距离内有效[1]。

一般的复系数高阶非线性薛定谔方程为[2].

$$\frac{\partial E}{\partial z}+k\frac{\partial E}{\partial t}+\alpha_0 E=i\left[\alpha_1\frac{\partial^2 E}{\partial t^2}+\alpha_2|E|^2E\right]+\alpha_3\frac{\partial^3 E}{\partial t^3}+\alpha_4\frac{\partial}{\partial t}(|E|^2E)+\alpha_5E\frac{\partial}{\partial t}(|E|^2)。$$

与色散型的高阶非线性薛定谔方程不同，这里的各个系数一般都为复数。它在物理上说明该方程不仅包含了色散型效应,而且也包含了各种耗散型效应(如放大,吸收等)。

可以证明：上述方程在适当条件下存在如下一种类孤子解：

$$E(z,t)=A_0\mathrm{sec}\ h[\eta\ (t-\chi^{\tilde{}})]\exp\{i(kz-\Omega\ t+\rho\ln\ \mathrm{sec}\ h[\eta\ (t-\chi^{\tilde{}})])\}$$

通过对上述解及存在条件的分析,我们发现 三阶色散越小,脉冲宽度越窄 泵浦功率越大,饱和吸收效应越强,也将导致脉冲宽度变窄 特别是频移越大,脉宽也将越窄。这些结果与最近的实验结果是一致的。此外,放大失谐(非共振)或啁啾可有效地抑制自频移形成稳态传输。

参考文献：

[1] K.J.Blow, N.J.Doran, and D.Wood, Opt.Soc.Am.B., 6, 1301(1988).

[2] L.Gagnon and P.A.Belanger, Phys.Rev.A, 43(11), 6187(1991).

光脉冲的产生及测量的研究

阮双琛朱勤

深圳大学工程技术学院

超短光脉冲的产生及超快过程的研究是当前超快光学领域研究的热点，近几年，由于固体宽带可调谐激光晶体的研究发生了突破性的进展，相继研制成功了一系列实用化的激光材料，如 Ti:Sapphire [1] ,Cr:LiSAF [2]、Cr:forsterite [3,4]、Pr:YLF [5] 等，并实现了在这些介质中以克尔非线性为基础的自锁模激光运转。本文对下列问题进行了详细介绍。

1.从实验上对 Cr:forsterite 激光器进行了研究，分析了输出特性与有关参数的关系。

2.从光脉冲在放大系统中传播的非线性薛定谔方程出发，分析了放大过程中的增益窄化，自相位调制，增益饱和及高阶群速弥散等效应对激光脉冲的形状、频谱、脉宽畸变和压缩后脉冲信噪比的影响：得到了展宽色散量对放大过程中的增益窄化效应无影响的结论；进一步阐明了非线性相位调制导致脉冲畸变的原理；并且揭示出在增益饱和放大状态下，脉冲频谱红移与展宽器附加色散量之间的关系。从理论上推导出高阶群速弥散量可导致压缩脉冲加宽，信噪比降低的结论；并发现利用再生腔内插入适当的损耗元件可以实现对光脉冲的整形，对提高放大系统的光束质量有重要作用。

3.详细研究了二次谐波自相关法测量超短光脉冲宽度时群速失配效应对测量精度的影响。对于 I 类和 II 类相位匹配中强度自相关法和干涉自相关法的情况进行了较为全面的讨论：发现群速失配对于干涉自相关法以及 II 类相位匹配强度自相关法测量影响显著，而对 I 类相位匹配强度自相关法测量影响较小；结果表明了不同情况下如何选择倍频晶体厚度才能保证一定的测量精度。

需要全本请访问 www.ertongbook.com