

第十一届国际量子电子学会议简况

章志鸣

王华馥

邹英华

(复旦大学)

(南开大学)

(北京大学)

提要: 本文简要介绍了第十一届国际量子电子学会议的概况, 其中着重介绍激光光谱学、非线性光学及新型激光器等方面的最新成就。

The 11th International Quantum Electronics Conference

Zhang Zhiming Wang Huafu Zou Yinghua

(Fudan University) (Nankai University) (Beijing-University)

Abstract: A brief account is given on the 11th IQEC, putting emphases on the latest achievements on laser spectroscopy, nonlinear optics and advanced laser devices.

1980年6月23日至26日在美国波士顿市召开了第十一届国际量子电子学会议(IQEC)。早在去年初, 该会议的论文评选委员会主席之一、美国加州大学贝克莱分校沈元壤教授以该委员会主席身份致函科学院及教育部等单位, 邀请我国有关科技人员选送研究论文及参加会议。这次我国共有十四位同志参加这一盛会, 其中, 科学院和教育部各有五位同志、四机部有三位同志及五机部有一位同志。我国所选送的科学论文共有七篇被选录而在大会上宣读, 此外大会还特邀王大珩同志作了“关于中国激光物理的研究进展”的邀请报告。这次会议是我国在国际科学讲坛上宣读论文最多的一次会议, 并受到与会的其他科学家的重视, 特别是华裔学者纷纷前来祝贺, 表示我国在科学上的成就使他们也感到十分光荣。

众所周知, 国际量子电子学会议是激光领域中最享有盛名的国际性会议。该会议的宗旨是讨论及交流近一、二年中在激光的基

本研究及发展方面的最新成就, 所以每次会议都受到国际学术界的重视。该会议每二年召开一次, 召开地点规定连续二次在美国国内(一次在东部, 一次在西部), 第三次在美国以外地区召开, 现已确定1982年的第12届会议将在西德慕尼黑举行。

这次会议共有九百多位科学家参加, 除美国外, 西德、日本、英国、意大利的著名科学家都来参加, 苏联方面原来预期有较多的人参加, 但最后只有二人参加, 台湾有五人参加。

会议的论文评选委员会共选录了274篇论文, 分四个会场同时举行, 此外还有二次张贴会议。本次会议所宣读的论文, 比1978年的第10届会议要多大约25%, 按其内容, 大致可以分为如下几个方面:

A. 激光光谱: 共有55篇论文, 其中原子系统及新方法方面占27篇, 分子系统占10篇, 固态系统占8篇, 微微秒光谱技术及应用

收稿日期: 1980年11月3日。

占 10 篇。

B. 非线性光学: 共有 47 篇论文, 其中相位共轭占 11 篇, 相干瞬态效应占 8 篇, 非线性频率转换及相互作用占 10 篇, 双稳态占 10 篇, 其他非线性光学占 28 篇。

C. 激光器件: 共有 36 篇论文, 其中自由电子激光器占 8 篇, 固态激光器占 8 篇, 半导体激光器及集成光学占 10 篇, 准分子激光器和分子激光器占 10 篇

D. 激光化学: 共有 17 篇论文。

E. 激光应用: 共有 38 篇论文, 其中在物理学中的应用占 18 篇, 其他的应用占 20 篇。

F. 激光等离子体及聚变: 共有 8 篇论文。

G. 理论研究: 共有 24 篇论文, 内容偏重于瞬态效应、双稳态及超荧光辐射等方面。

H. 过限期论文: 本次会议的过限期论文均被列为张贴会议之内容, 在会议室开放之前, 每一论文作者先向与会者扼要介绍论文内容, 共三分钟, 然后在所有介绍完毕后进入张贴会场, 参加者可以就所感兴趣的论文与作者讨论。此次过期论文共有 49 篇, 分二次进行。

从上面的论文分布中可以看出目前量子电子学中的受到重视的课题大多集中在激光光谱、非线性光学及激光器件方面。

会议期间, 还对在激光领域中有卓越贡献的二位科学家: 加州大学的 C. H. Townes 教授和哈佛大学的 N. Bloembergen 教授举办了二次祝贺性的会议, 对于 Townes 教授, 祝贺他在激光的发现以及量子电子学方面所奠定的基础的贡献, 由当今激光光谱学方面的权威人士, 斯坦福大学的 A. L. Schawlow 教授及麻省理工学院(M. I. T.)的 A. Javan 教授分别介绍了在激光光谱以及快速隧道二极管以检测微波及红外讯号方面的最新成就; 对于 Bloembergen 教授, 则祝贺他在非线性光学方面所开创的研究及奠定的基础,

由非线性光学方面的两位专家: Arizona 大学光学中心主任 P. Franken 教授介绍了非线性光学的历史, 他的报告题目为: "There just had to be a horse somewhere" (总有一个地方会有一匹骏马), 接着由加州大学贝克莱分校沈元壤教授介绍了现今非线性光学的成就, 他的报告题目为: "That horse has given us a great ride" (这匹骏马带着我们前进了一大步), 象征非线性光学的鼻祖 Bloembergen 是带领大家前进的骏马, 给予崇高的评价。

随着会议的开幕还举办了由 35 家厂商在有关激光产品方面的商品展览会。

现在, 将这次会议中所反映的一些新进展简单介绍如下。

1. 关于激光光谱方面的研究

激光光谱是目前最为活跃的研究领域之一, 当前的趋向是一方面继续沿新的技术以提高分辨本领, 提高灵敏度, 简化手段等方面发展, 另一方面继续在原子体系、分子体系及固态体系中应用以获得以前所不能得到的光谱学数据。关于激光光谱的进展, 大体有下述几个方面。

A. 新的技术及方法的发展

把光电流光谱 (Opto-galvanic spectroscopy) 的方法推广到红外波段, 克服了在红外区域由于缺乏优良的探测器而不能获得高分辨光谱的缺陷。斯坦福大学 T. W. Hänsch 教授的研究小组利用色心激光器以对高激发态氦原子及氢原子间的跃迁谱线进行了精密的测定, 并且认为可以开拓这一方法在红外区域进行高激发态原子及分子的消除多普勒宽度的测量。

关于消除多普勒宽度的方法, 还可以利用共振简并的四波混频的光学外差进行检测, 这一新方法由法国北巴黎大学的 D. Bloch 等人所提出, 其灵敏度可以与早已成熟的偏振光谱相比拟, 但此方法还可以直接区分出属于共振态或亚稳态所激励的谱线的

优点。

对于光谱线的振子强度的测定是研究光谱学的基本参数,但是常规方法的测定精度只有50%,国际商业机器公司华生研究中心(IBM Watson Research Center)J. J. Wynne博士的研究小组利用四波混频在相位匹配时对频率的测定就可以获得二条光谱线的相对振子强度,由于对频率测定的精度可达 10^{-10} ,所以对振子强度的相对精度测定也大大提高了。

法国南巴黎大学 A. Brillet 等人的研究小组提出了在 F-P 共振腔内放置气体样品,对该样品中的极弱的吸收线由于通过这种方法而使其饱和和吸收的讯号要比通常的方法高出50倍,预期若再提高 F-P 共振腔的锐度还可获得更高的灵敏度。他们利用这一方法已测得同位素碘 $^{127}\text{I}_2$ 的一条以前未曾测得的新谱线,此外还可以测量超精细结构的线宽。

为了进一步提高分辨率,Arizona 大学光学中心的 O. Scully 教授及西德慕尼黑大学的 H. Walther 教授联合从理论上分析了二能级系统的感应跃迁与一单色光场相互作用时,其线宽不再是洛伦茨型的 $(\gamma_a + \gamma_b)/2$ 而是 $(\gamma_a - \gamma_b)/2$,这就可以突破谱线自然宽度的极限而有可能获得更高的分辨率。

B. 关于里德伯态原子的研究

里德伯原子是激励到高激发态的原子,对于这种原子状态的实验研究及测量是目前激光光谱中的一个活跃问题,它本身包括着光谱学的基础研究,而由于里德伯态之间的跃迁可以产生或者吸收远红外及微波辐射,所以其实用价值是十分有前途的。关于里德伯态原子的研究,由法国高等师范学院 S. Haroche 教授介绍了他们获得从厘米波到亚毫米波的微波量子放大器,而其阈值比通常的脉泽要低几个数量级,约只需 10^4 ,目前已可获得 10^{-12} 瓦的功率。另一方面,西德慕尼黑大学 H. Walther 教授的研究小组报导了他们利用里德伯态原子作为红外及微波探

测器,可以感受 14K 的黑体辐射,其量子效率为 10^{-3} ,相应的噪声等效功率为 10^{-17} 瓦-赫芝 $^{-\frac{1}{2}}$ 。国际商业机器公司华生研究中心 J. Wynne 博士研究了 Ca 及 Sb 原子的高激发态,这些实验数据都是以前未曾获得过的。

C. 单个原子检测的研究

利用高灵敏度的激光光谱方法以探测单个原子及极稀密度原子已成为可能,其实用价值在于物理世界中的某些罕有的过程往往余留着少数原子的痕迹,对它们的测定就可以获得有关的信息,美国橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Lab.)G. Hurst 博士的研究小组提出利用共振电离的方法可以检测单个氩原子,目前这种方法还只是一个开端。此外,美国太空公司(Aerospace Corporation)的 C. Klimeak 博士提出了一种称为电离下陷光谱(Ionization dip spectroscopy)的新方法,它能对只有 10^2 分子/厘米 3 浓度的极稀薄样品中的分子行为进行检测,达到了很高的灵敏度。

D. 激光光谱学研究固态物质方面

激光光谱的方法已逐步扩展到固态物质的研究,目前比较受到注意的是表面增强喇曼散射,贝尔实验室 C. Shank 博士的研究小组对在超高真空制备的银表面上吸附亚单分子层到几个分子层的氮苯、氯、碘等分子发现喇曼散射截面有相当大的增强,若表面有颗粒大小在 1000 埃左右的粗糙性则增强更为显著而可达 10^4 倍,这可能是光场与类光栅结构的表面相互耦合所致,但关于这方面的机理目前还并不太清楚。国际商业机器公司(IBM)研究实验室的 A. Tam 博士利用光声方法研究表面及薄膜的性质,通过激光在表面上扫描所得到的光声讯号可以判断表面吸附层的厚薄及结构,这在半导体工业中是十分有用的。

E. 色心激光器等新型激光器在激光光谱中的应用

过去,研究激光光谱大多采用氩离子激

光器或 YAG 激光器泵浦的染料激光器, 但近年来发展了具有优良线宽并在 2.2~3.2 微米调谐的色心激光器并且已被采用在激光光谱的研究中。国际商业机器公司华生研究中心 J. Wynne 博士采用 KCl:Li 色心激光器作为激励源以研究 Ca 及 Sb 的高激发态的光谱, 又如加拿大滑铁路大学 T. Gough 教授利用色心激光器在分子束光谱的研究中也获得了比采用半导体二极管激光的分辨率要优良得多。

2. 关于非线性光学的研究

非线性光学也是量子电子学领域中的一个活跃的方面, 而且与激光光谱学之间有密切的联系, 从本届的会议上看, 各研究实验室对双稳态、四波混合、相共轭、频率变换等方面都进行了许多深入的研究。

A. 相共轭(Phase conjugation)

利用简并的四波混频方法产生相共轭波, 目前除掉在原子、分子体系以外, 还发展在光致折射率材料(Photorefractive materials) 例如 BaTiO₃、BSO、LiNbO₃ 等非线性材料以及在半导体、掺杂的碱金属卤化物晶体例如 KCl:ReO₄、有机染料等材料中。此外, 还研究了在薄的锗片中的微微秒四波混合以获得相共轭波等。

B. 非线性频率变换

在真空紫外、紫外及远红外波段范围内以获得相干可调谐辐射的方法之一是利用非线性光学中的频率变换技术。在真空紫外方面, 海军研究实验室的 Reintjes 博士以及西德马克斯-普朗克等离子体物理研究室的 Wrobel 博士分别采用 XeCl 准分子激光的三倍频及 Ar 准分子激光以获得 102.57 毫微米及 128.2 毫微米的氢-β 及氢-α 附近的可调谐相干光, 西德 Bielefeld 大学的 Wallenstein 教授总结了利用氩及氙气体中的三倍频以获得在 105 毫微米到 147 毫微米之间的可调真空紫外相干辐射。此外依利诺安大学物理系的 Rhodes 教授报导了用 KrF 激光器在氙气

体分子中获得 83 毫微米左右可调的 XUV 辐射。

在红外波段方面, 加州大学的 Carlsten 教授利用在 H₂ 分子中的受激喇曼散射使 CO₂ 激光的波长转换为可以在 13~30 微米范围内的红外可调辐射, Exxon 研究及工程公司的 Perry 博士等人利用相类似的方法使 CO₂ 激光在 10 微米的辐射被转换为 14~17 微米而达到转换效率约在 50% 左右。

C. 相干反斯托克斯喇曼散射(CARS)

斯坦福大学的 Byer 教授研究了 CARS 光谱的聚焦区域及其转换效率, 其区域可以小到 7.3×10^{-12} 厘米³ 而探测 1.95×10^8 分子。Rochester 大学的 Sreets 教授报导了用微微秒技术的 CARS 光谱在适当延迟入射波的入射时间而可以消除背景噪声, 加州大学贝克莱分校沈元壤教授的研究小组报导了在金属-介质的表面上利用表面厘米波以产生 CARS 光谱, 这种方法可以研究表面特性、表面单分子层吸附等。

3. 关于激光器件的研究

A. 固体激光器

近年来固体激光器引人注目的发展大多集中在色心激光器及过渡金属掺杂激光器, 这类激光器都是可调谐的, 而且可以获得相当可观的输出功率。贝耳实验室的 Mollenauer 博士报导了目前色心激光器的进展, 其可调谐范围在 0.82~1.91 微米之间。麻省理工学院林肯实验室的 Mooradian 教授也报导了过渡金属掺杂激光器方面的近况, 其可调谐范围在 1~2 微米之间。这类激光器都用 YAG 激光器作为泵浦源并在低温 77K 下工作。

B. 准分子与分子激光器

准分子激光器方面的进展大多致力于电子束激励的卤化物如 XeF、Xe₂Cl 等以获得在紫外及可见范围内可以调谐的激光器。Rice 大学电机系的 Title 教授介绍了在 Ar-

Xe-CCl₄ 混合系统中首次观察到 Xe₂Cl 准分子的激光, 其激光中心波长为 518 毫微米。在蓝、绿波段中可以调谐。日本电通讯大学 Hara 教授及荷兰 Twente 技术大学 Oomen 教授对 KrF 准分子激光器在高电流密度及短脉冲下的性质进行了研究, 获得了最大输出为 24 焦耳/立升的能量输出或 500 兆瓦/立升的功率, 效率为 10%。

在远红外可调激光器方面, 麻省理工学院国家磁学实验室 Lax 教授等研究了分子气体如 CH₃F 在 CO₂ 激光的泵激下可以获得千瓦级输出, 可调范围在 150~1200 微米之间。

C. 其他激光器

对于在 16 微米附近的激光器, 由于对于六氟化铀的选择激发的需要, 所以也仍受到重视。南加里福尼亚大学 Wittig 教授提出了氮-硫-氟(NSF)分子在可调 CO₂ 激光的泵激下可以获得 618~658 厘米⁻¹的谱线, 英国

原子能局的 Culham 实验室提出了氟化高氯氧 (FCIO₃) 分子在光泵下可获得从 16.3 到 17.7 微米的 34 条新谱线, 其输出功率在 4 毫瓦左右。

在半导体激光器方面, 大阪大学获得了 13 微微秒到 25 微微秒的短脉冲激光, 贝耳实验室的 Van Der Ziel 进行了半导体激光的锁模以获得微微秒脉冲输出, 采用了外腔装置, 脉宽为 6.9 微微秒。加州理工学院及麻省理工学院都进行了外腔锁模技术方面的研究。

这一次国际量子电子学会议中的论文, 涉及到各个方面的进展, 以上只是我们参加分组会及与其他学者讨论中所了解到的一些进展, 所以并不是十分全面的。但是根据我们的体会以及与其他学者的交换意见中都认为在这几年中激光的研究工作只是向纵深方面发展而没有突破性的巨大成就。

(上接第 34 页)

从实验上证明: 10~20 姆欧·厘米的 N 型锗对 10.6 微米光的吸收系数可低至 2×10^{-2} 厘米⁻¹; 20~50 欧姆·厘米的 N 型锗的吸收可高至 3×10^{-2} 厘米⁻¹; 低于 10 姆欧·厘米的 N 型锗的吸收系数则高得多。所以, 作为窗材料, 20~50 欧姆·厘米的 N 型锗可以选用, 但最好选用 10~20 欧姆·厘米的 N 型

锗; 而低于 10 欧姆·厘米的 N 型锗则不宜选用。

参 考 文 献

- [1] E. D. Capron, O. L. Brill; *Appl. Opt.*, 1973, **3**, 569.
- [2] A. Hardvik *et al.*; *Appl. Opt.*, 1977, **16**, No. 1, 101.