

光引发化学反应可以通过加热作用、光化作用和光电离作用等三种不同的机理实现,其中光化作用引发化学反应时具有明显的选择性,并已证明用红外激光对反应物分子的振动自由度选择激发,是借助于激光选择引发化学反应方向的一条有效途径。现在,利用激光的光化作用已成功地使仅在同位素组成,或核自旋取向有差异的混合物中方便地实现化学分离;但利用激光有选择地打断分子中指定化学键的可能性,现仍在探索之中。激光引发化学反应进一步研究探索的发展趋势,是利用可见、紫外光谱区的短波长激光实现选择引发,此外,激发态分子进一步运动变化时微观步骤和激光作用下化学反应宏观过程的定量联系,也日益成为利用激光选择引发化学反应研究的一个重要内容。

激光化学研究的另一个富有成效的方面,是利用激光技术,特别是激光超短脉冲技术研究物质分子运动变化的微观步骤,在这方面一个重要的进展是建立了时间分辨率高达 10^{-12} 秒的激光动态光谱技术。利用这一技术已成功地揭示了激发态分子的各种弛豫过程、电荷分离、质子转移等过程的微观图景及动力学规律,以及微观环境因素对它们的影响。所得的实验结果不仅向原有的许多理论的可靠性提出了挑战,同时也为建立新理论、新学说提供了实验依据;此外,它们为发展激光技术、激光物理、甚至分子生物学以及揭示生命活动奥秘,也提供了重要的启示。可以预期,随着在不同波长处产生激光超短脉冲及其检测技术的进一步发展,必将使人们对许多化学现象、甚至生物现象的认识产生新的飞跃。

利用激光简单地作为光源或热源而改进现有的各种理化分析仪器方面,目前已取得了显著的成效。但是,非线性激光光谱技术的发展,必将为研究物质分子的结构及非键原子、基团间到各种微弱相互作用提供崭新的手段。目前,这种非线性光谱技术虽仍是物理学实验室的研究对象,但一旦为化学家所掌握,必将成为激光化学研究的又一个新领域。

在高压激光的强电、磁场或由它所产生的超高温、超高压等极端条件下,对物质分子的行为考查,无疑将是激光化学研究的又一个重要方面,人们预期,通过这一研究很可能建立一些制备那些用一般方法难以制备的物质的有效手段,此外,在此时发现一些化学新现象、新规律也完全是可能的。

当前,激光化学还处于发展的初期,决定它进一步发展的关键因素是激光技术本身发展的程度。

碘激光及其动力学

中国科技大学 胡照林 马兴孝 张允武

碘原子激光器是激光引发核聚变的重要而有潜力的器件之一。它的波长 1.315 微米比 CO_2 激光 10.6 微米短,而它是气体器件,较之玻璃器件有更高的破坏阈值。这使它在激光核聚变研究中引人注目。

我们在 1974 年研制成一套小型碘激光装置,采用 CH_3I 作工作物质,以短脉冲的氙灯作光泵,成功地获得了 1.315 微米的激光输出。我们系统地考察了激光输出能量对 CH_3I 压力及部分缓冲气体分压的依赖关系,收集和整理了有关动力学过程的速率系数。对进一步发展中型和大型碘激光器作了原则的设想。

稀有气体单卤化物准分子激光器

中国科学院上海光机所 傅淑芬 陈建文 刘妙宏 吴元福

稀有气体单卤化物准分子激光器是最近二、三年新发展起来的新型激光体系,由于它们具备制成紫外、可见波段高功率、高效率、高重复率器件所要求的特性,已作为核聚变、同位素分离、光化学等许多重要应用的候选者,成为极活跃的激光课题之一,并已得到了部分应用成果。

尽管用电子束激励的器件在功率和总能量方面都比放电引发高三个量级,但因放电引发设备简单、制作

方便、价格低并可高重复率运转,到目前为止它的输出水平已满足许多应用要求,仍被广泛采用着。本文报导了用放电方式激励稀有气体单卤化物 XeF、XeCl、XeBr、KrF 的实验结果。

实验装置为一 Blumlein 快放电系统,平板电容器分别为 10 毫微法和 24 毫微法。一对光滑表面电极长 90 厘米,间距 2 厘米。光学腔由 $R=3$ 米全反射铝镜和石英平板构成,腔长 1.6 米。激光有关参量列在表 I 中。

表 I 稀有气体单卤化物准分子激光器输出特性

激射分子	输出波长 (埃)	气 体 组 分	输出能量	效 率
XeF	3530	NF ₃ :Xe:He=1:3:96	20 毫焦耳	0.4%
	3510			
	3495			
XeCl	3077	BCl ₃ :Xe:He=0.15:2:97.5		
	3079			
	3082			
	3084			
XeBr	2818	BBr ₃ :Xe:He=0.2:1.5:98.3		
KrF	2480	NF ₃ :Kr:He=0.1:6:93.9	12 毫焦耳	0.25%
	2490			

采用气分比 NF₃:Xe:He=1:15:84, 实现了 XeF 总气压 100 托的激射作用, 突破了迄今产生激光作用最低总气压 200 托的下限。减少 Xe 的含量, 在 200 托总气压以下可同时获得 XeF 和 F 原子的激光振荡。

尽管 XeBr 激光器是第一个成功运转的准分子激光器, 但自 1975 年在电子束激励器件中获得激射以来, 发展十分缓慢, 采用放电引发的器件一直未见报导。为在简单的快放电装置上获得 XeBr 的激光振荡, 我们选取 BBr₃ 做为含 Br 化合物, 并加入缓冲气体 He, 详细研究了它的光谱特性, 在合适的气分比和总气压下, 制成了第一台快放电引发的 XeBr 准分子激光器。由加谐振腔后输出强度成几个量级的增加、输出随腔反射率增高而增强以及光谱线的显著变窄确切地证明了激射作用。

本实验完成之后, 阿符科公司报导了在紫外预电离放电器件中用 HBr、Xe、He 混合气体获得 XeBr 激光振荡的结果。

XeF 准分子和 F 原子激光器

中国科学院上海光机所 陈建文 傅淑芬 袁才来 刘妙宏 林英仪

本文主要介绍了用脉冲快放电方式泵浦稀有气体卤化物 XeF 激光器的实验结果。

放电室内装有长为 50 厘米的两根黄铜电极, 其中一个为宽 1 厘米的平面, 另一个曲率为 1.5 毫米的半球面, 电极距 2 厘米。放电室两端为石英平板构成的布儒斯特窗口。激活体积约 15 立方厘米。平板电容由两层铜皮间夹以涤纶薄膜制成。C₁=20 毫微法, C₂=10 毫微法。气分比为: He:Xe:NF₃=100:3:1, 总气压 300~500 托, E/P 值接近 20 伏/厘米·托。光学谐振腔由曲率半径为 3 米的镀铝板及石英平板构成, 腔长 1 米。获得了 XeF $\Sigma_{1/2} \sim \Sigma_{1/2}$ 跃迁得 353、351、349 毫微米的激光谱线。输出能量约 3 毫焦耳, 脉宽 10 毫微秒量级, 效率为 0.4%。

迄今, 所有 XeF 体系, 工作总气压皆在 200 托以上才能成功地运转, 200 托以下振荡熄灭。本文基于对准分子体系动力学过程的研究, 改变了各成分的气分比。在总气压为 100 托、气分比为 He:Xe:NF₃=84:15:1 时, 得到了激光振荡, 从而突破了 200 托的下限。

在上述实验装置中, 工作体系为 He/NF₃ 时, 获得了 F 原子超荧光辐射, 当气分比为 He:NF₃=100:1,