

桂川

研究室



桂川 眞幸
Masayuki KATSURAGAWA

研究课题

超宽带 Raman comb 的产生、超高重复短脉冲光的产生、针对绝对相位控制光的物性控制的应用

关键词

光科学, 量子电子学, 激光物理学, 非线性光学, 受激散射, 四波混频, 量子干涉, 电磁感应透明, 超高速现象, 微微秒, 超短脉冲激光, 注入锁定激光, 真空紫外激光, 光刻法, 太赫兹波

所属专业	研究生院信息理工学研究科 先进理工学专业
研究成员	桂川 眞幸 教授
所属学会	日本物理学会, 应用物理学会, Optical Society of America
研究设备	YAG 激光(脉冲、CW), 注入锁定式·多波长同步振荡·波长可变 Ti:s(钛蓝宝石)激光, 合成器, 宽带频谱分析仪, 高速示波器, 高精度波长计, 低温恒温器

研究概要

新型非线性光学过程的开拓

该研究室将被称为「量子电子学」的学术领域作为他们的专业。量子电子学是伴随着激光的发明而新形成的学术领域。从广义上讲, 大家可理解为使用激光的所有研究。

所谓「激光」, 简而言之就是指“被控制得很好的光”。「光」同时具有粒子性与波动性, 但没有质量, 所以通常情况下, 在研究时会经常碰到光波的性质问题。波在频率(单色性)、相位(相干性)或者其传播方向(指向性)上各具特点, 激光与普通光的不同之处在于激光能够很好地控制这些特性。比如说频率, 就好像 281,629,805,984.7 (05) kHz 一样, 具有优良性能的激光还能产生 13 位数以上的频率值。

让这种光(激光)与物质相互作用, 观察它发生的变化, 结果表明能够非常清晰地观察到相互作用的地方所产生的现象。另一方面, 与此相反, 采用这样的激光, 还能高精度地控制光与物质的相互作用。该研究室主要对后者感兴趣而展开相关的研究。

下面介绍一个典型的案例吧。图 1 是研究的概略图, 这是使用双色激光, 使所有分子的相位一致而产生振荡、旋转的状态。其关键在于能够高精度地控制双色激光的差频, 使其只偏离分子振荡、旋转的跃迁频率一点点。比如说生成的分子群可以用作超高频光调制器。由于利用了分子的振动、旋转, 所以就能进行电气上无法研究的超高频率(1~10²THz=10¹²~10¹⁴Hz)的光调制。

优势

超越了学术界中的普通论调

目前该技术是该研究室的研究基础。图 2 表示在相干性中产生旋转的仲氢分子群, 并以采用该分子群进行高速调制的光谱为基础而产生的超短脉冲光。大家知道, 12fs(飞秒)的超短脉冲光具有 10.6THz 的超高重复频率, 且能够稳定生成(文献 1)。比目前光通信中采用的脉冲重复率速度还要快 1000 倍, 有望成为未来大容量光通信的革新技术。

该结果在超短脉冲激光的产生方法上也是非常独特的。通常超短脉冲激光是通过使具有多种振荡频率模式的激光的各模式之间相位同步(锁模)而产生的。

对此这里介绍的方法是用单一频率振荡的激光为出发点,(通过分子的高速调制)产生具有一定相位关系的宽带光谱而生成超短脉冲光。由于他们的研究与此完全相反, 因此有望产生新的超短脉冲光, 具有以前不曾有的特点。

比如举一个简单的例子, 通过改变作为起点的单一频率激光的波长, 就能制造出超短脉冲光, 能够使中心频率进行超宽带、高精度的变化。作为研究用的激光机器, 也是非常有吸引力的吧。

该研究室的研究风格的特点在于自己积极地开发需要的工具。在一系列的研究中, 他们新开发出了「双波长振荡·宽带波长可变·注入锁定激光」(文献 2)。该激光是构成他们研究根基的“使相位调整一致而生成振动、旋转分子群”所必不可少的。该激光装置能够用单一的激光共振器产生任意的双波长激光。其结果表明输出的双波长激光完全能够满足时间、空间的相互重叠。

除此之外, 他们还对该技术进行扩展, 开发出了各种注入锁定激光。到目前为止, 他们制造出了具有从数 GHz 到数百 THz 差频的各种激光装置。注入锁定激光被广泛用作环境测量及产生太赫兹波的光源。他们开发的光源能够特别提高这些用途中的精度吧。并且还有望成为测量生物的光源。这一系列激光装置获得了专利[文献 3·4]。

- 1、Optics Express.Vol.13,5628(2005)
- 2、Optics Letters.Vol.30,2421(2005)

未来展望

寻求终极激光

伴随着激光极限化技术(单一频率化、超短脉冲化、高强度化)的发展, 被称为量子电子学的学术领域也得以发展。该研究室的方法具有飞跃性推动超短脉冲化极限技术的潜力, 并且由于该光源是由单一频率的激光生成的, 所以还隐藏着成为新型光频率标准的可能性。

该研究室以迄今为止的研究成果为基础, 希望能够确立产生具有实用性、稳定性的超高重复超短脉冲光的技术。并且希望使用该技术能开辟出[超短脉冲激光的高精度高重复性]这种新型极限化轴的研究领域。

他们在与大学内外的研究室、国立研究所(产业技术综合研究所、信息通信研究机构)、企业的研究所(古河电工 Fitel Photonics 研究所)进行积极合作的同时推进相关的研究。这里所介绍的研究成果是他们在合作过程中所取得的。

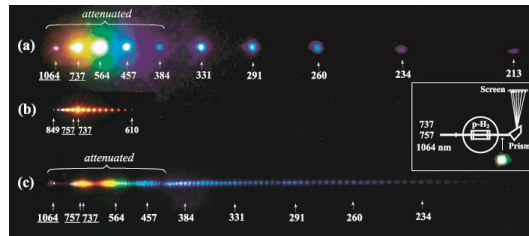


图 1: 分子 - 光调制的概念图与使用氢分子的 a: 振动(125THz)、b: 旋转(10THz)、c: 振动与旋转(125THz + 10THz)产生的调制旁带频谱。

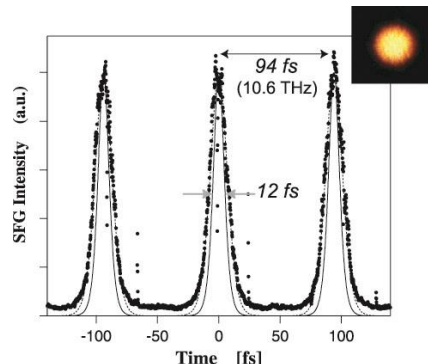


图 2: 操作分子 - 光调制频谱的频谱相位得到的 10THz 重复超短脉冲系列的自相关波形(黑点)和时间波形(细实线: 脉冲幅度 12fs)。插入的图为束束型图。

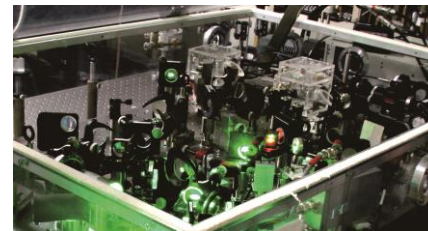


图 3: 双波长振荡注入锁定激光系统

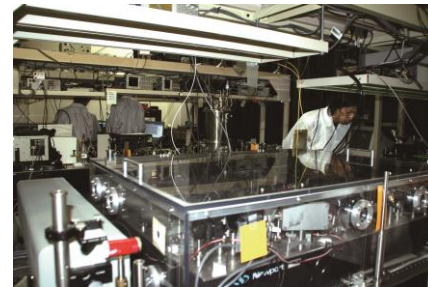


图 4: 实验室的风貌