



山北 佳宏  
Yoshihiro YAMAKITA

研究课题

通过分子束实验的纳米碳与量子纳米构造的光·电子特性的研究

关键词

多环芳香烃、振动光谱、图像观测、纳米碳带、纳米碳、高激励气相分子、簇、气相微量生物体分子、潘宁电子光谱、反射器、脉冲激光

所属专业	研究生院信息理工研究科 先进理工学专攻
研究成员	山北 佳宏 副教授
所属学会	日本化学会, 日本光谱学会, 日本物理学会, 分子科学会, 美国物理学会, 原子碰撞研究协会, 强光场科学研究会
研究设备	离子成像超高真空槽、超灵敏度交叉分子束潘宁电子光谱用超高真空槽、飞行时间型质量分析仪、纳秒脉冲 Nd: YAG 激光 2 台、色素激光 3 台、脉冲高电压晶体管开关、±40kV 高压电源、荧光光谱光度计 2 台、升华热分解蒸着装置、FTIR (共用)、显微拉曼光谱仪 (共用)

研究概要

发现别人看不到的东西

本研究室以漂浮在真空中每个分子及纳米集合体(簇)为对象, 形状、造形、甚至哪里有化学反应机能的场所、哪里实现生命活动的作用场所等以细致的灵敏度决定来, 这是我们的目标。将原来不可能观测到仪器变为可能, 分析关于设备与生命现象的本质的化学理解基础。根据分子在真空中成束, 以周围无分子独立条件进行实验。

以下 3 点是我们的研究主题, 以原始 2 台装置及理论计算进行。

多环芳香烃的振动光谱

多环芳香烃 (PAH) 是以分子装置与纳米碳构成的物质, 是环境污染物质之一。

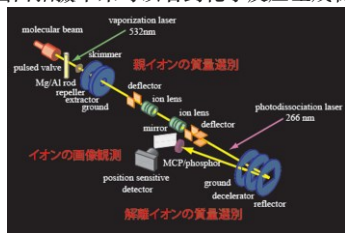
本研究室建立能够以良好的精度预测任意形状构成的 PAH 振动状态的计算手法, 在 2007 年世界上首次构筑成功苯环与碳纳米带连接的振动分散关系。而且, 通过实验使用红外·拉曼光谱证实了苯环相关的分子振动状态。研究表明对各种碳簇特异电子状态的分析起到非常大的作用。

高激励气相分子·簇的并进运动的观测与控制

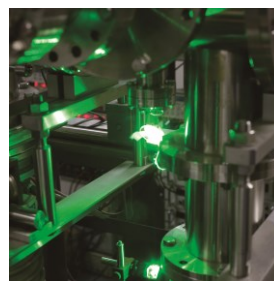
分子、簇在高激励状态下具有很大的能量导致结合分离。本研究室正着手开发在高激励化学反应动态及立体追踪观测手法。通常是将液体或固体的物质在真空中形成束以 1 分子取出, 观测其化学反应形成的图像。分离后的离子的碎片像烟花一样飞溅, 将这个画面拍摄下来可以看到化学反应生成物的速度·趋势。本装置是在电场使电子束反射的设备从这点特殊的方法, 因为能够选择只想看的那部分, 有利于在混合物簇看到特定的离子。

气相簇与生物分子的超高灵敏度电子光谱

本研究室利用磁瓶效应, 连续被射出的电子的收集效率提高约 1000 倍, 研发了以超高灵敏度且能够简易分析能源的装置。在强磁场与弱磁场结合后的不均匀磁场里产生 [磁瓶效应], 可以收集全立体角方向放射出来的电子。本装置与原来法相比有 1000 倍的灵敏度, 这由于达至极限高灵敏度, 所以目前为止被称之为稀薄物质。例如, 能够测试范德华力簇和气相微生物分子。而且, 如果能够适



使用反射型飞行时间质量分析仪的化学反应图像



纳秒脉冲激光

用于分子量大的蛋白质和生物物质, 就可以选择看见只针对有关化学反应外露部分的特征。目前为止关于希有气体簇和氨基酸的实验已取得成功。

优势

追求极至的灵敏度、微量物质无处可逃

本研究室的装置基本上都是自主制作。我想在制作这一块自己动手是件非常重要的事情, 在摸索验证过程中享受投入的过程同时也不断改良。现代无处不在无线通技术也是过去马可尼在阁楼的房间里通过反复实验所取的研发成果。掌握技术、挑战新现象的发现与开拓方法。

装置的制作是致力于提高极至灵敏度。例如, 超高灵敏度电子光谱装置是与原始法对比已提高了 1000 倍的灵敏度。2000 年使用该装置首次气相簇的潘宁电子能谱在世界取得成功。当提高灵敏度时, 认为目前不能看不见的希薄的物质都可以看得见。也就是将进行探索未开发的纳米物质化学。

以简单的计算理论证实纳米碳的振动状态



超真空用零件

本研究室始终重视实验, 为了证实复杂的现象在理论计算方面(量子化学计算)投入精力。如此一来, 关注每一个分子就能够正确把握发生的变化。

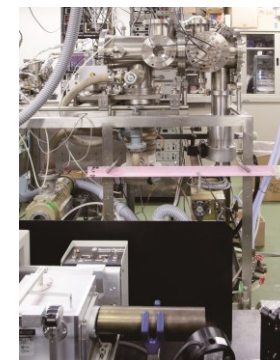
之前所述的预测任意形状的 PAH 振动状态的理论模式, 通过大型电计算机大规模计算与具有同等精度的精度, 但是更胜一筹的快速纳米碳预测计算成为可能。我们的纳米碳带的振动分散曲线在 2006 年在世界上首次报道过, 当时是使用大型计算机只是大规模的计算方法, 当时处于困境状态我们的研究是革命性的。实际的纳米碳的振动特性用电脑计算非常简单的模式可以做出良好精度的计算。也就是用传统的计算方法, 对无法做到的纳米碳的物理特性正在开展预测理论计算方法。

未来展望

在未来, 想开发从发射器起化学反应的摄像装置研发超高灵敏度分析装置

另外, 现有的纳米碳作为例子的计算理论, 调查扩展纳米管和纳米线的力学特性后发生什么样的变化, 想提前推进以碳为基础的电子学先驱的研究。通过发展这些研究, 考虑能够应用到各方面。特别是利于超高灵敏度的电子光谱装置、PAH 等微量的大气污染物质及特定的生物关联物质的检验。能够对应简便轻巧搬运的分析装置。

甚至像太阳能电池和光合成那样, 如果可以对光反应的纳米物质及分子化合物进行分析, 能够实现人工光合成的开发设计以及太阳能电池的高效率化。而且, 手机电池及在真空创制的有机 EL 显示等应用功能性纳米材料, 将期待着状态控制的分子束蒸着到固体表面的开发手法等发展。



所有真空装置都是自主制作



实验场景