



中村 信行  
Nobuyuki NAKAMURA

**研究课题** 多价离子原子物理学的研究、针对该研究的多价离子源的开发

**关键词** 多价离子, 原子物理, 宇宙物理, 量子电磁力学, 天文学, 核融合, 电子束, Tokyo-EBIT, CoBIT (电子束离子阱)

所属专业	新一代激光研究中心
研究成员	中村 信行 副教授
所属学会	原子冲撞研究协会, 日本物理学会, 原子分子数据应用论坛
研究设备	Tokyo-EBIT(高能电子束离子阱)、CoBIT (小型电子束离子阱)

**研究概要**

**多价离子的物理学研究、多价离子源的开发**

该研究室希望从原子物理学的角度去探明有关多价离子本质的各种现象, 同时从事多价离子发生器的开发。

原子是由原子核及围绕原子核的电子构成。夺去这些电子而变成不稳定状态的物质就是多价离子。当多价离子与其它物质冲撞到一起时, 就会强力夺去其它物质的电子, 因此它有时也被称为摄取电子的黑洞、电子吸尘器。该多价离子还有很多未知的领域, 据说在目前的物理学中被称为最正确的量子电磁学理论或许已经不能覆盖多价离子的适应范围。

**与天文台、核融合研究设施的共同研究**

地球上不会自然存在多价离子, 但在太阳等宇宙的高温地方却极其自然地存在着多价离子。由此通过模仿多价离子的性质, 就能了解太阳的变化。因此对宇宙物理学研究机关来说, 掌握多价离子的信息是必不可少的。

并且在地球上为了在核融合实验炉这种高温环境下实现发电, 还要掌握重要关键技术之一的多价离子。由此该研究室在与天文台、核融合研究设施保持密切关系的同时, 还相互交换各种数据来共同研究多价离子的特性。

**多价离子的应用**

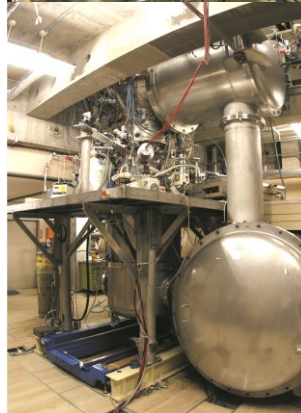
在多价离子的应用方面, 该研究室还将其用作下一代平版印刷术的光源, 从事相关的应用研究。平版印刷术日益向着高集成化的方向发展, 为了提高它的加工精度, 需要波长更短的光源。因此在下一代平版印刷术中把等离子体中发光的多价离子极紫外线用作了第一备选光源。由于元素及摄取电子数量的不同, 多价离子发光的方式也有所不同, 所以它的魅力之一就是控制它的元素及摄取电子数量就能获取想要的波长的光。

**Tokyo-EBIT(电子束离子阱)**

多价离子实验必须使用专用的实验装置。虽然可以用大型加速器将高速离子加速打到薄膜上, 或者用核融合实验炉的等离子体等来产生多价离子, 但所用装置都很大, 并且在多数情况下都不适合用来研究、应用高速运动的多价离子。

1997年中村副教授与大谷俊介教授一起, 在电气通信大学新一代激光研究中心里制造出了世界最大规模·最高性能的多价离子发生器—Tokyo-EBIT。

因为该装置能够针对任何元素自由提取想要的化合价, 所以有望进行自由性较高的多价离子的



Tokyo-EBIT(高能电子束离子阱)



CoBIT (小型电子束离子阱)

研究。像这样 Tokyo-EBIT 虽然是高性能多价离子源, 但却是高度超过 3 米的大型装置, 除此之外, 还要使用液体氦来冷却超导线圈, 运转起来还要花费相当多的经营成本。

**CoBIT**

因此该研究室在保持 Tokyo-EBIT 基本结构的状态下, 制造出了高度约为 1/6 (50cm) 的小型化 CoBIT。虽然可利用的化合价有限, 但它也能够制造出多价离子, 比如太阳大气中大量存在的 10~20 价左右的铁多价离子, 具有充分满足普通多价离子实验的功能。像这样他们一方面研究多价离子, 另一方面还开发有效产生多价离子的实验装置。

**优势**

**活用开发 Tokyo-EBIT 积累的技术经验及智慧, 开发小型多价离子源 CoBIT**

迄今为止, 该研究室在制造 Tokyo-EBIT 时积累了丰富多样的技术经验及智慧, 对制造新的多价离子源有很大的帮助。小型多价离子源 CoBIT 也是由他们进行整体设计及组装。针对陪俘的离子, Tokyo-EBIT 是用磁场来激发压缩的电子束并剥离电子, 他们在凝缩 Tokyo-EBIT 这种功能的同时, 还开发在产生磁场的线圈中使用高温超导等这类新技术。由此他们开发出了不需要大型实验室的小型机箱以及实现了不使用液体氦的低成本运营。

与 Tokyo-EBIT 相比, CoBIT 可产生的化合价虽然有限, 但在天文台的宇宙物理学及核融合研究设施的等离子体原子过程等研究中测量具有非常重要的中等化合价的多价离子时, CoBIT 的效率比 Tokyo-EBIT 更高。并且由于日本其他研究机构没有这种不需要大规模实验室就能获取自由性较高的多价离子或者对其进行分光装置, 所以拥有这种设备是他们的一大优势。

**未来展望**

**开发更小、更高性能的多价离子发生器, 希望能够提高多价离子的研究**

该研究室研究的课题—「探明多价离子的本质」还远未达到预期的目标, 所以今后还会继续努力去探明这个课题。并且还希望能够积极地开发研究多价离子不可缺少的多价离子源。

CoBIT 在具备规范的功能的同时, 从实现小型化的意义来看可以说是取得了成功, 但他们认为还能进一步改善。他们运用自己拥有的多价离子源开发相关的技术和研究成果, 如果能和企业进行共同研究的话, 就能将多价离子源更加小型化, 还能获取更多、更高化合价的离子了吧。

如果能够制造出更小型且高性能的多价离子发生器, 不仅能将多价离子源应用到各种研究设施中, 还可以应用到企业的产品开发及分析中, 应用范围及应用领域应该会得到进一步扩展。

这样的话, 他们今后会更加积极地进行多价离子相关的研究, 还会有新的发现, 应用领域也会进一步扩大吧。他们希望通过多价离子的开发, 能够将多价离子变成更加切身的产品。