

同步辐射的应用及其展望

周 春 梅

高能电子加速器可以用来产生一种电磁辐射,叫做“同步辐射”,它具有高强度、高亮度、准直性、偏振性和连续能谱等一系列的、其它光源不可比拟的优良特性,在基础科学、应用科学和工艺学等各个领域中都已得到了相当广泛的应用。这里我们作一简单的介绍:

(一) 核能技术 在核能技术方面有如下几个方面的应用:(1)刻度辐射剂量仪器的标准光源;(2)校准和鉴定光子探测仪器的性能;(3)电子同步加速器和电子储存环工作的监视和诊断;(4)作加速器光产额、电子束能量及脉宽的测量;(5)模拟等离子体条件作辐射损伤研究等。

(二) 生物学 可用同步辐射研究蛋白质结构和蛋白质的分子结构。同步辐射强度大,实验时间短,不会引起蛋白质结构变坏;好的脉冲时间特性用以研究生物体动态过程,诸如肌肉收缩和神经作用等过程。

(三) 固体物理学 可用同步辐射研究固体的电子状态、固体的结构,激发态寿命和动态过程(晶体的生长和固体的损坏)等。与普通X光机相比,同步辐射作固体物理研究有如下特点:①光波长连续可调,便于研究与波长有关的各种效应(如吸收边)②光的准直性能好,有可能大大增加试样至光源和试样至探测器之间的距离,同时能保证足够好的分辨率,这就便于在试样周围附设各种装置,以进行各种非寻常条件下所进行的各种实验。③光强度大 10^2 — 10^5 倍,这便于研究一些微弱效应,或作动态观察,并可大大缩短实验时间,提高信号本底比。④线性偏振,便于提高单色化的效应和进行各向异性研究。⑤短脉冲光束,可研究激发态寿命和衰变特性。

(四) 表面物理学 通过测量同步辐射光在固体表面层的非弹性作用引起的光电子发射谱,研究固体表面的性质。了解表面性质对现代技术的发展非常重要,例如半导体和金属表面光特性的研究,物质的氧化、催化、腐蚀等过程的表面电子结构。因为光电子发射谱和表面污染程度有关,所以需要在表面干净的条件下进行实验,具有超高真空的电子储存环对这种实验是十分理想的。同步辐射实验时间短可减少表面污染。利用连续和可调节的特性,可测量电子发射谱随入射光子能量的变化和随表面深度的变化等。

(五) 结构化学 可用X射线吸收能谱法测定原子的配位结构,大分子之间的化学键等参数。如斯坦福同步辐射实验室使用广延X射线吸收法对催化剂、金属酶的结构进行了分析。

(六) 原子和分子物理 同步辐射光的优良特性

利于测定光子与原子和分子相互作用的截面和激发函数等。如光子和 H_2 相互作用的总散射截面的测量,对于研究 H_2 分子就很有意义:弹性散射截面与电荷密度分布有关,可求出电子与核的平均距离;非弹性散射截面则与“(1/ r_{ij})”有关, r_{ij} 代表 i 电子与 j 电子之间的距离,括号表示平均值。

(七) 材料发光性能研究 过去由于经典光源(气体放电管和白炽灯等)的辐射缺乏短于1000埃的紫外光,只能进行费米能级附近能带结构的研究。利用同步辐射光后,可把价带底或紧束缚的电子激发到导带底以上成eV的能态上,这样可进行发光材料整个基本吸收区发射性能的研究。如以碱土硫酸盐为基质的萤光体的发光机理,应用同步辐射(真空紫外光频段)后,才可能对萤光体吸收区的光学性质作系统研究。

(八) 超大型集成电路 在集成电路的制造工艺上,目前广泛应用紫外光,通过掩膜进行光刻。由于衍射效应,线宽最小约2微米(200埃)。若采用同步辐射光进行光刻,则线宽可达7埃。这为制造超大型集成电路提供了重要手段。

(九) 激光技术 同步辐射的高强度、准直性和可调节性等特性用于发展新型激光器。如泵浦X射线激光和自由电子激光都是大有希望的新技术,得到极大重视。

(十) X射线全息照相 同步辐射光的相干特性比普通X射线光源更优越,这便于X射线全息照相。当入射光子的波长为1埃时,使用这种技术能获得横向50埃和纵向2500埃分辨的微型全息图,估算曝光时间约1秒。如果实现了自由电子激光和泵浦X射线激光,便能得到相当强相干效应的光源,为这种技术发展提供更理想的光源。

(十一) 辐照技术 用同步辐射光辐照各种物质使其改变物质某些性能的技术,将会得到相当广泛的应用。建造很强大(约100 GeV)的同步辐射光源机器,其光谱能扩展到MeV能区,这可用于储存食品(如粮垛)的消毒,以延长储存时间。

(十二) 医学科学 同步辐射光可用于疾病的诊断和治疗,如测定人体血液内一些元素含量的浓度,以及通过分析确诊人体内的各种癌。还可用于去除人体特殊部位的一些特殊分子,故能进行分子大小水平的微型手术,为医学科学技术的发展提供新的重要手段。

随着科学技术的发展,在本身的发展过程中,还会不断地渗透到其它新的领域中去,同步辐射的发展和应用前景是非常广阔的!