

由冷原子云产生激光

普通的激光是利用一个充满增益介质的空腔来产生激光的,光子在空腔两端的镜面上反复碰撞后获得放大,最终在一个确定的方向辐射激光.最近,法国国家科学中心的 R. Kaiser 教授和他的同事们却从冷原子云中产生出无序激光(random laser),它的特点是可以散射到各个方向,类似于一个"迪斯科球".无序激光是由单个原子散射并获得放大的,它不需要固定的空腔,只需要有足够浓的原子密度,当原子云成为不透明时,原子将激发出无序激光.光学上的不透明程度可以用光学厚度来定义,也就是将原子云内的原子自由程作为单位来测定原子云的光学厚度.

R. Kaiser 教授的研究组对二能级原子系统进行试验,这里辐射激光不需要利用空腔的镜面进行碰撞来获得增大,取而代之的是一些微米大小的粒子漂浮于水中,当外部注入光波时,可以使部分原子处于激发态而形成复杂的三光子跃迁,这就是所谓的布居反转.通常布居反转时可以发生增益效应.改变注入光波的频率与强度,可使原子云在较长时间内束缚住光子,并让它们变成相干光束且同步传播.产生无序激光的必要条件是原子云的厚度要达到 200—250 原子自由程. R. Kaiser 教授的研究组是用磁光阱来约束原子的,所以实验成功的关键是要使约束原子云的密度达到必要的厚度.

无序激光的激发与正常激光相比,它的工艺不必非常精确和复杂,因此它的生产成本也比较低,它可在数字显示、光喷射绘画和温度传感器方面得到应用.

(云中客 摘自 Physics Review Letters, 1 May 2009)

利用激光测量晕核半径

欧洲和北美的物理学家测量了一种异常的铍同位素的半径.这种铍同位素含有一个远离核心的中子,这种核称为晕核.虽然此前测定过其他“晕”核的半径,但这回是首次测量具有单个晕中子的核.研究人员发现,铍-11 的晕中子平均距核心大约 $7\text{fm}(7\times 10^{-15}\text{m})$,而核心本身半径为 2.5fm 左右.

晕核是 1985 年发现的,晕核有一个普通的核心加上一个或更多的大部分时间都远离核心运动的晕中子.例如,锂-11 晕核的直径几乎与重得多的铀核的直径一样大.晕核的直径如此之大的原因是将晕中子束缚在核心上的能量只有 100 keV,大约是将中子束缚在普通核上的能量的十分之一.

测量晕核的大小是很困难的,这是因为晕核的寿命很短,而且中子没有电荷,晕中子不易与实验探针相互作用.

最好的测量方法是研究原子或离子中束缚在晕核上的电子能级微小的“体积移位”(volume shift),这种移位大约为电子能级能量的十亿分之一,是由于晕中子与核心相对运动,使得对于电子来说,核心像是变模糊了的正电荷.这就意味着,含有晕核的铍-11 的铍原子的电子能级与含有一般铍-7、铍-9 或铍-10 核的铍原子的电子能级相比有微小的变化.

这种体积位移可以用来计算正电荷模糊的半径,从而可以计算晕中子与核心之间的平均距离.

虽然物理学家已经测量了氢和锂的晕同位素的这种移位,但是由于铍原子中有 4 个电子,对于铍-11 核的实验变得更为复杂.

原来电子的能级也受它所引起的“质量移位”(mass shift)的影响,部分是由于核与电子的关联运动之间的相互作用.这种质量移位大约是体积移位的 1000 倍,而且随着电子数目的增加越来越难计算.这一问题通过研究 Be^+ 离子(只有 3 个电子)而得到一定程度的简化.

新的研究工作是由德国 Mainz 大学的 Wilfried Nörtershäuser 及他的来自加拿大和瑞士的同事在 CERN 的 ISOLDE 装置上完成的(有关论文发表在 Phys. Rev. Lett., 2009, 102: 062503).

实验通过用 1.4GeV 的质子束轰击碳化铀靶来产生 4 种不同的铍的同位素(Be-7,铍-9,铍-10 和铍-11).用激光将所生成的这些同位素电离并加速到 50 keV.再用两束紫外激光打到离子上,引起电子能级的跃迁.其中一束激光迎着离子运动方向,另一束激光则从相反方向,即从离子后面射到离子上,以消除实验中离子动能的不确定性.

铍的电子吸收某些激光后跃迁到较高的能级上.当电子跳回原来能级时,通过“共振荧光”过程发射与激光相同波长的光.但是晕同位素铍-11 吸收激光后再发射的光的波长与一般铍的同位素发射的光有微小的差别.这是由同位素移位引起的.这种移位是质量移位与体积移位之和.

研究小组使用一种叫做频率梳的仪器测定了这种微小的移位.通过将铍-11 的共振波长与其他铍的同位素相比较,并进行质量移位修正,得到体积移位.从而得出结论认为,晕中子距核心大约为 7fm.核心的直径约为 2.5fm.

(树华 编译自 PhysicsWorld News, 9 March 2009)

新一代中子装置将建在瑞典

经过竞标,瑞典赢得将新一代中子装置建在本国.这台造价为 14.8 亿欧元的欧洲散列源(ESS)建成后,将是世界上最强的中子源,每年可供数千名从凝聚态物理到生物学领域的研究人员进行科学研究.

ESS 将通过散列过程产生强中子束.瑞典隆德的设计是将质子能量加速到 1.3GeV,质子束流的功率为 5MW,用来轰击 1200L 的液态汞.由汞原子核中被击出的中子经过冷却后可被引到 44 个实验站.

ESS 装置的特点是提供“冷的”即长波长的中子,这种长波长中子适合于对大尺度的结构进行研究,比如生物分子等.

隆德承诺提供总造价的 50% 费用,其中包括 22 台仪器设备费用.这些经费不仅来自瑞典政府,还来自丹麦和挪威.其余部分将由其他政府(如英国和德国等)提供.这些国家可要求使用的束流时间将与他们所提供经费的多少成比例.

ESS 运行费用预计为每年 1 亿欧元左右.10 年后将开始提供中子.再过 5 年所有仪器将全部建成.

(树华 编译自 Physicsworld News, 29 May 2009)

噪声的随机共振

现在计算机芯片愈做愈小,而芯片上的热噪声就有可能损害数据处理时的精确度.通常数字电路中的核心部分是典型的逻辑门,它是将若干个晶体管组合起来,把两个输入电压变换为一个具有特殊逻辑功能的输出端.例如,在输入时,在“0”与“1”中,至少有一个是“0”时将输出“1”的“与非”门.逻辑门中使用的晶体管,其大小一般在 90 nm 左右,但现在制造商们正企图生产出只有 65nm,45nm 甚至 22.5nm 大小的晶体管.对于这样大小的晶体管,由于线路中的串话式干扰、热涨落和量子不确定性等因素,电压不再能保持稳定,从而使逻辑门会在输出时出现失误.所以工程师们不得不考虑作更复杂的设计来解决这个问题,但收效甚微.

最近几年,美国 Arizona 州立大学的 W. Ditto 博士和他的同事们发展了一种新的非线性逻辑门,它与线性逻辑门相似,也是利用晶体管来组建,但由于元件是组合形成的,因此,它的输入与输出之间的关系成非线性特征.研究组在观察噪声是如何影响逻辑门的功能时发现,在线路中会出现随机共振现象.随机共振一般常在气象周期、神经元系统和其他非线性系统中出现,它可将噪声背景下的弱信号增大.例如地球存在着两个稳定态:一个是正常期的,一个是冰川期的,一般称之为双稳态系统.当地球绕着太阳旋转运动时,若在轨道上发生了一点小偏差,它不可能使上百万年周期的双稳态产生什么变化,但当我们在每年的气象条件上加一点变化,这就有可能会产生随机共振,从而使地球从正常态突然地提前或延后向冰川期过渡.在许多其他非线性系统中,也显示出噪声能帮助系统中的弱信号发生响应.

为了模拟这个简单的随机共振现象,研究组将一组晶体管联接成一个具有双稳态输出电压的非线性电路,也就是有“0”端和“1”端,然后变换各种输入电压并在线路上加入不同程度的噪声进行试验,结果发现,在低噪声时,逻辑门时常会在相同输入时给出完全不同的输出,这表明逻辑功能很不可靠;当将噪声程度提高后,逻辑门的稳定性非常良好,这说明增加噪声能使系统进入稳定、正确的状态,这点正是经典的随机共振现象.

对于不同尺寸的小型晶体管,可以根据它们的大小来挑选合适的噪声程度.由于随机共振现象的稳定性,非线性逻辑门就能在今后的商业芯片上得到应用.除此之外,研究组在线路技术上还取得了一些进展,即可以使线路在不同的逻辑功能平台间相互转换,这种电路有可能对计算机处理器进行新的配置.所以利用随机共振来考虑噪声的作用是一个很有价值的新思路.

(云中客 摘自 Physics Review Letters, 13 March 2009; 原文题目为 Reliable Logic Circuit Elements That Exploit Nonlinearity in the Presence of a Noise Floor)