

文章编号: 1001-4322(2005)09-1335-06

# 氢原子的 X 射线新谱系的实验观测及其解释\*

王大伦<sup>1</sup>, 张信威<sup>2</sup>

(1. 中国工程物理研究院 核物理与化学研究所, 四川 绵阳 621900; 2. 北京应用物理与计算数学研究所, 北京 100088)

**摘 要:** 引出氢(氘)气放电产生的射线和粒子流打在非晶聚氘乙烯  $C_2D_4$  和有机玻璃  $C_5H_8O_2$  等靶上, 测得其散射谱上有多条尖锐的 X 谱线, 其中除一条外都是(不经散射的)原始谱中没有的。经反复证认, 这些谱线不是靶中元素(如 C 或 O)和可能包含的杂质元素的特征 X 射线, 也不是原始谱中 X 射线的衍射线, 更不可能是低能电子的韧致辐射经吸收后形成的峰, 认为该谱线很可能是前所未知的一类新的原子态的 X 射线新谱系的一部分。用曾提出的一个“小氢原子”理论模型予以解释, 即认为氢(氘)气放电中产生了“小氢原子”, 其(在基态)电子轨道半径约为普通氢原子的玻尔半径的  $1/274$ , 该小氢原子能级之间的跃迁能够很好地解释所测到的 X 射线新谱系。

**关键词:** 氢气放电; 特征谱线; 新原子态

**中图分类号:** O461.1; O562.1

**文献标识码:** A

## 1 实验装置

氢气放电源打靶的实验装置如图 1 所示。石英放电室, 采用钽(Ta)电极, 充流动氢气(或氘气)在 7.0 kV/50 Hz 交流电压和 10~40 Pa 气压下放电。Ta 电极呈片状, 围以石英碗以改善聚焦; 在放电室轴线中点处对称地开两个长 230 mm, 内径  $\phi 26$  mm 的石英引导管, 两引导管末端都接有机玻璃( $C_5H_8O_2$ )连接套和测量管, 其中一根管中安装  $C_2D_4$ ,  $C_5H_8O_2$  等靶, 入射角约为  $22.5^\circ$ , 另一根叉管直接通向探测器。有机玻璃管末端都以  $30\ \mu\text{m}$  的铍(Be)膜封真空。以一台机械泵(8 L/min)和一台分子泵抽真空, 用热偶真空计测量气压。真空泵、热偶计和放电室以内径  $\phi 9$  mm 的真空橡皮管相连。

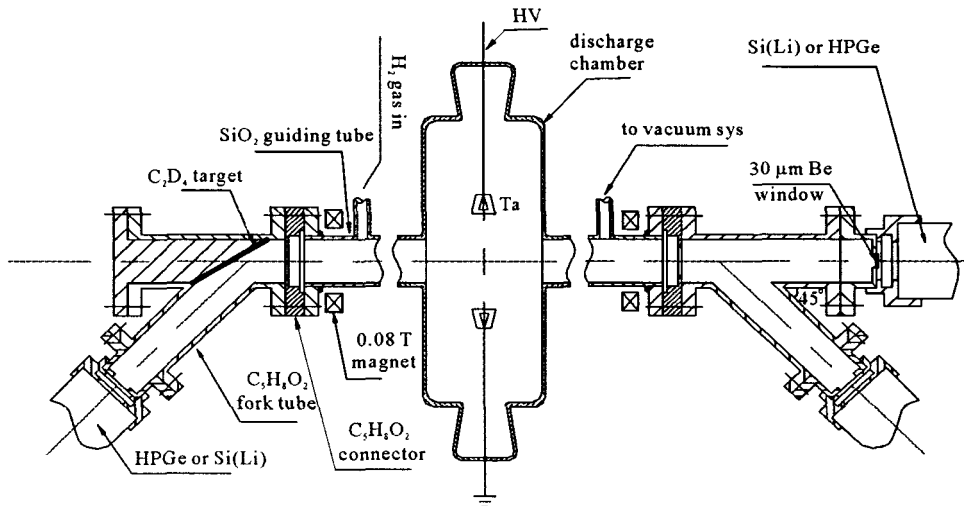


Fig. 1 Apparatus of hydrogen gas discharge source bombard target

图 1 氢气放电源打靶装置

放电产生的粒子和射线经由  $90^\circ$  方向的引出管进入靶室轰击  $C_2D_4$  等靶。在引出管中间加 0.08 T 磁场偏掉电子, 使其不能进入靶室轰击靶产生韧致辐射 X 射线。用 Si(Li) 探测器或高纯锗谱仪(HPGe IGLLET-X-11145)在  $45^\circ$  方向的叉管末端密封真空室的铍膜外测量低能 X 射线。在放电室对称的另一侧有一个相似的

\* 收稿日期: 2005-09-06; 修订日期: 2005-09-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10145005)

作者简介: 王大伦(1937—), 男, 研究员, 从事实验核物理研究; 四川绵阳 919-213 信箱; E-mail: sting\_g@sohu.com。

张信威(1938—), 男, 研究员, 从事理论物理研究; 北京 8009 信箱; E-mail: zhang\_xinwei@iapcm.ac.cn。

编者按: 王-张两位研究员多年来一直从事氢气放电异常现象研究, 本文所报道的实验观测和试探性理论解释都是极为新颖的, 本刊将其发表出来, 以期引起国内外有关学者的检验和评论。

90 方向的石英引出管,用于同时测量未经散射的 X 射线原始谱,所测到的能谱见图 2,图 3。不放电时的本底谱计数率很低, Si(Li) 为  $0.1 \text{ s}^{-1}$ , HpGe 为  $1 \text{ s}^{-1}$  (0.5 ~ 10 keV)。交流放电时在探测器前用较厚的衰减片(例如 3 mm 石英)阻挡,计数率即降为本底,这表明探测过程不受放电产生的电磁干扰的影响。原始谱中唯一尖锐的谱线是 Si 的 K 线(1.74 keV)。

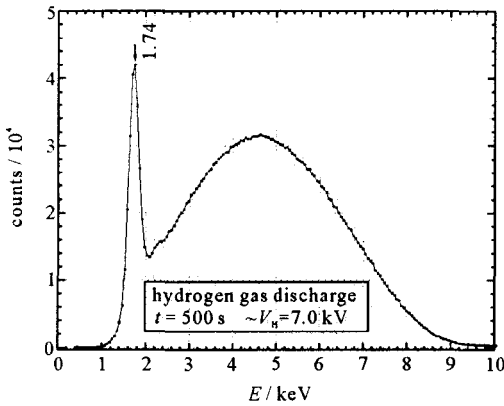


Fig. 2 Primary X-ray spectrum(Si(Li) detector)  
图 2 未经散射的 X 射线原始能谱(Si(Li)探测器)

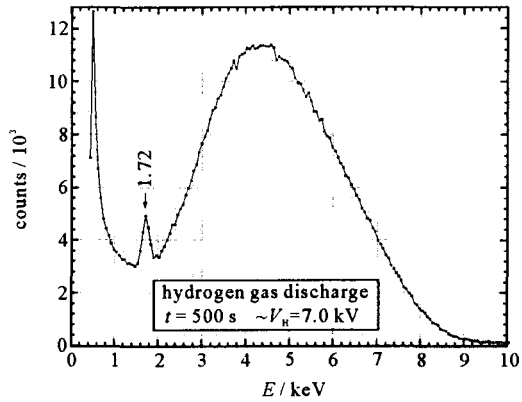


Fig. 3 Primary X-ray spectrum((HPGe) detector)  
图 3 未经散射的 X 射线原始能谱(HPGe 探测器)

## 2 实验新发现

用氢气放电电源打聚氘乙烯靶,打靶实验测出的聚氘乙烯 ( $\text{C}_2\text{D}_4$ ) 靶散射的 X 射线谱见图 4,图 5。

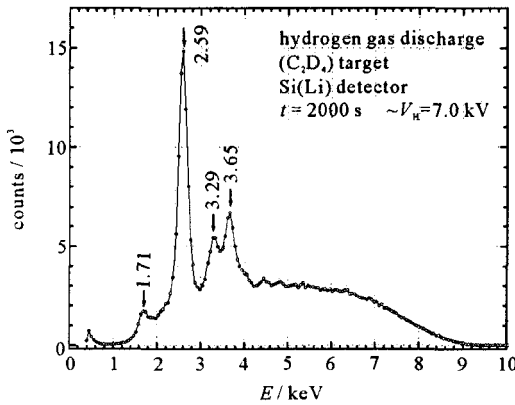


Fig. 4 X-ray spectrum(Si(Li)) of  $\text{C}_2\text{D}_4$  target  
图 4  $\text{C}_2\text{D}_4$  靶散射的 X 射线能谱(Si(Li))

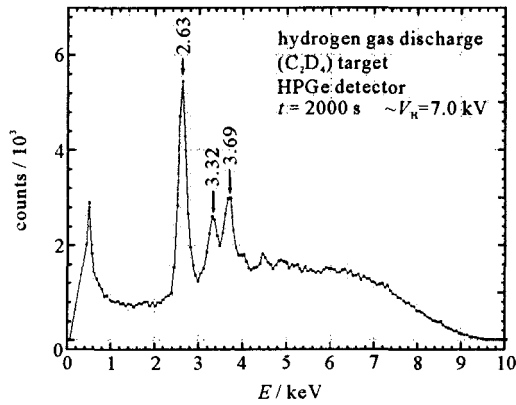


Fig. 5 X-ray spectrum(HPGe) of  $\text{C}_2\text{D}_4$  target  
图 5  $\text{C}_2\text{D}_4$  靶散射的 X 射线能谱(HPGe)

Si(Li) 探测器所测谱中的四个峰就是四条 X 射线谱线,宽度约为 250 eV,正好是 Si(Li) 探测器固有的能量分辨率,其中 1.71 keV 这个峰主要是原始谱中 Si 的 K 线在  $\text{C}_2\text{D}_4$  上散射留下来的,它可以作为标识线。HPGe 测到三条谱线,半宽度约为 210 eV,也是 HPGe 的能量分辨半宽度。因为 HPGe 谱仪中设有叠加剔除线路和自身的吸收低能光子的死层,没法显示低能信号,所以 1.71 keV 的那条线没测到。在误差范围内,两个谱仪测得的谱线的位置(能量)和相对强度上是一致的。

作为对比,采用有机玻璃靶在去掉电子偏转磁场的条件下,测得散射的 X 射线能谱见图 6。

因为未加横向磁场,电子未偏转掉,电子的韧致辐射造成很大的连续谱“本底”,但能谱上面仍有五个小峰清晰可见。第 1,3,4 及 5 四个峰(能量自低到高)峰位与  $\text{C}_2\text{D}_4$  谱中的峰依次相重(图 6 与图 2、图 4 的 X 射线能量刻度不同,前者比后者大 50 ~ 130 eV;另外,X 射线能量测量的系统(漂移)误差和统计误差之和为  $\pm 55 \text{ eV}$ )。

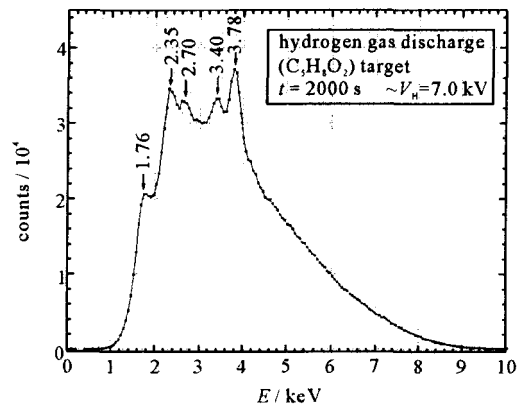


Fig. 6 X-ray spectrum(Si(Li)) of  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$  target  
图 6 有机玻璃靶散射的 X 射线能谱(Si(Li))

### 3 实验结果分析

我们实验测出的  $C_2D_4$  样品的散射谱比原始谱多了三条线。从机制上分析,放电室引出来的有射线和粒子流,而能够使  $C_2D_4$  发出次级 X 射线的只有 X 射线和电子流两者,其它重粒子流都可以忽略不计。而电子流已被磁场偏转掉,打不到  $C_2D_4$  靶上,即使没有被完全偏转掉,有部分电子仍然打到了  $C_2D_4$  靶上,它也只能产生连续的 X 光谱而不能产生 keV 以上能量的谱线,更不能产生几条谱线(下面要进一步论证)。至于放电室引出的 X 射线,它打在  $C_2D_4$  上能够产生  $C_2D_4$  和它所包含的杂质元素的特征 X 射线;如果  $C_2D_4$  是晶体(单晶或多晶)或者有序的高分子聚合物,那么在  $C_2D_4$  上散射的 X 射线还可能在少数几个方向集中,产生比较尖锐的衍射 X 射线峰。关于衍射线的可能性,已用 X 射线衍射谱仪进行了专门的测量,结果如图 7 所示。图 7 表明  $C_2D_4$  样品是非晶体,没有也不可能尖锐的低能衍射峰(作为对比,聚乙烯  $C_2H_4$  是聚合物大分子晶体,在 3.78 keV 处有一个比较宽的衍射峰)。这样,就只剩下  $C_2D_4$  和杂质元素的特征 X 射线一种可能了。

C 的特征线能量为 0.277 keV<sup>[1]</sup>,已处于仪器测量范围(0.5 keV  $E$  10 keV)之外,能量也比 1.71 keV 还低,当然可以不考虑,那么要考虑的只有杂质元素的特征 X 射线了。 $C_2D_4$  谱的三条线能量为 2.59, 3.29 和 3.65 keV,分别最靠近 Cl, K, Ca 的 K 线,如果认为它们就是 Cl, K, Ca 的 K,那么按标准 X 光定量分析方法<sup>[2]</sup>,对照图 2 和图 4,以 1.74 keV 线作标准线(对比线),可以直接求出杂质 Cl, K, Ca 的含量分别为 0.75%, 1.30%,  $0.9 \times 10^{-3}$ 。Cl 杂质的含量比较大。我们进一步用聚氯乙烯( $C_2H_3Cl$ )和氢氧化钾(KOH)做同样条件下的背散射来检验。实际测出 Cl, K 的特征 X 射线强度分别比  $C_2D_4$  的 2.59 keV, 3.29 keV 两条线的强度大 15.6 倍和 74.6 倍。按通用的 X 光定量分析方法<sup>[2]</sup>可以推出  $C_2D_4$  中杂质 Cl 和 K 的含量分别为  $1.5 \times 10^{-2}$  和  $1.6 \times 10^{-3}$ ,分别比前面相应杂质含量 0.75% (Cl) 和  $1.3 \times 10^{-3}$  (K) 大 1 倍和 20%。杂质含量这种不一致性说明  $C_2D_4$  谱中 2.59 和 3.29 keV 这两条线不是杂质 Cl 及 K 的特征线(若是,不同测量方法应在误差范围内给出同一杂质含量值)。以上讨论的是杂质元素的 K 线,那么是不是杂质的 L 线甚至 M 线呢? 由于 L 和 M 线的荧光效率比 K 线低,所以若是 L 和 M 线,则相应的杂质的含量要更高。

图 6 所示的有机玻璃背散射谱,当加横向磁场后,发生显著变化:第一个散射峰高度基本不变(这是应当的),第 2, 3, 4, 5 个峰的高度降低至图 6 相应高度的 1/50, 1/22, 1/22, 1/7.5。以第一个散射峰作标准线,同前面一样可以推出它们对应的 S(硫), Cl, K, Ca 杂质含量分别为  $6.6 \times 10^{-5}$ ,  $2.9 \times 10^{-5}$ ,  $2.2 \times 10^{-5}$ ,  $1.3 \times 10^{-4}$ 。但这样低的杂质含量与从图 6(近似)求出的杂质含量(主要是电子激发杂质线) 0.018,  $4.8 \times 10^{-3}$ , 0.010, 0.015 相差 100 倍以上,这说明有机玻璃背散射的四个高能小峰(图 6 所示)决不是杂质线,也不是衍射线(衍射线应当不受磁场影响)。聚脂( $C_{10}H_8O_4$ )膜无磁场的背散射谱中 2.29, 3.29 keV 两条线也在加磁场后消失,说明它们也不是杂质线和衍射线。另外,一块高纯铌(Nb)片(每种杂质含量都在  $1 \times 10^{-6}$  以下)的散射谱中应当完全看不到杂质线,但谱中却有 3.29, 3.65 keV 两条线,其强度与杂质总含量为  $2 \times 10^{-3}$  以上的锆(Zr)片的这两条线相近,这也说明这两条线不是杂质线(也不是衍射线)。

由以上的实验对比分析,不难得出结论:图 4 和图 6 中的三条或四条高能谱线(其中  $C_2D_4$  的四条线分别与  $C_5H_8O_2$  的第 1, 3, 4, 5 条线重合)不可能是  $C_2D_4$  和  $C_5H_8O_2$  以及它们所包含的杂质元素的特征谱线。以下对  $C_2D_4$  的讨论对  $C_5H_8O_2$  和  $C_{10}H_8O_4$  等靶同样适用。

在“常规”解释中还剩下的唯一可能的是:较高能量的电子从横向偏转磁场中漏过并打在  $C_2D_4$  上产生连续的韧致辐射,经过低能“切割”(即探测器上的 25  $\mu m$  镀膜和密封真空的 30  $\mu m$  镀膜以及它们之间的 3 mm 空气隙的吸收),会出现一个能谱峰,也只能出现一个峰,但同时在  $C_2D_4$  样品的 X 光谱中产生三个峰是完全不可能的。能不能产生最低能量的线? 为了回答这个问题,利用文献[3]中给出的电子韧致辐射表列数据,用线性内插和数值积分,可得韧致辐射谱  $F(E_x) = \int_{E_k}^{E_{max}} f(E_x, E_k) g(E_k) e^{-\mu(E_k)} dE_k$ , 其中  $E_k, E_x$  分别为电子动能和

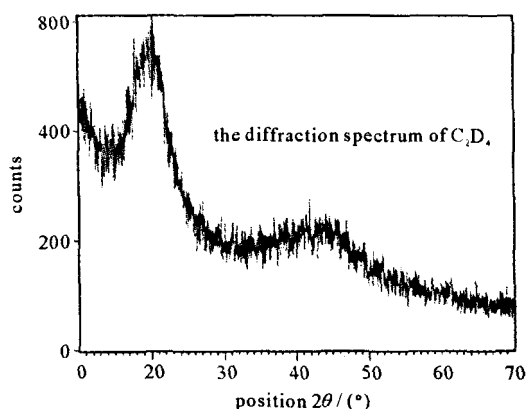


Fig. 7 Scanning spectrum of  $C_2D_4$  with X-ray diffraction apparatus (Cu target)

图 7 X 射线衍射仪(铜靶)对  $C_2D_4$  的扫描谱

X射线能量,  $g(E_k)$  是电子动能分布函数,  $f(E_x, E_k)$  是表列的单能 ( $E_k$ ) 电子的无量纲化韧致辐射谱,  $\mu_i$  是  $(30+25) \mu\text{m}$  镀膜和  $3 \text{ mm}$  空气的衰减截面,  $l_i$  是镀膜和空气隙的厚度。为了具体起见, 取  $g(E_k) = E_k^n$  ( $n$  为常数,  $1 \leq E_x \leq E_{\text{max}}$ ,  $E_{\text{max}}$  是电子最大动能,  $n = +$  表示单能 ( $E_{\text{max}}$ ) 电子,  $n = 0$  表示电子动能均匀分布,  $n = -3.6$  表示低能电子比高能电子多得多的分布)。计算结果如图 8 所示。

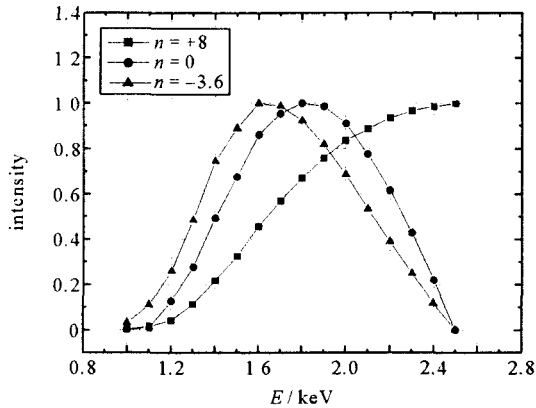


Fig. 8 Absorption spectrum of electron bremsstrahlung

图 8 电子韧致辐射吸收谱

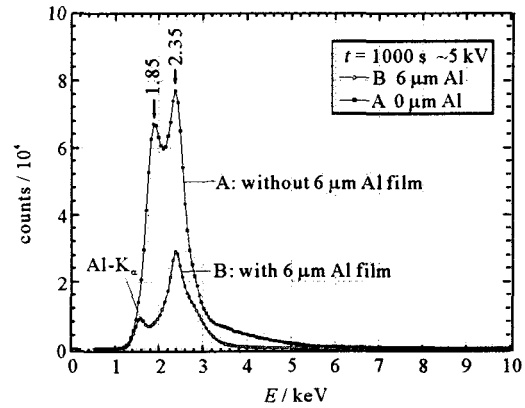


Fig. 9 Spectrum on separate unit with HV

图 9 在独立的转换单元上加高压时测得的能谱

低能的单能电子的韧致辐射谱, 本来是低能光子比高能光子多, 当  $E_k$  固定时  $F(E_x, E_k)$  单调下降<sup>[31]</sup>, 但由于镀膜和空气隙对  $E_x < 1.5 \text{ keV}$  的低能光子的强烈吸收, 使得 Si(Li) 和 HPGe 测得的 X 光谱在  $E_x < 1.0 \text{ keV}$  处没有计数, 所以出现一个由吸收造成的峰, 但这个峰不可能是谱线。如图 8 所示, 在峰位相近 ( $1.6 \sim 1.8 \text{ keV}$ ) 时, 它的半宽度为  $820 \sim 860 \text{ eV}$ , 比  $\text{C}_2\text{D}_4$  谱的线宽 ( $250 \text{ eV}$ ) 大两倍以上。另外, 利用文献中<sup>[3]</sup>的表列数据, 从电子韧致辐射谱的上述普遍积分表示式可以严格证明低能电子韧致辐射不能形成多峰的能谱结构 ( $F(E)$  的二级微商恒负)。

以上的分析表明本实验所测得的  $\text{C}_2\text{D}_4$  和  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$  等靶的 X 射线谱无法用已有理论进行解释, 这些特定的 X 射线谱不是简单地由氢 (氘) 气放电过程中产生的已知的 X 射线、电子、原子、离子等打在靶上, 按人们已熟知的相互作用方式和过程所能够激发出来的。

应当进一步弄清楚  $1.74 \text{ keV}$  峰线除了是 Si 的特征谱外, 是否与  $\text{C}_2\text{D}_4$  和  $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$  等靶的散射谱的其它几条新谱线一样, 也可由 (同一) 未知原因和作用过程而被激发出来的一条新谱线。为此, 在另一类实验中, 我们排除 Si 的干扰用  $3.5 \sim 5.0 \text{ kV}$  的交流电压加在密封的有机玻璃 (不含 Si) 圆柱管一端的 Cu 板电极上, 另一端用  $30 \mu\text{m}$  镀膜密封, 内充  $10 \sim 40 \text{ Pa}$  的  $\text{H}_2$ , Cu 板电极悬空, 即不与镀膜通过外电路连接, 因而不会在 Cu-Be 之间形成放电状态。这时由宇宙射线和地壳中放射性造成的剩余电离, 气体中存在电子和离子, 从而在电极上电场作用下形成电流, 电流密度大小为  $10^{-12} \text{ A/cm}^2$ <sup>[4,5]</sup>。这样小的电流, 即使全部由  $3.5 \sim 5.0 \text{ keV}$  的电子荷载, 它打在镀膜上产生的韧致辐射 X 射线信号也仅为  $3 \text{ s}^{-1}$ , 可实际测到了  $10^3 \text{ s}^{-1}$  的高强度计数, 这说明实际测得的整个谱也是异常的。为了弄清这么高强度信号的性质, 我们在 Si(Li) 探测器前加  $6 \mu\text{m}$  铝膜与不加铝膜进行实验, 结果如图 9 所示。

实验测得的两个谱 A, B。B 谱中有 Al 的 K 线, 已知其能量为  $1.485 \text{ keV}$ <sup>[11]</sup>, 这可作为标识线, 较准确地定出另一条线的能量为  $2.29 \text{ keV}$ , 它是 A 谱中的第二个峰的吸收峰 (即 A 谱中的  $2.35 \text{ keV}$  峰)。所以, A 谱第二个峰的能量应是  $2.29 \text{ keV}$ 。由此定出与它相距  $0.50 \text{ keV}$  的第一个峰线的能量为  $1.79 \text{ keV}$  (图中 A 谱中的  $1.85 \text{ keV}$  峰)。这条线的强度 (计数) 被  $6 \mu\text{m}$  的铝膜衰减至  $1/248$ , 所以在 B 谱中没有相应出现。此装置中没有 Si, 因此不会是 Si 的 K 线 ( $1.74 \text{ keV}$ ) 而是一条新谱线, 而且电子韧致辐射也不能造成 A 谱的这两个峰, 同时我们也可以证明管壁上可能的掠入射衍射线太弱, 是可以忽略的。这两个峰与有机玻璃背散射谱的五个小峰 (见图 5) 中前两个峰位一致。另外, 由 A, B 两条谱按标准方法可以推出 Al 的 X 射线质量衰减系数, 与 Al 的标准  $\mu$ <sup>[11]</sup> 差别很大, 这说明产生 A 谱的主要不是 X 射线, 而是未知的粒子流。这种粒子流有比普通的电子、离子、原子大几百倍的穿透能力或长几百倍的射程 (当能量相同时)。

#### 4 实验结果的理论解释

我们提出了一个初步的理论模型——小氢原子模型<sup>[6]</sup>, 该模型能够解释  $\text{C}_2\text{D}_4$  的这种异常谱。设想氢气

放电过程中产生了氢原子的一种新的形态,即小氢原子,它的电子轨道半径比普通氢原子的玻尔半径小得多。它的能级可由狄拉克(Dirac)关于电子存在以真空中光速  $c$  运动的“颤动”(Zitterbewegung)<sup>[7,8]</sup>以及玻尔角动量量子化条件得出

$$r \times mv = r \times mc = (\hbar/2) n \quad (1)$$

式中: $r$ 、 $v$ 和 $m$ 分别为电子的轨道半径、速度和质量; $\hbar$ 为普朗克常数; $n$ 为整数(这里角动量取 $\hbar/2$ 的整数倍)。于是得到电子的轨道半径和能量

$$r = (\hbar/2mc) n \quad (2)$$

$$E = -e^2/2r = -mc^2(e^2/\hbar)(1/n) \quad (3)$$

即小氢原子在激发态  $n$  的平均电子轨道半径和能量分别为

$$a_n = \frac{\hbar}{me^2} \left(\frac{1}{2} \frac{e^2}{\hbar}\right) n = a_B \left(\frac{1}{2} \frac{e^2}{\hbar}\right) n \quad (4)$$

$$E_n = - \left[ \frac{me^4}{2\hbar} \right] \left(\frac{1}{2} \frac{e^2}{\hbar}\right)^{-1} \frac{1}{n} \quad (5)$$

其中  $a_B = \hbar/me^2$  是玻尔半径( $0.529 \times 10^{-8}$  cm),  $e^2/\hbar = 1/137.036$  是精细结构常数,  $me^4/2\hbar$  是氢原子结合能(13.6 eV)。当基态  $n=1$  时,小氢原子半径约为玻尔半径的  $1/274$ ,结合能约为氢原子的 274 倍。当具有数 keV 动能的这种小氢原子打到  $C_2D_4$ ,  $C_5H_8O_2$  等靶上,在 C 核等较重的核近旁经过时,被原子序数为  $Z$  的核极化和激发,这时它的能量还要加一个小的修正项,即范德瓦尔斯(Van der Waals)能  $E_n = -(9/4)(Z^2/R^4)e^2 a_n^3$ ,  $R$  为小氢原子(核)和  $Z$  核之间的距离,  $R \gg a_n$ <sup>[9]</sup>。这时产生的 K 系特征 X 射线能量  $E_{n-1} = [1 - (1/n)] [(e^2/\hbar) mc^2] + E_{n-1}$ , 其中范德瓦尔斯能量差  $E_{n-1}$  为小项。分析表明: $C_2D_4$  和  $C_5H_8O_2$  谱的后三条线分别对应  $4 \rightarrow 1, 9 \rightarrow 1, 56(或 57) \rightarrow 1$  的跃迁。 $2 \rightarrow 1$  的跃迁能量与 Si 的 K 线相近,因此在背散射谱中被 1.74 keV 处的线淹没或干扰,无法证认。 $3 \rightarrow 1$  的线在有机玻璃背散射谱中对应能量为 2.35 keV 的小峰。图 9 谱 A 的两条谱线,校正后峰位为 1.79 keV 和 2.29 keV,与图 6 前两条线一致,很可能分别对应小氢原子能级  $2 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 1$  的跃迁。所以,总体来说,实验观测到了  $2 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 1, 4 \rightarrow 1, 9 \rightarrow 1, 56(或 57) \rightarrow 1$  的一组新的(K) X 射线谱系,其能量与上述小氢原子能级公式基本符合。

从实验现象看,产生这种新的 X 射线系有两种方式,一种是有数 keV 动能的处于基态的小氢原子在  $Z$  核库仑场中碰撞激发到  $n > 1$  的态,然后由激发态跃迁回基态并放出相应的 X 射线(如  $2 \rightarrow 1, 3 \rightarrow 1$ )。另一种是  $C_2D_4$ ,  $C_5H_8O_2$  等的背散射,看来是放电过程中形成了处于高激发态( $n=56, 57$ )的小氢原子,它们也具有数 keV 的动能,撞到靶上和 C、O 核相互作用,也是通过碰撞跃迁的机制(不是自发跃迁)跃迁到中间态  $n=9, n=4$ ,再跃迁到基态,或者直接跃迁到基态,放出  $9 \rightarrow 1$ ,或  $4 \rightarrow 1$  或  $56(或 57) \rightarrow 1$  相应的 X 射线。这两种激发小氢原子 X 射线的方式其共同特点是小氢原子都要有数 keV 的动能,实验中没有测到不需动能的自发跃迁产生的 X 射线(看来自发跃迁几率小,碰撞激发和跃迁占优势)。

## 5 结束语

用小氢原子模型所做的上述解释是试探性的,要在今后的实验中进一步检验和校正。但是,在几十种元素物质靶的背散射谱中都存在按已有 X 射线物理知识不能证认的同一个“异常”谱线系中的谱线,这个实验事实清楚地表明,确实产生了某种前所未有的新原子态。

## 参考文献:

- [1] Birks L S. X-ray spectroscopy[A]. Handbook of Spectroscopy (Vol D)[M]. Robinson J W. 1970. 1—254.
- [2] 佰廷 E P. X 射线光谱分析的原理和应用[M]. 北京:国防工业出版社,1983年。(Bertin E P. Principles and practice of X-ray spectrometric analysis. Beijing: National Defence Industry Press, 1983)
- [3] Pratt R H, Tseng H K, Lee C M, et al. Bremsstrahlung energy spectra from electrons of kinetic energy, 1 keV  $\leq E \leq 2000$  keV incident on neutral atoms  $2 \leq Z \leq 92$ [J]. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 1981, 26: 477—481.
- [4] 杨津基. 气体放电[M]. 北京:科学出版社,1983。(Yang J J. Discharge of gas. Beijing: Science Press, 1983)
- [5] 徐学基, 诸定昌. 气体放电物理[M]. 上海:复旦大学出版社,1996。(Xu X J, Xu D C. Discharge physics of gas. Shanghai: Fudan University Press, 1996)
- [6] Zhang X W, Wu J, Zhang W S, et al. New experimental results and analysis of anomalous phenomenon in gas discharge[A]. Progress in New Hydrogen Energy[C]. Japan, 1996.

- [7] Dirac P A M. Nobel lectures physics(Vol ) [M]. Elsevier , 1965.
- [8] Dirac P A M. The principles of quntum mechanics[M] Oxford,1958. chap 69.
- [9] Gershten S S. Muon transfer processes ,old and new problems[A]. Muonic Atoms and Molecules[C]. Basel , Boston , Berlin , Birkhäuser , 1993. 169—186.

## Experimental discovery of X-ray new spectral series and interpretation

WANG Da-lun<sup>1</sup> , ZHANG Xin-wei<sup>2</sup>

(1. Institute of Nuclear Physics and Chemistry, CAEP, P. O. Box 919-213, Mianyang 621900, China;

2. Institute of Applied Physics and Computational Mathematics, P. O. Box 8009, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Hydrogen (deuterium) gas discharge source was used to bombard target of non-crystalloid deuterate polyethylene polymethylmethacrylate, etc. The scattering spectrum was measured. There are several sharp X-ray spectral lines on the scattering spectrum, but the primary spectrum of the discharge does not include these lines of the scattering spectrum. It is confirmed that they are neither the characteristic X-ray of C, O or other possible impurity element, nor diffractive spectral lines, nor the "absorption cut off" of electron bremsstrahlung spectrum. It is most likely that they are a kind of X-ray spectral series of new kind of atom state. A new theory model called small hydrogen atom was put forward to explain the spectrum. It assumes that the discharge of hydrogen gas will produce small hydrogen atoms. The radius of the electron orbit of the atom is about  $a_B/274$  ( $a_B$  is Bohr radius). The transition between energy levels of small hydrogen atom matches up the X-ray spectrum.

**Key words:** Hydrogen gas discharge; Characteristic line; New atom state

& & & & & & & & & & & & &

## 征 订 启 事

《强激光与粒子束》主要报道我国高能激光与粒子束技术领域的基础理论、实验与应用研究的成果和最新进展。内容涉及高功率激光(含高功率微波)与粒子束的产生、传输及其与物质的相互作用。主要学科包括:强激光与粒子束物理,激光器与加速器技术,高功率微波技术,脉冲功率技术,等离子体物理及惯性约束聚变等。主要栏目:高功率激光与光学、ICF与激光等离子体、高功率微波、粒子束及加速器技术、重点实验室及科研院所介绍。1989年2月创刊,2003年改为月刊。

目前,《强激光与粒子束》是中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据源刊、中国学术期刊(光盘版)源刊、万方数据库源刊、中文科技期刊数据源刊、《电子科技文摘》源刊,同时还是《EI》、《SA》、《CA》、《INIS》、《日本科技文献速报》、《中国学术期刊文摘》、《物理文摘》等的收录源刊。2002年入选首届中国期刊方阵双效期刊。2004年再次被选为《中文核心期刊要目总览》的物理类、原子能技术类核心期刊。

国际标准刊号:ISSN1001-4322,国内统一刊号:CN51-1311/O4,邮发代号:62-76,国内发行:绵阳市邮政局,全国各地邮局订购,国外代号:M4189,国外发行:中国国际图书贸易总公司。

欢迎直接向编辑部订购。定价:15.00元/册,全年定价:180元/年。

通信地址:四川绵阳919信箱805分箱(621900)

联系人:汪道友

电话:0816-2485753 传真:0816-2485754

电子信箱:hplpb@caep.ac.cn

本刊网址: <http://www.hplpb.com.cn>