



彭先觉

1952年11月1日,美国在埃尼威托克岛上成功地进行了世界上首次氢弹原理试验,揭开了武器发展史上崭新的一页。此次试验威力达到了1000万吨梯恩梯当量,约为广岛原子弹爆炸力的800倍,世界为之震惊。时隔不久,1953年8月,苏联也宣布进行了氢弹试验。1961年苏联还爆炸了一个5800万吨梯恩梯当量的热核装置。据称此装置稍作改变,当量便可达到1亿吨。氢弹如此巨大的爆炸能量究竟是如何释放出来的呢?或者说氢弹是如何爆炸的呢?

从原子核物理学可知,一个重核分裂成两个或两个以上中等质量的核可以释放出大量的能量,两个轻核聚合成质量稍重一点的核也可以释放出大量的能

量。前者是制造原子弹所依据的物理规律,后者是制造氢弹所依据的物理规律。原子弹是利用铀235核或钚239核在中子轰击下发生裂变并放出两个以上中子的事实,创造条件实现自持链式反应而获得爆炸能量的。氢弹则是利用氘、氚等轻核的自持聚变反应而获得巨大爆炸能量的。

原子核聚合的反应,通常称之为聚变反应。我们知道,原子核都是带电的,要使聚变反应能够发生,首先必须使原子核能够克服静电斥力而彼此靠近。因此赋予参加反应的原子核以足够的动能,是实现聚变反应的先决条件。使原子核获得所需能量的方法之一是用加速器来加速。但由于高能原子核打在靶上,主要发

6,材料应当不难制造,价格便宜。比较不同存储材料的价格时,应当主要考虑的是存储单位信息量的材料的价格,按照这样的算法,国外用计算机软磁盘存储信息的价格,已低于存储同样信息量的书籍和杂志的价格了。考虑到光化学光谱烧孔材料记录信息的极高密度,在将来市场及价格方面的竞争中,会占据非常有利的地位。

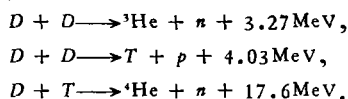
现在虽然尚未找到同时满足上述诸条件要求的频率域光存储材料,但人们已开始讨论、设计和试验用这类材料制作存储器的工艺、技术和工程方面的问题了。用于烧光谱孔和读出的光源是半导体激光器,它的输出光频率可以由供电电流迅速调节。每一个激光器可对一个方阵的信息记录点写入或读出,可由声光偏转器或由压电陶瓷控制的、可转动的镜子使光束从一个记录点迅速偏转到另一个记录点。材料放在低温恒温器中保持低温,透过材料各信息点的光,由光学纤维引出至光二极管,其光强信号由信号处理单元处理,伺服控制系统控制声光偏转器和可转动的镜子,使光束依次照射方阵中的各信息点,并在每个信息点上依次改变光束的频率,写入或读出频率域的信息。设想方阵是由 1000×1000 个信息记录点构成,如果存储材料的非均匀线宽范围内可以容纳 10^3-10^4 个均匀线宽的光谱孔,那么该存储器可以存储的信息量就是 10^6-10^{10}

比特,存储密度约为 10^9-10^{10} 比特/平方厘米,这当然远远超出现有存储材料的存储能力。

还应当指出的是,这种频域光存储器的研究不仅涉及光与物质相互作用的许多光物理和光化学问题,如原子、离子或分子里的能量转移以及原子、分子或离子间的电子交换过程,还要用到高分辨率光谱技术。固体中一些发光中心的非均匀加宽谱线一般在几十到数百千兆赫的范围,而低温下均匀线宽一般在十兆赫的量级。如果用来烧光谱孔的光束线宽很宽(如远大于10兆赫芝),那末光谱孔的宽度主要由光束的线宽决定。如果此光束的线宽很窄(远小于10兆赫芝),光谱孔的宽度才主要由发光中心的均匀线宽决定,这才能非均匀线宽的范围里,烧出许许多多光谱孔。得到这种窄线宽、频率又可以变化的光并不容易。对于600毫微米的红光来说,1埃的光谱宽度是84千兆赫芝,而10兆赫的光谱宽度仅为0.000119埃。一般的光谱仪器都达不到这么高的分辨率,普通光源和常规光谱仪器组合也无法产生这么窄的光谱线。随着激光技术的进步而发展起来的连续波泵浦的可调谐染料激光器可以产生线宽小于1兆赫的辐射,可以用来进行烧孔动力学研究和频域光存储实验,这种高光谱分辨率的光谱手段和技术,正是探索光化学光谱烧孔材料及研究频域光存储的有力工具。

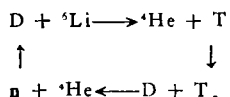
生的过程是库仑碰撞引起的慢化，在碰撞慢化过程中只有很小的几率发生聚变反应。因此从能量的观点看是得不偿失的，而且用此法也很难作成武器。另一种赋予大量原子核以能量的方法是把物质加热至很高的温度，例如几千万 K。在这么高的温度下，可以明显激发某些轻核的聚变反应。人们把这种在高温下发生的聚变反应叫热核反应。太阳能的产生就是热核反应放能的典型例子。19 世纪 30 年代，科学家们在研究太阳能的来源时就认识到，太阳内部存在着大量的氢，太阳中心温度高达 1500 万 K，因此太阳内不断地进行着把 4 个氢聚合成氦，同时放出大量能量的过程。因而在 1942 年当美国在原子弹的研究上已见眉目，对原子弹的爆炸过程有了了介时，原子科学家就推断，利用裂变爆炸所释放的能量有可能点燃大规模的轻核聚变反应，并想以此来制造一种威力比原子弹大得多的超级弹。氢弹就是沿着这一思路研制成功的超级弹。

值得指出的是，要使聚变反应易于发生，挑选合适的聚变材料是至关重要的。氘和氚是氢的同位素，原子序数最小，因而相互间的静电斥力也最小，最容易发生聚变反应。在氘或氘氚混合物中，主要发生的聚变反应是氘氘反应和氘氚反应。它们的反应方程式是：



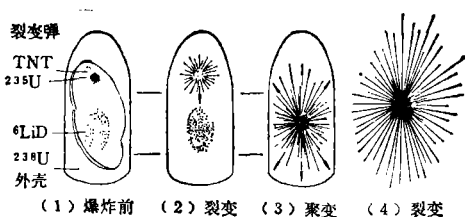
式中，D、T 分别代表氘核和氚核，n、p 分别代表中子和质子， ${}^3\text{He}$ 、 ${}^4\text{He}$ 分别代表氦 3 核和氦 4 核。当热核反应区的温度为几百万~几亿开时，氘氚反应的速率要比氘氘反应快近 100 倍。因此大多数氢弹都是立足于以氘氚反应为主来设计的。作为氢弹的热核装料，可以是氘，也可以是氘氚混合物。但这两种材料在常温下是气态，使用起来很不方便。美国首次氢弹试验以液态氘作装料，结果不得不带上一个十分庞大的冷却系统。据称此次的试验装置连同液氘冷却系统重达 65 吨，根本不能作为武器使用。当然也可以考虑用高密度的气体装料，但这又需机械强度极好的高压容器。即

使如此，要做成一个数百万吨级梯恩梯当量的大型氢弹，其体积和重量也是难以接受的。比较理想的热核装料是氘化锂 6。这是一种固态物质，且自然界中氘和锂 6 的储量都很丰富。苏联是最早用这种材料来制造氢弹的国家。由于氘化锂 6 的使用，大大缩小了氢弹的体积和重量，从而使氢弹进入了实用阶段。当氘化锂 6 进行热核燃烧时，其间主要进行的核反应是氘—中子循环反应，即



这两个反应都是放能的。氘、中子循环一代，消耗一个氘核和一个锂 6 核，放出约 22.4 兆电子伏的能量。在氢弹中，烧掉 1 公斤氘化锂 6，放出的能量达 4~5 万吨梯恩梯当量。由于氘化锂 6 中造氦和烧氘的过程结合得非常好，它比纯氘更易燃烧，大多数氢弹都以它作装料。热核材料不像裂变材料那样有临界质量问题，所以原则上氢弹的威力没有限制。

实现热核反应最重要的条件是高温，但要使热核材料燃烧充分，还必须使高温维持足够长的时间。为此，就需创造一种自持燃烧(或称自持聚变)的条件，即在这种条件下，热核区反应释放的能量将大于或等于该区通过各种过程所损失的能量。这样，热核燃烧一经点燃就能自动地进行下去，直至热核材料达到较深的燃耗。这种条件与热核装料的性质、装置、密度、几何形状以及燃烧温度和整个系统的结构有关。当真材料和结构确定时，自持条件主要取决于热核材料在燃烧时的温度和密度。有一种所谓加强型原子弹，即在原子弹裂变材料的周围放置一定量的氘化锂 6，希望利用裂变材料放能让氘化锂 6 烧起来，然后利用聚变反应释放的高能中子来加深裂变材料的燃耗，从而获得比原子弹威力更大的爆炸能量。在这种弹中，虽然氘化锂 6 中的温度可升至 5 千万 K 以上，但由于氘化锂 6 的密度较低，难以实现自持燃烧，故这种弹的威力不可能太大。在真正的氢弹中，起爆用的原子弹与热核装料是分开放置的。前者称之为引爆弹或扳机，后者称之为氢弹主体。引爆弹的作用是为热核装料创造自持燃烧所需的高温高密度条件。美国“氢弹之父”E. 泰勒 (Edward Teller) 在 1975 年版美国大百科全书中曾对氢弹的爆炸过程作过如下图示，这对我们了解氢弹原理有重要的意义。



氢弹爆炸过程示意图

- 说明：①用一枚裂变弹来点燃热核爆炸。
 ②梯恩梯炸药压缩轴 ${}^{235}\text{U}$ 使之发生裂变，释放中子，温度上升至数百万 K。
 ③中子与锂核反应，形成氘和氚；氘与氘化锂中的氘发生聚变，释放出更多的中子。
 ④一些中子打在铀 238 外壳上，引起裂变。

氢弹从第一次爆炸成功至今，已经历了 30 多年的发展。从性能上看，它可分为普通氢弹(三相弹)和特殊性能氢弹两类。世界各国的战略核武器中，绝大多数都是三相弹。这种弹以天然铀或浓缩铀作热核装料的外壳，热核反应产生的大量中子(特别是高能中子)打在壳体上能引起裂变。因此三相弹的主要特点是威

(下转第 29 页)

本文作者则详细论证了自由载流子(电子或空穴)与负 U 中心(电子-电子或空穴-空穴)相互作用机制。考虑到新材料的特点是处于金属与绝缘体分界线边缘的金属态,我提出了在新材料中存在两大子系统。一是“自由”载流子系统,尽管其密度可能很低;另一子系统为负 U 中心系统,这是假设系统中存在局域化的电子对,对内两电子间存在相互吸引作用(即关联能为一 $U, U > 0$)。新超导材料的新物理起源于“自由”载流子与组成负 U 中心的近局域载流子之间的混杂(mixing)作用。在这一模型下的理论计算表明,这种混杂作用大大提高了超导转变温度。这是因为,借助于自由载流子与负 U 中心内局域载流子之间的混杂作用,使自由载流子之间的等效吸引大为增进,从而极大地有利于超导电性之增进。按这一机制已能就高温氧化物超导材料的 T_c 为什么高、超导转变宽度较大、在 T_c 处的比热跳跃实验值、相干长度实验值、热力学临界场及超导穿透深度等作出合理解释。特别是我们的理论预言,在高 T_c 氧化物超导体的超导能隙能量范围之内存在有小的态密度。最近, S. L. Cooper 等人对单晶 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ 的喇曼散射实验确实表明在能隙内存在少量电子态。

然而,目前有关超导机制问题还远未解决,人们对于理论和实验的工作正向深入细致方向发展。

三、超导应用前景

马梯阿斯曾说:“如果在常温下,例如 300K 左右能实现超导现象,则将使现代文明的一切技术发生变

(上接第20页)

化和比威力(威力与弹的重量之比)都很大。例如美国 80 年代初期研制的 MX 导弹的子弹头,每个重量不足 200 公斤,而威力却接近 50 万吨梯恩梯当量。目前已研制出的特殊性能氢弹有中子弹和冲击波弹。中子弹的正式名称叫增强辐射武器,是一种以中子杀伤效应为主的小型氢弹。它的当量一般在 1~2 千吨,设计上以氘氟气体作热核装料,并让产生的高能中子有较大

(上接第32页)

的几率(例如 60% 以上)穿出弹体。冲击波弹则是一种以冲击波毁伤效应为主的万吨级氢弹。它的主要特点是放射性沉降少,与同当量的纯裂变弹相比,放射性沉降要减少 10 倍以上。因此它的另一名称叫减少剩余放射性武器。从总的趋势上看,氢弹技术还在进一步发展,当前的主要动向是探索以核 X 光激光和核电磁脉冲弹为标志的第三代核武器。

除了参加探测器的建造外,这三个组还在国内积极创造条件,准备开展 LEP 实验的数据分析。现在高能所和科技大学的计算中心都已移植了 CERN 全

部程序库,发展了 L3 和 ALEPH 的分析程序,建立了适应于高能实验数据分析的工作环境。同时,高能所还通过卫星利用 X25 通讯接口实现了与 CERN 的计算机连网(LinK),这为相距遥远的高能所与 CERN 之间的通讯、文件传递,以及数据传输提供了极大的便利。这几个组的实验工作者还同国内理论界展开经常的 LEP 物理讨论会,为在国内不失时机地做出有意义的物理结果积极工作。

化”。这是对超导技术应用前景的确切评论。概括起来,超导技术将用于下列的广泛领域:
电能输送 电动机发电机制造
发电厂结构之改变(包括磁流体发电兴起)
超导线圈储能技术
超导磁悬浮列车 超导电子计算机
超导电子学器件 超导磁体
高灵敏度电磁仪器 地球物理探矿技术
地球研究技术 医学临床应用
针灸机理研究 特异功能研究
生物磁学学科大发展
强磁场下物性及生物变异之兴起
军事应用

等等。应用涉及能源、交通、自动化、通讯、地质、医学、军事、基本科学等广大的领域。

当前,在尚未发现室温超导材料的情况下,除应大力继续寻求其它高温超导材料外,还应使液氮温区出现超导电性的材料实用化。从现实情况看, Bi-Sr-Ca-Cu-O 材料性能较稳定而不很脆,易于制作,是宜于进行实用研究的一种材料。就不同的实用方向而言,超导电子器件的应用预计将比在电力工程上之应用发展更快,从开发的角度来看,这一点值得注意。

超导应用的开发投资较大,不一定能见到速效。但是,由于它对国计民生及军事有重大意义,可以说,谁能在这场国际竞争中领先,谁就进入了先进国家之列。

在廿一世纪,人类终将发现,超导技术革命使他们的生活比上一世纪有着深刻的变化。

目前,中国高能物理学界与国外的同行一样,正以兴奋的心情注视着 LEP 实验的每一个进展与成就。