

# STM在微细加工中的应用

◇ 王大文 ◇ 白春礼

(续前) 已提出的各种可能机理有束流引起的化学反应, 高电流密度使表面局部区域内原子加热导致的局部原子的蒸发、熔化、再结晶等, 有些结构可能是由于污染物或针尖材料在表面上的沉淀而产生的。当样品表面有覆层或处于特定的气体或液体氛围下时, 用 STM 仍可在其上产生各种细微结构, 其主要方法可分为两类, 其一是电子束光刻, 其二是电子束辅助沉积和刻蚀, 以下分别进行讨论。

### 三、电子束光刻

电子束光刻及电子束辅助沉积和刻蚀是聚焦电子束所通常应用的领域。STM 同样可应用在这些领域中, 尽管这些应用还很不成熟, 而且 STM 明显的在某些方面无竞争能力, 但由于 STM 所具有的独到的优点, 使得用它所进行的工作能获得许多新信息, 得到许多新结果。

用聚焦电子束进行光刻时, 可在涂覆抗蚀膜的样品表面上直接刻写曝光, 以形成各种图形。通常所用的抗蚀膜有聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA), 含有尿烷

能量与负电子束能量相等时, 两束能量之和即为质心能量)  $E_{CM}$  大于或等于两倍  $\tau$  轻子质量  $M_\tau$  时, 就有正负  $\tau$  轻子对产生。与两倍  $M_\tau$  相当的质心能量被称为  $\tau$  轻子的产生阈能量。在  $M_\tau$  被假定为未知数的情况下, 可以依照此原理, 通过变化北京正负电子对撞机的  $E_{CM}$ , 来发现  $\tau$  轻子对开始出现 (或停止出现) 时  $E_{CM}$  的数值, 从而推出  $M_\tau$ 。

2)  $\tau$  轻子寿命太短 (平均寿命只有  $3 \times 10^{-13}$  秒), 因此在北京谱仪上只能探测到由  $\tau$  轻子衰变产生的长寿命粒子, 如光子、电子、 $\mu$ 、 $\pi$ 、 $k$ 、质子等, 同时伴随产生的中微子也是探测不到的。从众多衰变道中, 选择最容易与本底区别开的分支道作为“看见”正负  $\tau$  轻子对产生的“标记”。BES 实验组准备选用的“标记”可能是由同时收集到的由一个电子、一个  $\mu$  子 (及探测不到的中微子) 组成的事例。

3) 我们同与我们合作的美国同行 (SLAC 的 W. Toki, CMIT 的 F. Porter 等人) 有一个共识: 真实的  $M_\tau$  数值不会比《粒子性质表》中给出的数值大太多或小太多。这样, 初步确定在  $E_{CM} = 3568$  MeV (等于两倍的 1784 MeV) 上下几十 MeV 范围内作  $M_\tau$  实验。

4) 选用的  $E_{CM}$  点为十个左右, 记录下在每个能量

的聚丁二烯 (P4BCMU) 等, 它们一般只对低能电子 ( $< 20$  eV) 敏感。故对通常所用的透镜聚焦的电子束来说, 由于入射电子能量很高 ( $> 5$  kV), 这些抗蚀膜只能通过与一次入射束产生的二次电子的相互作用来曝光,

加之存在背散射电子, 结果导致抗蚀膜上实际曝光面积总是比一次束束径大许多。而对于 STM, 即使工作在场发射模式, 也能够提供能量很低的可直接与抗蚀膜发生作用的聚焦电子束, 由于针尖与样品的间距很近, 这个低能电子束在样品表面上的有效束径很小, 与该间距同一数量级; 另外 STM 装置可在水平方向上由计算机控制做精确的扫描, 故它非常适用于电子束光刻技术, 用来在抗蚀膜上进行直接刻写, 抗蚀膜的曝光只需通过与一次束的相互作用就可产生, 克服了由于与二次电子和背散射电子相互作用所引起的分辨率降低的缺点, 可获得更精细的结构, 最终提高集成电路的集成度。另外用 STM 进行光刻时, 在恒流模式及特定时间间隔内, 通过控制偏压 (电子能量) 就可精确控制曝光电子的能量, 研究在不同曝光电子能量下抗蚀膜的变化情况就可对抗蚀膜的曝光机理进行深入研究。还有, 诸如 PMMA、P4BCMU 等抗蚀膜在曝光时总是有化学反应发生, 故用 STM 进行光刻时, 它一般要工作在场发射模式, 以使电子具有足够高的能量而点“标记”事例出现的个数 (当不出现时记录为零)。

5) 把记录下的“标记”事例个数与相应的能量值放进一个与正负  $\tau$  轻子对产生截面公式有依赖关系的似然函数中, 通过拟合、优化, 从而确定  $M_\tau$  的数值和相应的精度。

$M_\tau$  实验的要点就是这些。这个以中国人为主, 有六个美国研究机构参加, 在北京的土地上合作开展的实验从 1991 年 10 月已经开始。

读者一定会问: 在北京进行的  $M_\tau$  测量实验一定能给出 SMT 正确与否的答案吗?

如果  $G_\tau = G_\mu$ , 并假定 (1) 式中其它四个物理量的实验值不容怀疑, 则  $M_\tau$  应当不大于 1770 MeV。从原理上讲, 测出  $M_\tau$  等于 1770 MeV 左近的数值即证实了 SMT 的正确性, 若测出的  $M_\tau$  数值与 1770 MeV 偏离较远时, 就可推算出 SMT 被破坏的程度。北京谱仪的  $M_\tau$  测量无疑会推出一份相当重要的贡献。但我们也应当知道, 单独的一个实验也许不足以彻底解开这个谜团, 但这次  $\tau$  轻子质量测量是中国高能实验物理学家向解开具有重大意义的基础物理问题之谜的一次有力冲击。

引起化学反应发生。这时若忽略几何效应，针尖与样品的间距与偏压成正比，故增加偏压，同时将增加所刻结构的线条宽度。

用 STM 进行光刻时，首先要求将足够薄（厚度一般为几十毫微米量级）的抗蚀膜均匀涂覆在导电衬底（如 Si、GaAs、Au、石墨等）表面上，这是因为抗蚀膜必须能使低能电子完全穿透进行曝光，以防止膜表面有电荷聚集；另外，如果膜厚超过针尖与导电衬底之间的间距，针尖就会插入其中损坏抗蚀膜。实验发现，膜最厚可为  $V_{nm}$ ， $V$  为针尖与样品间的电压（以伏为单位），所刻结构的最高分辨率与膜厚相等。常用的抗蚀膜有通常电子束曝光用的 PMMA、P4BCMU 等聚合物，也有  $GaF_3$ 、 $AlF_3$  等金属卤化物及无机硫化物等其它材料。膜的涂覆方法亦有多种，如旋转镀膜、蒸发及利用一些 L-B 膜的制膜方法等。

P4BCMU 是一种负型抗蚀膜，经电子束曝光后将有关键形成，这些键不溶于氯仿中。将它涂覆于 Si (111) 等导电样品表面后，就可用 STM 进行光刻研究<sup>[6]</sup>。光刻一般在超高真空 ( $10^{-7}$  托) 条件下进行。实验发现，只要抗蚀膜足够薄，STM 就能对其表面形貌进行成像。对恒定电流 (50 pA)，要求恒定的成像电压才能获得可重复图像，膜越厚，这个电压越高，对膜的光刻通过对针尖加一更高的负偏压来实现。光刻时，STM 的反馈回路最好正常工作以保证恒流，这样就可通过调节偏压来调节曝光电子能量。在大多数情况下，P4BCMU 经低能电子束曝光后出现凸起结构，而且只有当针尖偏压比负 8 伏更小时，才有结构出现，这些结构是稳定的，可用 STM 进行实时成像。上述实验说明曝光电子能量存在阈值，只有当电子能量高于一定值时，才会使抗蚀膜出现交联键。在膜厚为 75 nm 时，抗蚀膜经电子束作用出现结构的最小尺寸为 20 nm，该尺寸与偏压值大小成正比，这是由于在场发射区，恒流工作时 STM 针尖与样品的间距与针尖所置偏压成正比，而光刻时的最小分辨率等于这个间距。20 nm 这个最小结构尺寸小于用束径 10 nm，能量 50 keV 的聚焦电子束进行曝光时所获结构尺寸的三分之一。

在进行光刻时，总存在如何移动电子束通过表面非曝光区的问题，这时要对曝光信号进行消隐。在一般电子束光刻技术中，通过加偏转电压的办法就可在电子束通过电子光学系统时将其偏掉而不对样品曝光。在 STM 光刻技术中，信号消隐有两种方法，一是移开针尖，使隧道电流减小为零；另一种方法是减小偏压值，当它低于曝光所需阈值时，STM 可对表面成像以检验曝光结果好坏，而不会产生曝光效应。利用前一种方法可将针尖快速移动到别的曝光区，从而提高曝光效率。

对于另一种抗蚀膜 PMMA，仍可用 STM 进行光刻<sup>[7]</sup>，随着曝光和显影条件的不同，PMMA 可为正型

或负型抗蚀膜。研究发现，当电子能量高于 25 eV，曝光量大于  $10^{-2}$  库仑/cm<sup>2</sup> 时，涂覆在清洁 Si 表面上的 PMMA 为负型抗蚀膜，电子入射处有交联键形成，未曝光处将被丙酮腐蚀掉。在较低电子能量和曝光量下，用 3:7 的溶剂剂-甲醇溶液做为显影液，PMMA 为正型抗蚀膜，曝光处 PMMA 分子将发生断裂而溶于显影液中。实验中发现，当电子能量低于 25 V 时，即使曝光电子数量再大，PMMA 也不能为负型抗蚀膜。在用 X 光对 PMMA 进行曝光时，同样发现在大曝光量下有交联键形成，PMMA 为负型抗蚀膜，在小曝光量下，键的切断占主导地位，PMMA 为正型抗蚀膜。

对于抗蚀膜上由于 STM 曝光形成的图形，通过与固体器件工艺技术相结合，可将其转化成衬底表面上金属薄膜所构成的图形。抗蚀膜曝光后进行显影，衬底表面将形成由抗蚀膜组成的图形，在其上淀积金属，然后将抗蚀膜溶解掉，这样淀积在抗蚀膜上的金属亦将被溶解掉，最终在表面上形成由金属薄膜构成的图形。对于 Si 上覆 PMMA 的情况，运用该技术已成功地制出了尺寸长 2  $\mu$ m，宽 120 nm 的 Au-Pd 合金薄膜电阻，其室温电阻值为 2.5 k $\Omega$ ，Au-Pd 薄膜厚 13.5 nm<sup>[7]</sup>。

用 STM 进行光刻，目前仍处于研究阶段，还有许多理论和技術上的问题有待解决。首先，STM 光刻时要求抗蚀膜足够薄，一般为 nm 量级，这就导致由此所形成的金属结构的线条不可能有很高的纵横比，即金属淀积层不能过厚。另外，用 STM 进行光刻的速度很低，这就将其应用限制在研究领域中所使用的很小的单个器件上，目前很难应用于大规模商业生产。

#### 四、电子束诱导淀积和刻蚀

电子束诱导淀积和刻蚀是一种在液体或气体氛围下在表面上形成各种结构的方法，它可以看成是气体或液体氛围下的光刻。这在通常的电子束、离子束和光束的光刻技术中已被广泛使用。用 STM 进行淀积和刻蚀操作的原理非常简单，聚焦电子束被用来在一个非常小的区域内提供能量去分解化合物，分解产物中可包含金属成份而淀积在表面上，或包含腐蚀成份而参加刻蚀反应，并在表面上进行局域刻蚀。所用衬底有 Si、GaAs 等半导体及石墨、金属等。用在液体条件下工作的 STM 装置可提供实验要求的液体氛围，此时 STM 针尖要进行一定的处理如表面涂蜡等以抑制法拉第电流；当然也可将 STM 针尖做为电化学电极去产生局域的法拉第电流，然后用此电流去诱导淀积或腐蚀，此时所得结构的分辨率比直接用隧道（或场发射）电流时要低，目前还达不到毫微米级水平。气体氛围通常是通过在真空中引入金属有机化合物气体来实现的。真空室本底压强为  $10^{-7}$ — $10^{-8}$  Torr，引入气体一般到几十毫托量级，所用气体有二甲基铜 (DMCd)、W(CO)<sub>6</sub>、WF<sub>6</sub> 及 Au 的有机化合物等，随

所需沉积金属的不同而不同。有三种可能的机理可以解释这些有机化合物分子的分解原因，其一是针尖与样品间的非弹性隧道电子直接打碎吸附在衬底表面上的分子；其二是高电流密度使针尖下表面微区升温引起吸附分子热解；其三是针尖与样品间的高电场发射电子使气体分子解离建立微区等离子体，并在表面上沉积分解析出的金属原子<sup>[6]</sup>。无论哪种机理，均需使化学键断裂，这些能量来自针尖与样品间的电子，此时 STM 主要工作在场发射模式。

采用腐蚀性液体作为电解液时，可用 STM 在样品表面上进行直接刻蚀。例如用稀释的 HF 溶液 (0.05%) 作为电解液，将 STM 调节到  $\ln A$  的隧道电流，1.4V 的针尖偏置电压 (此时漏电流最小) 后，通过控制面积扫描速度的快慢就可成功地在 Si 及 GaAs 等表面上进行成像和刻蚀。实验中发现，扫描速度存在一临界值，大于该值时，样品表面无明显刻蚀出现；小于该值时，刻蚀程度与面积扫描速度成负线性关系，如图 3 所示。当然刻蚀的绝对程度还与针尖的几何形状有关，也与隧道电流有密切关系。隧道电流越大，腐蚀区将越深越宽。运用这种方法可腐蚀出最小 20nm 宽的线条。出现腐蚀的原因可能是由于针尖对应区域在高电场的作用下氧化物生成，这些氧化物随后被 HF 溶液腐蚀掉，形成各种刻蚀线条。当电解液中含有有机分子或金属离子时，通过对针尖偏压加脉冲的办法就可在针尖下方局部区域内产生沉积物。

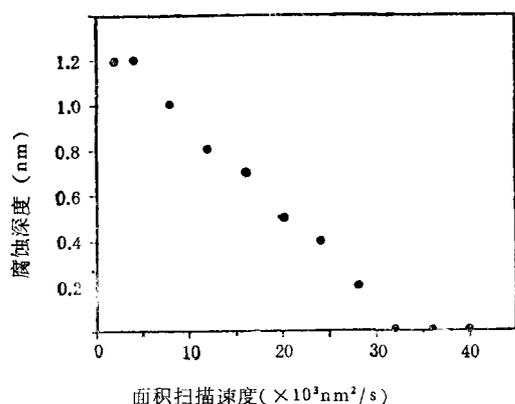


图 3 在 Si(100) 表面固定区域内进行刻蚀时，刻蚀程度与面积扫描速度的关系曲线，扫描长度 1000nm，频率 10kHz，隧道电流  $\ln A^{[9]}$ 。

在金属有机化合物气氛下工作的 STM，只要升高针尖与样品间的偏压，吸附在针尖下样品局域表面上的气体分子就会分解，析出金属沉积在衬底上。利用这种方法可在衬底表面上构造出由金属沉积物组成的各种结构。进一步用俄歇谱 (AES) 分析表明，沉积物并不完全由金属组成，总是含有大量的碳，沉积物的组分随着沉积条件及所用气氛的不同而不同。在实验中，采用对针尖加脉冲电压的办法来瞬时提高偏压进

行沉积比较理想，因为此时反馈控制电路的反应速度无法跟上偏压的变化，因而也就不会改变针尖与样品的间距，从而保证能获得较细的沉积线条，脉冲偏压的存在只是使得隧道电流亦出现脉冲；如偏压升高缓慢，反馈将收缩针尖以保持恒流，针尖远离样品将导致所得沉积结构的线条变宽。在 DMCD 气氛下就是运用此方法将金属镉沉积到 Si(111) 及金属表面上的<sup>[10]</sup>。实验发现，样品置 3V 以下的脉冲电压不会引起沉淀，脉冲电压超过 5V 后，沉积物尺寸有较快增加，且与脉冲频率无明显关系。所沉积线条最细为 10nm。用 AES 对沉积物成份进行分析表明，只有沉积物出现处才含有少量金属 Cd，但沉积物中却含有大量的碳。在研究 W(CO)<sub>6</sub> 气氛下 W 的沉积时同样发现，当针尖偏压为 -10V 至 -40V (此时 STM 工作在场发射区)，且电流超过一阈值时 (-20V 偏压时该阈值为 10nA) 时，有导电性沉积出现，AES 分析发现沉积物中仍含有较多碳，当然还含有 W，沉积物电阻率为 0.01Ωcm，比 W 的体材料的电阻率高三到四个数量级。当在 16 mTorr 的 W(CO)<sub>6</sub> 气氛下进行沉积时，若 STM 针尖置 -25V 偏压，以 20nA 电流工作，可获得高纵横比的沉积结构，它们相距 80nm，直径 25—30nm，高度可达 280nm。这就克服了用 STM 进行光刻时所获结构纵横比低的缺点。

在气体氛围下进行沉积实验时还发现，在未导入金属有机化合物的情况下，用 STM 进行沉积操作，也同样可能有沉积物出现<sup>[10]</sup>。这是由于所用衬底表面总是吸附着一层有机污染物，当 STM 针尖在样品表面上扫描时，入射电子使得这层污染物聚合或分解，最后在表面上产生碳的沉积。这些由污染产生的沉积结构也同样是很实用价值的，它们本身可做为各种表面结构的连线，或做为表面刻蚀的掩模用来在表面上形成各种结构。例如在覆有 100nm 厚 Au 的 Si 表面上用 STM 形成由污染物产生的沉积结构后，沉积物对其下的 Au 层起保护作用，用离子溅射除去未被保护的 Au 层，就可在 Si 上得到宽约为 0.1μm 的 Au 线。

## 五、单原子操作

STM 不仅可以在各种样品表面上进行直接刻写、光刻以及诱导沉积和刻蚀等，它还可以把吸附在表面上的吸附质如金属小颗粒、原子团及单个原子等从表面上某处移向另一处，即对这些小粒子进行操作。STM 在这些方面的应用为用不同材料的微小粒子构造器件的研究提供了有用的工具，它还可用来研究粒子之间或粒子与衬底间的相互作用，用 STM 甚至有可能用一个个原子构造分子或者把分子分解成一个个原子。

表面上最简单的吸附质是单个原子，运用 STM 可以按照人们的意愿有目的的移动这些单个原子。我们知道，STM 装置中针尖与样品间总是存在着一定的

作用力,它由范德华力和静电力两部分组成。调节针尖的位置和偏压就有可能改变这个作用力的大小和方向,而沿着表面移动单个原子所需力比使该原子离开表面所需力小,这样通过调节针尖的位置与偏压就有可能运用它来移动吸附在表面上的原子,而不使它们从表面上解离。移动操作的最终结果必然可以使表面上吸附的原子按照一定的规律进行排列。

把如上考虑变成现实的极有创造性的工作是由 Eigler 和 Schweizer 首先完成的<sup>[11]</sup>。他们所研究的体系为吸附在金属镍(110)面上的氙原子,如此选择是由于 Ni(110) 面的表面势起伏大小合适,使得 Xe 原子易于在其上移动,但又不易于脱离 Ni 表面。实验是在极高真空环境下和极低温度(4K)下进行的,只有如此才能确保由于残余气体吸附产生的污染足够小而在几星期内不影响实验。在极低温度下,经一定量 Xe 气曝露后, Ni(110) 表面将有 Xe 原子吸附,图 4(a) 为吸附 Xe 原子后 Ni(110) 表面的 STM 像,由图中可清晰地看到 Xe 原子散乱地吸附在表面上。该图是在 0.01 伏偏压和 1nA 的隧道电流下获得的,所用针尖材料为 W。实验中发现,在此条件下,针尖和 Xe 原子间的作用力非常弱,在成像过程中 Xe 原子基本不移动。

为了移动某个 Xe 原子就必须增加针尖与它的作用力。当针尖扫描至该原子上面时,停止移动,然后增加参考电流的大小,这时 STM 的反馈控制系统必然要驱动针尖向 Xe 原子移动以增加隧道电流最后达到新的稳定状态。在此新的状态下针尖与对应 Xe 原子的作用力增大了,此时再移动针尖,对应 Xe 原子将随之移动到新的位置;停止移动针尖并将其恢复到原来高度,由于作用力的降低,对应的 Xe 原子将停留在新的位置,而不会再随针尖移动,此后针尖就可移向别的氙原子进行新的操作。这样就可达到用 STM 系统有目的的移动吸附在 Ni(110) 面上的 Xe 原子的目的。Eigler 和 Schweizer 就是运用这个办法,通过将参考电流升至 10—60nA,并以 4Å/s 的速度移动针尖,成功地移动了吸附在 Ni 表面上的 Xe 原子的。在此基础上,他们在世界上首次用单个原子成功地排列出了 IBM 的图样,如图 4(a)-(f) 所示。

运用同样方法在表面上移动分子也是可能的。在移动 Ni 表面上吸附的 Xe 原子后, Eigler 和 Schweizer 又成功地移动了吸附在铂表面上的 CO 分子,并用这些分子排列成一八形结构。实验发现,CO 分子是直立在表面上的, O 原子在上面,八形结构中的 CO 分子间距离约为 5Å, 一氧化碳八形从头到脚高 5nm。移动分子同样是靠增加隧道电流从而减小分子与衬底间的结合力,增加针尖与分子间的作用力,使分子随针尖的移动而移动来实现的。当然,并不是任何吸附体系都可用如上方法进行操作的,例如吸附在 Ni 上的 O 原子就很难被移动。

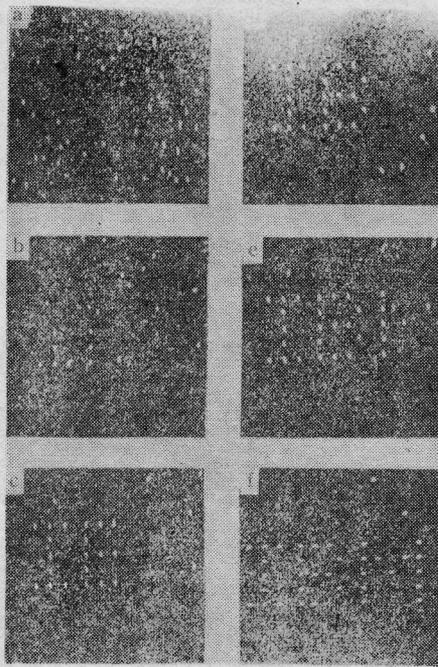


图4 (a)-(f)用 STM 针尖移动吸附在 Ni(110)表面上的 Xe 原子以构造 IBM 图样过程中所获得的一系列 STM 形貌图。Ni 表面的原子结构并未分辨出来。图(a)为 Xe 原子未被移动而散乱吸附时的情况,图(b)-(f)为图样构造过程中不同阶段时的情况,每个字母长为 50Å<sup>[11]</sup>。

在移动 Ni 上吸附的 Xe 原子时发现,尽管所用针尖最尖端处原子的性质与结构并不清楚,但对一给定针尖和确定偏压,总是存在一临界高度,只有当针尖与 Xe 原子之间的间距小于此临界高度,即参考电流一定增加到一定程度时, Xe 原子才有可能被移动。初步的研究还发现,偏压的大小和方向对临界高度影响不大,这说明针尖与 Xe 原子之间的作用力可能主要是范德华力。

与用针尖移动单个原子同样的原因,对原子团进行操作也是可能的。在用 STM 对吸附在表面上的原子团进行成像时,经常会遇到针尖引起的原子团移动的现象。从前面的讨论中可以看出用 STM 进行表面加工有一很大的好处,这就是加工前后能实时地对表面进行成像,从而对实验结果给出迅速反馈。通过本节的讨论可以发现在进行具体实验时一定要小心,因为成像本身可能会影响实验结果。

运用其它方式仍可能对单原子进行操作。日本科学家在室温下,已成功地运用加电场脉冲的方法在二硫化钼晶体表面上书写了 Peace 91 字样,字体小于 15Å。将距表面仅 0.3nm 的 STM 针尖对准硫原子,然后加一强的电场脉冲,该电场将推开围绕该原子的电子使之离子化,离子化的硫原子会在晶体表面上消失掉,由这些消失掉原子的空位就可组成各种结构。该

(转 40 页)

# 寄语我的学生

华南师范大学物理系主任

熊承斌

## (一)

毋庸讳言,物理学正面临着重大的突破,但是有幸工作在物理学前沿的人毕竟是少数。科学的根本目的不在于科学的本身,而在于造福人类。对于大多数物理工作者,如果能认识以下两方面工作的重要性,不失时机地做些创造性的工作,定能对祖国、对人类作出有意义的贡献:其一是学科的交汇处有新天地。物理学与其他自然科学乃至社会科学的交叉,为物理学研究工作者提供了广阔的用武之地。物理学向其他学科的渗透、边缘学科的建立,正召唤着大批的能人志士。其二是扩展物理学科与应用科学的沟通渠道,开发物理基础理论在各个经济建设领域中的应用市场,开拓物理学科直接服务于社会的有效途径,既是社会发展的迫切需要,也是物理工作者建功立业的理想舞台。天高海阔,有志者莫负春光。

面上作周期振荡运动,从而放射出线偏振的同步辐射光。鉴于插入元件的特殊结构,使得储存环中循环的电子束不产生净偏转和位移,因此能够使相对论性电子产生比弯转磁铁亮度高得多的同步辐射、使实验者能充分利用同步辐射功率。

人们知道,自从出现同步辐射光源以来,X射线的亮度已经提高了许多个数量级。插入在储存环中的插入件——波荡器是目前最亮的辐射源(图4)。第一台用作实验X射线源的永磁波荡器于1980年建成,并安装在SPEAR储存环上。它在光子能量1000电子伏特左右释放出的X辐射比储存环弯铁所产生的辐射亮100多倍。这一成功,更加促使各国为自己的储存环上研制插入件,即扭摆器和波荡器。特别是波荡器的研制和发展更为迅速,形式和种类也更多(图5)。

目前在北京正负电子对撞机(BEPC)上用作同步辐射的插入件是一台单周期的电磁扭摆器,(也称为波长移动器 wavelength shifter)。它提供的磁场强度比储存环弯铁高一倍。而在八·五期间,计划建造两台新的插入件插入在BEPC上,预计其所产生的同步辐射亮度比弯铁所产生的强2~3个数量级,将进一步扩大我国同步辐射光的应用范围。

## (二)

物质世界永恒不灭,物理学长河永无止境,要在浪里淘金,必须付出艰巨的劳动。物理大厦中光辉闪烁的群星并非上帝恩赐的宝石,而是物理学前辈们无以伦比的探索热忱升华的结晶。爱因斯坦在对居里夫人的悼词中说过:“她一生中最伟大的科学功绩……所以能取得,不但是靠着大胆的直觉,而且是靠着在难以想象的极端困难情况下工作的热情和顽强,这样的困难,在实验科学的历史中是罕见的。”

同时,物理学研究必须造福于人类,服务于祖国四化大业,这是每一个物理工作者不容稍离的目标。爱因斯坦反复强调:科学工作者“对于时代和历史进程的意义,在其道德品质方面,也许比单纯的才智成就方面还要大”。金玉良言,你们在埋头于图表和方程时,切勿不可忘记。

### · 物理学家小故事 ·

#### 退稿之后

清明

那还是在抗日战争年代,王淦昌流离到遵义,依旧考虑中微子实验的验证问题,终于写出《关于探测中微子的一个建议》这一重要短文。他把文章寄给《中国物理学报》,却被作为“退稿”处理了。1941年10月13日,王淦昌将文章寄到美国《物理评论》,很快在该刊第2年1月号发表。不过二个月,阿伦根据他的建议做了Be<sup>+</sup>的K电子俘获,测量了Li<sup>+</sup>的反冲能量,取得肯定的结果。

### · 专家评《现代物理知识》 ·

一本雅俗共赏的好杂志

中科院物理所研究员 麦振洪

我是《现代物理知识》的一名热心读者。它是一份融科学性、知识性、趣味性为一体,雅俗共赏的好杂志。它的知识面覆盖面广,时间感强,深入浅出。我从中吸取了很多我的专业以外的知识。

愿《现代物理知识》在新的一年里更上一层楼。我愿继续为本刊效劳。

### (上接第13页)

技术为研制高密度数据存储器提供了科学依据。

本文叙述了STM在毫微米加工领域中的应用。尽管其应用前景非常广阔,但由于STM本身才诞生十年,它在该领域中的应用还需要做更深入更细致的研究,以便进一步了解其加工与刻蚀机理。若希望STM能在器件制造领域中得到实际应用,还需解决一系列技术问题,这些问题主要是需获得稳定、耐用和分辨率足够高的针尖,写入或沉积方法本身必须具有足够的可靠性,所获得结构对时间和环境都必须足够稳定等。(续完)(编者按:参考文献省略。)