

# 介绍三位苏联物理学家

徐 载 通

(苏州大学)

## 一、帕·阿·切伦科夫

帕维尔·阿列克谢维奇·切伦科夫(Черенков Павел Алексеевич)(生于1904年7月28日)是苏联物理学家,从1964年至1970年任苏联科学院通讯院士,从1970年起为苏联科学院院士。他出生于沃罗涅日州的新奇格拉村镇,1928年毕业于沃罗涅日大学。他从1930年起在苏联科学院物理研究所工作,1940年获得博士学位。从1948年起他任莫斯科动力学院教授,后来又成为该研究所教授。从1951年起他任莫斯科工程物理学院教授,1946年参加苏联共产党。

切伦科夫的科学研究工作内容是物理光学、核物理学、宇宙线物理学和加速器技术。1932年他在科学院院士С. И. 瓦维洛夫的领导下开始科学研究活动,研究铀盐溶液在 $\gamma$ 射线作用下的发光现象。这些研究的结果发现了一种对物理学有重要意义的新的现象,即瓦维洛夫-切伦科夫效应。切伦科夫发现,在由 $\gamma$ 射线所引起的通常发光的同时,还会产生一种跟所发的光本质上不同的光,即切伦科夫辐射。苏联物理学家И. Е. 塔姆和И. М. 弗朗克提出了解释这种现象的理论。这种理论把切伦科夫辐射解释为带电粒子在物质中以超过光速的速度运动时产生的。由于发现和解释了这种现象,切伦科夫和С. И. 瓦维洛夫,И. Е. 塔姆和И. М. 弗朗克一起于1946年被授予苏联国家奖金,1958年他与塔姆和弗朗克又获得诺贝尔奖金。切伦科夫提出利用这种辐射探测带电粒子的想法。根据切伦科夫辐射的原理设计制成的切伦科夫探测器,可用于测定高速带电原子粒子(如质子)的存在及其能量,在有些

物理

情况下还可以用于识别不同质量的带电粒子。1955年发现“反质子”时,就是采用这种仪器。另外,根据切伦科夫辐射的原理,还可以制成宇宙射线计数器,常应用于宇宙线的研究。

在创建第一个电子加速器——同步加速器的过程中,切伦科夫作出了重要的贡献。他还参加了苏联科学院物理研究所250MeV同步加速器的设计和建造(曾荣膺苏联国家奖金)。切伦科夫研究过韧致辐射与核子和核的相互作用,还研究过光核反应和光生介子的反应。

切伦科夫曾三次荣膺苏联国家奖金,两次获得列宁勋章,两次获得劳动红旗勋章。现在他仍在苏联科学院物理研究所任职。

## 二、伊·叶·塔姆

伊戈尔·叶弗根耶维奇·塔姆(Тамм Игорь Евгеньевич)(1895年7月8日—1971年4月12日)是苏联理论物理学家,1933年为苏联科学院通讯院士,从1953年起为苏联科学院院士。他出生于符拉迪沃斯托克(海参威)。1918年他毕业于莫斯科大学,1919年—1920年期间在克里米亚大学教物理学,1921—1922年期间在敖德萨工学院教物理学。1922年迁往莫斯科,1924—1941年期间主持莫斯科大学理论物理教研室工作,从1934年起同时主持苏联科学院物理研究所理论部门的工作,从1945年起主持莫斯科工程物理学院教研室工作。

塔姆研究了范围广泛的理论物理和应用物理问题,其中包括电动力学、量子力学和固体理论、核物理学、基本粒子及其在高能情况下相互作用的理论和热核反应。1930年他建立了一套完整的晶体中光散射的量子理论,应用这种理论不仅实现了光波的量子化,而且实现了固

体中弹性波的量子化，引进了声量子或声子的概念。1930年，他得出了有关电子引起光散射的克莱因-尼希纳公式的一连串结论，这些结论对于狄喇克的电子相对论波动方程式的论点，对于正电子的论点均有重要的意义。当时，塔姆首先提出了一种在狄喇克粒子情况下微扰理论的新的计算方法，使计算大为简化。

把量子力学应用于金属理论以后，他于1932年发现存在一种特殊类型的能级（塔姆能级）。1931年他跟С. П. 舒宾（Шубин Семён Петрович）共同奠定了金属光电效应的量子力学理论的基础。

在三十年代初期，把核子维持在原子核内的力的问题作为物理学中的一个基本问题。塔姆于1934年创立了前所未有的核相互作用的理论（ $\beta$ 力理论），这种理论成为人们在该领域内继续研究的基础，而且是后来的相互作用理论的典范。根据费米的 $\beta$ 衰变理论，他提出了交换一对粒子——电子和中微子的结果会产生核力的思想。早在1935年，Х. 尤卡瓦（Юкава Хидэки）从塔姆的学说出发，就预言介子——这些力的负荷者的存在。1934年塔姆发表了中子具有磁矩的思想。

1937年他跟И. М. 弗朗克一起发展了当电子在介质中的运动速度超过光在这种介质中的相速度时产生辐射的理论，即瓦维洛夫-切伦科夫效应的理论（1946年荣膺苏联国家奖金，1958年荣膺诺贝尔奖金）。

在战后的年代里，塔姆首先开始研究热核反应问题。1950年他发表了用强磁场使热等离子区绝热的思想，这种思想已经成为所有热核装置的基础。

塔姆的科学研究工作还包括核子等压状态的问题和相对论粒子相互作用的问题。1945年，他得出了一种跟微扰理论方法不同的、研究粒子相互作用的方法，即塔姆-丹科夫（Данков）方法。1953年塔姆和苏联其它科学家一起实现了氢弹的爆炸。在六十年代塔姆力求建立一套包括基本长度在内的基本粒子理论。

塔姆于1934年发表了《中子与质子间的交

换力》与《中子的磁矩》两篇文章，1945年发表了《基本粒子相对论性相互作用》一文。另外，他还著有《电学原理》一书。

塔姆创立了一个理论物理学派。他曾荣膺社会主义劳动英雄的称号和苏联国家奖金。塔姆是许多国家的科学院和科学学会的成员。

### 三、伊·米·弗朗克

伊利亚·米哈依洛维奇·弗朗克（Франк Илья Михайлович）生于1908年10月23日，是苏联物理学家，1946年为苏联科学院通讯院士，从1968年起为苏联科学院院士。他出生于彼得堡。1930年他毕业于莫斯科大学，并开始在国家光学研究所工作。他从1934年起在苏联科学院物理研究所工作，从1946年起在该研究所主持原子核实验室工作，从1957年起同时担任原子核联合研究所中子物理实验室主任。

弗朗克的科学研究工作与物理光学和核物理学有关。1937年，他跟И. Е. 塔姆一起根据经典电动力学深入地研究过切伦科夫辐射的理论，指出：它是当电子在介质中的运动速度大于光的相速度时所产生的辐射（1946年荣膺苏联国家奖金，1958年荣膺诺贝尔奖金）。在后来的物理光学的研究工作中，他跟В. Л. 金兹布尔格（В. Л. Гинзбург）一起曾预言一种跃迁辐射。

弗朗克在其它方面的研究，主要是核物理学，包括中子物理学以及轻核的核反应。在四十年代中期，他对多相的铀-石墨系统中中子的倍增问题进行了广泛的理论和实验研究；他研究过轻核跟放出的中子的反应，快速中子跟核的相互作用；他发现并且从理论上阐明了中子扩散“变冷”的现象。在弗朗克的领导下，原子核联合研究所建造并于1960年启动了快速中子的脉冲反应堆，对中子进行了谱学的研究（1971年荣膺苏联国家奖金）。弗朗克和助手们一起在这个反应堆上完成了极化中子与极化核靶的实验，以及中子共振与凝聚态物理学的研究。他还研究过折射媒质中多普勒效应的问题。

（下转第384页）

膜适用于长波长光探测器。通过有意识地改变应变及合金成分,可使  $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$  应变单晶膜的能隙调整为 0.95eV 和 0.8eV。与此能隙相对应的光子波长为 1.3 $\mu\text{m}$  和 1.5 $\mu\text{m}$ 。玻璃光导纤维传输这两种光的损耗最低。因此,  $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$  应变单晶膜制造的光探测器,非常适用于光纤通讯。薄膜的光折射率也同其能隙有关。改变外延膜的成分和应变,外延出折射率不同的单晶膜,可制成有光波导结构的异质结。光在异质结中,可被间接能隙的 Si 充分吸收。这种异质结同 Si 雪崩机构结合,已制造出有内部电流增益的高速光电器件<sup>[4]</sup>。

外延应变单晶膜的应变,还决定着异质结界面两侧能带过渡的情况。

X 射线和电子衍射还发现,应变很大时,  $\text{Ge}_x\text{Si}_{1-x}$  单晶膜中发生了原子有序排列。Shubnikov-de-Haas 效应的测量表明,应变单晶膜中可能存在定向排列的极性键。这样的有序结构破坏了晶格的对称性,使应变单晶膜具有一些特殊的电光性能。

#### 金属化异质结

金属硅化物是金属同 Si 反应生成的稳定化合物,同金属性质很相似。它不仅用于集成电路中,代替金属和多晶硅作为电极和连线;还由于它同 Si 的接触近乎理想的金属-半导体接触,也为基础理论研究提供了素材。

用分子束外延可在 Si 上生长高质量的  $\text{NiSi}_2$ ,  $\text{CoSi}_2$  膜<sup>[7]</sup>。  $\text{NiSi}_2$ ,  $\text{CoSi}_2$  都具有  $\text{CaF}_2$  结构,和 Si 属同一晶系,但它们的单胞分别比 Si 小 0.4% 和 1.2%。  $\text{NiSi}_2$  和  $\text{CoSi}_2$  在 Si 上生长时不发生应变,而是形成间距分别为 250 和 80 列原子的位错网,消除晶格的不匹配。这些位错分布较分散,对界面电性能影响不大。

$\text{NiSi}_2$  和  $\text{CoSi}_2$  中金属原子在界面处的配位不同<sup>[8]</sup>。在  $\text{NiSi}_2$  中金属原子是七重配位,在  $\text{CoSi}_2$  中是五重配位。另外  $\text{NiSi}_2$  和  $\text{CoSi}_2$  在  $\text{Si}\{111\}$  上生长时,要绕面法线相对 Si 转 180°,成 B 结构。在特定的

条件下,  $\text{NiSi}_2$  生长时可以不转 180°而成 A 结构。理论上还无法解释这一现象。测  $\text{NiSi}_2$  和  $\text{CoSi}_2$  同 Si 接触的 Schottky 势垒发现<sup>[9,10]</sup>, A 状态的  $\text{NiSi}_2$  为 0.65 eV, B 状态的为 0.79 eV;  $\text{CoSi}_2$  势垒为 0.64 eV。结果表明,材料及界面结构对接触势垒的高度是有影响的。

$\text{CoSi}_2$  外延膜最使人感兴趣的是,在膜上存在直径 10~100nm 的小孔洞。这些孔洞不是杂质造成的。它们比应力弛豫模型得到的结果要小很多。如果在这层  $\text{CoSi}_2$  上再生长一层 Si 单晶膜,就可通过  $\text{CoSi}_2$  上的孔洞,形成 Si 外延膜同基体间的通道。通道的导电能力由同  $\text{CoSi}_2$  接触边界处载流子的消耗决定。在  $\text{CoSi}_2$  膜上加一定的偏压,可得到和 triode 一样的放大能力。这样的结构不仅可制成高速开关器件<sup>[9,10]</sup>,而且很容易进行三维集成。

将异质结和超晶格技术应用于 Si 器件,给 Si 在性能和使用范围上带来了新的突破。优异的性能,加上比较成熟的加工工艺,将使 Si 在未来微电子技术发展中继续保持其重要地位。

#### 参 考 文 献

- [1] J. C. Bean, Proc. First Int. Symp. on Silicon Molecular Beam Epitaxy, Proc. PV 85-7, Electrochem Soc., Pennington, N. J., U. S. A., (1985).
- [2] E. Kasper et al., Silicon Molecular Beam Epitaxy, CRC, Boca Raton, Fla., U. S. A., in press.
- [3] J. C. Bean, Science, 230(1985), 127.
- [4] H. Temkin et al., Appl. Phys. Lett., in press.
- [5] R. T. Tung et al., J. Vac. Sci. Technol., in press.
- [6] D. B. Cherns et al., Philos. Mag., A46(1982), 849.
- [7] R. T. Tung, Phys. Rev. Lett., 52(1984), 461.
- [8] R. J. Hauenstein et al., Appl. Phys. Lett., 47(1985), 853.
- [9] E. Rosencher et al., Electron. Lett., 20(1984), 762.
- [10] J. C. Hensel et al., Appl. Phys. Lett., 47(1985), 151.

(王宇 编译)

(上接第 382 页)

题。围绕上述的这些研究,弗朗克发表了许多论文和专著,其中于 1937 年发表了《在介质中快速电子的相干辐射》一文;1942 年发表了《在折射介质中的多普勒效应》一文;1955 年发表了《在铀-石墨系统中中子的倍增》一文;1958 年发表了《在折射介质中关于辐射光的群速》一文;1960 年发表了《瓦维洛夫-切伦科夫辐射》和《光源的光学》两篇论文;1964 年发表了《关于中子弹性减速的某些特性》一文;1984 年发表了《关于瓦维洛夫-切伦科夫辐射本质概念的发展》和《关于电多极和磁多极的瓦维洛夫-切

伦科夫辐射》两篇论文。

弗朗克曾荣获列宁勋章和劳动红旗手勋章,1978 年他又获得十月革命勋章。现在弗朗克仍在苏联科学院物理研究所任职。

#### 参 考 文 献

- [1] Ю. А. Храмов, Физикм, Киев, Наукова Думка, (1977), 354; 310—311; 338.
- [2] 吴芝兰,郑钦贵编译,诺贝尔物理学奖金获得者,福建教育出版社,(1983), 253—258.
- [3] Успехи Физических Наук, 143-1 (1984), 111—127.
- [4] Успехи Физических Наук 144-2(1984), 501—502.
- [5] 自然科学大事年表编写组,自然科学大事年表,上海人民出版社,(1975), 196.