

## 第十六届国际半导体物理会议在法国举行

第十六届国际半导体物理会议于1982年9月6日到10日在法国蒙彼利召开。这是一次规模较大的半导体物理学综合性学术会议，参加会议的有来自30多个国家和地区的850多名代表中国科学院半导体研究所黄昆、江丕桓，复旦大学钱佑华，山东大学陈有平，中国科学院上海技术物理研究所沈学础，褚君浩等同志参加了会议。会议主席为法国巴黎第六大学教授M. Balkanski。

会议报告的论文有190篇左右，另有97篇以大字报形式交流。我国科学家黄昆在会上作了“多声子跃迁中的频率色散效应”的报告，沈学础在会上作了“掺硼、掺磷非晶硅红外、远红外吸收光谱”的报告。

### 1. 当前半导体物理研究中活跃的领域

国际半导体物理会议是综合性的半导体物理学术会议，内容通常涉及到半导体物理学的各个方面及有关边缘学科。从这次大会的分组学术会议看，内容涉及到40多个方面，如电子态、多体问题、晶格动力学、浅能级、深能级、杂质、缺陷、相变、窄禁带、非晶态、光谱、光学性质、发光等等。

就这次会议报告反映的情况而论，当前国际上半导体物理研究中比较活跃和有较杰出贡献的领域有：安德森局域化理论；二维电子系统的量子霍尔效应；半导体中的深能级研究；晶格动力学和准粒子研究；超晶格和界面、表面形成的低维系统；非晶态半导体研究等。

### 2. 半导体光学性质研究的现状

自六十年代中期以来，光学手段已逐步成为研究半导体物理性质的主要方法。所谓光学方法主要是指传统的光谱方法、光散射、发光光谱以及各种磁光技术方法。这次会议上有关半导体光学性质、研究中涉及到光学方法的论文共有97篇，占会议报告总数的三分之一略多。以上指出的目前半导体物理研究中比较活跃的几个领域中，除二维电子系统的量子霍尔效应外，都广泛地采用了光学方法。

传统的各种波段的光谱方法是研究半导体中电子态及其它各种准粒子能量状态和结构的最简便的方法。这些方法在许多场合已演变为工业和实验室应用的检测手段。这次会议上关于这一方面的报告，主要是用红外、远红外光谱的方法研究某些新材料的电子能态或晶格振动状态，进而研究杂质在其中的排列方式和化学键结构。也有的对传统的光谱方法加以改进或采用某些新技术、新技巧以扩充光谱方法的应用。

喇曼散射和布里渊散射也是研究包括半导体在内的各种固体的声子态、电子态的重要手段。在不少场合，它也成为实验室的通用检测手段。本届会议上的报告主要是用散射方法研究玻璃态半导体晶格振动谱、某些半导体微晶的表面声子模、半导体中的电子-声子耦合、磁等离子模等等。有些研究与所谓电子有序化或电子晶化有关系，因而与量子霍尔效应、局域化理论等基本问题相联系。这或许是半导体喇曼散射研究的值得注意的动向之一。

半导体的发光光谱研究，尤其是激光诱发光致发光光谱，近年来已成为半导体物理研究的重要手段和活跃领域之一。通过光致发光谱线、谱带的位置和强度的观测和研究，可以研究半导体中各种激子能级（自由和束缚激子）、施主、受主能级、陷阱能级及其跃迁过程。通过上述各种跃迁谱线的声子伴线观测，还可研究半导体中各种电子声子耦合过程等等。本届会议有关这一方面的报告内容都给出了令人感兴趣的新结果。

有关半导体光学性质的研究，还应该提到各种弛豫过程的时间分辨光谱，紫外，软X射线波段的角分辨发射光谱和各种共振谱等。

### 3. 窄禁带半导体研究动态

这次会议有关窄禁带半导体的研究论文（包括半磁半导体在内）共约30多篇，这表明它也是目前半导体物理研究中比较活跃的领域。除 $\text{HgMnTe}$ 以外，主要研究的材料是 $\text{InSb}$ 、 $\text{HgCdTe}$ 和黑磷BP。

BP是一种近年来才引人注意的窄禁带材料。过去由于材料制备困难，限制了它的实验研究。最近日本东京大学和大阪大学利用多砷型高压容器和15000吨的压机成功地制成尺寸大于 $5 \times 10 \times 3 \text{ mm}^3$ 的单晶，使日本科学家能开展较深入的研究。(1)在晶格动力学方面，提出了一种原子间相互作用的力常数模型，计

算了声子色散曲线,与实验对照确定了力常数,计算了各方向的声速。(2)在能带结构方面,测量了反射光谱及其偏振依赖性,找到BP直接禁带在布里渊区中的位置及禁带宽度值。(3)在输运性质方面,在4.2—650 K温度范围进行了霍尔测量,进行了远红外回旋共振测量,还利用380 MeV贮存环发出的同步辐射进行了反射测量。利用这些手段研究了P型样品空穴迁移率的大小及其温度依赖性、载流子浓度的温度依赖性、受主电离能、禁带宽度、空穴平均有效质量等。对BP的研究目前尚处于开始阶段,但这是窄禁带半导体研究领域中的一个新的动向。

HgCdTe作为一种性质优良的红外探测器材料,在国际上越来越受到重视。过去对HgCdTe的研究主要局限在少数公司、研究所,现在已有许多大学从事该材料的研究。这次会议上的报告主要有以下几个方面。(1)关于能带结构的研究。采用相干势近似计算HgCdTe能带结构,得到深价带电子态的一些新结果,利用紫外光电发射谱证实了这些新结果。研究者分析了Hg的外层电子及Cd的外层电子分别对于深价带电子态的贡献,并用虚晶近似及相干势近似理论进行了分析比较。(2)关于共振能级杂质态的研究。通过加压力或者加磁场的手段,使导带底移动,从电导率随压力(或磁场)的变化研究电导和自由载流子浓度的变化,从而发现导带底以下存在一个共振能级。通过加压力改变禁带宽度,还研究了受主电离能的压力或能隙依赖性,发现某些受主能级与压力无关,而某些受主能级则随压力而变,即随禁带宽度而变。对这些问题都进行了理论分析。(3)关于零禁带附近远红外光学性质的研究。测量了低温下远红外磁反射光谱,进而研究零禁带附近HgCdTe材料的介电函数性质。(4)关于HgCdTe非线性光学性质方面的研究。研究了折射系数的改变量随光强的变化规律,等等。

InSb是一种研究得比较深入的典型窄禁带半导体材料,窄禁带半导体许多共同的物理性质往往是先从研究InSb开始的。关于InSb的研究有许多方面,例如:(1)深能级研究,采用激光诱发共振磁光跃迁方法,测量样品的磁光电导,从而找到高纯InSb中的一些深能级,这是研究高纯材料中深能级的新方法;(2)双光子磁吸收研究,测量磁光电导,获得较多的本征性质的信息;(3)单向压力增强的自旋反转跃迁的实验和理论研究;(4)超纯样品(77 K下载流子浓度低达 $6 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ )输运性质的研究;(5)跳跃电导的研究;(6)关于强磁场下金属-非金属转变的研究、量子输运现象、回旋共振、自由载流子光吸收的量子理论以及关于碰撞电离几率和光的量子效率的理论计算等研究工作。

在窄禁带半导体范围,还有一些关于HgCdSe, PbSnTe及Cd<sub>3</sub>As<sub>2</sub>等的研究。另外还有许多关于HgMnTe物理性质的研究,在这次会议上划入半磁半导体的专题。

#### 4. 极端条件在半导体物理研究中的应用

近年来,极低温、强磁场、超高压等所谓极端条件在半导体研究中应用越来越广泛和越来越重要。上面提到过的固体物理和半导体物理的重大成就和活跃领域大都离不开极端条件的帮助和应用。另外,本届会议报告中应用和涉及超高压条件的有30篇左右,比以往历届会议有相当增加,这可能与近年来超高压装置小型化、适应性广和使用方便有关。超高压研究在电子能带、深能级光谱研究和窄禁带半导体研究等方面的应用在本届会议上均有报告。

第十七届国际半导体物理会议将于1984年8月在美国旧金山召开。会议主席是加利福尼亚大学教授M. L. Cohen。

(沈学础、褚君浩)