

# 半导体物理研究新进展\*

孙连亮<sup>1</sup> 李树深<sup>1</sup> 张 荣<sup>2</sup> 何 杰<sup>3</sup>

(1 中国科学院半导体研究所 半导体超晶格国家重点实验室, 北京 100083)

(2 南京大学物理系, 南京 210093)

(3 国家自然科学基金委员会, 北京 100085)

**摘要:** 简要介绍了第 26 届国际半导体物理会议上一些受到广泛关注的课题, 它们代表了半导体物理研究领域里的研究热点和前沿工作, 希望能够为今后的研究工作提供一个参考方向.

**关键词:** 半导体物理; 国际会议; 量子纳米结构

**EEACC:** 2520; 2560

**中图分类号:** O47      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0253-4177(2003)10-1115-05

## 1 引言

信息产业是国民经济最主要的支柱之一, 驱动信息产业高速发展的两个动力分别是它的器件制造和软件开发. 而信息产业中具有新原理、新功能的器件制造又完全依赖于半导体物理的研究与发展. 各个发达国家和地区无不在半导体物理研究领域投入大量人力和物力进行激烈竞争, 以满足社会发展、人们生活和国防安全的需求.

2002 年 7 月下旬, 在英国的爱丁堡举行了第 26 届国际半导体物理会议, 人们对当前半导体物理中的一些新现象、新理论和新实验结果进行了广泛的交流和探讨. 从中可以看到现在国际上在半导体物理领域里的一些研究热点和前沿工作, 为我们今后的研究工作提供了一个参考方向.

最近引起广泛关注的课题很多, 几乎涵盖了半导体物理研究的各个方向. 例如, III-V 族半导体合金, 特别是氮化物的物理性质; 被称为人造原子的量子点; 量子霍尔效应中的分数带电准粒子、激子的超流和赝自旋铁磁性; 磁性半导体自旋电子学; 量子纳米结构的光学和输运性质, 特别是碳纳米管的电子态和输运理论; 聚合物电子学, 等等. 以下我们将按照半导体物理研究的各个方向分别介绍这些研究课

题和进展.

## 2 体材料、动力学性质、缺陷和杂质、生长

半导体合金  $A_{1-x}B_x$  能够得到介于各种单一组分之间的物理性质  $P(x)$ , 例如, 带隙、有效质量、晶格常数等, 即:  $P(x) = (1-x)P_A + xP_B - bx(1-x)$ . 因此, 半导体合金被广泛地应用在许多工业技术上. 传统合金中的原子是自然地随机排布, 具有小的弯曲系数( $b$ ), 显示出和母体化合物 A 和 B 相似的扩展波函数.

Zunger 等人<sup>[1,2]</sup>发现了和上面描述的性质不同的两种奇特的合金行为, 阐明了现代电子结构理论是怎样解释、有时是预言了“自发有序”和“氮化物的局域化”这两种不寻常的效应. 第一, 在 III-V 族合金的气相生长(MOCVD, MBE)的 GaP-InP 中, 他们发现材料能够自发地产生某些非随机性原子排列, 得到的结构是沿  $\langle 111 \rangle$  方向短周期  $A_nB_n$  超晶格“CuPt 结构”, 或者是沿  $\langle 001 \rangle$  方向的“CuAu 结构”, 并且这种现象在 A 和 B 原子同时淀积的生长过程中也存在. 第一性原理计算表明这种结构的产生是由于表面重建, 因此, 热力学稳定的表面位相在接下来的生长中被冻结. 自发有序改变了随机合金的点群对称性, 导

\* 国家自然科学基金资助项目

致带隙的改变、晶格场的劈裂、奇特的极化,也改变了有效质量、压力系数等。第二,他们发现同“正常合金”InGaAs、InGaP、GaAsP的展开波函数相比,GaN和GaAsN的波函数是高度局域化的,这导致在这些等价的合金中“带隙态”的形成,同时导致了由于组分的变化引起合金性质改变的新现象。第一性原理计算阐明了这种特殊的局域化的根源,解释了由此而产生的许多合金性质的变化,包括光学带隙的巨大弯曲( $b \approx 20\text{eV}$ )以及结合了带隙态的局域化特性和施主态的扩展化特性的“合并态”的出现。

### 3 异质结、量子阱和超晶格: 光学性质

半导体异质结、量子阱和超晶格的许多独特性质都是通过光学实验证实的,同时,在一些设计精巧的光学实验中也发现了许多奇特现象,引导我们作出正确的理论解释,并在光电器件应用上提出许多新的器件原理。Esaki和Tsu在1970年发明的半导体超晶格为我们研究在周期性势中的物理现象提供了一个人造系统。从那时起,很多电子和光学实验直接观察了在自然晶体中不可能或者很难研究的效应。例如,在过去的二十年中,人们已经详细地研究了Bloch震荡。但是,令人惊奇的是,在上世纪30年代预言的第二个基本的效应——Zener隧穿,却很少被人注意。最近,Rosam等人<sup>[3,4]</sup>在一系列光学实验中研究了Zener隧穿,第一次证明了能级展宽与Zener的原始方程符合得非常好,确定了Zener隧穿的动力学行为,并研究了在Zener隧穿条件下的Bloch震荡动力学。

### 4 异质结、量子阱和超晶格: 输运特性

在过去的二十年中,人们发现测量分数电荷是很困难的。最近的实验结果证实量子射击噪声(quantum shot noise)是一种确定分数量子霍尔效应(FQHE)状态下的准粒子电荷的强有力工具。回顾在分数量子霍尔效应的不同区域准粒子的特殊行为,对其中一些现象我们还不甚了解。Heiblum等人<sup>[5]</sup>试图导出不同状态的准粒子行为(从一个自由的准粒子到高度相关的准粒子流)相对于稀度、温度和散射强度的函数关系。在有限温度( $T > 50\text{mK}$ )下,准粒子似乎具有自由带电粒子的行为,在边界态下流动。在

准粒子的飞行路径上引入一个弱的背景散射会导致准粒子的随机分离,进而导致了射击噪声。这个射击噪声正比于净电荷和准粒子电荷。反之,一个强的背景散射则会导致准粒子之间的关联,进而导致准粒子的聚束。例如,当填充因子等于 $1/3$ 时,三个准粒子聚束成一个电子就消除了散射。上面提到的准粒子的性质存在其理论基础,但是当背景散射下的准粒子的碰撞束变弱时,Heiblum等人检测到了意想不到的传输行为。结果是,背景散射引起的聚束效率变小,最终在高度稀疏的束流中聚束作用停止了。只有在非常低的温度下,或是不可能达到的温度下,背景散射才能重新引起准粒子的聚束。在足够低的温度(20mK)下,准粒子之间的相互作用很强,显示出一维的类Luttinger行为。不管其强度如何,准粒子通过一个背景散射的输运是高度非线性的,并伴随着一个很强的非泊松射击噪声。因为准粒子的电荷强烈依赖于电流,所以不能确定准粒子的电荷量。在低电流时,它接近于电子电荷;在高电流时,它就是准粒子的电荷。

在量子霍尔效应中,当双分子层之间的距离 $d$ 小于一个关键值 $d_c$ 时,中性电子-空穴双分子层和填充因子 $\nu = 1$ 的电子-电子双分子层都存在激子的超流基态。最近Eisenstein及其合作者<sup>[6]</sup>相信这种对称性破缺导致了在双分子层系统中的输运异常。MacDonald等人<sup>[7,8]</sup>通过建立一个能够解释准粒子和集体对电流的影响之间相互作用的理论,获得了对这些实验更全面的了解。不管是否存在层间混合的对称性破缺,两个层之间的电流方向相反而且没有耗散的态都是有可能存在的。在理想的乱序自由双分子层系统里,微观平均场方程的解存在于所有的冷凝物位相中。长程库仑相互作用在其中起着重要作用,它限制了双分子层的关键电流,在 $d$ 趋近于 $d_c$ 时,使其正比于 $(d_c - d)^{1/2}$ 。对于有限杂化,关键电流受到异常的孤子非稳定性的限制。双分子层量子霍尔效应系统的对称性破缺基态既可以看作是激子的超流,又可以看作是一个easy-plane铁磁体,其中的层自由度看作是一种赝自旋。可以这么说,双分子层中的选择性接触层等价于磁性薄膜的自旋选择触点。利用上面的分析,在研究量子霍尔系统的基础上,MacDonald等人研究了薄膜磁体中奇特的集体输运效应。

## 5 量子纳米结构

十多年来, 半导体材料的纳米结构, 提供了一个迷人的领域, 至今已成为半导体物理学的一个重要分支. 由于量子纳米结构的尺寸进入电子费米波长的范围, 出现了许多新的量子力学现象, 例如, 量子限制效应、共振隧穿效应、库仑阻塞效应等. 半导体材料的纳米结构大体上可以分为以下几类: 半导体量子点及其阵列结构; 一维量子线及其组成的纳米结构, 包括一维量子线、碳纳米管和氧化物量子线以及由它们组成的复合结构; 超薄膜及其组成的多层膜结构或者量子阱结构.

最近, 半导体量子点在奇特光电子器件和量子信息、量子计算中的应用成为人们关注的焦点. 早期人们研究自组织生长量子点 (quantum dots, QDs) 的动机是基础物理研究的需要在光电子学上可预见到的应用, 例如, 量子点激光器. 利用现在的纳米技术, 人们可以制造具有很高的晶体质量和光学质量的量子点. 在量子点中三维载流子约束导致了分立的、类似于原子的能级结构和比较长的载流子弛豫时间, 这些显著的特性使量子点和原子在很多方面很相似. 自从 1994 年以来, 无数关于孤立量子点的实验表明, 这种纳米结构在一定程度上可以被看作是“人造原子”. 因此, 量子点可以用来重复那些固态系统的量子光学实验, 最初这些实验是 80 年代在单个的原子上完成的. Gérard 等人讨论了光的量子态的产生<sup>[9-11]</sup>和在光学微腔中量子点自发发射的制备<sup>[12]</sup>. 除了基本的物理意义之外, 这些实验还打开了一条发展利用单个量子点作为激活媒质的一类奇特的光电子器件的道路. 在这次会议上, Gérard 等人回顾了第一个单模单光子源<sup>[13, 14]</sup>——基于一个柱状微腔中的单个量子点的最近发展, 讨论了这种单模单光子源在量子信息处理和量子通讯领域里的潜在应用, 同时, 根据源的性能强调了在这些领域里对单模单光子源的主要要求. 另外, 不论是从理解相移过程的基本物理性质方面, 还是从量子信息过程挑战性的应用上看, 半导体量子点中的退相干<sup>[15, 16]</sup>都是现在半导体量子点研究中的热点之一. 单个充电量子点的自旋, 或者双量子点中电子的电荷和自旋<sup>[17, 18]</sup>, 是量子信息技术中的量子比特的一个候选方案, 也引起了很多人的兴趣.

单层碳纳米管 (SWCNT) 在过去的十年中受到越

来越多的关注, 原因是它们在不同领域里惊人的性质, 例如, 力学、电学和光学. 最近, 人们对纳米电子器件产生了极大的兴趣, 在纳米电子器件中, 碳化合物是基本的电子元件. 最近的例子是用单层碳纳米管或单个有机分子制造的器件. 这样的碳纳米结构是研究低维结构中电子物理特性的理想系统. 它们还有很多可能的技术应用, 从材料科学到电子学甚至生物技术. 一个碳纳米管是由同中心的二维石墨薄片卷成的管子组成, 石墨薄片上的六角结构围绕其轴做螺旋型排布. 自从发现碳纳米管以来, 由于其独特的拓扑结构, 许多实验和理论工作研究了它的电子态和光学、输运性质. 碳纳米管既可以表现出金属特性, 也可以表现出半导体特性, 这由它们的直径和螺旋状排布所决定. 决定一个碳纳米管是金属还是半导体的条件可以由二维石墨薄片的能带结构和沿圆周方向的周期性边界条件得到. 紧束缚模型首先预言了这种迷人的、重要的性质.  $k \cdot p$  微扰法, 或者适合于理解电子态一般性质的有效质量近似, 也能预言这种性质. 事实上, 有效质量近似方法被成功地用于研究碳纳米管的电学性质的各个方面, 如带隙的 Aharonov-Bohm 效应、光学吸收谱、激子效应、有/无磁场下晶格的不稳定、纳米管的所有磁学性质、自旋-轨道相互作用效应、结点和拓扑缺陷、纳米管 caps 的电学性质.  $k \cdot p$  微扰论方案<sup>[19]</sup>对电子态的描述对于揭示碳纳米管的独特输运性质特别重要. 事实上,  $k \cdot p$  方程和描述一个具有湮没质量且不依赖于波矢的匀速中微子的 Weyl's 方程相同. 碳纳米管系统在波矢的原点  $k = 0$  处存在一个拓扑奇点, 当  $k$  绕原点转动时得到非平庸的 Berry 相, 此奇点引起金属的碳纳米管中能量传导率的不连续跳跃和理想的电导.

## 6 奇特器件

共轭聚合物是一种适合加工的、薄膜状的半导体和金属. Friend 等人把它们作为全色域 (红、绿、蓝) 内的活性成分 (其效率非常高, 对于绿光发射器效率超过 20lm/W) 来研究这种材料的半导体物理性质<sup>[20]</sup>.

聚合物 LED 的效率是由电子-空穴陷阱组成的激子的单态和三重态的比率控制的, 因为这些强束缚激子的交换能很大 ( $> 0.7\text{eV}$ ), 以至于只有单态激子能产生辐射激射. 在用分子半导体制造的有机

LEDs 中, 电子-空穴捕获过程是自旋无关的, 形成的激子单态和三重态的比率为 1: 3, 这将效率限制在 25%. 可是, 现在报道的几个关于聚合物的实验表明可以达到一个更高的比率, 将近 50% 的单态, 因而表明存在自旋相关的电子-空穴陷阱<sup>[21, 22]</sup>.

聚合物-聚合物异质结不仅可以用在 LEDs 上, 还可以用在聚合物光电子器件上. 能够用来合成经过溶解工艺处理过的聚合物的一个重要方法是利用 de-mixed 的由电子受主聚合物和空穴受主聚合物的混合物来构成的聚合物. Friend 等人研究了在这样的系统中分层的过程, 讨论产生光致电荷转换(光电二极管操作的要求)<sup>[23]</sup>或者能量转换(LEDs 的要求)的条件, 考虑了在此条件下异质结上的激子局域化的证据.

## 7 自旋效应

传统的电子器件以电子的电荷作为信息的载体, 信息通过电流进行传递, 系统状态则以电荷的存在或者消失来表征, 而电子的另外一个自由度——自旋, 完全被忽略了. 现代信息技术利用半导体中电子的电荷处理信息. 利用磁性材料中电子的自旋进行大规模存储. 10 多年前, Datta 和 Das 提出了一类新的电子器件的概念——自旋晶体管, 其中电子的输运除了携带电荷外, 还携带自旋. 从此, 一种新的电子学——半导体自旋电子学诞生了, 其既利用了半导体的电荷, 又利用了半导体的电子自旋. 最近, 电子自旋在量子计算领域的应用引起了人们极大的兴趣. 电子自旋的天然二元性质, 使其成为量子计算的基本单元——量子比特的理想选择, 其中关键的问题首先是自旋极化电流的注入(或者产生), 然后是自旋极化电流的输运. 在实际的器件应用中还需要对自旋进行探测、存储、读出等操作. 要实现这些功能, 各种室温下表现出铁磁性金属是理想的选择. 掺杂了过渡金属的 III V 族化合物中空穴导致的铁磁性使得铁磁性和现有的非磁性 III V 族异质结整合在一起<sup>[24-26]</sup>. 利用这种异质结构, 我们可以探索半导体自旋电子学. 基于载流子自旋和锰原子自旋之间的交换相互作用的平均场理论能够解释铁磁转变温度<sup>[27, 28]</sup>, 表明在磁性 III V 族半导体化合物中, 空穴导致的铁磁性的性质精确地依赖于空穴的浓度. 利用绝缘门场效应晶体管来调制载流子浓度, 可以实现铁磁体位相传输的等温可逆的电子开关<sup>[29]</sup>.

另外, 铁磁性/非磁性半导体多层膜显示出自旋相关的散射、隧穿磁致电阻和由于载流子极化引起的层间耦合<sup>[30]</sup>. 通过一个铁磁性/非磁性结把电子自旋注入到一个 InGaAs 量子阱中证明了可以用铁磁性 III V 族半导体作为一个自旋极化的空穴的源<sup>[31]</sup>. 在一个自旋江琦二极管中也实现了电子的自旋注入<sup>[32]</sup>.

除了电子自旋以外, 另一种自旋效应——核自旋也被应用到量子计算领域. 原子核自旋系统是设计量子计算器件最吸引人的元件之一, 因为它具有很长的相干时间. 对于固态器件, 控制局域核自旋是利用核自旋的关键. Machida 等人利用制造在 AlGaAs/GaAs 霍尔棒顶部的微型金属线, 实现了控制和探测局域动态核极化(local dynamic nuclear polarization, DNP). 通过电子自旋和核自旋之间的超精细相互作用, 沿着整数量子霍尔效应边界通道的一个有限区域内的核自旋, 被选择性分布的自旋分辨整数量子霍尔边界通道动态地极化. DNP 的极性可以通过选择源-漏电流的极性而定义成是和外磁场平行, 或者和外磁场反平行的. 通过发射射频电流产生的局域射频磁场可以选择性地极化金属线下面区域里的核自旋. 通过核磁共振(NMR), 局域 DNP 的变化可以用 Hall 阻抗的变化进行探测.

## 8 结束语

我们对半导体物理研究中出现的一些课题进行了简短的介绍, 这些课题代表着国际上半导体物理的一些有趣的、大家广泛关注的、较热的领域. 通过这些介绍, 我们能够看出当今半导体物理研究领域里的一些趋势: 关于量子纳米结构的光学和输运性质的研究及其潜在的器件应用的研究有可能会得到更深入的展开; 自旋效应和铁磁性将受到更密切的关注; 半导体在超短时间内的动力学性质(THz 频率的物理)有望得到迅猛发展. 同时, 随着半导体尺寸的缩小和维数的降低以及先进测量技术的出现, 对半导体传统的体材料、缺陷、晶格生长、量子输运和光学性质的研究将继续吸引大家的注意.

## 参考文献

- [ 1 ] Kent P R C, Zunger A. Phys Rev Lett, 2001, 86: 2613
- [ 2 ] Kent P R C, Zunger A. Phys Rev B, 2001, 64: 115208

- [ 3 ] Rosam B, Meinhold D, Löser F, et al. Phys Rev Lett, 2001, 86: 1307
- [ 4 ] Meinhold D, Rosam B, Lyssenko V G, et al. Phys Rev B, 2002, 65: 113302
- [ 5 ] De-Piccioletto R, Reznikov M, Heiblum M, et al. Nature, 1997, 389: 162
- [ 6 ] Spielman I B, Eisenstein J P, Pfeiffer L N. Phys Rev Lett, 2000, 84: 5808
- [ 7 ] Schliemann J, Girvin S M, MacDonald A H. Phys Rev Lett, 2001, 86: 1849
- [ 8 ] Abolfath M, Radzihovsky L, MacDonald A H. Phys Rev B, 2002, 65: 233306
- [ 9 ] Gérard J M, et al. J Lightwave Technol, 1999, 17: 2089
- [ 10 ] Michler P, et al. Science, 2000, 290: 2282
- [ 11 ] Santori C, et al. Phys Rev Lett, 2001, 86: 1502
- [ 12 ] Moreau E, et al. Phys Rev Lett, 2001, 87: 183601
- [ 13 ] Gérard J M, et al. Phys Rev Lett, 1998, 81: 1110;
- [ 14 ] Moreau E, et al. Appl Phys Lett, 2001, 79: 2865
- [ 15 ] Borri P, Langbein W, Schneider S, et al. Phys Rev Lett, 2001, 87: 157401
- [ 16 ] Kammerer C, Voisin C, Cassabois G, et al. Phys Rev B, 2002, 66: 041306(R)
- [ 17 ] Vandersypen L M K, et al. quant-ph/0207059
- [ 18 ] Van der Wiel W G, et al. Rev Mod Phys, 2003, 75: 1
- [ 19 ] Suzuura H, Ando G. Phys Rev B, 2002, 65: 235412
- [ 20 ] Friend R H, et al. Nature(London), 1999, 397: 121
- [ 21 ] Friend R H. Nature(London), 2000, 404: 481
- [ 22 ] Wilson J S, Dhoot A S, Seeley A J A B, et al. Nature (London), 2001, 413: 828
- [ 23 ] Schmidt-Mende L, et al. Science, 2001, 293: 1119
- [ 24 ] Ohno H. Science, 1998, 281: 951
- [ 25 ] Ohno H. J Magn Magn Mater, 1999, 200: 110
- [ 26 ] Ohno H. Solid State Commun, 2001, 117: 179
- [ 27 ] Dietl T, Ohno H, Matsuura F, et al. Science, 2000, 287: 1019
- [ 28 ] Dietl T, Ohno H, Matsuura F. Phys Rev B, 2001, 63: 195205
- [ 29 ] Ohno H, Chiba D, Matsuura F, et al. Nature, 2000, 408: 944
- [ 30 ] Chiba D, Akiba N, Matsuura F, et al. Appl Phys Lett, 2000, 77: 1873
- [ 31 ] Ohno Y, Young D K, Beschoten G, et al. Nature, 1999, 402: 790
- [ 32 ] Kohda M, Ohno Y, Takamura K, et al. Jpn J Appl Phys, 2001, 40: L1274

## New Progress in Physics of Semiconductor\*

Sun Lianliang<sup>1</sup>, Li Shushen<sup>1</sup>, Zhang Rong<sup>2</sup> and He Jie<sup>3</sup>

(1 State Key Laboratory for Superlattices and Microstructures, Institute of Semiconductors,

The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China)

(2 Department of Physics, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

(3 National Natural Science Foundation of China, Beijing 100085, China)

**Abstract:** Some interesting and attractive subjects on the 26th International Conference on the Physics of Semiconductor are briefly introduced, which are the hotspots and up to date works in the field of semiconductor physics. It might benefit us in the future research projects.

**Key words:** 26th ICPS; semiconductor physics; quantum nanometer structure

**EEACC:** 2520; 2560

**Article ID:** 0253-4177(2003)10-1115-05

\* Project supported by National Natural Science Foundation of China

Received 29 August 2003

## 欢迎订阅 2004 年《人工晶体学报》

刊 号: ISSN 1000-985X CN 11-2637/07

广告经营许可证: 京朝工商广字 0016 号

主办单位: 中国硅酸盐学会晶体生长与材料分会  
中非人工晶体研究院

刊 期: 双月刊 开 本: 大 16 开

检索系统: EI、CA、英国《科学文摘》、日本《科技文献速报》、俄罗斯《文摘杂志》

《中国学术期刊(光盘版)》全文收录、中国学术期刊综合评价数据库来源期刊、中国科学引文数据库来源期刊、中国学术期刊文摘收录源期刊、万方数字化期刊群全文上网

《人工晶体学报》是由中国硅酸盐学会晶体生长与材料分会和中非人工晶体研究院联合主办、国内惟一专门刊登人工晶体材料这一高新技术领域研究成果的学术性刊物,为中文核心期刊。它以论文和简报等形式报道我国在晶体材料:半导体材料、光电子材料、纳米材料、薄膜材料、超硬材料和高技术陶瓷等在理论研究、生长技术、性能、品质鉴定、原料制备以及应用技术和加工等方面的最新科研成果,同时介绍国内外晶体材料的发展动态与学术交流活动及会议信息。刊户覆盖以上各行业的大专院校、科研院所、生产经营单位和省(市)图书馆、政府相关部门,本刊已在美、日、英、俄、德等国家和地区发行。

2004 年《人工晶体学报》全年定价 220 元,可直接与编辑部联系订阅。

银行汇款方式:

邮局汇款地址:

收款单位: 中非人工晶体研究院

邮 编: 100018

开户银行: 北京工商行管庄分理处

北京 733 信箱《人工晶体学报》编辑部

帐 号: 144330-01

电 话: 010-65492968

网 址: www.jtxb.cn

传 真: 010-65493320

E-mail: bjb@jtxb.cn jtxb@risc.com.cn

## 欢迎订阅 2004 年《功能材料与器件学报》(季刊)

CN 31-1708/TB ISSN 1007-4252

《功能材料与器件学报》是一本面向功能材料与器件领域的学术性刊物。1995 年创刊,由中国材料研究学会和中科院上海微系统与信息研究所(中科院上海冶金所)共同主办,国内外公开发行人。大 16 开,正文 100 页,每季度末出版。现已成为 Ei、CA、SA、P 的文献源期刊;中国科技论文统计源期刊;中国科学引文数据库来源期刊;电子科技文摘来源期刊;中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;并为中国学术期刊光盘版全文收录。

主要刊登反映国内外功能材料与器件领域中具有创新性的科研成果和应用技术进展的论文、简报、综述和消息。内容主要涉及:微电子机械系统(MEMS);微电子和光电子材料与器件;薄膜材料与器件;纳米材料与器件;智能材料与器件;传感器和敏感材料;金刚石薄膜及应用;磁性和磁光电材料;铁电材料与器件;生物材料及其应用;高温超导材料等。可供从事功能材料与器件的研究、生产和应用的科研工作者,工程技术人员和高等院校师生阅读。

邮发代号: 4-737 订阅处: 全国各地邮政局 定价: 32 元/年

地址: 上海市长宁路 865 号,功能材料与器件学报编辑部 200050

电话: 021-62511070-5505 传真: 021-62513510

http: // www.sim.ac.cn/journal E-mail: xwj@mail.sim.ac.cn