

对界面接触处纳米量级起伏的测定

如何测定看起来很光滑的两块表面相互接触处的状态，例如鸡蛋掉在桌面上和汽车轮胎在光滑路面上给出的纳米量级的压痕等。这些接触面都是普通显微镜达不到的地方。通常的做法是用一个物体对另一个物体施压，让界面处产生压痕，再用原子力显微镜来获取这些起伏不平的印痕图像。这种方法测定的状态显然不是在两个物体真正接触时的状态。

最近，日本 Hokkaido 大学的 O. Wright 教授领导的研究组利用超短声波方法直接探测界面间的接触情况。他们在一个机械臂上放一个直径为几毫米的小陶瓷球，将其落在 110 nm 厚的铬薄膜上，在铬薄膜表面上有一层蓝宝石；然后把一束 200 fs 的激光脉冲从下方射向蓝宝石，并让它在蓝宝石与铬膜间的边界处聚焦成一个 2 μm 大小的点。这个脉冲称为“泵”脉冲，它可使材料加热并迅速产生热膨胀，然后产生一个高达 100 GHz 的高频声波向外辐射，这时高频声波可向上直达小球的表面。声波同时也在铬薄膜与蓝宝石界面间来回反弹，这个声回波可以被第二束激光脉冲所探测到，这个激光脉冲称为“试探”脉冲，它将信号传送到探测器上，

再利用光电效应可定出声回波的强度。将“泵”和“试探”脉冲使用在界面的同一位置，并让每一次“试探”脉冲的“延时”时间发生变化，这样就能获得这一点上的声回波的强度与时间的图像。对不同点做同样的实验，就可得到界面内各点处的声回波强度随时间的变化图。实验显示，声回波在界面上存在着微米量级的不规则性，这种涨落反映的正是接触面处在纳米尺度上的起伏不平。一般来说，表面上的低谷处对应弱声波能量，而高峰处对应强声波能量。

当研究组将小球对铬薄膜的压力加大时，这时达到小球的声波强度会减小，这是由于球与膜间接触面加大，从而使两者间的空间不平处得到了相互填充。小球对铬薄膜的最大压力可达到 4.2 N(牛顿)，这时小球将会在铬薄膜上产生 120 nm 大小的压痕，在界面上压痕的密度可达到每平方微米有 10% 的数量。因此 O. Wright 教授认为，他们的这种新测试方法可用在研究表面间的摩擦、磨损和细胞粘连等问题上。

(云中客 摘自 Physical Review B, December 2009)

等离子体的灭菌功能

有两项研究工作表明低温等离子体可以杀死人体皮肤上具有抗药性的细菌。消灭具有抗药性的细菌是现代医学所面临的最大的挑战之一。在一项研究中，德国的研究人员描述了一种装置，可以在几秒钟内完成手的消毒；在另一项研究中，他们演示了低温等离子体如何能够安全地对伤口进行消毒。

在医院里，细菌感染是个很严重的问题。研究表明，一种对甲氧苯青霉素有抗药性的细菌 MRSA 在美国每年会使 100,000 人感染，并导致 18,000 人死亡。在欧洲每年有 38,000 人因在医院中受细菌感染而死亡。

解决这一问题的最好方法是使用消毒剂，但这样做是很费事的。医院的工作人员每天必须对他们的手消毒几十次，每次需要几分钟的时间，而避免病人的伤口感染则更困难。

近年来，科学家们开始研究如何使用等离子体进行消毒。完全电离的等离子体的温度在 100,000 度左右，这对人体组织来说太高了。但是如果等离子体的电离度降低很多的话，如降低到十亿分之一，温度也会降低。

Max-Planck 研究所的 Grego Morfill 等演示了低温等离子体可在几秒钟内方便地对手进行消毒。他们的装置由一片夹在一个铜电极与一片丝网电极之间的聚四氟乙烯板组成。当在铜电极与丝网电极之间加以 18 kV 的高压时，所形成的强电场会产生大量的纳秒级与微秒级的放电使部分空气电离。这种电离会产生紫外辐射和混合的化学物质(包括臭氧、氧化氮、过氧化氢和自由基)，这些成分都可以杀死细菌。

研究人员还实验了用低温等离子体清洗伤口的方法。这一研究工作更困难一些，因为希望等离子体不仅要杀死细菌还要防止细菌再增生，同时又不能损坏人体细胞。

在一系列的实验中，研究人员对两种条件进行了对比，一种条件是用等离子体产生的化学物质和紫外光照射大肠杆菌，另一种条件是仅使用紫外光照射大肠杆菌。发现用紫外辐射时，短期效果比较好，而用化学物质时，可以在照射后长期抑制细菌的生长。这些结果将作为今后的设计参考。

(树华 编译自 Physics World News, 26 November, 2009)

发展多铁性材料的新思路

多铁性是指一种材料具有铁磁性(或反铁磁性)、铁电性(或反铁电性)和铁弹性(在某个临界温度以下产生自发应变)等联合属性。鉴于这类材料在电控微波器件、磁场敏感器以及自旋电子学方面的应用前景,它已成为近年来的热门研究课题。如果多铁性材料中的序参量是相互耦合的,其中的一种序参量将可能被另一种序参量的关联场所操控。例如,在磁电材料中,磁矩可以被电场操控,或者电偶极矩可以被磁场操控。近年来,关于多铁性材料的研究在世界范围内势头强劲,涉及化学、材料理论和合成技术等诸多领域。不幸,有应用价值的成果有限。其原因在于:从电子结构看,铁磁性和铁电性是相互排斥的。具体说,铁磁性要求未配对的电子,以便实现“交换耦合相互作用”;但铁电性材料(多数包含过渡金属离子),则要求其中的过渡金属离子具有空的外电子壳层。为了避免上述电子结构的失配,采用材料复合技术或许是有效的,其中的机理包括:利用应变作为耦合中介,将铁磁性和铁电性结合在一起。

最近,来自美国佛罗里达州立大学的 Jain 等撰文(J.

Am. Chem. Soc., 131:13625—13627)报道了他们在多铁性材料方面的新发现。这是一类全新的多铁性材料,与以往的无机多铁化合物不同,新材料是有机多孔结晶体,被称为金属—有机骨架(metal—organic frameworks, MOFs)。它的分子结构类似于 ABO₃ 钙钛矿,化学式为[(CH₃)₂NH₂]⁺M(HCOO)₃⁻,其中 M=Mn, Fe, Co 和 Ni。有机分子的出现,导致氢键在构架的组分之间形成。正是有机结构中的氢键引发了材料中的电有序,并在提高材料多铁性临界温度方面起到了关键作用。新材料在室温处于顺电相,当降温至 160—180K 时,进入反铁电相;继续降温到 10K 以下,化合物经历第二次相变,即反铁电和弱铁磁共存。有专家指出, Jain 等工作是一个振奋人心的起点,接下来的任务是,将材料多铁性临界温度提高到室温,同时两个序参量之间的耦合强度也需进一步增强。新材料的优势在于:它们的结构容易被改进,以至于化合物的性能可以被优化。

(戴闻 编译自 Nature, 2009, 461:1218—1219)

石墨烯中的分数量子霍尔效应

在一块矩形金属片的 x 方向通入电流 I , 令外磁场 B 的方向垂直于金属片的表面(沿 z 方向), 于是在 y 方向便可以测得一个电压 V_H ——霍尔电压(横向电压), V_H/I 被称为霍尔电阻。在经典霍尔效应中, 霍尔电压与外磁场 B 成正比, x 方向的纵向电压 V 也随外磁场的增加平稳地增加。1980 年, 德国物理学家冯·克里青(von Klitzing)用半导体场效应晶体管做实验, 研究其中被限制在二维平面内的电子运动。他发现, 在极低温和强磁场条件下, 霍尔电压 V_H 随外场 B 变化的图像与经典图像完全不同: 霍尔电压 V_H 随外场 B 的增加做阶跃式的变化。并且, 与每一个 V_H 平台相应的霍尔电阻(V_H/I)恰好等于物理常数 h/e^2 (h 是普朗克常数, e 是电子电荷, $h/e^2 = 25815.807\Omega$)除以一个整数 ν ($\nu = 1, 2, 3, \dots$)。纵向电压 V 作为外场 B 的函数, 与 V_H 对 B 的图像关联密切, 即在霍尔电压 V_H 平台所对应的磁场区间, 纵向电压 $V=0$ 。上述发现, 被称为整数量子霍尔效应。

对于平面内的电子, 电荷密度 $= n_s \times e$, 其中 n_s 是单位面积的电子数。根据电磁学的定义, 磁通密度 $B = n_B \times \Phi_0 = n_B \times h/e$, 其中 n_B 是单位面积磁通量子的数目, $\Phi_0 = h/e$ 是磁通量子。于是, 电荷密度/磁通密度 $= (n_s/n_B) \times (e^2/h)$ 。等式最右边的 e^2/h 正好是量子霍尔电阻的倒数, 而克里青效应中的整数 ν ($\nu = 1, 2, 3, \dots$)就对应于 n_s/n_B , 也就是每根磁通量子分摊到的电子数。接下来, 如果磁

场强度继续增加, 以至于 $n_B > n_s$ (此时, n_s/n_B 只有小数部分, 没有整数部分), 情况会怎样呢? 这也就是崔琦和 Horst Störmer 当年(1982 年)的问题。他们用更纯的样品(半导体异质结中的二维界面)和更强的磁场继续进行探索性实验, 终于有了新的发现——分数量子霍尔效应。最先发现的霍尔电阻分数平台, 相当于 $n_s/n_B = 1/3$ 。这意味着, 每根磁通量子分摊到 $1/3$ 个电子。

最近, 来自美国 Rutgers 大学的 Du 等, 在一种全新材料(Graphene——石墨烯, 单原子厚度的石墨碳膜)中, 观察到了分数量子霍尔效应(对于 Graphene, 其整数量子霍尔效应的观察在 2005 年实现, 结果同时表明: Graphene 中电子的动力学服从相对论 Dirac 方程, 由此引发了 Graphene 电子学研究的巨大热情)。将样品膜悬空搭在两个电极之间, Du 等创建了一个“两终端”霍尔效应测试器件。由于电子裸露在样品表面, 最大限度地排除了无序因素的干扰, 研究者得以在 $T = 20K$ 的相对高温下实现 $\nu = 1/3$ 的观察。与崔琦和 Horst Störmer 共同分享诺贝尔物理奖的理论家 Robert Laughlin 曾指出: 系统中电荷的最小单位被破碎成电子电荷的 $1/3$, 其原因在于电子—电子之间的相互作用所引发的强关联。总之, 无论是分数量子霍尔效应, 还是 Graphene 电子学, 物理学家们做出更多工作的机会来了。

(戴闻 编译自 Nature, 2009, 462:170, 192, 196)

夸克—胶子等离子体产生的么秒光脉冲

为了研究是否能产生高能超短光脉冲问题,德国 Max—Planck 核物理研究所的三位物理学家建立了夸克—胶子等离子体(QGP)膨胀的模型. 当重核以相对论性速度相互碰撞时产生一群高温、高密度的基本粒子. 在不到几个么秒(10^{-24} 秒)的时间内,能量为 GeV 量级的瞬发光子由膨胀的 QGP 中发射出来. 这些光子主要是通过夸克—胶子的康普顿散射和夸克—反夸克湮灭所产生的. 他们的模型预言,在一定的碰撞参数和探测器放在几乎与碰撞轴线平行的情况下,在 QGP 消失前会产生一个双峰脉冲. 其中一个脉冲是蓝移的,产生于QGP相的形成时,另一个脉冲是

红移的,产生于 QGP 相的消退时. 两个峰相隔的时间大约是光穿过 QGP 的时间. 两峰之间的凹陷处是在那群基本粒子的动量分布具有各向异性的时候,间隔的时间是由各向异性变化到各向同性分布所经过的时间. 两个峰的相对高度与光子的能量和发射角度有关. 如果该模型被证明是正确的,这种双峰脉冲可用于核时间尺度上的抽运—探测实验,如研究重子共振等. 此外,该模型还表明,对所发射的光子进行分时的研究可以为观察在整个膨胀过程中内部的 QGP 动力学提供一个窗口.

(树华 编译自 Phys. Rev. Lett. , 2009, 103: 251301)