

---

# 有源光学微腔强耦合下的Diabolical Point研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/8066.html>

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

DP (Diabolical Point) 源于系统能级在参数空间中的偶然简并，具有正交的本征矢。由于DP的拓扑相位和特殊的能量色散关系，光学结构中的DP可以为研究拓扑光学或者量子拓扑性质提供新的思路和方法。同时，量子点等量子光源与光学微腔的耦合可以实现电子-光子相干交换的界面，是量子信息处理的重要载体。因此，如果在有源光学微腔中实现DP，则该系统就在可扩展化量子信息处理中有着广泛的应用前景。

然而对于有源的微腔，微腔中的量子光源以及加工制备过程导致的缺陷会作为散射体导致背向散射，使得原本简并的光学模式耦合形成新的模式。这些量子光源和缺陷的分布随机，很难对其进行控制。并且它们引起对称的背向散射使得新形成的微腔模式为平庸的本征态。因此，目前在有源微腔中实现DP是很困难的。

近日，中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心许秀来课题组与研究员顾长志、金奎娟以及北京大学教授肖云峰、南开大学教授薄方等人合作，在强耦合的有源光学微腔中实现了厄密简并，即在光谱上观察到一对DP。成功将DP引入有源光学微纳结构使得该系统可以作为相位门的载体以及出射方向可控的激光器等，这对实现光量子网络具有重要的意义。此外，作者还提出了通过引入控制器调控双微腔之间的距离可以进一步提高该系统的可控性和可扩展性。相关成果以Diabolical Points in Coupled Active Cavities with Quantum Emitters 为题发表在Light: Science Applications上。杨静南和钱琛江为该文章的共同第一作者。

通过理论模型的分析 and 计算得出，当两个微盘中的背向散射耦合强度相反时，一对DP会出现，即系统发生厄密简并，如图1 (b) 所示。经过理论模型的计算，与没有背向散射的耦合微腔之间线性的关联相比，处在DP的耦合微腔之间的关联是非线性的，而且可以通过改变光学微腔之间的耦合强度或者背向散射耦合强度来控制，如图2所示。然而，相反的两个背向散射耦合强度也正是实验上在耦合微腔中实现DP最大的难点，因为量子点在微腔中随机分布难以控制。为了解决这个问题，研究人员基于微腔中量子点和缺陷两种散射体之间的竞争，提出了一种宏观调控背向散射的方法。由于量子点和缺陷的折射率不同，可以分别充当高折射率的散射体以及低折射率的散射体，对背向散射耦合强度的贡献一般来说分别是负和正的，从而这两种散射体之间的竞争会影响背向散射耦合强度的正负性。通过优化微腔的尺寸，微盘中的两种散射体可以处于平衡的竞争，即背向散射的分布近似为平均值为0的高斯分布，并在腔模劈裂的统计结果中得到了证明，如图3 (f) 所示。在这种的平衡态下，作者在一些强耦合的双微腔系统中，通过调控两个微腔的失谐观测到了两个微腔的背向散射数值相同但符号相反，从而其共振处实现了一对DP，如图4 (d)。

该工作得到国家自然科学基金 (11934019、11721404、51761145104、61675228、11874419)，科技

部重点研发计划（2016YFA0200400），中科院战略性先导项目（XDB07030200、XDB28000000、XDB07020200），中科院仪器研制（YJKYYQ20180036），中科院交叉创新合作项目以及广东省重点研发计划（No. 2018B030329001）的资助。

[文章链接](#)

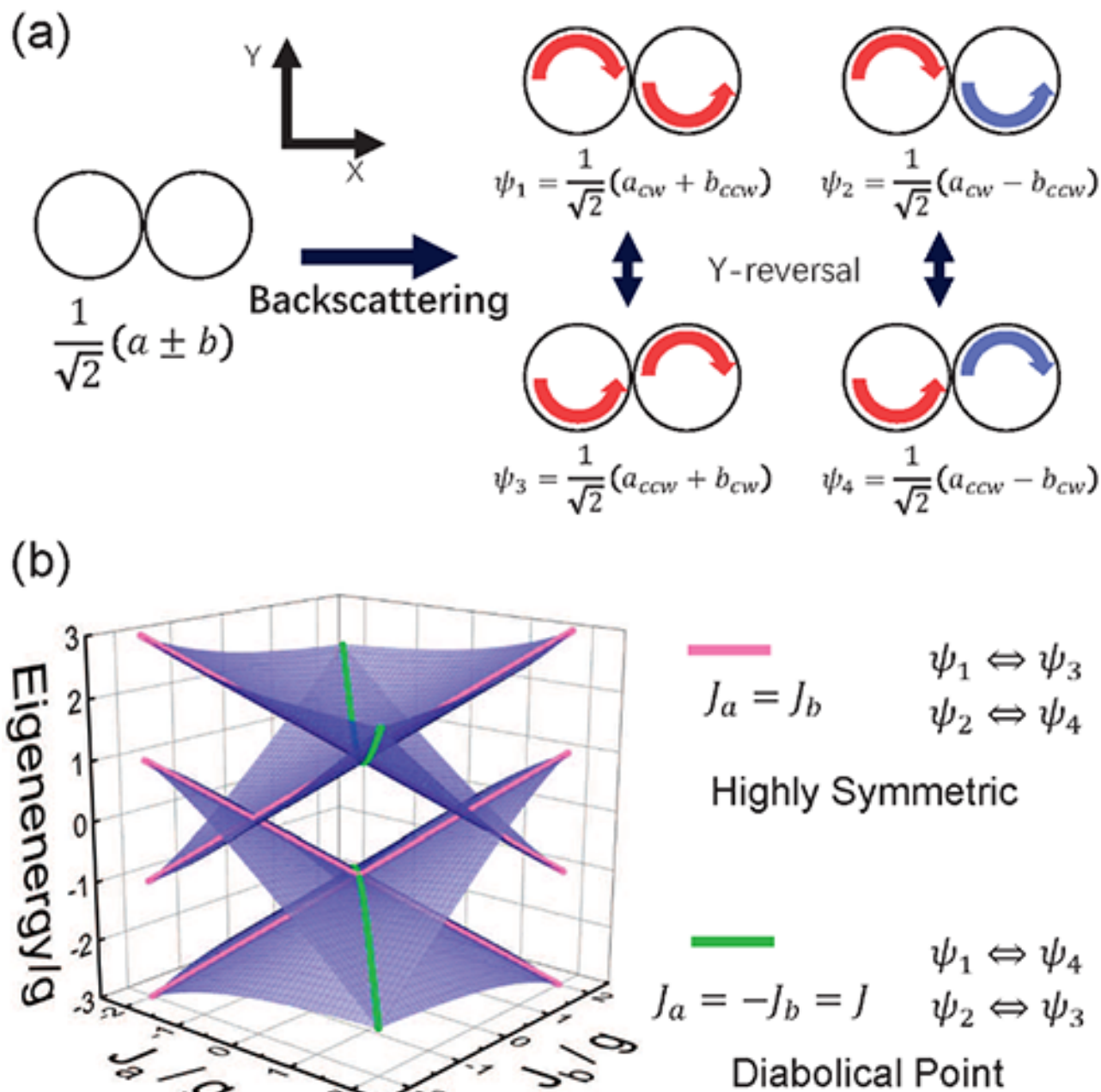


图1. (a) 背向散射下满足Y方向反转的两对态的图示。红色的箭头代表“+”，蓝色的箭头代表的是“-”。(b)  $J_{a,b}$ 不同取值下的四个本征值。粉色线对应 $J_a=J_b$ ，绿色线对应 $J_a=-J_b$ 。

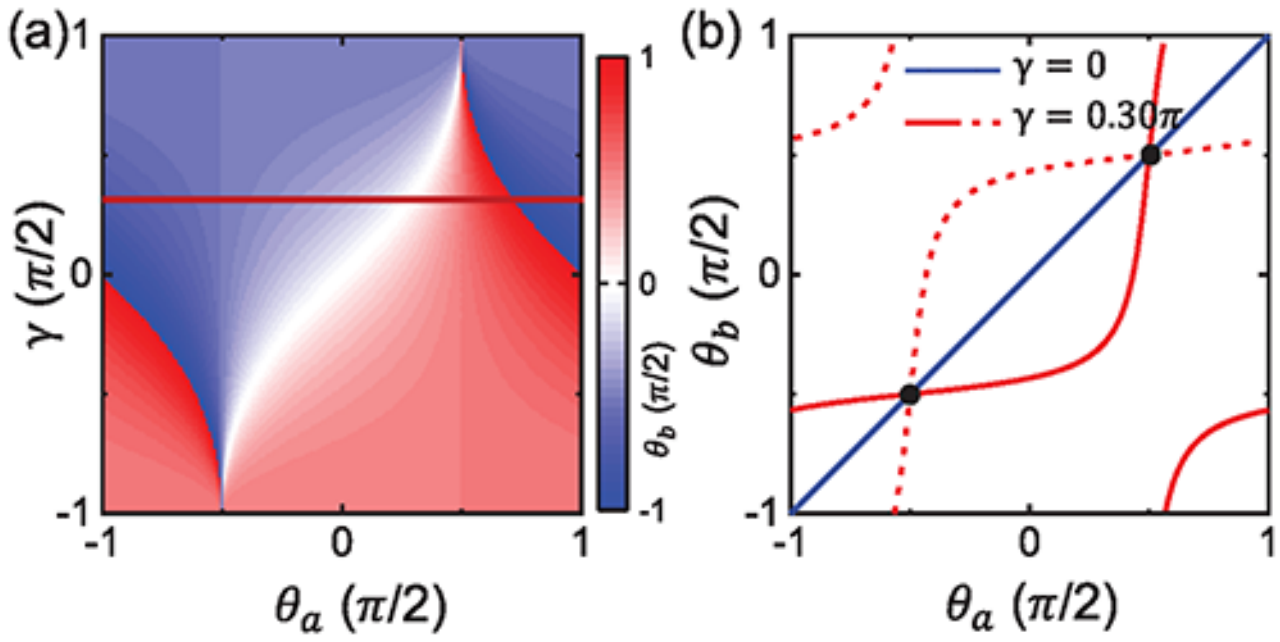


图2. (a)  $J_a = -J_b$  和  $\theta_a = \theta_b = 0$  时, 不同

下的本征空间。这个本征空间与图2 (b) 中上方的绿线对应。(b) 两个微盘之间的本征空间以

$\gamma = 0.30$

的DP以及相移。红色的实线对应 (a) 中的红线以及图1 (b) 中上方绿线上的一点。红色虚对应图1 (b) 中下方绿线上的一点。

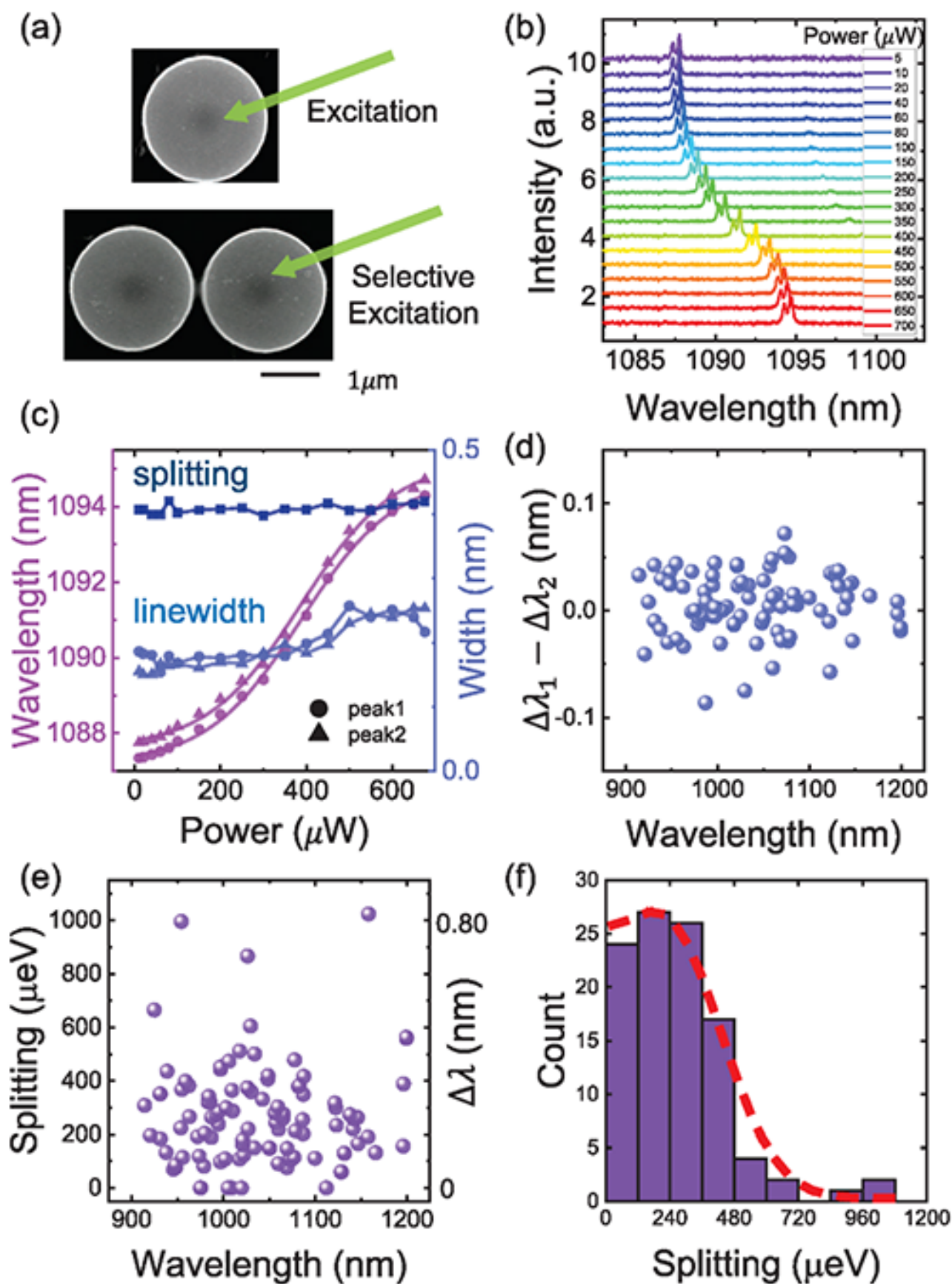


图3. (a) 单个微盘和双盘的SEM图。激发光用绿色的箭头表示。(b) 腔模随功率增加的红移谱

图。(c) 利用洛伦兹多峰拟合提取出的劈裂腔模的波长、线宽以及劈裂大小功率响应图。(d) 两个劈裂模式的线宽差统计图。光谱仪的分辨率是0.1nm。(e) 腔模的劈裂统计图。(f) 腔模劈裂分布以及半高斯拟合。

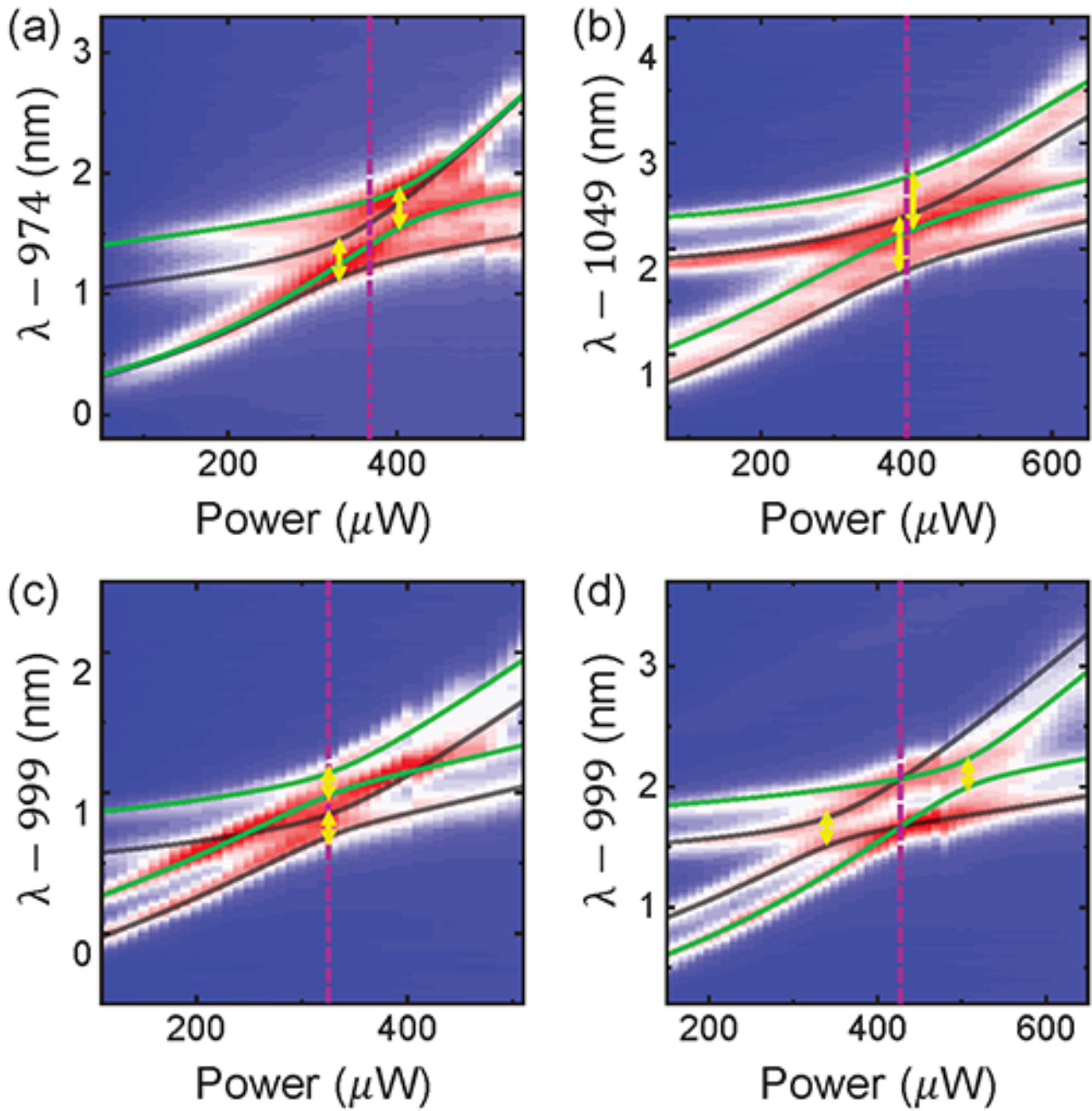


图4.耦合微腔依赖于激发功率的荧光光谱图以及不同 $J_{a,b}$ 下的拟合结果。紫色的虚线标记了腔模的共振  $\lambda_a = \lambda_b$ 。(a)  $J_a=0$  且  $J_b=0$ 。(b-c)  $J_a J_b > 0$ 。(c)  $J_a = J_b$ 。(d)  $J_a J_b < 0$  且  $J_a = -J_b$ 。DP出现在共振的时候。

研究团队单位：物理研究所

---

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发