综述：范德华材料中的光-物质强耦合

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/30894.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！

综述：范德华材料中的光-物质强耦合。 导读

在探索光与物质相互作用的奥秘中，极化激元的概念始终扮演着重要角色。这一概念最早由黄昆先生在1951年提出，当时他在研究晶格振动（即声子）与光场耦合的过程中首次提出了这一理论。微腔激子-极化激元是腔光子和半导体中的激子发生强耦合相互作用后形成的叠加态，兼具光与物质双重属性。在基础物理研究和未来的光电集成器件应用中，极化激元发挥着至关重要的作用。

最近，范德华半导体材料中的二维过渡金属硫族化合物（transition-metal dichalcogenides，TMDs）因其具有较大激子束缚能和谐振子强度，成为了研究室温下光-物质强耦合相互作用的理想平台。同时，TMDs中多样的激子跃迁类型、谷极化、多场可调等特性和范德华可集成优势，为激子-极化激元的基础研究和应用发展提供了崭新的维度和可能性。

在这样的背景下，近期清华大学熊启华教授团队与国内外合作者以Strong light-matter coupling in van der Waals materials为题在Light: Science Applications上发表了综述论文。清华大学博士生罗园和新加坡南洋理工大学博士后赵佳馨博士为并列第一作者，清华物理系熊启华教授为通讯作者。该工作同时获得武汉大学物理与技术学院徐红星院士团队、刘晓泽教授和王子昱教授；武汉量子技术研究院郭全兵研究员，北京量子信息科学研究院Sanjib Ghosh副研究员，新加坡南洋理工大学Timothy C. H. Liew教授和意大利国家研究理事会纳米技术研究所Daniele Sanvitto研究员等团队的支持和帮助。该研究获得了国家自然科学基金委、清华大学低维量子物理国家重点实验室、清华大学自主科研计划、新加坡教育部等经费资助。

该综述论文全面回顾了TMDs激子-极化激元中激动人心的研究进展，并深入探讨了二维TMDs中激子-极化激元的光学结构、基础物理性质、器件应用的发展和未来的机遇与挑战。

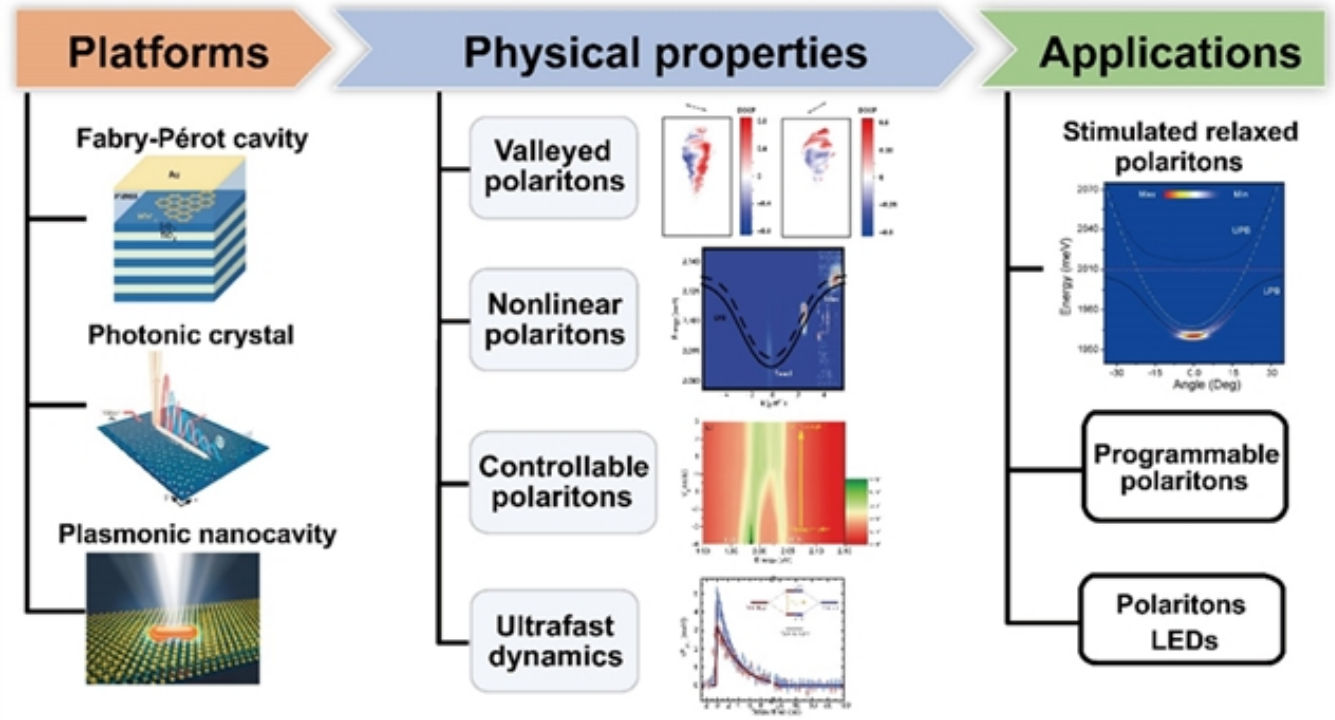


图1. TMDs激子-极化激元的研究进展框架图

一、实现TMDs激子极化激元的光学结构

自 2015 年首次观测到二维 TMDs 中的激子极化激元以来，半导体 TMDs与光学微腔之间的强耦合领域逐渐被研究者重视。随着半导体增益材料的进展和微纳加工技术的不断进步，越来越多的光学结构被证实能够实现二维TMDs极化激元，其中包括二维法布里-
珀罗（FP）谐振腔、光子晶体结构和基于表面等离激元的纳腔体系等等，如图2所示。

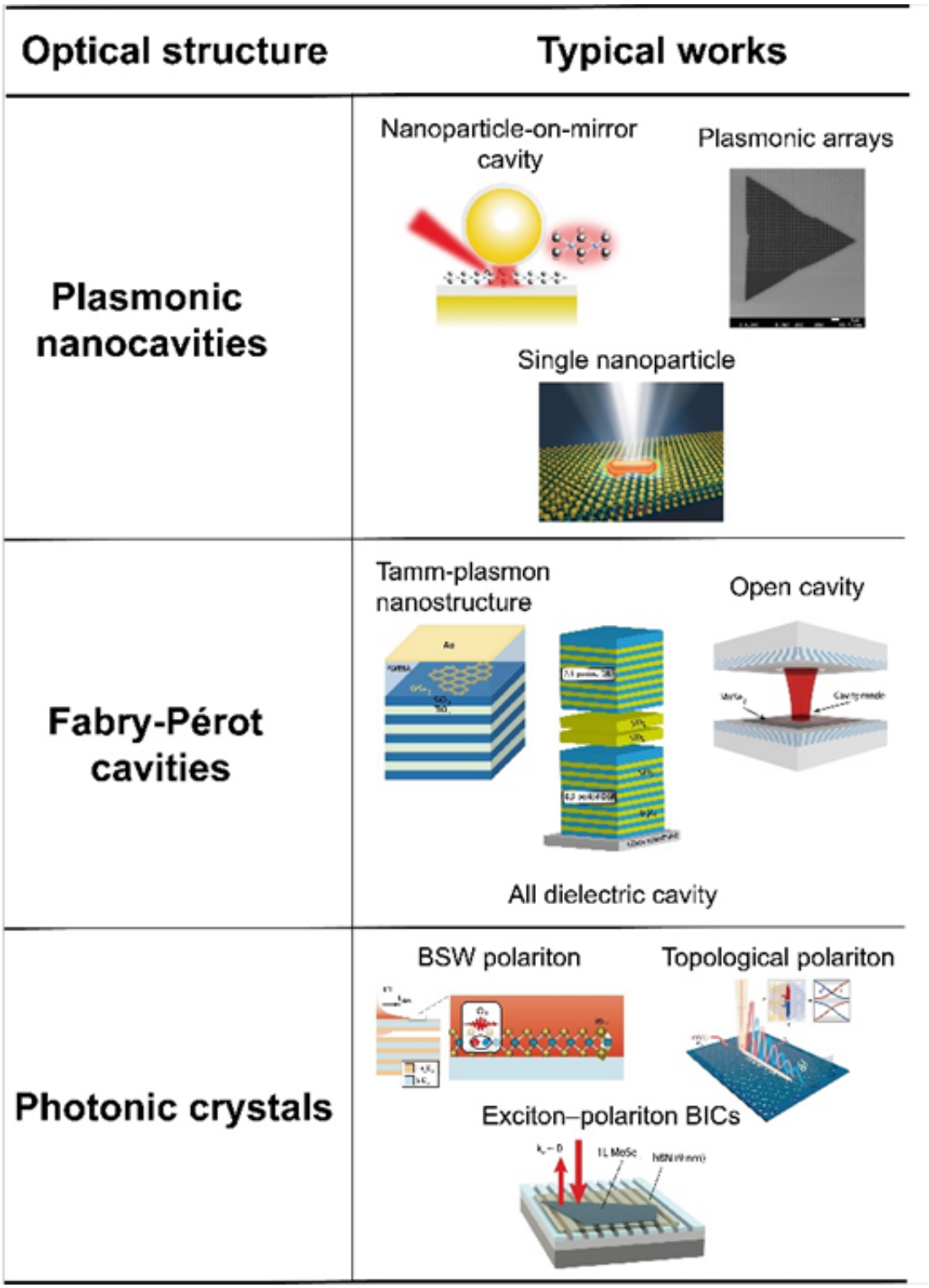


图2：多种实现TMDs极化激元的光学结构

二、TMDs极化激元的光学非线性

与纯光子系统相比，当引入激子组分，形成激子极化激元时，其非线性相互作用的量级可达数十-数百毫电子伏特级别。激子极化激元的这一特性，使其在混合玻色子系统中成为探索新颖宏观量子现象的重要体系，为我们理解量子世界提供了新的视角和工具。

在二维过渡金属硫族化合物（TMDs）微腔中，激子极化激元虽然具有重要的物理意义，但其整体非线性相互作用强度相对较弱，这限制了它们在某些应用中的潜力。为了克服这一挑战，科学家们近年来进行了大量的研究和尝试，从探索不同的光学结构，过渡到耦合TMDs半导体材料中丰富的激子类型，包括三元带电激子、里德堡态激子、莫尔激子和层间激子等。如图3所示。

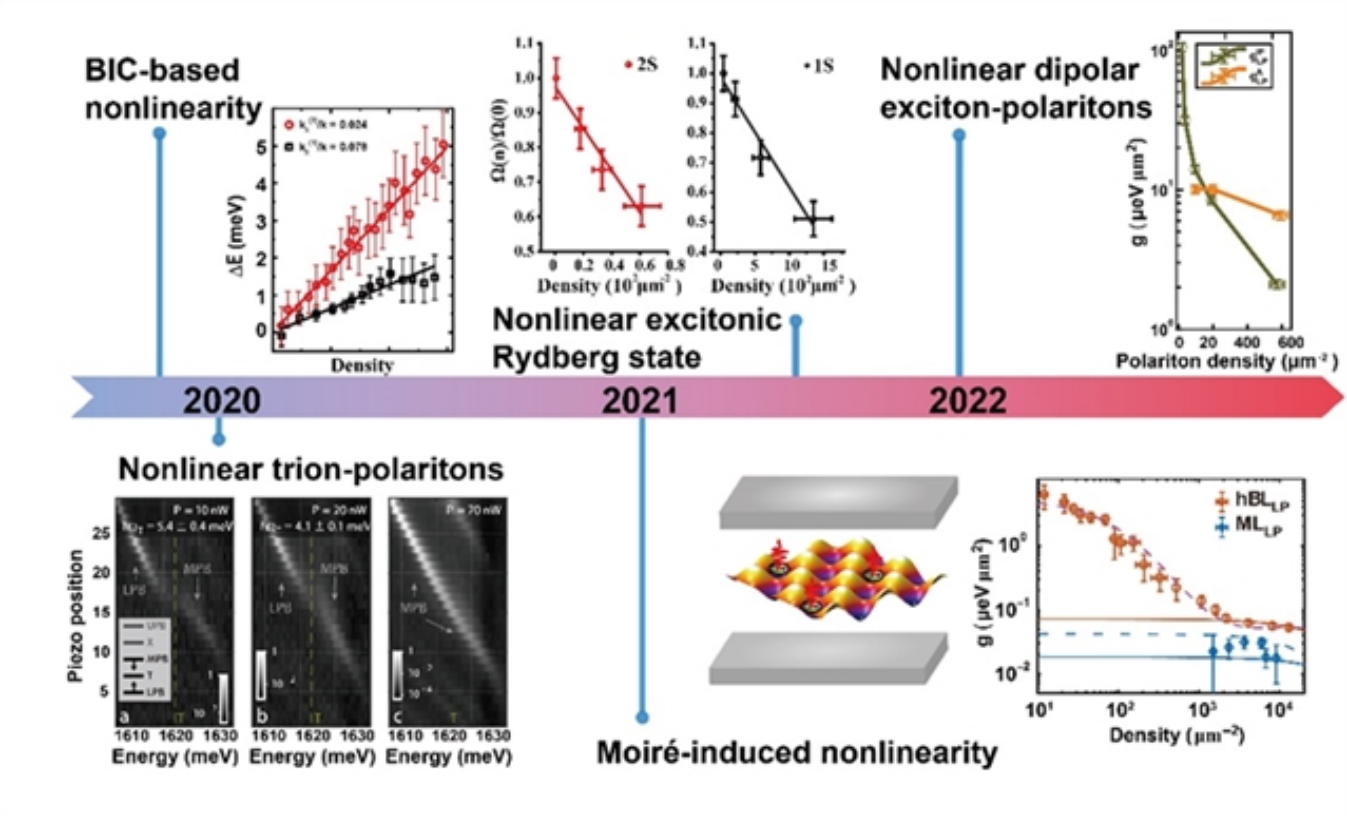


图3：提升TMDs极化激元光学非线性的研究进展

三、TMDs激子极化激元的可调谐性

为了推动TMDs微腔中光-物质强耦合相互作用的发展，科学家们不仅致力于探索其物理性质，还致力于开发有效调控这些杂化准粒子的新方法：（1）直接调控激子本身的特性，如通过外加的电磁场，或者异质结引入的莫尔周期性势场；（2）改变腔内光子模式的能量大小或能级结构，包括在材料制备过程中引入的随机的光学势阱，以及借助微纳加工技术来设计并制造人工光学晶格等。

四、TMDs激子极化激元的潜在发展方向

尽管在过去十年中，TMDs材料的研究取得了显著成就，但这一领域仍然充满机遇与挑战。未来，这一领域的发展将聚焦于新材料的发现、新物理现象的探索以及新应用的实现。

在新材料的探索上，研究者们正在探索各种各向异性材料中的激子性能，如二维反铁磁范德华材料等。这些新型材料的特性将为开发新型偏振可调极化激元电子器件提供新的可能性，推动光电器件技术的进步。在新物理现象的探索上，结合基于TMDs的莫尔超晶格以及极化激元非线性增强的研究进展，科学家们有望将TMDs极化激元的研究推向量子领域的新高度。在新应用方面，基于极化激元凝聚提出的非线性极化激元模拟器，有望在解决优化问题上开辟新的应用领域。这

种新型模拟器的潜力，将为复杂系统的模拟和优化提供强大的工具。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01523-0

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：熊启华等 来源：《光：科学与应用》

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转发