全球首个光子时间晶体开启光控新时代

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/41181.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！

全球首个光子时间晶体开启光控新时代。一个国际研究团队首次通过实验构建出全光学光子时间晶体——一种能随时间推移快速且重复地改变其光学行为的材料。这一突破有望为超快计算、新型智能通信系统、先进成像技术以及新一代高度可调谐激光器研究作出贡献。相关成果近日发表于《自然》。

操控光在材料内部的传播行为，已催生出塑造现代生活的诸多技术，光纤承载着通信网络信息、激光器提供高精度光源、光学传感器广泛应用于化学和生物学领域……而法国巴黎综合理工学院的Yannis Laplace的辐照固体实验室团队，致力于研发能控制太赫兹频段光的光子器件。

太赫兹频段处于电子技术与光子技术的交界处，其频率比当前电子元件使用频率高约1000倍，有望为观测和操控物质提供强有力的新途径。无论对科学还是社会而言，这一频段都充满机遇，但与其电子学和光子学同类技术相比，它的开发相对滞后。而制造光子晶体有望补齐这一差距。Laplace说。

传统光子晶体是一种纳米结构材料，包含重复的光学图案，这决定了光子在其中的运动方式。通过排列不同形状和折射率的材料，科学家能够阻挡、引导或增强特定波长的光。从这个角度看，光子晶体控制光子的方式类似于半导体控制电子。

Laplace团队的早期实验表明，温度和磁场可以改变光子晶体捕获光的能力。然而，一旦这些条件设定完毕，其光学行为便不会随时间改变。

而Laplace团队此次构建的全光学光子时间晶体的光学特性，如反射率、共振频率，能在皮秒（万亿分之一秒）的时间尺度上被动态改变。这已接近光自身振荡的时间尺度。除了空间上光学图案的排列外，光子时间晶体还在时间维度上引入了重复的图案。

通过将光子晶体从空间拓展到时间，我们为光控制开辟了一个新的维度，也开启了一条通往光放大和激光发射的新路径。这可能彻底改变太赫兹频段及更广范围的光学技术。论文第一作者、巴黎综合理工学院的博士生郭廷文（音）解释道。

然而，要实现如此快速的操控，需要复杂的专用器件。在Thales集团Albert Fert实验室和巴黎综合理工学院物理界面实验室的支持下，研究人员构建了一种等离子体超材料的光子晶体。该材料包含微米尺度的金质城垛状结构，位于绝缘层和由铟锑混合物制成的半导体之上。这些金结构形成了微小空腔，能将光限制在金层和半导体层之间。当半导体表面被激发时，会产生表面等离子体，即能捕获光并维持其振荡的电子集体激发波。这种相互作用为研究人员提供了一种以极高速度

操控被捕获光子的方法。

研究团队将器件暴露于德国德累斯顿-罗森多夫亥姆霍兹中心（HZDR）TELBE超辐射太赫兹光源产生的激光脉冲下。由于TELBE能产生可调谐至不同频率的强太赫兹辐射，研究人员得以同时从强度和速度层面改变材料的光学性质，尤其是反射率。这种强度的改变，好比迫使一个物体发出完全不同颜色的光，且整个转变过程发生在皮秒尺度上。TELBE能产生高场强、相位稳定的太赫兹脉冲，对实现这一点至关重要。TELBE设施协调员Jan-Christoph Deinert说，没有这一基础设施，是不可能实现光子时间晶体机制所需的那种相干、超快调制的。

法国法兰西公学院研究员Marco Schir ó 团队开发的一个理论模型，支持了Laplace团队的实验发现，并帮助解释了光子在器件内部的行为方式。模型计算还表明，让材料随时间改变，可将光子耗散减半。耗散指的是那部分未被反射、穿过了超材料表面的光子。该理论不仅重现了实验，也为指导这一系统的未来发现打下了基础。Schir ó 表示。

研究人员希望进一步减少光子耗散，并增加晶体内容纳的光子数量。如果他们能产生足够强的放大效果，该器件或将成为高度可调谐激光器的研发基础。

光子时间晶体最终可能改变光在技术中的应用方式，尤其是在太赫兹频段。它们在极短时间尺度上改变光的能力，有望支撑用于医学成像和通信的超快激光器。

此外，这项技术有望使瞬时按需调节光的颜色或强度等特性成为可能。这种级别的控制能力，可能催生更快、更智能、适应性更强的光学系统。（来源：中国科学报 许悦）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41586-026-10825-9

作者：Yannis Laplace 来源：《自然》

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