

助力中国光刻机突破技术瓶颈 港城大团队研发真空紫外非线性超构透镜

解决国内光刻机的技术瓶颈，是香港城市大学电机工程系教授蔡定平团队近期一项工作的研究初衷。其研发出的一款新型真空紫外光超构透镜，可用于半导体制作、光化学、材料科学等，所产生的聚焦真空紫外光源，也能广泛用于微纳光刻等高端工业领域。未来延伸到更短波长之后，可用于光刻机。

这款基于真空紫外光的新型非线性超构透镜，能同时产生和聚焦真空紫外光，直径为45微米。它可通过二次谐波产生过程，将波长394纳米的紫外光转换为波长197纳米的真空紫外光，并能将转换后的真空紫外光聚焦，聚焦之后的光斑直径小于200万分之1米。

根据美国莱斯大学合作者的测试，相比超构透镜表面的平均功率密度，聚焦光点的功率密度可提高21倍。

首次提出真空紫外非线性超构透镜新概念，有望用于极紫外线光刻机

概括来说，该课题组首次发现并提出真空紫外非线性超构透镜的新概念。针对传统真空紫外器件材料吸收强、系统体积大、复杂度高等问题，这款超构透镜将其一举攻克，借此为非线性真空紫外产生和所产生光的聚焦，提供了一种高度紧凑的解决方案，并且无需额外的光学元件。

详细来说，真空紫外光的波长范围通常为100至200纳米。由于它的光子能量高，以及鉴于光和物质的相互作用更强，所以真空紫外辐射能广泛用于材料表征与加工、生物技术等。

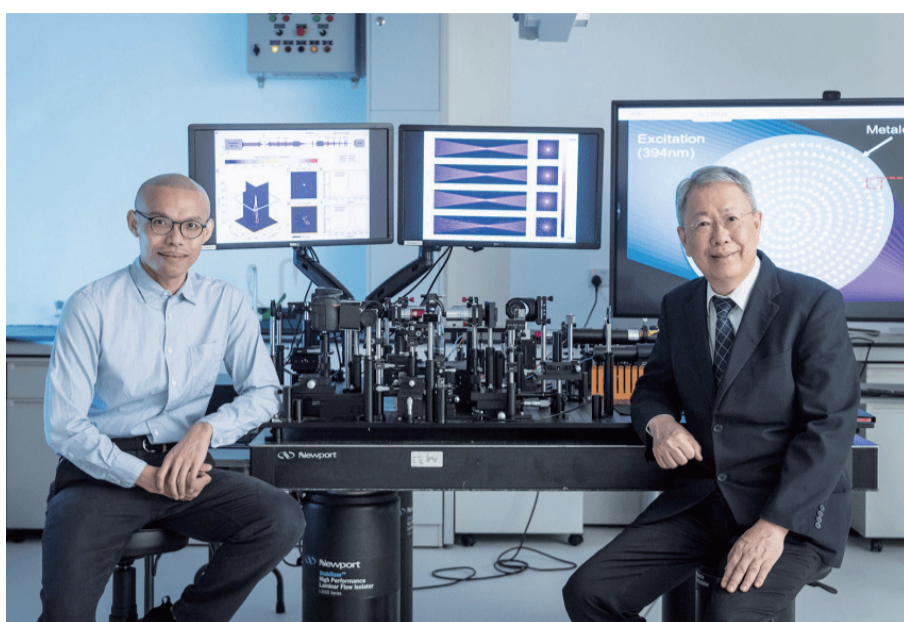
但在目前仍然面临两大缺乏：低损耗的光学元件、紧凑型的光源。这直接导致该波长范围内的新应用无法更快“诞生”。而几乎所有用于传统镜片的玻璃类型，都不适用于真空紫外光，因为它们100至200纳米的波长范围内具有很强的吸收力。

在当下，只有氟化钙和氟化镁等少数材料，可被用于真空紫外透射型透镜。然而这些材料相对脆弱，限制了薄透镜的实际制造和设计。另外，尽管反射光学可以消除真空紫外吸收，但却显著增加了真空紫外系统的体积和复杂度。

说到这里，就得介绍一下真空紫外光源，其历来是一种大型的固定波长长分子激光器，需要较大的实验室占地面积、以及大量气体处理设备。

此前，人们将固态激光光源与非线性光学过程结合，让真空紫外光的研究得以拓展。其中，从稀有气体蒸汽中的级联三倍频，到产生高度级联谐波的这一过程，是将低光子能量光源转换为更高光子能量光源的有效方法。

在更高效的上转换过程里，非线性光学晶体中的二次谐波产生，会严重受制于真空紫外波长的相位匹配以及吸收。因此，要想进一步利用电磁光谱区域，亟需新型真空紫外光的产生和调控方法。



一款“神器”——超构表面

超构表面，为打破该波长范围的限制提供了新平台。其由亚波长纳米谐振器组成，该器件搭载着精心设计的几何参数，可以实现光波前控制、可调谐光谱操纵等目标功能。

作为一种高度紧凑的平面光学元件，非线性超构表面能够增强局部有效非线性，可在不受相位匹配约束的状态下产生真空紫外光。同时，由于超构表面能把入射光，聚焦到纳米级热点，故在红外到深紫外范围内，可以极大提高非线性过程的效率，从而用于紧凑型的光产生装置。

在课题组此前工作里，通过对非线性材料组成的超构原子进行精确设计，即可“激励”基频波长的共振模式，进而将非线性超构表面的工作波长扩展到真空紫外范围。

但是，受到超构原子的几何形状影响，所产生的光会被分散成不同图案。对于实际应用来说，这种衍射是不可取的。因为，这时需要额外的光学元件，来对真空紫外光进行收集和准直，这必然会导致损耗，并极大增加系统的尺寸。

而本次工作则解决了上述问题。近日，相关论文以《真空紫外非线性超构透镜》(Vacuum ultraviolet nonlinear metalens)为题发表在Science Advances上。

审稿人评价称，该工作提出并展示了一种具有发展前景的新方法，借此实现基于介电超构表面的新型真空紫外光子器件。因此真空紫外光对于许多关键应用至关重要。

然而，由于光源有限、且缺乏在该光谱范围内工作的高效光学材料，开发具有新功能的紧凑型真空紫外系统十分具有挑战性。

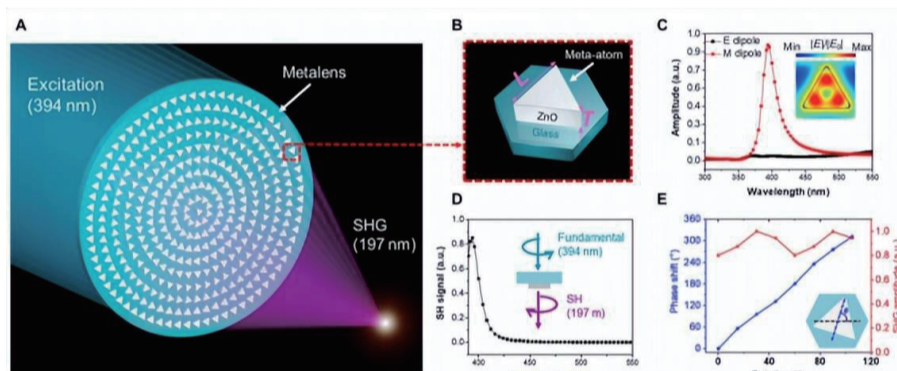
而该团队此次报道的超构透镜，能够产生并有效聚焦真空紫外光。实验证明，聚焦真空紫外光的高度功率密

度增强，这能实现许多应用例如扫描光谱学和纳米光刻等。

通过将这种多功能非线性超构透镜，集成到当前的真空紫外系统中，可以显著降低尺寸和损耗。论文内容还表明，非线性超构表面具备实现其他真空紫外功能的潜力。

审稿人还表示：“我有了解同一作者在Nano Letters上发表的早期论文。然而，当前工作展示了真空紫外光的产生和聚焦，向前迈出了实质性一步。作者在纳米谐振器设计中，引入了非线性几何相位，以实现输出真空紫外光波前的精确相位控制。实验也证实了由此产生的超构透镜的紧密性真空紫外聚焦和增强。”

课题组也表示，这项研究是前人从未实现过的、应用广泛且非常有意义的工作。



从最初的想法与设计的提出，到材料选择、物理机制选择，以及几何参数的选择，再到样品的精密加工和精确测量真空紫外光学，期间耗费大量心力。概括来说主要有以下步骤：

第一步，想法的探索与提出。最初，课题组发现在材料表征与加工、生物技术、微纳光刻、先进制作等方面，真空紫外光源具有重大应用前景。进而他们找到了领域内目前遇到的主要困难，比如材料吸收强、系统体积大、复杂度高等。

结合该团队在超构表面与超构器件方面的经验，他们提出了真空紫外非线性超构透镜的设计方法与目标，即在一薄片样品上，同时实现真空紫外光的产生和聚焦。

第二步，对设计方法和目标进行模拟仿真。在材料选择上，该团队使用二阶的非线性介电材料氧化锌，其具备低损耗、高折射率等优势，可保证器件的效率，以及电磁场在非线性材料中的局域能力。

物理机制上，则选择米氏共振模式，以让氧化锌超构单元中的电磁场得到极大增强，进而提高二次谐波非线性的转换效率。

考虑到基频处的共振波长、和倍频处的非线性聚焦，他们又选择具有C3对称性的超构单元，即六边形晶格和三角形超构单元；并采用非线性几何相位，来对几何参数与单元旋转角度进行选择与优化。而为了生成最优的真空紫外光聚焦性能，其又选用了更加合适的非线性超构透镜尺寸与数值孔径。

第三步，实验制备与测量。基于课题组在实验加工上的积累，在加工氧化锌的图案时，采用了电子束曝光技术，以保证高加工精度。同时，他们采用飞秒激光来“激励”光学非线性过程，以便获得最高的真空紫外光产生效率。

另据悉，真空紫外光需要在真空中测量光谱与光场成像，只有这样才能保证测量结果的准确性。最后，基于实验测量结果，他们再次对设计、模拟仿真、实验制备工艺加以优化，最终得到仿真与实验吻合、且器件性能最优的结果。

课题组表示：“此次研究需要在极小的空间内，产生很高的真空紫外光功率密度。很多事情都极具挑战性，比如同时设计非线性二次谐波产生、光的聚焦、

样品的精密加工和制备、实验光谱和光场成像的测量等。”

下一步，他们计划对新型材料比如二维材料、铌酸锂等进行研究。举例来说，铌酸锂作为低损耗高折射率介电材料，具有很高的二阶非线性系数，在纳米光子学和非线性光学等方面具有十分广泛的应用。因此，课题组计划进一步提高真空紫外光源效率，并减小所产生的真空紫外光源波长。(卢省)



日本可治疗近视的智能眼镜上市

日本洼田制药控股近日宣布，开始销售可治疗近视的智能眼镜，售价70万日元(约合人民币35420元)。

由于会在部分眼镜店销售订制产品，洼田制药分别于2021年在中国台湾、2022年在美国注册为医疗设备。



近视成因主要是眼轴过长或角膜弧度太弯，导致光线进入眼睛，无法在视网膜形成焦点，落在视网膜前端，造成眼睛只能看清楚近物，看不清远方影像。

透过洼田制药的智能眼镜，可将治疗的模糊图像投影

至配戴者(近视者)视网膜周围，再透过缩短拉长的眼轴治疗近视。据洼田制药宣称，近视者每天配戴60~90分钟便可矫正近视，但没有透露需戴多久，以及矫正成功后可维持多久。

根据其官网宣称，Kubota Glass技术透过视野周边投射由Micro LED产生的近视聚焦虚拟图像，以刺激视网膜，减少眼轴长度增加。

智能眼镜使用纳米技术，透过短时间主动刺激视网膜，减缓近视发展，且不影响日常活动。目前洼田制药计划将全部数据交给科学界发表。

洼田制药还计划研发减缓近视恶化的智能隐形眼镜，同时也想将这些技术用于AR和VR设备，以治疗儿童近视。(逸文)

加州理工学院开发新光学开关可能解决超高速信号处理

加州理工学院的工程师们已经开发出一种开关，这是计算的最基本组件之一，它使用光学而不是电子组件。这一发展可能有助于实现超快的全光信号处理和计算。

通过使用光脉冲而不是电信号，光学设备有能力比电气设备更快地传输信号。这就是为什么现代设备经常采用光学技术来发送数据。例如，光缆的网速比传统的以太网电缆快得多。通过以更快的速度和更小的功率做更多事情，光学领域有可能彻底改变计算。

然而，今天基于光学的系统的主要限制之一是，在某一点上，它们仍然需要基于电子的晶体管来有效处理数据。现在，利用光学非线性的力量，由加州理工学院电气工程和生物物理学助理教授Alireza Marandi领导的一个工程师团队已经创造了一个全光开关。

这种开关最终可以实现使用光子的数据处理。这项研究于7月28日发表在《自然-光子学》杂志上。

Alireza Marandi团队选择了一种被称为铌酸锂的晶体材料，这是一种在自然界中不存在的铌、锂和氧的组合，但在过去的50年中被证明对光学领域至关重要。这种材料本身是非线性的。由于晶体中原

子排列的特殊方式，它所产生的光学信号与输入信号不成正比。

虽然铌酸锂晶体被用于光学领域已有数十年之久，但最近，纳米加工技术的进步使团队能够创造出基于铌酸锂的集成光子设备，使光线被限制在一个微小的空间内。空间越小，相同功率下的光强度就越大。因此，通过这样一个光学系统携带信息的光脉冲可以提供比其他方式更强的非线性响应。

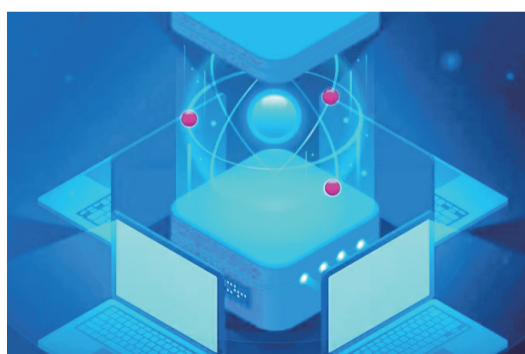
Alireza Marandi团队还在时间上限制了光。从本质上讲，他们减少了光脉冲的持续时间，并使用了一种特殊的设计，使脉冲在通过设备传播时保持短促，这导致每个脉冲具有更高的峰值功率。这两种策略的综合效果大大增强了特定脉冲能量的非线性强度，这意味着光子现在对彼此的影响更强。

最终的结果是创建了一个非线性分离器，在这个分离器中，光脉冲根据其能量被输送到两个不同的输出，这使得开关在不到50飞秒(飞秒是四亿分之一秒)的时间内发生。相比之下，最先进的电子开关需要几十皮秒(一皮秒等于1000飞秒)，两者相差很多数量级。(杭科)



德国宇航中心征集中性原子量子计算机方案

据德国宇航中心网站8月1日公告，按照德国宇航中心(dlr)2021年量子计算计划的思路，未来4年内将开发出多种不同架构的量子计算机原型。最近，德国宇航中心在该领域发布了一项新的方案征集需求，目的是开展基于中性原子的量子计算处理演示验证，该项目将以3年半为周期开展研究，其系统将分阶段扩展至100个以上的量子位。



量子计算仍处于早期发展阶段。开发量子计算机有多种概念，目前尚不能确定商业市场会选择哪种技术路线。因此，德国宇航中心采用了基础广泛的路线，同时支持多种技术选择，其中就包括基于中性原子的量子计算机。该方案通过原子的电子态进行信息存储和操作，这与离子阱的方法类似，也可以使用激光来控制这种单独的量子位。为了实现两个量子位交互，原子被置于所谓的里德堡态。这时，最外层的电子比通常情况下距离原子核要远得多。

量子计算计划的项目经理Karla Loida认为：“一个和两个量子位已被证明是基于中性原子的量子计算机的

基本组成部分。但是有限的相干时间和门性能仍然构成挑战，扩大到可行的量子计算机需要进一步改进。这一问题将作为项目的一部分由行业机构解决。”

德国宇航中心将选择相关公司、初创企业和其他研究机构参与量子计算计划，以便所有合作伙伴能够共同取得重大进展。此外，德国宇航中心还获得了德国联邦经济事务和气候行动部(Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz)的资助，将通过竞标方式开展该项目。目前的提案征集是迄今为止量子计算的前第六次征集。德国宇航中心将在汉堡和乌尔姆的创新中心提供必要的设施。(李亮)

日本政府报告指出中国科技论文质量指标超过美国跃上全球首位

在显示自然科学领域论文关注度高低的指标上，中国首次跃居世界第一。日本文部科学省的研究所8月10日发布了最新报告。在研究人员的引用次数进入前10%的“受关注论文”篇数上首次超过美国。

按领域来看，在8个领域中，中国在材料科学、化学和工学等5个领域排在首位。在学术研究竞争中，中国开始与美国并驾齐驱，产业竞争力的逆转也逐渐带有现实意义。

日本经济新闻报道称，科学论文篇数是衡量一国研究开发活跃程度的基本指标。日本文部科学省科学技术与学术政策研究所根据英国调查公司Clarivate的数据，计算和分析了主要国家平均3年的论文篇数等。中国不仅在学术研究的数量上，在质量方面也在提升学术的态势明显。

调查受关注论文的篇数发现，中国2018年(2017~2019年平均)为40219篇，超过美国的37124篇，跃居首位。虽然美国也比2008年增加3%，但中国激增约5.1倍。从份额来看，中国为24.8%，美国为22.9%，远超前3位的英国(5.4%)。即使是受关注论文中处于前1%的

“顶尖论文”，中国的份额也达到25%，逼近美国的27.2%。日本文部科学省科学技术与学术政策研究所的负责人针对今后前景指出，“中国目前的势头显示出超越美国的态势”。

按领域观察受关注论文的全球份额，在材料科学领域，中国为48.4%，明显超过美国(14.6%)。化学为39.1%(美国为14.3%)，工学为37.3%(美国为10.9%)，中国总计在5个领域排在首位。

美国则在临床医学(34.5%)和基础生命科学(26.9%)领域排在首位。在生物领域优势明显，但在关系到产业竞争力的领域，中国显示出强势。

从整体论文篇数来看，中国继去年的统计之后仍排在首位，超过美国。中国为353174篇，而美国为285717篇，差距从2020年调查时的约2万篇扩大至约7万篇。

另一方面，日本的排名在论文质量和数量上均出现下降，科学技术实力的基础薄弱浮出水面。在受关注论文的份额上被印度超过，从去年的第9位降至第10位，排名首次降至2位数。顶尖论文的份额居第9位，与上年持平。(逸文)