



2025

# **The 10th International Forum of Advanced Photonics for Young Scientists**

## **会议手册**

# Agenda

BJ Time	Topic	Presenter	Institute
8:30-8:40	Opening Remarks	Kai Wei 魏 凯	College of Optical Science and Engineering, Zhejiang University
<b>Invited Talks</b>			
8:40-9:00	Frequency comb breathalyzer at the record performance limit	Qizhong Liang 梁启忠	JILA & University of Colorado Boulder, USA
9:00-9:20	铌酸锂/钽酸锂集成光子学中的微波-光子协同设计	Junyin Zhang 张浚垠	Swiss Federal Technology Institute of Lausanne, Switzerland
9:20-9:40	基于相变材料的电编程硅光子学：从器件到系统的转变	Rui Chen 陈 睿	Massachusetts Institute of Technology, USA
9:40-10:00	基于腔耦合固态量子体系的量子传感与大规模量子网络	Hanfeng Wang 王瀚峰	Massachusetts Institute of Technology, USA
10:00-10:20	空间可编程透镜：智能成像与计算显示的新范式	Yingsi Qin 秦颖思	Carnegie Mellon University, USA
10:20-10:30	Break Time 茶歇		
10:30-10:50	Interfacial and Precursor Chemistry Engineering for Perovskite Multijunction Photovoltaics	Shuaifeng Hu 胡帅锋	University of Oxford, UK
10:50-11:10	三维纳米光刻研究进展	Songyun Gu 谷松韵	Lawrence Livermore National Laboratory, USA
11:10-11:30	拓扑磁光学：从基础物理到应用探索	Jianfeng Chen 陈剑锋	National University of Singapore, Singapore
11:30-11:50	下一代智慧光学系统	Lei Sun 孙 磊	Eidgenossische Technische Hochschule Zürich, Switzerland

# Frequency comb breathalyzer at the record performance limit

Qizhong Liang

JILA & University of Colorado Boulder, USA

## **Abstract:**

Trace molecules exhaled from human breath vary in concentration with medical conditions, enabling non-invasive, rapid, and low-cost diagnostics. After achieving ultra-high detection sensitivities ( $>100$  ppt) for breath, we reported the first use of optical frequency combs for breath diagnostics: a 170-subject COVID-19 trial found 85% accuracy via supervised machine learning. For broader diagnostic utilities, we present Modulated Ringdown Comb Interferometry (MRCI), a new technique that allows for the detection of far more molecules from gas samples of arbitrarily complex and unknown composition. Demonstrated with 20 species simultaneously quantified from breath varying in concentrations by 7 orders of magnitude, we have not only set a new performance record for universal gas sensing ( $>1$  ppt sensitivity and  $>1,000$  cm<sup>-1</sup> coverage) but also demonstrated a robust and effective instrument for collecting large-scale datasets. Behind MRCI, the key is the mathematical reinterpretation of interferometry, which enables the parallel detection of distinct, real-time periodic dynamics encoded onto more than 100,000 mid-infrared comb lines. Combining record-breaking capability with unprecedented practicality, MRCI promises to deliver the cleanest and highest-quality odor datasets to fully understand the diagnostic potential of exhaled breath. Its extension to other odor applications powered with artificial intelligence is readily apparent.

## **Biography:**

Dr. Qizhong Liang received his Physics PhD degree in 2025 from Prof. Jun Ye's group at JILA and the University of Colorado Boulder, where he continues as a postdoctoral researcher. His research on frequency comb breath diagnostics, or comb breathomics, integrates ultrafast optics, precision metrology, machine learning, statistics, and medical science. His work has been featured in Scientific American, Physics World, and Photonics West Show Daily, and he has delivered over 10 invited talks at conferences including CLEO and Photonics West, and universities including Stanford, Chicago, and Maryland.

# 铌酸锂/钽酸锂集成光子学中的微波—光子协同设计

Junyin Zhang

Swiss Federal Technology Institute of Lausanne, Switzerland

## **Abstract:**

近年来，新型集成光子学平台的发展（例如薄膜铌酸锂与钽酸锂）使高效电光耦合与超低光学损耗得以在同一平台上同时实现，从而将微波与光子学带入一个高度紧密耦合的协同作用区间。在这一区间中，微波与光子学的协同设计逐渐显现出超越工程优化层面的重要性，成为理解并推进器件性能与系统能力的关键因素，并在光学器件与毫米波系统等方向上打开了新的性能空间。本报告将围绕我们近年来在这一融合邻域中的研究进展展开讨论。我们的研究发现，在强电光耦合的情况下，光子系统的性能往往不再主要受传统热光本征噪声限制，而是逐步转而由电子学噪声所主导，其性能极限因此需要通过统一的光—电协同噪声框架加以刻画 [1]。在此基础上，通过微波与光子学的协同设计，传统电光器件的一些关键性能约束得以显著拓展，实现了超广谱电光频率梳 [2]。最后，报告将从协同设计的视角出发，讨论光子与电子器件在性能—频率标度上的根本差异，并展示这一差异如何在室温毫米波光学接收中实现低于室温的等效热噪声 [3]，以及其在未来量子增强毫米波探测中的潜在意义。

## **Biography:**

张浚垠，现为瑞士洛桑联邦理工学院（EPFL）物理系博士研究生，师从 Tobias J. Kippenberg 教授，2022年本科毕业于中国科学技术大学。其研究主要聚焦于基于铌酸锂与钽酸锂的集成电光光子学，关注高效电光耦合条件下的噪声物理、微波—光子协同设计及其在超宽带电光频率梳、毫米波探测与腔电光系统中的应用。相关工作发表于 Nature、Nature Physics、Physical Review、Optica 等期刊。

# 基于相变材料的电编程硅光子学：从器件到系统的转变

Rui Chen

Massachusetts Institute of Technology, USA

## **Abstract:**

可编程集成光路能够在同一芯片上实现不同功能，展现了未来通用光子集成电路的潜力。目前大多数可编程集成光路的演示均采用热光效应，存在易失性和高功耗的问题。相变材料作为一种特殊的调谐机制，因其零静态功耗和显著的折射率对比而备受关注。这两点特性能够满足大规模可编程集成光路所需的两大关键要求：超低能耗和超紧凑的器件尺寸。在本次报告中，我们将首先介绍在硅光子平台上自主构建的可编程集成光路关键构建模块。使用与CMOS 相容的，基于硅掺杂的微加热器，我们设计并加工了基于 GST-225 的 $2 \times 2$  的光开关以及基于 Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>的光开关和光移相器。更进一步，为实现超越单个器件的大规模系统，我们开发了简便的制备方法，以将相变材料集成到由因特尔 300 毫米工厂生产的硅光子晶圆上，并取得了优异的性能。最后，我们将展示两种大规模系统的一些初步的理论和实验结果，即光交换结构和多用途光子网格。另外我们将讨论一些关键挑战，包括损耗预算、循环耐久性、确定性多级开关、大规模电信号源技术等，尤其值得一提的是可编程光子学的算法设计。

## **Biography:**

陈睿博士现在是麻省理工学院的博士后，在 Juejun Hu 教授组内研究大规模多材料集成的新平台。博士期间导师为 Arka Majumdar 教授。他于 2018 年获得浙江大学光电学院学士学位，并于 2020 年获得哥伦比亚大学硕士学位（同时获得 2020 MS honored program）。他获得了2024 年华盛顿大学的 NanoES 学生科学成就奖。迄今为止，他已发表或录用31 篇期刊论文，其中 8 篇为第一作者；他在学术会议上给报告超过 12 次，其中有3 次为邀请报告。他还担任十余家科学期刊的审稿人并审稿 70 余篇。他的主要研究兴趣包括基于相变材料的低功耗大规模可重构集成光路和可编程的超表面。

## 基于腔耦合固态量子体系的量子传感与大规模量子网络

Hanfeng Wang

Massachusetts Institute of Technology, USA

### **Abstract:**

固态量子系统因其长相干时间、可在室温下运行以及良好的可集成性，在量子精密测量、量子网络通信和片上量子器件等方向展现出广阔的应用前景。然而，传统基于光探测磁共振的自旋读出方式在自旋系综测量中受限于荧光收集效率低，不仅使传感灵敏度与量子极限存在显著差距，也对系统的小型化与芯片级集成构成挑战。针对上述瓶颈，报告人构建了腔耦合固态量子体系，以微波腔读出取代传统光学读出方案，实现了对固态量子系统灵敏度纪录的突破。本报告将系统介绍报告人在该方向的一系列研究进展：包括利用微波腔实现电子自旋与核自旋的增强读出，以及结合非厄米双稳态临界点相变机制，首次实现无需光学读出和外部微波源驱动的固态量子系统。这些工作显著降低了系统功耗与复杂度，为新一代片上化、低功耗量子传感器的发展奠定了重要基础。此外，报告还将介绍光学共振结构在固态量子系统中实现可扩展量子网络与量子互连方面的应用。

### **Biography:**

王瀚峰于 2020 年获得中国科学技术大学学士学位，2025 年在美国麻省理工学院电子工程与计算机科学系获得博士学位（导师：Prof. Dirk Englund），现为麻省理工学院博士后研究员。近年来在麻省理工学院量子光学研究实验室与电子研究实验室开展基于固态量子自旋体系的量子传感与量子网络研究，在腔量子电动力学读出、集成量子器件及固态量子网络等方向取得了一系列研究成果，为低功耗、片上化量子传感与可扩展量子互连提供了新的技术路线。

## 空间可编程透镜：智能成像与计算显示的新范式

Yingsi Qin

Carnegie Mellon University, USA

**Abstract:**

大多数光学系统的核心是一片透镜，而透镜在任意时刻只能形成一个全区域统一的焦平面。这一基本约束限制了现代成像与显示系统：相机必须在光圈、景深与分辨率之间权衡；而AR/VR显示则将所有像素固定在同一视觉距离，无法提供支持人眼自然的焦距调节，从而引发视觉疲劳。其根源在于，传统透镜只能提供一个整体的焦平面——位置可以移动，但形状无法改变。本报告将介绍空间可编程透镜（Spatially Programmable Lensing），一种能够在传感器或显示面板上实现不同像素区域有不同焦距的新型光学体系，展示如何通过可编程光学结构与算法协同，突破传统透镜的物理限制，在智能成像与计算显示中实现新的光学能力。

第一部分介绍空间可变自动对焦（Spatially-Varying Autofocus）：首个在单次曝光中实现像素区域级智能独立对焦的成像系统。第二部分介绍Split-Lohmann多焦面近眼显示：传统VR/MR显示中长期存在无法重现真实物理距离的问题。这两项研究共同展示了“将深度视为空间可编程维度”的潜力，构建了一种面向智能成像与计算显示的新光学范式，为下一代机器人视觉、自动驾驶、显微成像、空间计算与沉浸式XR显示等应用领域打开了全新的可能性。

**Biography:**

秦颖思，现为卡耐基梅隆大学电子计算机工程博士生，导师是Aswin Sakaranarayanan和Matthew O' Toole教授。本科毕业于哥伦比亚大学计算机科学系和科尔盖特大学物理系，获双学位。博士研究方向致力于设计和构建智能空间光学系统，推动下一代计算成像、三维沉浸式显示、与视觉计算技术的发展，为混合现实与机器视觉开创新纪元。研究工作融合光学建模、计算成像、信号处理、计算机视觉与机器学习等多学科领域。研究成果发表在ACM Transactions on Graphics、ICCV、Journal of Optics等顶级期刊与会议，并获得SIGGRAPH最佳论文奖、ICCV最佳论文荣誉提名奖、ICCP最佳演示奖等国际奖项，以及James Sprague Presidential Fellowship等荣誉。曾在Meta Reality Labs、Snap Research、Google Search、和多个高校实验室实习。

# Interfacial and Precursor Chemistry Engineering for Perovskite Multijunction Photovoltaics

Shuaifeng Hu

University of Oxford, UK

## Abstract:

etal halide perovskite is a class of ABX<sub>3</sub>-type crystalline materials – in most cases – with the A being both the organic (e.g., formamidinium, methylammonium) and inorganic (e.g., Cs<sup>+</sup>) monovalent cations, B being divalent cations, e.g., Pb<sup>2+</sup>, Sn<sup>2+</sup>, or their mixture, and X being the halide anions, e.g., I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>. Thanks to their superior bandgap tunability and high absorption coefficient, metal halide perovskites demonstrate great potential for fabricating both single- and multi-junction photovoltaics capable of achieving high power conversion efficiencies at a low cost[1,2,3].

For “all-perovskite” multi-junction photovoltaics, one of the major challenges lies in the low quality of narrow-bandgap (~1.25 eV) mixed tin–lead perovskite films used as rear absorbers[2]. In the forum, we will present our recent studies on the modification of the mixed tin–lead perovskites interfaces, covering the tin metal chelating[4], surface dipole[5,6], and in situ surface reaction[7] modification strategies. On the other hand, we also show our recent investigations into the solution chemistry and crystallisation behaviour of tin–lead perovskites[8,9]. We aim to provide general material insights for improving film quality and device performance.

As a result, we have achieved efficiencies exceeding 23.9% in single-junction tin–lead perovskite solar cells, with open-circuit voltages up to 0.91 V. Building on optimisations of middle (~1.6 eV), wide(~1.8 eV) and very-wide (~2.0 eV) bandgap neat-lead perovskites, we further demonstrate the successful integration of improved tin–lead perovskite absorbers into monolithic, two-terminal, double-, triple-, and first-ever quadruple-junction solar cells, reaching efficiencies over 29%, 28%, and 27%, respectively, with the quadruple-junction cells show device photovoltages of up to 4.94 V. In addition, we will outline promising strategies to enhance both the light and thermal stability of these perovskite subcells, aiming to improve the reliability of efficient multi-junction photovoltaics. Some preliminary outdoor stability results on prerovskite-on-silicon tandems will also be presented and discussed.

## Biography:

Shuaifeng Hu is a postdoctoral researcher at the University of Oxford. His research focuses on enhancing solar energy conversion using next-generation semiconductor materials – called metal halide perovskites – to develop more efficient and sustainable solutions to global energy challenges.

At Oxford, Dr Hu’s research has expanded to solar technologies that integrate multiple light-absorbing layers to capture more energy from sunlight with potential efficiencies exceeding 50%. His work primarily focuses on understanding the chemistry of perovskite precursor materials and the design of materials to enable optimal current flow and light management in multilayer optoelectronic devices. Through his research, he aims to bridge fundamental materials innovation with practical optoelectronic applications, thereby contributing to the development of sustainable and low-carbon energy

technologies.

# 三维纳米光刻研究进展

Sunyun Gu

Lawrence Livermore National Laboratory, USA

## **Abstract:**

随着对人工材料、微型化器件以及集成光电系统需求的不断增长，亟需能够制造复杂、多尺度、三维结构的先进加工技术。然而，现有的三维纳米光刻方法，例如双光子光刻，在材料通用性、分辨率和加工通量等方面仍面临难以突破的瓶颈。在本报告中，本人将介绍近期为突破这些瓶颈并拓展三维纳米制造能力所开展的研究。针对材料兼容性和分辨率方面的限制，我们开发了一种基于双光子改性水凝胶基底的多材料颗粒组装技术。针对晶圆级三维纳米制造，我们提出了一种基于超表面的并行双光子加工平台，该平台具备开辟了双光子光刻的未来可扩展性，并显著降低了多种制造误差。这些进展为下一代功能性纳米器件的设计开辟了新方向，并为其在微电子、生物医学以及先进封装等多种应用中的规模化制造奠定了基础。

## **Biography:**

谷松韵，男，2019年本科毕业于浙江大学光电科学与工程学院，2023年博士毕业于香港中文大学，目前在美国劳伦斯利弗莫尔国家实验室任博士后研究员。研究方向为精密仪器和三维纳米光刻。以第一作者身份在Nature, Science（共同第一作者），和Advanced Materials（影响因子27.4）发表论文。研究工作入选中国光学十大进展，日内瓦发明展银奖，全球百大科技发明奖等。

# 拓扑磁光学：从基础物理到应用探索

Jianfeng Chen

National University of Singapore, Singapore

## **Abstract:**

拓扑光子态是一类具有单向传输特性的波导态，表现出对背向散射和结构缺陷的高度鲁棒性。作为最早实现拓扑光子态的人工微结构体系，磁光光子晶体不仅为揭示拓扑光子态的产生机制及其相互耦合提供了平台，也为发展新型拓扑光子学现象和器件奠定了基础。本报告将从麦克斯韦方程出发，揭示拓扑光子态的微观物理起源。在此基础上，提出一种基于局域磁化调控的实现策略，突破传统全局磁化框架，构建并实现反手性边界态、单向体态、单向谷态以及拓扑彩虹等新型拓扑物态和现象，并进一步展示其在拓扑慢光、拓扑天线等方向上的应用潜力。

## **Biography:**

陈剑锋，现任新加坡国立大学电子与计算机系博士后研究员（合作导师：仇成伟教授），2022年获华南理工大学物理与光电学院物理学博士学位（导师：李志远教授）。研究方向为微纳光学中的基础科学问题及电磁波的特异性传输与散射现象，重点聚焦磁性系统中的电磁波散射行为。在此过程中，深化了对电磁波散射过程的理解，提出了构建磁光子晶体的新方法，并发展了若干新型传输态。

# 下一代智慧光学系统

Lei Sun

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Switzerland

## **Abstract:**

本报告围绕成像系统的全链路智能化展开，涵盖光学系统设计、仿生视觉传感器以及智能后处理三个层面。在光学系统方面，基于自动光学镜头设计算法构建了大规模镜头设计数据，并进一步训练开源大语言模型，提出了一种光学镜头设计智能体，使非专业用户能够通过自然语言交互完成光学镜头设计。在传感器层面，探索了仿生动态视觉传感器与传统 CMOS 成像的融合，充分利用其高时间分辨率和高动态范围优势，有效提升了去模糊、视频插帧、低光图像增强以及高速视频生成等任务的性能。在后处理方面，基于 ComfyUI 设计了以知识为中心的工作流生成智能体，实现了从文本指令到复杂图像与视频处理工作流的自动构建，并进一步扩展至自动化 Vlog 剪辑系统。整体而言，该研究通过引入智能体与生成模型，将光学设计、感知与内容生成有机结合，推动成像系统从专家驱动向智能协同的方向发展。

## **Biography:**

孙磊博士于2018年于北京理工大学取得学士学位，2024年于浙江大学取得博士学位，并于瑞士苏黎世联邦理工学院computer vision lab联合培养，师从汪凯巍和Luc Van Gool教授，目前于欧洲人工智能研究所任研究科学家(Research Scientist)，一作于人工智能顶刊T-PAMI (IF:24.6)，人工智能顶会CVPR, ECCV, ICCV, IROS等发表一作Oral文章（接受率2.7%），两篇文章获编辑精选奖，共发表论文31篇，总引用量超过1300，H-index18，任CVPR2025 workshop组织者，在各大人工智能顶会担任审稿人，于ICML2026担任领域主席，并作为初创公司联合创始人获得奇绩创坛30w美元种子轮融资。