给现有荧光显微镜加一个“共聚焦外挂”：解读 Aurox Clarity 免激光转盘共聚焦模块

先澄清名称：本文的 Clarity 是英国 Aurox 公司的共聚焦升级模块（常写作 Clarity LFC，LFC 即 Laser-Free Confocal，“免激光共聚焦”）。“免激光”指它不需要激光即可工作；如实验室已有激光，也可通过扩束器把激光变成面光源后接入使用。它与 Deisseroth 团队 2013 年提出的组织透明化方法 CLARITY 无关，也不是 Logos Biosystems 的 X-CLARITY 组织透明化设备。

导语：很多实验室都有一台性能不错的宽场荧光显微镜，却缺少光学切片能力——拍厚一点的样品，焦外的模糊光会把细节淹没。Clarity 的思路是不换显微镜，而是在相机接口上加一个约 6 kg 的盒子，用 LED 加旋转条纹盘实现共聚焦式切片。本文介绍它的原理、官方规格和已发表文献中的使用情况，并讨论它的适用边界。

一、它是什么：装在相机口上的升级模块



图1｜Clarity 模块（左下白色机身）安装在倒置荧光显微镜的侧方相机口，外接相机位于模块最左端。来源：Aurox Clarity 官方宣传册（Ver 1.8.24，2024，经 Advanced Imaging Concepts 发布）第 2 页。

按厂商资料，Clarity 的定位是“升级”而非“新机”：

- **接口**：标准 C 口（C-mount，显微镜相机的通用螺纹接口），配多种适配环，可装在正置、倒置显微镜的左/右相机口上，也有体视镜和宏观镜适配；官网列出尼康、徕卡、奥林巴斯、蔡司等多个新旧机型。
- **体积**：308×226×135 mm，约 6 kg。
- **光源与相机**：外接 LED 或金属卤化物光源（官网列出 CoolLED pE-800、pE-4000），相机可用 Hamamatsu、PCO、Photometrics、Andor、Tucsen 等多款大靶面 sCMOS（低噪声、高速的科学级相机）。
- **软件**：Aurox 自家 Visionary，或 Visitron 公司的 VisiView；支持 Z 轴层扫、拼图、时间序列、多通道多位点，输出 OME-TIFF 格式。

二、原理：条纹盘把焦内、焦外光“分流”

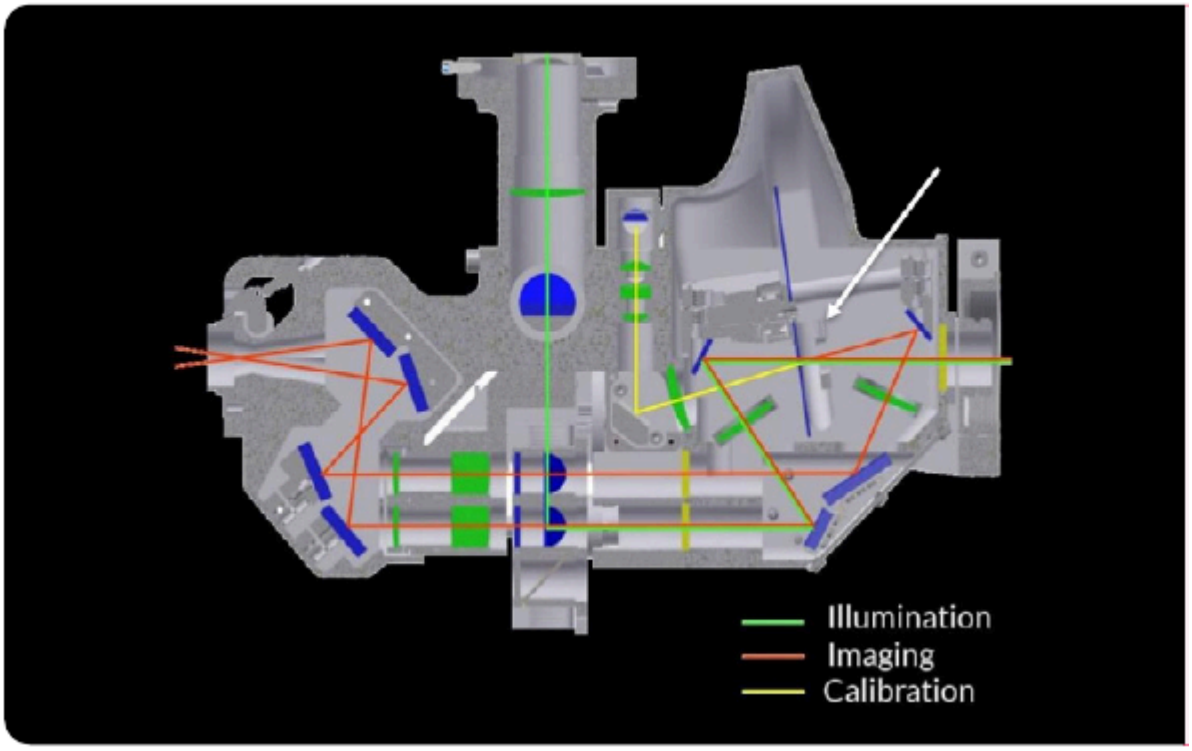


图2｜Clarity 内部剖面示意：绿线为照明光路，红线为成像光路，黄线为用于两幅图像配准的校准光路。左侧 4 位滤块塔可从侧门手动更换。来源：Aurox Clarity 官方宣传册（2024）第 4 页。

传统转盘共聚焦用布满针孔的尼普科夫盘（Nipkow disk），透过率低，一般要配高功率激光。Clarity 采用的是牛津大学 Tony Wilson 团队 1996 年在 *Nature* 和 *Optics Letters* 上报道的“孔径相关”方法，属于**光学切片型结构照明**（OS-SIM）：

1. 旋转盘上刻有透光与反光等宽交替的平行条纹，约一半面积透光（厂商称透光量比传统针孔盘最多高 50%）；
2. 条纹投射到样品上，**只在焦平面清晰**，焦外几乎是均匀照明；
3. 荧光返回盘面时，焦面信号与条纹对齐，主要透过（T 像）；焦外信号已模糊，在透过与反射（R 像）之间大致平分；

4. Clarity 把 T、R 两幅像并排投到**同一台相机芯片的左右两半**，经配准后，T−R 得到切片像，T+R 得到宽场像。

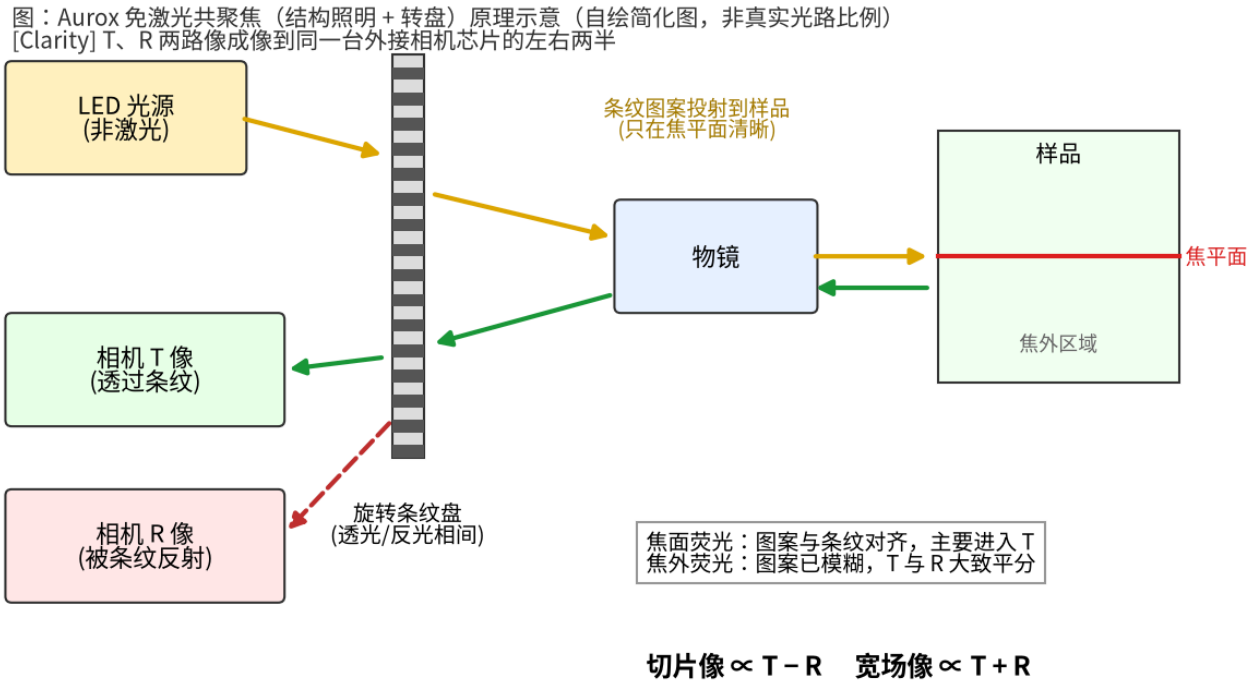


图3｜结构照明转盘原理简化示意（自绘，非真实光路比例）。数学关系见 Hussain 等，J Microsc 2022：T＝常规像＋切片像，R＝常规像－切片像。

Clarity 的盘上有**三种疏密不同的条纹区**：条纹越细，切片越薄，但对比度和信号越低。论文作者把它类比为点扫描共聚焦的针孔大小（Hussain 等，2022）。此外还有**宽场旁路**，可把盘完全移出光路，以获得最大透光。

需要强调，这里的“结构照明”用于去除焦外模糊，**不提高横向分辨率**，与超分辨 SIM 是两类技术（Manton, 2022）。

三、官方规格

项目	官方资料
切片能力	3 档；最薄约 0.6 µm（FWHM，1.4 NA 油镜）
速度	标准版最高 50 帧/秒，HS 高速版最高 100 帧/秒（需搭配兼容的高速相机及电脑）；最短曝光 20 ms（HS 为 10 ms）
通道	内置 4 位滤块塔，滤块可徒手更换，含四带通滤块，可定制
通道切换	<200 ms（机械转塔）
光谱范围	激发 370–700 nm，发射 410–750 nm

> 提示：帧率高度依赖所配相机、像素合并和视野大小。一份较早的官方技术资料就写明：全幅（2.3 MP，12 位）共聚焦约 22 帧/秒，2×2 像素合并后才达到 50 帧/秒。

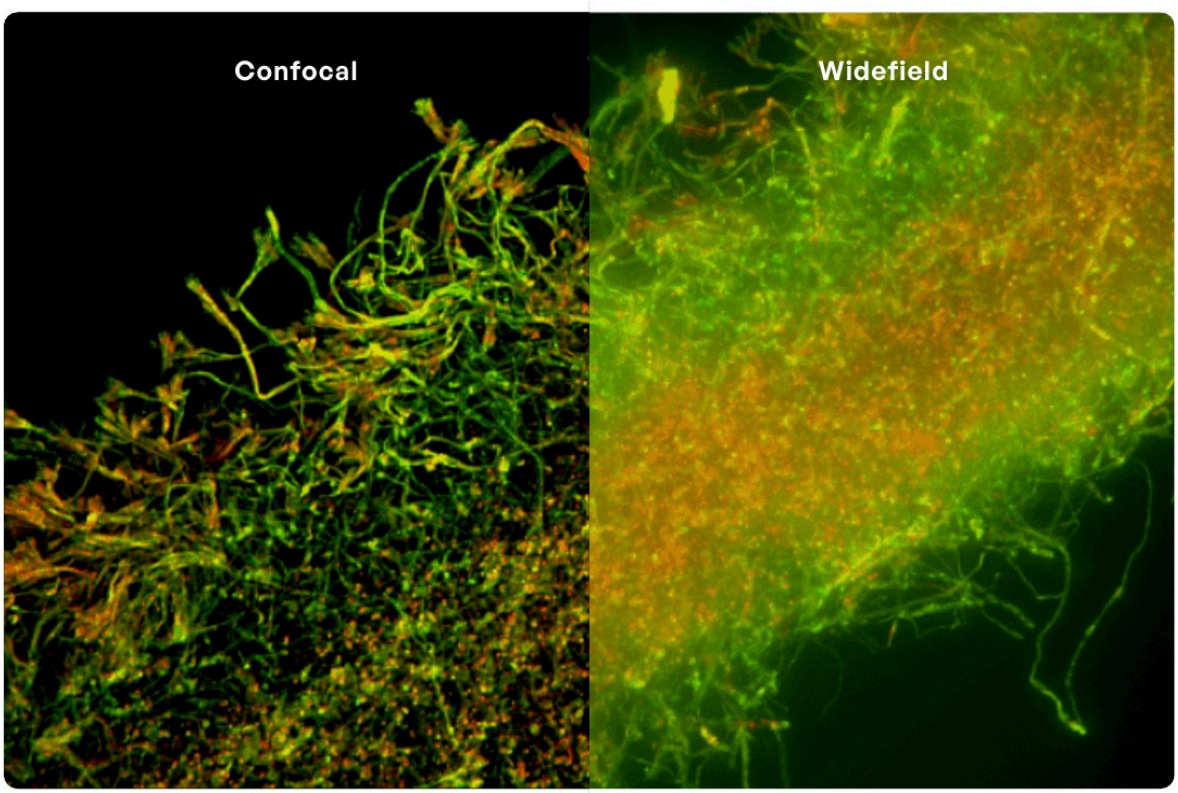


图4｜同一视野的切片像（左）与宽场像（右）对比，宽场像中的焦外雾状背景在切片像中基本被去除。官方未注明样品与成像参数，仅作效果示意。来源：Aurox Clarity 宣传册（2024）第 3 页。

四、已发表研究证据

检索 Europe PMC 全文库，方法部分写明使用 Aurox Clarity 的论文有二十余篇，大致分三类：

1. 方法学研究（与仪器本身相关） - **Hussain 等，*Journal of Microscopy* 2022**：在 Clarity 前加装变形镜，做无波前传感器的自适应光学（AO，用可变形镜面实时校正样品引起的像差）。在果蝇神经肌肉接头和卵室样品中，三种切片档位下信号、对比度和细节均有改善（图5）。该文还给出了 T/R 成像的数学描述。需注意：通讯作者 M. J. Booth 声明在 Aurox 公司有重大利益关系。 - 同一牛津团队的 Python-Microscope（*J Cell Sci* 2021）和 Microscope-Cockpit（*Wellcome Open Res* 2021）开源控制软件，也把 Clarity 作为示例设备接入。

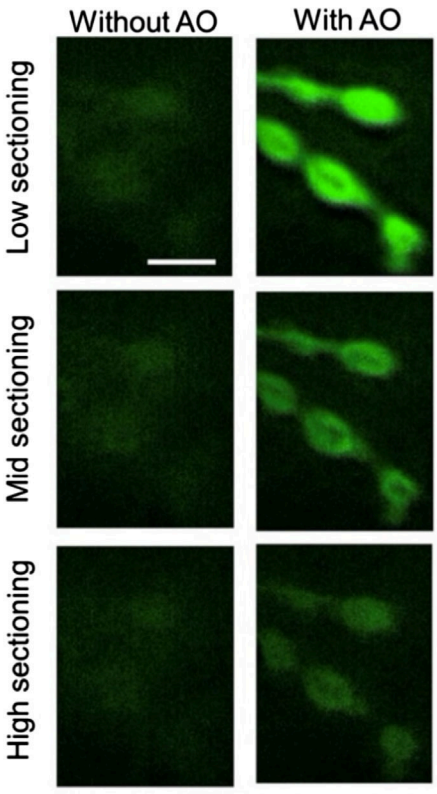


图5｜Clarity 三种切片档位（低/中/高）下，加自适应光学前后的果蝇神经肌肉接头图像（比例尺 10 μm）。可见切片越强信号越弱，而校正像差能明显恢复信号。来源：Hussain SA 等，J Microsc 2022，Figure 4（CC BY 4.0）。

2. 带对比的应用研究 - **Deisl 等，*Journal of General Physiology* 2023**：在小鼠心肌细胞中研究分子扩散屏障。作者用 40×/1.15 NA 水镜测得点扩散函数半高宽横向约 0.7 μm、轴向约 1.6 μm，并在补充图中与尼康 CSU-W1 激光转盘拍摄同一切片，认为 Clarity 的切片能力“至少相当”。这是作者自行做的定性比较，两台设备所用物镜也不同，只能作参考。

3. 常规工具性使用（示例） - 活体或活组织：加压肠系膜动脉的 Cal-520 钙成像（Lee 等，*J Physiol* 2025）；水凝胶中活细胞球的染色观察（Polez 等，*Mater Today Bio* 2024）。 - 组织与整器官拼图：果蝇中肠的区域定量（Viitanen 等，*Cell Rep Methods* 2021；Mattila 等，*Sci Adv* 2024）；帕金森模型小鼠脑片胶质细胞定量（Nakos Bimpos 等，*Acta Neuropathol Commun* 2024）；心房组织 WGA 染色（O’ Reilly 等，*Europace* 2023）。 - 细胞定位与共定位：SARS-CoV-2、AAV9 入胞（Hudák 等，*IJMS* 2021–2023）、血管平滑肌钙化（Razazian 等，2025）等。

这些研究说明 Clarity 已被多国实验室用于发表级数据，但多数只把它当作工具，很少给出系统的性能比较。

五、与 UNITY 的定位差异

同为 Aurox 产品，两者原理相同，取舍不同：**Clarity 是“升级”**，沿用实验室已有的显微镜、物镜、相机、光源和载物台，可调三档切片，滤块可换，扩展性强，但需要自行整合、校准，并另配暗环境和培养装置；**UNITY 是“一体机”**，封闭机身、内置培养、iPad 操作，开箱即用，但配置相对固定、只有单一切片档。已有好显微镜的实验室更适合前者；从零起步、追求省心的用户更适合后者。

六、局限

1. **减法带来的噪声**：T−R 能去掉焦外光的平均亮度，却去不掉它的随机涨落（散粒噪声）。背景越强，切片像信噪比越差（图6，自绘玩具模拟）。
2. **切片与信号的权衡**：越细的条纹切片越好，但信号越弱，弱荧光样品需要更长曝光（见图5）。
3. **深度与散射**：宽场式照明在厚组织中图案迅速模糊，像差也会削弱切片（Hussain 2022 正是为此加装 AO），不能替代双光子等深层成像。
4. **系统性能取决于“短板”**：成像质量受原显微镜物镜、相机和光源影响，规格表中的帧率和切片厚度是理想配置下的数值。
5. **证据缺口**：未检索到厂商以外的独立系统评测；“光毒性更低”同样缺少针对该设备的直接测量。

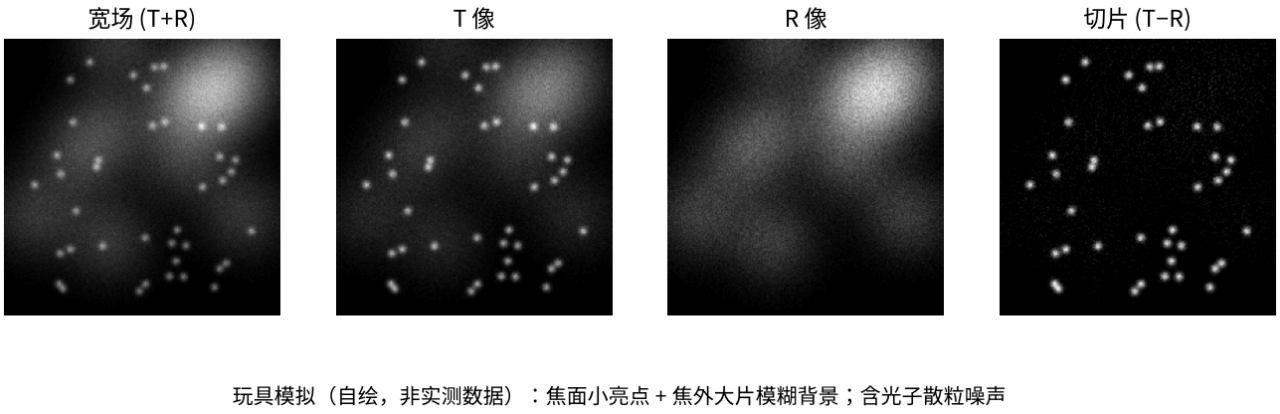


图6｜自绘玩具模拟（非实测）：焦面小亮点加焦外大片背景。T−R 去除了背景，但背景所在区域残留可见的颗粒噪声。

七、该仪器对研究的相关性及重要性

Clarity 的主要价值在于**以较小改动，让现有宽场显微镜具备光学切片能力**：

- **研究相关性**：对免疫荧光定位、组织切片和整器官拼图、类器官和细胞球、离体血管与心肌等需要“看清某一层”的工作，它能显著减少焦外模糊；三档切片和宽场旁路便于在信号与切片之间按样品调节。可接 CoolLED 等光源，覆盖 370–750 nm，常用荧光染料与荧光蛋白基本都能兼顾。
- **对实验室的意义**：已有显微镜和相机的投资可以延续使用；不依赖激光，减少安全管理和维护负担（已有激光也可经扩束器接入）；Python 开源控制和自适应光学研究表明，它也可作为光学方法学的研发平台。
- **审慎看待**：需要极限分辨率、光谱拆分、FRAP 等光操控，或深层活体成像时，仍应使用激光共聚焦、超分辨或多光子系统。建议采购前用自有样品，在拟加装的显微镜上实测，并在论文中注明“结构照明/孔径相关式免激光共聚焦”、切片档位和物镜参数。

主要参考来源

官方及经销商资料 1. Aurox Ltd. Clarity 产品页（规格、兼容机型与相机、HS 版）. aurox.co.uk, 2026 访问. https://www.aurox.co.uk/aurox-clarity.php 2. Aurox Ltd. *Clarity – The Affordable Confocal Upgrade* 宣传册 Ver 1.8.24, 2024（Advanced Imaging Concepts 发布）. https://aic-imagecentral.com/wp-

content/uploads/2025/04/Clarity-Brochure-Ver-1.8.24_AIC_Digital-1.pdf 3. Aurox Ltd. Clarity LFC 技术资料（经销商 Cornell Scientific 发布）. https://www.cornellsci.com/images/aurox.pdf 4. Aurox. Clarity 产品页. laserfreeconfocal.com. https://laserfreeconfocal.com/product/aurox-clarity/

仪器相关方法学研究 5. Hussain SA, Kubo T, Hall N, et al. Wavefront-sensorless adaptive optics with a laser-free spinning disk confocal microscope. *J Microsc*. 2022;288:106–116. doi:10.1111/jmi.12976 6. Susano Pinto DM, et al. Python-Microscope – a new open-source Python library for the control of microscopes. *J Cell Sci*. 2021;134:jcs258955. doi:10.1242/jcs.258955 7. Phillips MA, et al. Microscope-Cockpit: Python-based bespoke microscopy for bio-medical science. *Wellcome Open Res*. 2021;6:76（第 2 版 2022）. doi:10.12688/wellcomeopenres.16610.2

使用 Clarity 的应用研究（节选） 8. Deisl C, Chung JH, Hilgemann DW. Longitudinal diffusion barriers imposed by myofilaments and mitochondria in murine cardiac myocytes. *J Gen Physiol*. 2023;155:e202213329. doi:10.1085/jgp.202213329 9. Lee MD, et al. VasoTracker 2: open-source software and hardware for tracking blood vessel diameter and assessing vascular function. *J Physiol*. 2025;603(22):6763–6781. doi:10.1113/JP289322 10. Teixeira Polez R, et al. Insights into spheroids formation in cellulose nanofibrils and Matrigel hydrogels using AFM-based techniques. *Mater Today Bio*. 2024;26:101065. doi:10.1016/j.mtbio.2024.101065 11. Viitanen A, et al. An image analysis method for regionally defined cellular phenotyping of the Drosophila midgut. *Cell Rep Methods*. 2021;1:100059. doi:10.1016/j.crmeth.2021.100059 12. Mattila J, et al. Stem cell mTOR signaling directs region-specific cell fate decisions during intestinal nutrient adaptation. *Sci Adv*. 2024;10:eadi2671. doi:10.1126/sciadv.adi2671 13. Nakos Bimpos M, et al. Alpha-synuclein-induced stress sensitivity renders the Parkinson’s disease brain susceptible to neurodegeneration. *Acta Neuropathol Commun*. 2024;12:100. doi:10.1186/s40478-024-01797-w 14. O’Reilly M, et al. Familial atrial fibrillation mutation M1875T-SCN5A increases early sodium current and dampens the effect of flecainide. *Europace*. 2023;25:1152–1161. doi:10.1093/europace/euac218 15. Hudák A, et al. Contribution of syndecans to the cellular entry of SARS-CoV-2. *Int J Mol Sci*. 2021;22:5336. doi:10.3390/ijms22105336 16. Razazian M, et al. Fisetin ameliorates vascular smooth muscle cell calcification via DUSP1-dependent p38 MAPK inhibition. *Aging*. 2025. doi:10.18632/aging.206233

原理与通用背景（非 Clarity 专属研究） 17. Juskaitis R, Wilson T, Neil MAA, Kozubek M. Efficient real-time confocal microscopy with white light sources. *Nature*. 1996;383:804–806. doi:10.1038/383804a0 18. Wilson T, Juskaitis R, Neil MAA, Kozubek M. Confocal microscopy by aperture correlation. *Opt Lett*. 1996;21:1879–1881. doi:10.1364/OL.21.001879 19. Neil MAA, Juskaitis R, Wilson T. Method of obtaining optical sectioning by using structured light in a conventional microscope. *Opt Lett*. 1997;22:1905–1907. doi:10.1364/OL.22.001905 20. Manton JD. Answering some questions about structured illumination microscopy. *Phil Trans R Soc A*. 2022;380:20210109. doi:10.1098/rsta.2021.0109 21. Conchello JA, Lichtman JW. Optical sectioning microscopy. *Nat Methods*. 2005;2:920–931. doi:10.1038/nmeth815 22. Chung K, et al. Structural and molecular interrogation of intact biological systems. *Nature*. 2013;497:332–337. doi:10.1038/nature12107（组织透明化 CLARITY，仅用于名称澄清）

图片说明：图1、2、4 来自 Aurox 官方宣传册，版权归 Aurox Ltd.，公开发表前建议取得厂商或代理商书面许可；图3、图6 为自绘；图5 来自 CC BY 4.0 开放获取论文，转载须保留署名与许可信息，并建议发表前再次确认期刊转载政策。

本文为对公开资料与文献的解读整理，非厂商官方译文。

北京欧浩科技有限公司（英国 AUROX 中国区代理）
咨询邮箱：lili@ohhktech.com　网站：www.aurox.com.cn

北京欧浩科技有限公司

ORIENTAL HORIZON TECHNOLOGY CO., LTD.

AUROX Clarity 免激光转盘共聚焦

更多规格、应用案例与演示申请，请访问欧浩科技官网

https://www.ohhktech.com

电话：13511029964 / 010-81311551

邮箱：judy.cheung@ohhktech.com

地址：北京市丰台区航丰路1号时代财富天地 A座2703

德国 MMI · 英国 AUROX · 法国 INSCOPER 中国区授权代理

本页由北京欧浩科技添加，便于索取资料后继续了解产品与售后支持。