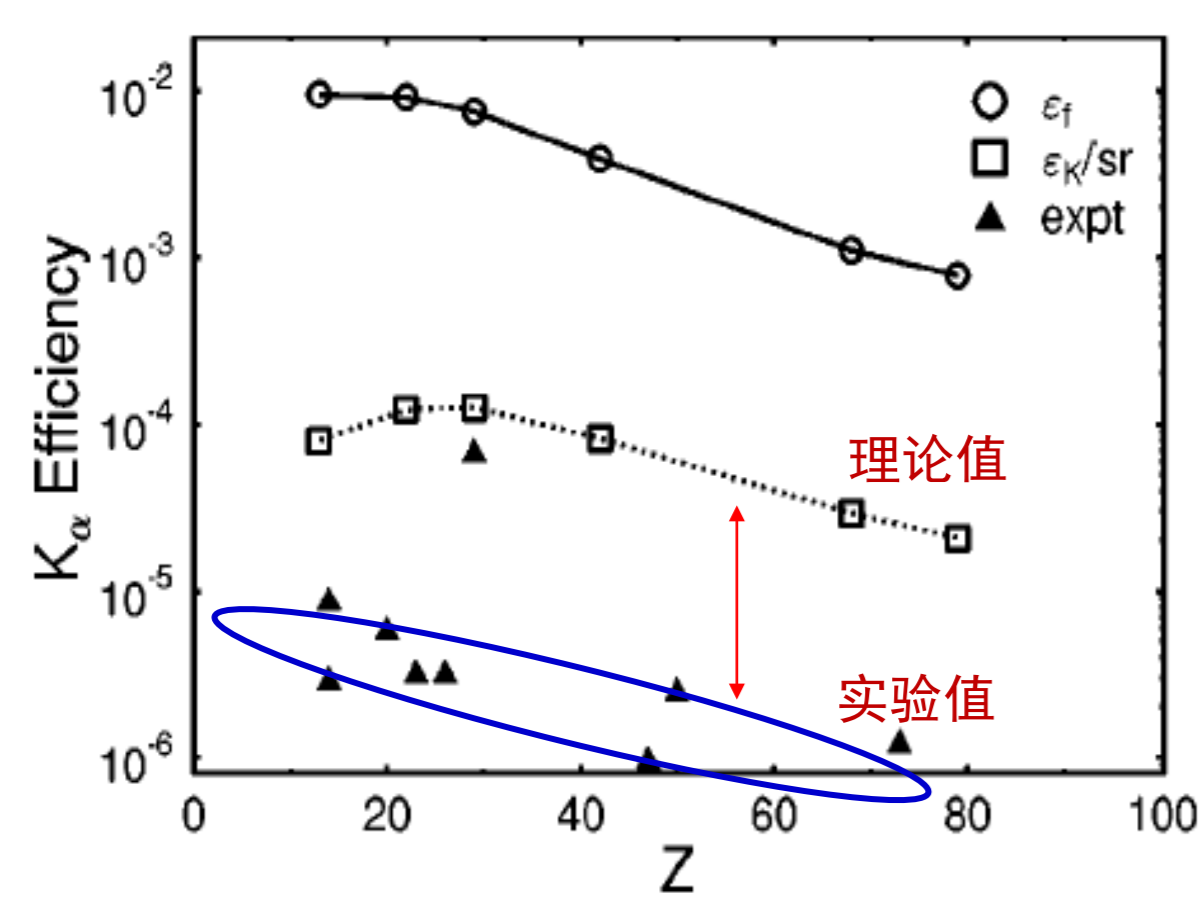


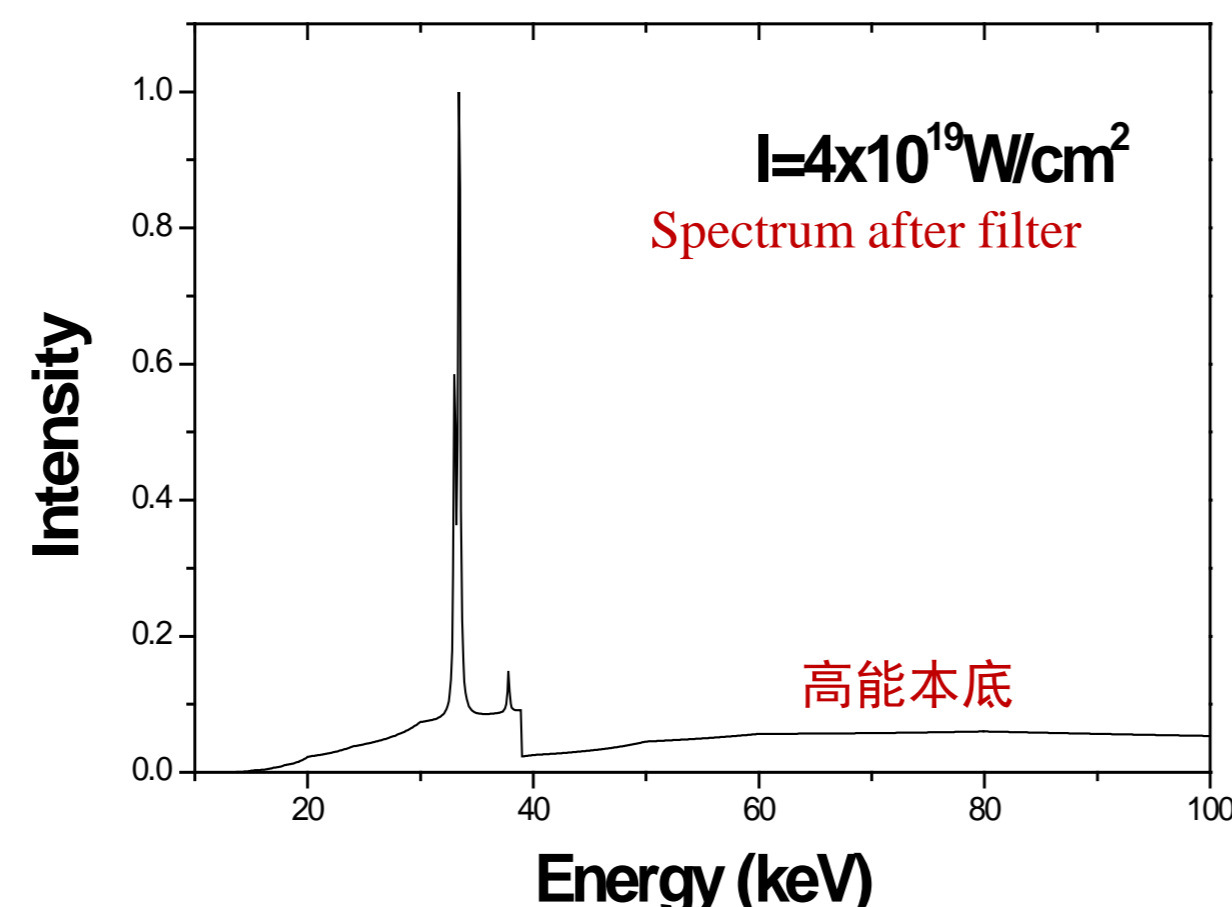
激光驱动的超快硬X射线源

传统的同步辐射源被证实是具有重大科学和应用价值的大装置。但由于真空中加速极限等限制，使这些装置造价昂贵、体积庞大，不能提供超短的时间分辨，其应用范围受到较大的制约；医用的X射线管也由于电子产生和X射线激发过程的分离使其亮度和尺寸不利于成像中分辨率的提高。超强激光驱动的硬X射线源由于电子产生和X射线的激发同步同区域进行，所产生的辐射光源具有极小的尺寸、超短的时间尺度、超高的亮度等优势，使这种新型辐射源在实际应用中具有极大的灵活性和经济性。另外，其超短的时间尺度和超高的空间分辨有效结合，将为许多领域的创新研究提供前所未有的诊断条件。

但现有的激光X射线源都表现出转换效率低、信噪比差等缺点（见下图），同时由于电子在靶中反复振荡或长程输运，产生的X射线辐射的时间宽度都在皮秒量级以上，使这些激光X射线源的应用受到极大限制。因此，如何有效控制和优化激光硬X射线的产生效率、信噪比和脉冲宽度意义重大。



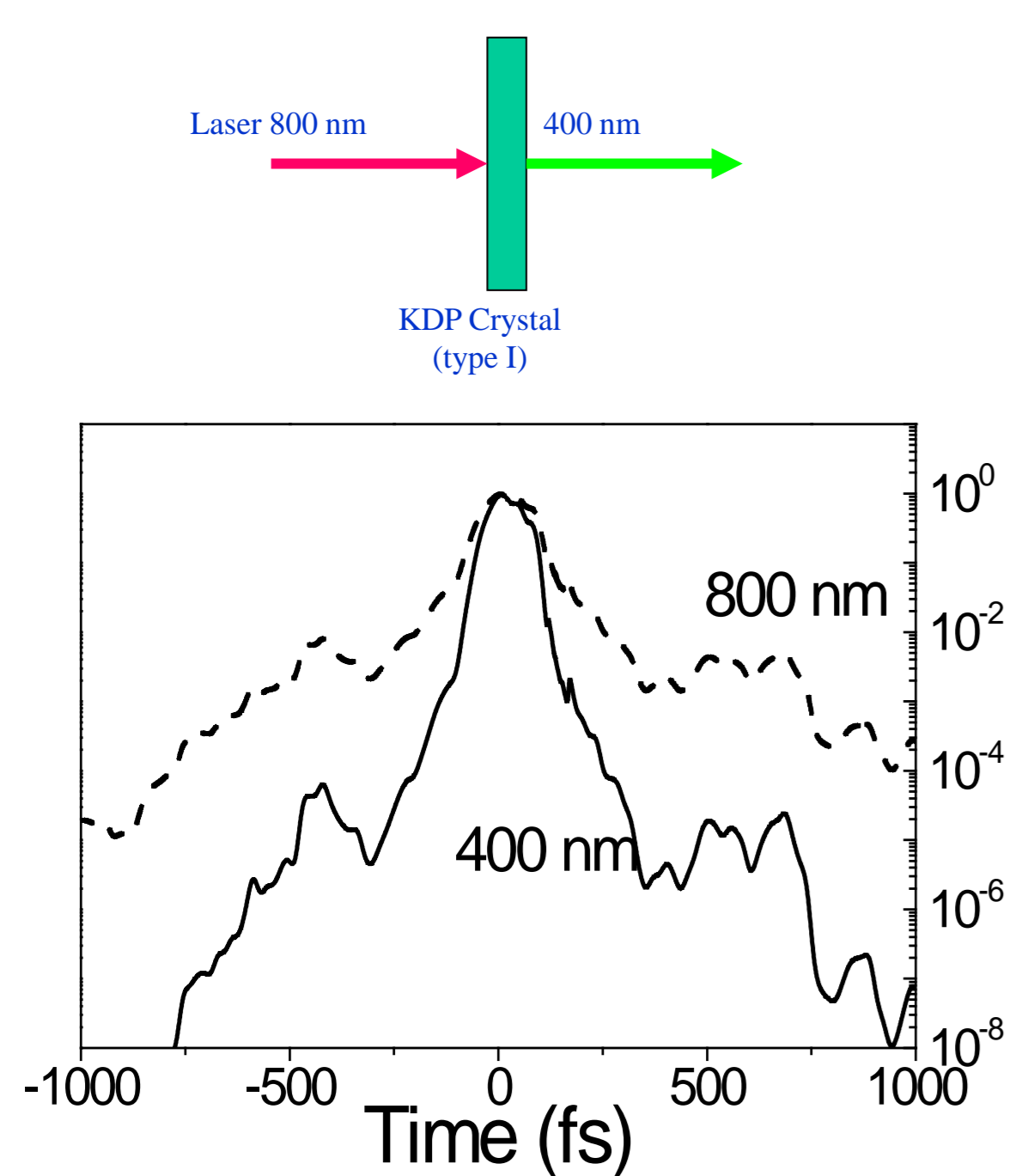
转换效率受限



高能本底难以抑制

高对比度激光的贡献

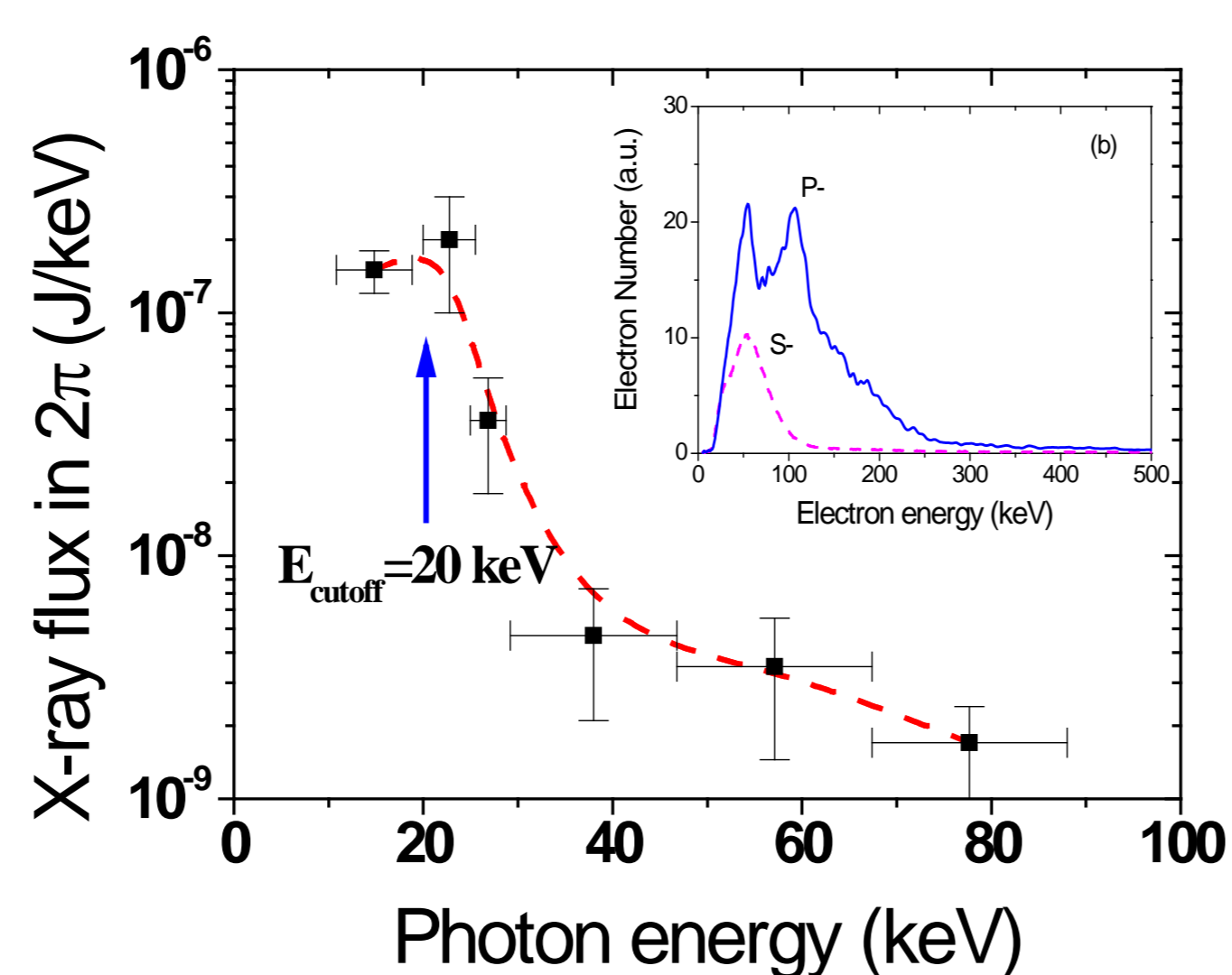
采用经过倍频的高对比度激光脉冲与固体靶相互作用时，由于预等离子体的密度标长很小，产生的超热电子的温度和激发的X射线源的尺寸都将远小于常规对比度激光脉冲与固体靶作用时的情况。

脉冲对比度的影响 ($I \sim 1 \times 10^{18} \text{ W/cm}^2$)

	800 nm	400 nm
Laser contrast ns	6×10^4	$> 10^{10}$
Laser contrast ps	1×10^4	$> 10^8$
Density gradient length (λ)	> 3	< 0.1
KT_h (keV)	> 150	~ 30
X-ray size (μm)	~ 100	~ 15

能谱信噪比的提高

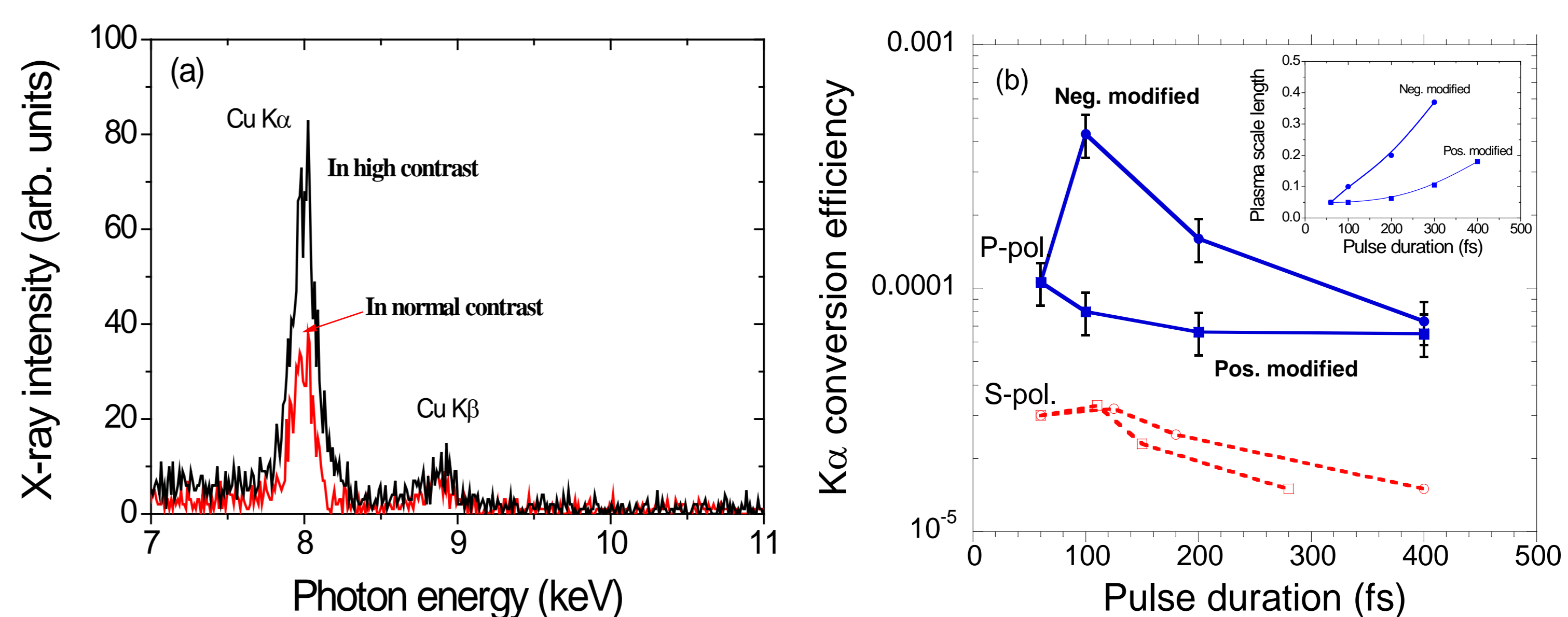
在高对比度激光的作用下，真空加热将取代共振吸收成为主要的电子加热机制，被加热的电子将不再具有Maxwell分布而是呈现一定的峰状结构。实验证实这样的电子和固体靶相互作用所激发的硬X射线源具有明显的高能截断现象，这将极大地提高源的信噪比，抑制高能本底对成像的影响。



Laser driven ultrashort hard x-ray source

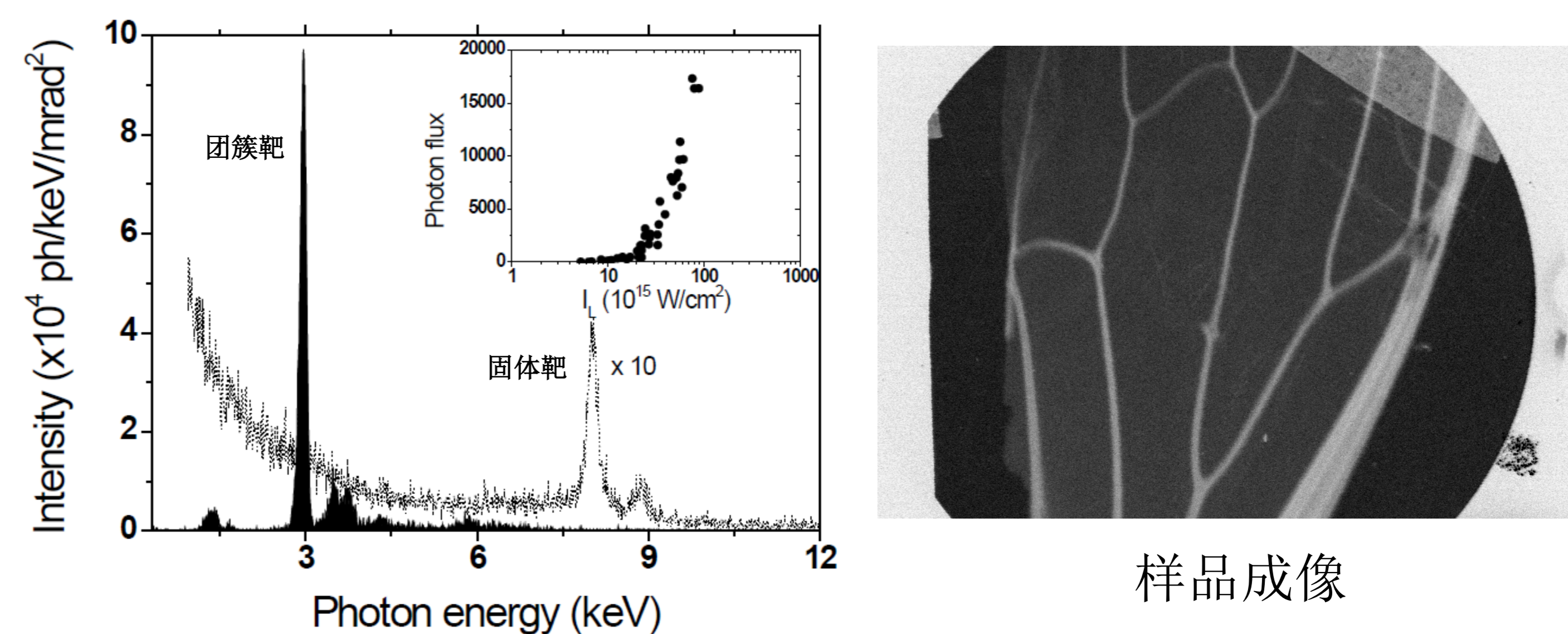
转换效率的优化

和常规对比度激光相比，在相同的激光能量下高对比度脉冲所产生的硬X射线源转换效率更高。同时发现一种优化相互作用强度的新方法：利用压缩光栅的相对距离控制高对比度脉冲的前沿，从而控制预等离子体的密度标长和相互作用中真空加热机制的激发程度，进而实现对电子加热的精确控制和X射线源强的最佳优化。实验得到转换效率达 4×10^{-4} ，为同类最高值。



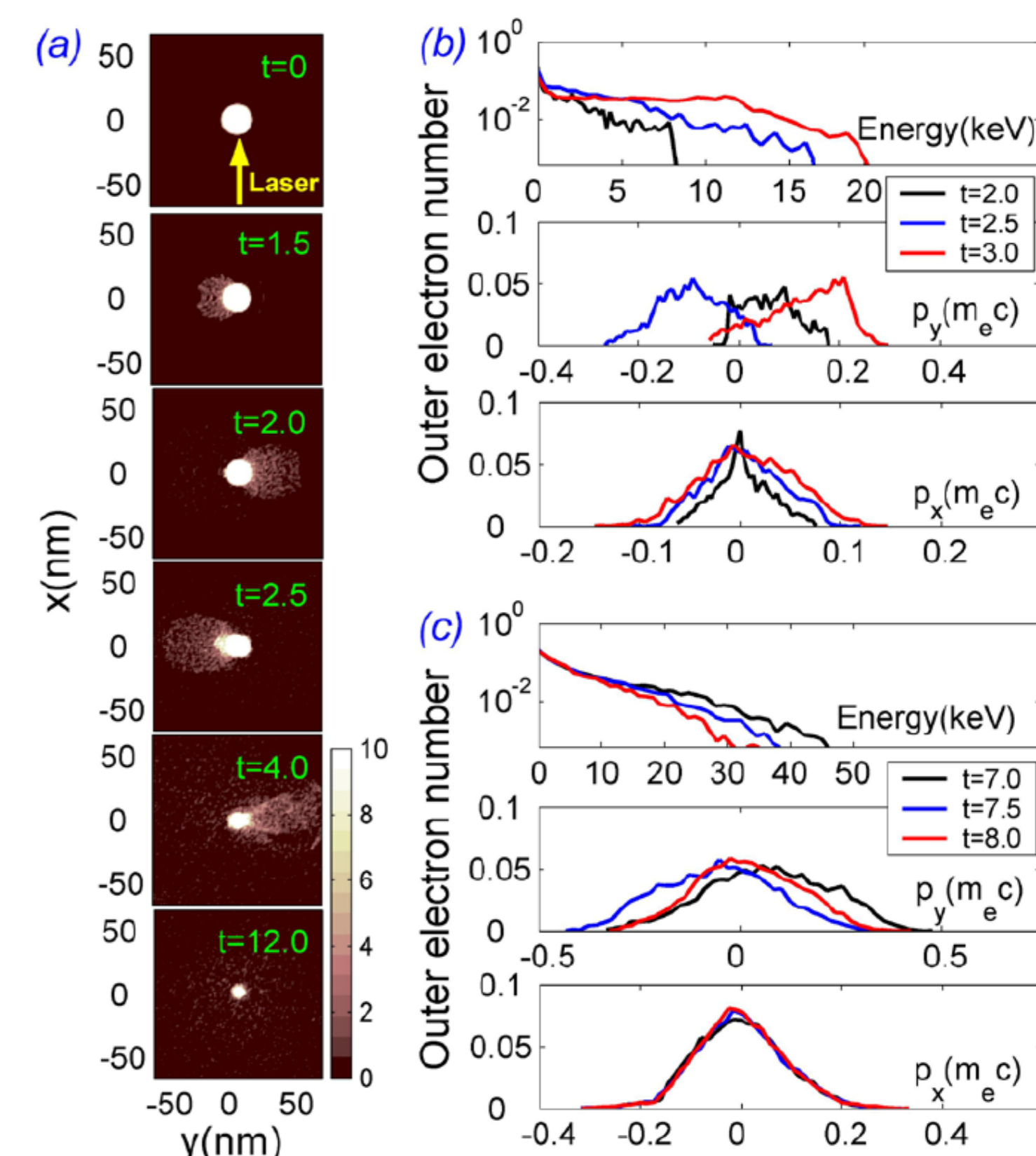
团簇高信噪比X射线源的发现

利用高对比度激光脉冲和小尺寸气体团簇相互作用，韧致辐射将被充分抑制而得到极高信噪比的强X射线源。亮度达 $2.2 \times 10^{11} \text{ phs/J}$ ，使激光X射线源有了单发单色成像的能力。



飞秒时间分辨的超快源

在相互作用的早期，团簇电子在激光电场和电荷分离场的共同作用下沿团簇作大振幅的周期振荡，而后期这种现象将变得模糊。这种相互作用中的非线性共振将使电子只在几个激光周期内具有适合激发K壳层光子的抖动能量，所产生的硬X射线辐射将具有小于激光脉宽的时间宽度（约10飞秒量级）。



发表的相关论文：

- L. M. Chen et al., Nucl. Instru. Meth. A. 619, 128(2010) (综述)
- L. M. Chen et al., Phys. Rev. Lett. 104, 215004 (2010)
- F. Liu et al., Opt. Express, 17, 16379(2009)
- L. M. Chen et al., Phys. Rev. Lett. 100, 045004 (2008)
- L. M. Chen et al., Appl. Phys. Lett. 90, 211501(2007)
- M. H. Xu et al., ACTA PHYSICA SINICA, 56, 353(2007)...