



面向世界科技前沿, 面向国家重大需求, 面向国民经济主战场, 率先实现科学技术跨越发展,
率先建成国家创新人才高地, 率先建成国家高水平科技智库, 率先建设国际一流科研机构。

——中国科学院办院方针



官方微博



官方微信

首页 组织机构 科学研究 人才教育 学部与院士 资源条件 科学普及 党建与创新文化 信息公开 专题

搜索

首页 > 科研进展

拍瓦强激光在固体细丝靶面驱动的超高亮度高能伽玛辐射研究获进展

文章来源: 物理研究所 发布时间: 2018-10-12 【字号: 小 中 大】

我要分享

近期国内外强激光研究机构成功建造了数拍瓦超强激光装置(1拍瓦=10¹⁵瓦),并同时进一步计划建造更强的百拍瓦量级激光装置(譬如,今年诺贝尔奖获得者Mourou教授等人推动的ELI激光装置)。这些装置输出的激光脉冲的聚焦强度能够达到10²⁵W/cm²(激光电场强度达10¹⁶V/m),这会将强激光与物质相互作用从相对论和经典非线性物理推进到量子电动力学(QED)占主导的范畴。为了在该领域开展研究,中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心光物理重点实验室L05组副研究员王伟民、研究员李玉同和上海交通大学教授盛政明合作,在他们之前编写的KLAPS粒子模拟(PIC)程序的基础上,于2016年又进一步开发了国内首个QED-PIC程序,并用其研究百拍瓦量级的强激光与固体靶相互作用中的独特QED效应【Physical Review E 96, 013201 (2017)】。

最近,王伟民、盛政明、李玉同、张杰等人利用该程序对强激光脉冲与横向尺度在激光波长量级的固体细丝相互作用进行了研究,发现即使驱动激光在拍瓦量级,就能产生显著的QED效应。当强激光与细丝靶作用时,一方面在细丝靶表面把电子加速至GeV量级,另一方面在靶表面激发了很强的准静态横向电磁场,后者在丝表面驱动高能电子做横向振荡,并产生类同步辐射。固体细丝靶的高密度使得激光脉冲沿靶表面引导和加速电子,产生数目非常高的准直GeV电子束,其单脉冲电量可以达到10nC量级,而气体靶尾场加速器的电量仅在100pC量级。同时固体细丝靶的高密度使得激光在靶表面形成的准静态横向电磁场非常强,可以达到10¹⁴V/m量级,在电子静止坐标系下,该有效振荡场接近Schwinger临界场强E_{Sh}=1.32×10¹⁸V/m(此场强可以在真空中直接激发出正负电子对),在此条件下电子振荡引起的同步辐射已经进入了QED领域,因而能够非常高效地产生准直性良好的高能量、高亮度伽玛射线。三维QED-PIC模拟表明,伽玛射线的亮度仅次于大型X射线自由电子激光装置(XFEL),但其光子能量高达几十MeV到几百MeV(比XFEL高3个数量级),从激光到伽玛射线的转换效率可以接近10%。与通常的强激光与固体靶作用产生高能伽玛射线相比,本方案不仅大大降低了对驱动激光功率的要求,而且大幅提高伽玛射线的准直性、大幅降低其横向尺寸,因此伽玛射线的亮度得到极大提升。这种高能伽玛射线在放射治疗、原子核光学、实验室天体物理、伽玛光子对撞机等具有诱人的应用前景。该工作近期发表在《美国国家科学院院刊》上【PNAS 115, 9911 (2018)】。

以上研究得到科技部重点研发计划(2018YFA0404801)、挑战计划(TZ2016005)、国家自然科学基金委(11775302, 11721091, 11775144, 11655002, 11520101003)、中科院先导科技专项(XDB16010200, XDB07030300)、教育部IIFSA协同创新中心的资助。

文章链接: [1](#) [2](#)

热点新闻

中科院召开警示教育大会

第二届《中国科学》和《科学通报》理事...
中科院卓越创新中心建设工作交流研讨会召开
国科大教授李佩先生塑像揭幕
我国成功发射两颗北斗二号全球组网卫星
国科大举行建校40周年纪念大会

视频推荐



【新闻联播】“率先行动”计划 领跑科技体制改革



【辽宁卫视】沈阳材料科学国家研究中心揭牌暨开工仪式在沈阳举行

专题推荐



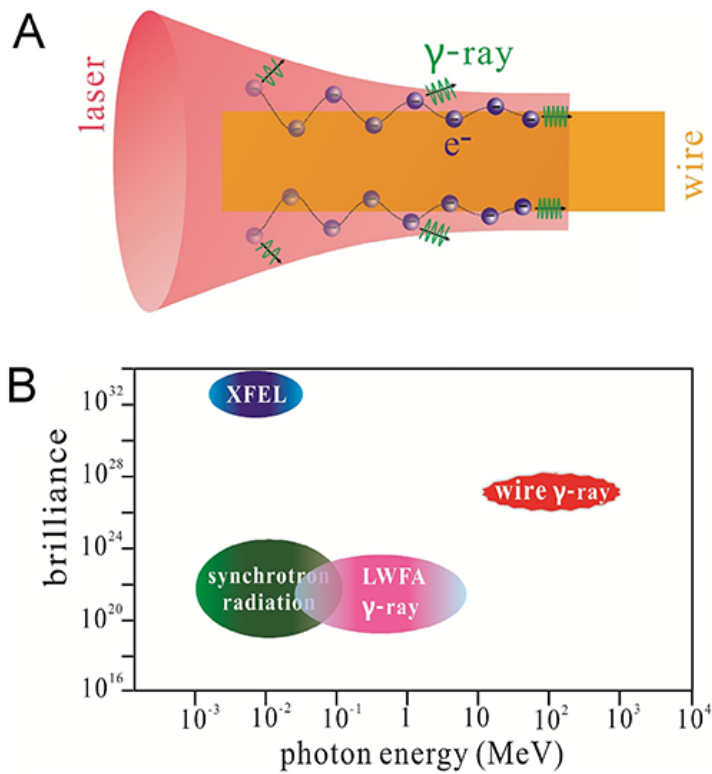


图1. A为丝靶方案的示意图：一束拍瓦激光脉冲沿着亚波长细丝传输时，产生的高能电子束沿着丝靶表面或激光传播方向传输，同时在靶表面产生了很强的静电场和静磁场，此电场力和磁场力相互竞争导致电子束垂直于靶表面振荡，从而辐射出高能伽玛光子；随着激光脉冲逐渐接近其焦平面（此平面与丝靶前端有一定的距离，以充分地引导和加速电子束），电子束能量逐渐增加、其发散角逐渐减小，因此产生的伽玛光子数目和能量逐渐提高、光子发散角逐渐减小。B图给出了大型X射线自由电子激光装置(XFEL)，大型的同步辐射装置，基于激光尾场加速器的betatron或康普顿散射，以及此丝靶方案中产生的伽玛/X射线光子能量和亮度值。

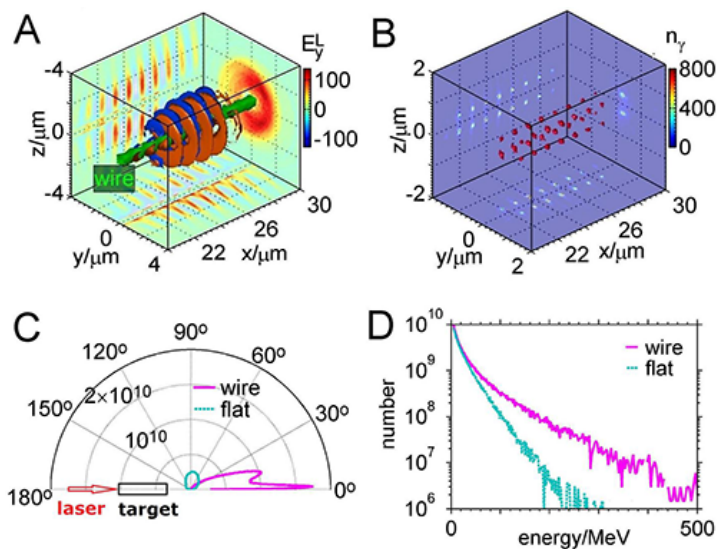


图2. 三维KLAPS粒子模拟结果。A为激光电场的空间分布（单位 $mc\omega/e$ ）：激光与细丝靶相互作用时形成了中空的场结构；B为产生的伽玛光子数密度的空间分布（单位为等离子体临界密度 n_c ）；C为伽玛光子的角分布：从丝靶中产生的伽玛光子主要沿着靶表面或激光传播方向，而一般的平面靶中产生的伽玛光子的发散角很大；D为伽玛光子能谱。

（责任编辑：叶瑞优）

