
 [交大首页 \(https://www.sjtu.edu.cn/\)](https://www.sjtu.edu.cn/)

 [上海交大报 \(http://shjdb.sjtu.edu.cn/\)](http://shjdb.sjtu.edu.cn/)

 [\(https://weibo.com/chiaotunguniv?refer_flag=1001030102_\)](https://weibo.com/chiaotunguniv?refer_flag=1001030102_)



[旧版新闻学术网入口 \(https://oldnews.sjtu.edu.cn/\)](https://oldnews.sjtu.edu.cn/)



上海交通大学 · 新闻学术网
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

(<https://news.sjtu.edu.cn/index.html>)

[首页 \(/index.html\)](/index.html) / [探索发现 \(/tsfx/index.html\)](/tsfx/index.html) / [交大智慧 \(/jdzh/index.html\)](/jdzh/index.html)

站内搜索



/ 正文

探索发现 · 交大智慧

太赫兹脉冲啁啾操控电子束实现更短 且更稳定的相对论电子束

2020年02月10日 责任编辑：叶丹



上海交通大学物理与天文学院向导教授和张杰院士领导的课题组近期与同行合作，利用太赫兹脉冲与相对论电子束在介质波导中的相互作用操控电子束能量分布，实现了对相对论电子束脉宽与时间抖动的同步压缩。该工作作为“编辑推荐”（Editors' Suggestion）文章发表在《物理评论快报》【L. Zhao et al., Phys. Rev. Lett. 124, 054802 (2020)】；作为本期的亮点文章之一（Featured in Physics），Physics以‘Making Electron Pulses Shorter and Steadier（让电子束更短更稳定）’为题目对该工作进行了特别介绍。



The image shows a screenshot of a Physics News and Commentary article. At the top, the title 'PHYSICAL REVIEW LETTERS' is displayed in white on a dark green background. Below the title, a navigation bar contains links for 'Highlights', 'Recent', 'Accepted', 'Collections', 'Authors', 'Referees', 'Search', 'Press', 'About', and a search icon. The article is categorized under 'Featured in Physics' and 'Editors' Suggestion'. The main title of the article is 'Femtosecond Relativistic Electron Beam with Reduced Timing Jitter from THz Driven Beam Compression'. The authors listed are Lingrong Zhao, Heng Tang, Chao Lu, Tao Jiang, Pengfei Zhu, Long Hu, Wei Song, Huida Wang, Jiaqi Qiu, Chunguang Jing, Sergey Antipov, Dao Xiang, and Jie Zhang. The article is published in Phys. Rev. Lett. 124, 054802 on February 4, 2020. Below the title and authors, there is a blue-tinted image showing a series of electron pulses. To the right of the image, the article is featured in 'Physics NEWS AND COMMENTARY' with the title 'Making Electron Pulses Shorter and Steadier' and the date 'February 4, 2020'. A short summary follows: 'Terahertz radiation can be used to produce short and well-timed pulses of electrons—which could benefit electron diffraction schemes used to image ultrafast atomic and molecular dynamics.'

超短电子束在超快电子衍射、自由电子激光、逆康普顿散射X光源、激光或太赫兹驱动的先进加速等研究中有着广泛的应用，因此如何产生超短电子束脉冲并实现与激光脉冲高度同步是目前加速器物理和超快科学的重要挑战之一。传统上使用微波场对电子束脉冲进行压缩会由于微波的相位噪声导致压缩后的电子束存在较大时间抖动，针对这个挑战，本工作将“啁啾”的概念应用于电子束脉宽的压缩并利用太赫兹波段的介质波导代替微波谐振腔，实现了利用太赫兹场操控电子束能量分布，并进而实现了对电子束脉宽的压缩。

利用太赫兹脉冲压缩电子束脉宽的原理如图1中所示，首先利用太赫兹与电子束的相互作用操控电子束能量分布并产生负能量啁啾（电子束头部能量低于尾部），进一步经过一段漂移节后，尾部的电子由于速度更快，会追上头部的电子实现脉宽压缩。该方法与激光领域的啁啾脉冲放大/压缩技术（获2018年诺贝尔物理学奖）非常类似：电子束能量啁啾对应于激光的频率啁啾，电子束压缩的直线节对应于啁啾激光脉冲压缩中的光栅。

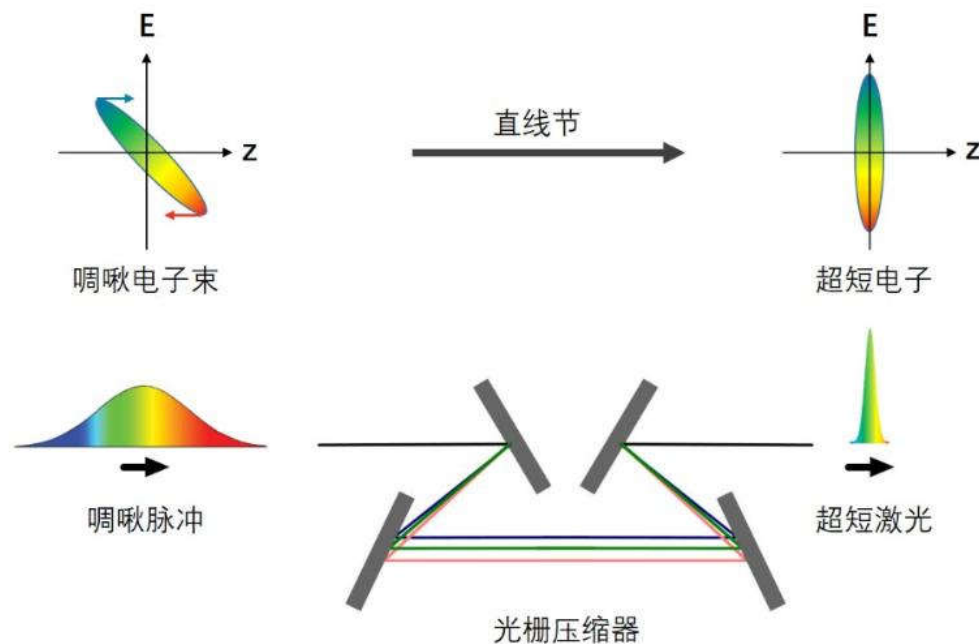


图1. 电子束脉宽压缩（上）及啁啾激光脉冲压缩（下）示意图

与微波驱动的电子束脉宽压缩相比，太赫兹驱动的压缩技术具有两个明显的优势。首先，电子束的能量啁啾正比于用于操控电子束能量的电磁场频率；太赫兹由于频率比微波高100-1000倍，因此产生同样的能量啁啾所需要的场强大幅降低，可将微波驱动压缩技术所需的高压调制器和速调管等系统大幅缩小，这将大幅降低脉宽压缩的造价。其次，由于用于压缩电子束的太赫兹由激光在晶体中产生，因此其与激光严格同步，有效规避了微波的相位抖动问题；相应的压缩后的电子束在脉宽压缩的同时其时间

抖动也会得到同比例降低。图2中为太赫兹驱动电子束压缩前和压缩后的结果对比，可以看到约4倍的压缩效果，这展示了将此电子束压缩技术用于超快电子衍射研究原子尺度超快动力学过程时可获得更高时间分辨率的可能性，而将此电子束压缩技术用于太赫兹驱动的电子加速时则可能获得更高的能量稳定性和更低的能散。

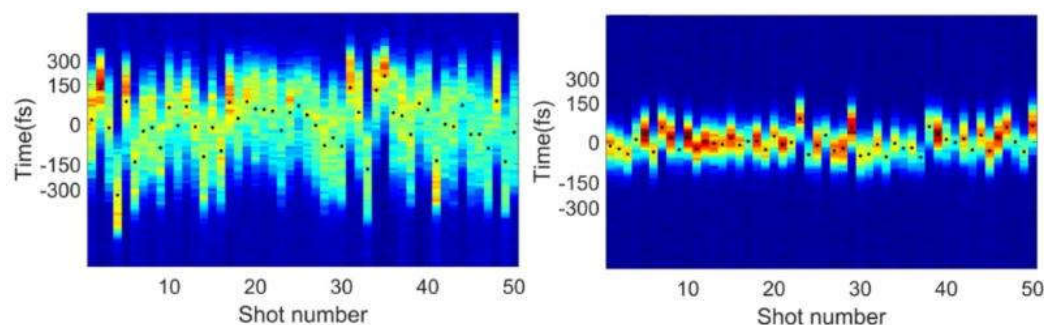


图2. 太赫兹驱动脉宽压缩前（左）和压缩后（右）电子束的时域分布

本工作主要由上海市科委重大项目（No. 18JC1410700）、基金委国家重大科研仪器研制项目（No. 11327902）、基金委创新群体项目（No. 11721091）、基金委杰青项目（No. 11925505）和科技部青年973项目（No. 2015CB859700）资助，论文第一作者为博士后赵凌荣。

文章链接:

<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.054802>

(<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.054802>)

作者: 向导

供稿单位: 物理与天文学院

沪ICP备05052060 (<http://www.beian.miit.gov.cn/>) 沪举报中心 版权所有© 上海交通大学 新

闻网编辑部维护

地址: 上海市东川路800号 邮编: 200240 查号: 86-21-54740000