**技术发明奖推荐号：120-306**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **项目名称** | | | | **基于受激布里渊散射的大能量皮秒级短脉冲激光技术及应用** | | | | | | | |
| **提名单位** | | | | **河北省教育厅** | | | | | | | |
| **项目简介** | | | | 成果属于激光技术领域。  大能量皮秒级短脉冲激光由于其在创造极端物理环境、光与物质相互作用等方面独特的性质，在超高密度物理、材料学等领域具有更广阔的发展前景。但是，基于传统的激光放大技术，大能量短脉冲激光在放大过程中，短脉冲引起的低放大效率、高峰值功率引起的非线性光学损耗和光学损伤风险、强泵浦引起的热沉积和光学畸变等一系列问题，造成大能量短脉冲激光器结构异常复杂，成本高昂，甚至难以实现焦耳水平的皮秒级短脉冲激光。本项目团队基于多年的研究成果，提出了受激布里渊散射（Stimulated Brillouin Scattering，SBS）高功率激光技术，解决了大能量短脉冲激光高效率放大等多项关键技术，在诸多方面取得了重要突破，完成了国家重大专项、国家自然科学基金重点项目、863高技术重点项目等多项国家级重要课题，在中国工程物理研究院、哈尔滨工业大学（威海）、中科院上海光机所等多家科研机构和企业实现了技术应用。主要的发明点和应用包括：  （1）提出了基于受激布里渊散射的大能量皮秒级短脉冲激光技术，通过开展大能量长脉冲的SBS脉宽压缩技术研究，阐明了高效率、高脉宽压缩比、高脉冲对比度的SBS皮秒级短脉冲激光机理，实现了一种不同于传统激光放大的大能量短脉冲激光新方法，首创了基于SBS脉宽压缩的大能量皮秒级激光装置。  （2）提出了基于SBS能量转移的高能量高功率百皮秒激光技术新方案，在中国现役大型装置上实现了千焦耳百皮秒激光输出的实验验证，获得了国际上最高强度的百皮秒激光输出，是目前国际上激光驱动器最大通量的3倍以上,突破了短脉冲在大型激光驱动器中的功率受限问题，也是第一次将SBS技术应用到了大型激光装置中。  （3）提出了基于非聚焦自泵浦SBS脉宽压缩效应的大能量皮秒级短脉冲激光技术，解决了压缩脉冲的尾部调制问题，提高了激光输出脉冲对比度，获得了目前最高能量的高稳定无调制的百皮秒Stokes激光，利用该项技术实现了首台套国产化的SBS百皮秒激光美容仪，打破了国际厂商在最先进的百皮秒激光美容仪器领域的技术垄断，部分性能指标领先于国际同类型仪器。  （4）提出了受激布里渊散射的窄线宽短脉冲光纤激光技术，实现了该技术在高空间分辨率分布式布里渊光纤传感领域的应用，开发了技术领先的光纤传感分析仪，为国家多项重大基础工程的安全建设提供了有力保障。  在项目执行的2010-2016期间，发表SCI论文53篇，EI论文6篇，获得授权中国发明专利29项，获得授权实用新型专利3项。 | | | | | | | |
| **应用及经济社会效益情况** | | | | 本项目开发的技术成果，在中国工程物理研究院激光聚变研究中心、哈尔滨工业大学（威海）、中科院上海光机所、中电集团53所等国内一流的科研机构实现了技术应用。  （1）本项目提出的高能量高功率百皮秒激光技术在中国工程物理研究院激光聚变研究中心的大型激光装置上获得了应用验证，这也是国际上第一次在大型激光驱动器中开展SBS技术研究，结果表明本项目成果突破了传统激光技术无法实现百皮秒激光脉冲高效率放大的难题，基于该技术提出并设计了我国开展激光聚变冲击点火研究的驱动器技术方案，形成了实现冲击点火脉冲激光的技术储备，对我国开展下一代冲击点火激光核聚变研究具有重要意义。  （2）利用本项目提出的SBS脉宽压缩技术研制的激光器，可以实现1064nm、532nm和355nm三种波段的大能量百皮秒激光输出，为哈工大（威海）信息光电子研究所开展远距离高分辨的海洋探测激光雷达研究提供了优质的激光光源。  （3）利用本项目提出的SBS高质量单模激光技术，为上海光机所开展量子激光雷达研究提供了具有高自相关系数的理想光源，在中国航天科工集团四院九部的重大科研项目中得到了应用。  （4）本项目提出的SBS相位共轭基模激光技术，解决了传统高功率激光器低光束质量问题，具有很好的相干性，中电集团53所基于该技术，实现了机载平显设备的国产化，消除了对价格高昂的同类型进口激光器的依赖，实现了产业化应用。  通过多年的研究，本项目基于受激布里渊散射技术实现了大能量皮秒级短脉冲激光，以特有的优势在多个领域获得了应用，填补了我国在SBS激光技术领域的空白。 | | | | | | | |
| **代表性论文专著目录** | | | | | | | | | | | |
| 1. Wang Yulei, Zhu Xuehua, Lu Zhiwei, and Hengkang Zhang. "Generation of 360 ps laser pulse with 3 J energy by stimulated Brillouin scattering with a nonfocusing scheme." Optics Express. 23(18): 23318-23328 (2015).  2. Liu Zhaohong, Wang Yulei, Wang Yirui, Yuan Hang, Bai Zhenxu, Wang Hongli, Liu Rui, Li Sensen, Zhang Hengkang, Zhou Luoxian, Tan Tan, He Weiming, and Lu Zhiwei. "Generation of high-energy 284 ps laser pulse without tail modulation by stimulated Brillouin scattering." Chinese Optics Letters. 14(9): 091901 (2016).  3. Chen Yi, Lu Zhiwei, Wang Yulei, and He Weiming. "Phase matching for noncollinear Brillouin amplification based on controlling of frequency shift of Stokes seed." Optics Letters. 39(10): 3047-3049 (2014).  4. Guo Qi, Lu Zhiwei, and Wang Yulei. "Highly efficient Brillouin amplification of strong Stokes seed." Applied Physics Letters. 96(22): 221107 (2010).  5. Bai Zhenxu, Wang Yulei, Lu Zhiwei, Yuan Hang, Zheng Zhenxing, Li Sensen, Chen Yi, Liu Zhaohong, Cui Can, Wang Hongli, and Liu Rui. "High compact, high quality single longitudinal mode hundred picoseconds laser based on stimulated Brillouin scattering pulse compression." Applied Sciences-Basel. 6(1): 29 (2016).  6. Dong Yongkang, Teng Lei, Tong Peilin, Jiang Taofei, Zhang Hongying, Zhu Tao, Chen Liang, Bao Xiaoyi, and Zhiwei Lu. "High-sensitivity distributed transverse load sensor with an elliptical-core fiber based on Brillouin dynamic gratings." Optics Letters. 40(21): 5003-5006 (2015). | | | | | | | | | | | |
| **主要知识产权证明目录** | | | | | | | | | | | |
| 1. 吕志伟,王雨雷．基于受激布里渊散射脉宽压缩的高能量数百皮秒激光装置．中国专利，ZL 201510093181.1，授权日期2017-11-03.  2. 吕志伟,朱学华,王雨雷. 基于反射光波形测量非聚焦泵浦的受激布里渊散射阈值的装置及阈值测量方法．中国专利，ZL201410074811.6，授权日期2017-01-11.  3. 吕志伟,巴德欣. 光纤本征布里渊线宽测量装置及测量方法．中国专利，ZL201010530016.5，授权日期2012-06-06.  4. 吕志伟,陈义,王雨雷,张昀. 测量介质布里渊增益线型和线宽的装置及基于该装置测量介质布里渊增益线型和线宽的方法．中国专利，ZL 201210316485.6，授权日期2014-06-04.  5. 吕志伟,樊心民,林殿阳. 抑制受激拉曼散射提高激光传输效率的方法及装置．中国专利，ZL201210318627.2，授权日期2016-03-30.  6. 董永康,吕志伟. 基于光学锁相环的布里渊光时域反射计的装置．中国专利，ZL201210299784.3，授权日期2014-09-17.  7. 吕志伟,樊心民,林殿阳. 抑制横向非线性效应提高大口径光学元器件安全性的方法及装置．中国专利，ZL201210363384.4，授权日期2015-03-25.  8. 吕志伟,巴德欣,朱成禹. 能够实现纳秒至微秒级连续可控光延时的复合型双通道连续可调光延时器．中国专利，ZL201110191527.3，授权日期2014-04-02.  9. 董永康,姜桃飞,周登望,吕志伟. 基于布里渊动态光栅的光谱分析装置及其分析方法．中国专利，ZL201310231671.4，授权日期2014-12-10.  10. 吕志伟,王雨雷. 一种百皮秒至纳秒脉冲宽度可调的固体激光器．中国专利，ZL201520950592.3，授权日期2016-04-06. | | | | | | | | | | | |
| **主要完成人情况表（排名、姓名、技术职称、工作单位、对本项目技术创造性贡献、曾获奖励情况）** | | | | | | | | | | | |
| **排名** | **姓名** | **技术职称** | | | **工作单位** | | **完成单位** | | **贡献** | **曾获奖情况** | |
| 1 | 王雨雷 | 教授 | | | 河北工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点1、发明点2和发明点3有主要贡献，提出了百皮秒激光脉冲高效率布里渊放大技术，突破了百皮秒激光脉冲高增益放大关键技术难题，实现了高能量高功率百皮秒激光大型激光装置上的应用，提出了有效泵浦长度控制方法和自泵浦的非聚焦结构，获得了最高能量的高稳定无调制百皮秒Stokes种子光。推动了该项技术在诸多领域的应用。 | 黑龙江省自然科学一等奖1项  军队科技进步一等奖1项 | |
| 2 | 吕志伟 | 教授 | | | 河北工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点1、发明点2和发明点3有重要贡献，提出了基于受激布里渊散射脉宽压缩的高能量数百皮秒激光技术，实现了高能量长脉冲激光向短脉冲激光的高效率能量转移，突破了一系列大能量短脉冲SBS激光的关键技术，是多项发明专利的第一发明人。 | 黑龙江省自然科学一等奖1项  军队科技进步一等奖2项 | |
| 3 | 巴德欣 | 副教授 | | | 哈尔滨工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点1和发明点4有重要贡献，提出了基于SBS慢光测量光纤本征布里渊线宽的方法，为实现光纤中Stokes信号光的主动频率调谐与匹配提供了技术手段，是获得大能量短脉冲布里渊放大能量转移技术的重要基础方法。 | 无 | |
| 4 | 白振旭 | 讲师 | | | 河北工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点1和发明点3有重要贡献，提出了双池紧凑型受激布里渊脉冲压缩激光技术，实现了高效的SBS短脉冲激光，为获得大能量短脉冲激光提供了优质的Stokes种子脉冲。 | 国际光学工程学会Teddi Laurin奖（排名1） | |
| 5 | 刘照虹 | 讲师 | | | 河北工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点3有主要贡献，提出了抑制受激布里渊脉冲压缩过程中尾部调制的方法，实现了无调制高对比度的短脉冲激光，推动了SBS百皮秒激光器的应用，是代表性学术论文“Generation of high-energy 284 ps laser pulse without tail modulation by stimulated Brillouin scattering”的第一作者。 | 军队科技进步一等奖1项（排名11） | |
| 6 | 董永康 | 教授 | | | 哈尔滨工业大学 | | 哈尔滨工业大学 | | 对发明点4有主要贡献，提出了基于受激布里渊散射的窄线宽激光技术，发明了基于光学锁相环的布里渊光时域反射计的装置和基于布里渊动态光栅的光谱分析装置及其分析方法，推动了该项技术在大型桥梁、隧道、公路等领域的重要应用。 | 2017年获“陕西省科技进步一等奖”  2013年获“黑龙江省自然科学一等奖” | |
| **完成人合作关系说明** | | | | | | | | | | | |
| 成果完成人王雨雷、吕志伟、刘照虹、白振旭均为河北工业大学电子信息工程学院先进激光技术研究所的教师，为同一课题组成员，共同承担了863高技术项目、国家自然科学基金重点项目和国家重大专项等多项课题，共同发表过多篇学术论文，一起申请了多项发明专利，是多项技术的共同拥有者。  成果完成人巴德欣和董永康，是成果完成人王雨雷、吕志伟在哈尔滨工业大学工作时的同事，同为哈工大航天学院光电子信息科学与技术系同一课题组成员，在项目执行阶段，共同承担了国家重大专项课题，有共同的文章发表和发明专利。  所有的成果完成人是紧密的合作伙伴关系，对本项目成果的完成均有贡献。 | | | | | | | | | | | |
| **完成人合作关系情况汇总表** | | | | | | | | | | | |
| **序号** | **合作方式** | | **合作者/项目排名** | | | **合作时间** | | **合作成果** | | | **备注** |
| 1 | 项目合作  专利合作  文章合作 | | 吕志伟/2 | | | 2010.1-2018.12 | | 共同承担了863高技术项目、国家自然科学基金重点项目和国家重大专项  合作发表学术论文20篇，申请专利13项 | | |  |
| 2 | 项目合作  文章合作 | | 巴德欣/3 | | | 2010.1-2018.12 | | 共同承担了863高技术项目、国家自然科学基金重点项目和国家重大专项  合作发表学术论文9篇 | | |  |
| 3 | 文章合作  项目合作 | | 白振旭/4 | | | 2014.3-2018.9 | | 共同承担了863高技术项目  合作发表学术论文12篇，申请专利2项 | | |  |
| 4 | 文章合作  项目合作 | | 刘照虹/5 | | | 2014.9-2018.9 | | 共同承担了国家自然科学基金项目  合作发表学术论文9篇 | | |  |
| 5 | 项目合作  应用推广 | | 董永康/6 | | | 2014.9-2016.12 | | 共同承担了国家重大专项课题  共同开展了光纤传感领域的应用 | | |  |
| **知情同意证明** | | | | | | | | | | | |
|  | | | | | | | | | | | |

**注：所填报内容必须与推荐书中提交的完全一致，否则责任自负，可自行调整行间距。**