



项目批准号	51677145
申请代码	E0709
归口管理部门	
依托单位代码	71004908A0997-1888



国家自然科学基金委员会 资助项目计划书

资助类别：面上项目

亚类说明：

附注说明：常规面上项目

项目名称：基于空心等离子体的高功率可调频太赫兹源

直接费用：61万元 执行年限：2017.01-2020.12

负责人：常超

通讯地址：西安市碑林区咸宁西路28号

邮政编码：710048 电 话：15309280806

电子邮件：changc@xjtu.edu.cn

依托单位：西安交通大学

联系人：董康宁 电 话：029-82668388

填表日期：2016年08月26日

国家自然科学基金委员会制



国家自然科学基金委员会资助项目计划书填报说明

- 一、项目负责人收到《关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知》（以下简称《批准通知》）后，请认真阅读本填报说明，参照国家自然科学基金相关项目管理办法及《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》（请查阅国家自然科学基金委员会官方网站首页“政策法规”-“管理办法”栏目），按《批准通知》的要求认真填写和提交《国家自然科学基金委员会资助项目计划书》（以下简称《计划书》）。
- 二、填写《计划书》时要求科学严谨、实事求是、表述清晰、准确。《计划书》经国家自然科学基金委员会相关项目管理部门审核批准后，将作为项目研究计划执行和检查、验收的依据。
- 三、《计划书》各部分填写要求如下：
 - （一）简表：由系统自动生成。
 - （二）摘要及关键词：各类获资助项目都必须填写中、英文摘要及关键词。
 - （三）项目组主要成员：计划书中列出姓名的项目组主要成员由系统自动生成，与申请书原成员保持一致，不可随意调整。如果批准通知中“项目评审意见及修改意见表”中“对研究方案的修改意见”栏目有调整项目组成员相关要求的，待项目开始执行后，按照项目成员变更程序另行办理。
 - （四）资金预算表：按批准资助的直接费用填报资金预算表和预算说明书，其中的劳务费、专家咨询费金额不应高于申请书中相应金额。国家重大科研仪器研制项目、重大项目还应按照预算评审后批复的直接费用各科目金额填报资金预算表、预算说明书及相应的预算明细表。
 - （五）正文：
 1. 面上项目、青年科学基金项目、地区科学基金项目：如果《批准通知》中没有修改要求的，只需选择“研究内容和研究目标按照申请书执行”即可；如果《批准通知》中“项目评审意见及修改意见表”中“对研究方案的修改意见”栏目明确要求调整研究期限和研究内容等的，须选择“根据研究方案修改意见更改”并填报相关修改内容。
 2. 重点项目、重点国际（地区）合作研究项目、重大项目、国家重大科研仪器研制项目：须选择“根据研究方案修改意见更改”，根据《批准通知》的要求填写研究（研制）内容，不得自行降低、更改研究目标（或仪器研制的技术性能与主要技术指标以及验收技术指标）或缩减研究（研制）内容。此外，还要突出以下几点：
 - （1）研究的难点和在实施过程中可能遇到的问题（或仪器研制风险），拟采用的研究（研制）方案和技术路线；
 - （2）项目主要参与者分工，合作研究单位之间的关系与分工，重大项目还需说明课题之间的关联；
 - （3）详细的年度研究（研制）计划。



3. 国家杰出青年科学基金、优秀青年科学基金和海外及港澳学者合作研究基金项目：须选择“根据研究方案修改意见更改”，按下列提纲撰写：
 - (1) 研究方向；
 - (2) 结合国内外研究现状，说明研究工作的学术思想和科学意义（限两个页面）；
 - (3) 研究内容、研究方案及预期目标（限两个页面）；
 - (4) 年度研究计划；
 - (5) 研究队伍的组成情况。
4. 对于其他类型项目，参照面上项目的方式进行选择和填写。



简表

申请者信息	姓 名	常超	性 别	男	出生年月	1983年04月	民 族	汉族
	学 位	博士			职称	教授		
	电 话	15309280806		电子邮件	changc@xjtu.edu.cn			
	传 真			个人网页				
	工 作 单 位	西安交通大学						
	所 在 院 系 所	电信学院						
依托单位信息	名 称	西安交通大学					代码	71004908A0997
	联 系 人	董康宁		电子邮件	nsfc@mail.xjtu.edu.cn			
	电 话	029-82668388		网站地址	www.xjtu.edu.cn/			
合作单位信息	单 位 名 称							代 码
项目基本信息	项 目 名 称	基于空心等离子体的高功率可调频太赫兹源						
	资 助 类 别	面上项目			亚 类 说 明			
	附 注 说 明	常规面上项目						
	申 请 代 码	E0709:气体放电与放电等离子体技术			F012201:真空电子学			
	基 地 类 别							
	执 行 年 限	2017.01-2020.12						
	直 接 费 用	61万元						



项目摘要

中文摘要(500字以内):

本项目提出空心飞秒强激光隧道电离气体形成等离子体“波导”、将被约束的电磁能量转换成THz辐射波的原理并开展实验研究。初步模拟仿真发现:所产生THz的频率主要决定于空心等离子体的半径和密度,通过调节空心激光的半径可实现THz频率调节。THz的能量主要取决于被空心等离子体约束的电磁储能,高电磁能密度有望产生高能量的THz波。初步实验并证实空心飞秒激光隧穿等离子体可转换直流电能产生THz波。本项目将通过理论模型和数值模拟,进一步深入研究飞秒激光隧穿空心等离子体约束电磁能以产生高功率、可调频太赫兹的物理规律。搭建飞秒激光与纳秒电磁能量源同步运行的实验系统,通过原理性实验以证明太赫兹能量主要来源于空心等离子体内被约束的电磁能,研究太赫兹频谱与空心等离子体半径和密度的关系,并与金属波导的频率色散曲线相比较。

关键词: 空心等离子体; 太赫兹; 纳秒脉冲源; 飞秒激光; 隧道电离

Abstract(limited to 4000 words):

This project proposes the principle of generating THz wave in a plasma waveguide formed by the effect of tunnel ionization of hollow fs intense laser. The electromagnetic energy trapped in the plasma waveguide converts to the THz energy, and may help to realize a high energy THz wave. Initial study shows that the frequency of generated THz is mainly determined by the radius and density of hollow plasma, and could be adjusted by changing the radius of hollow laser. By further theoretical study and simulation, the principle of generating high-power and frequency-adjustable THz wave by converting electromagnetic energy from the hollow plasma generated by fs laser. Establish the time-synchronous experimental platform of fs laser and nanosecond pulsed energy source, demonstrate the THz energy mainly comes from the trapped electromagnetic energy in the hollow plasma, study the relation among the THz frequency with the radius and density of hollow plasma, and compare with the dispersion curve of metal waveguide.

Keywords: hollow plasma; Terahertz; nanosecond pulsed source; femtosecond laser; tunnel ionization



项目组主要成员

编号	姓名	出生年月	性别	职称	学位	单位名称	电话	证件号码	项目分工	每年工作时间（月）				
1	常超	1983.04	男	教授	博士	西安交通大学	15309280806	140109198304180515	项目负责人	6				
2	刘纯亮	1959.11	男	教授	博士	西安交通大学	029-82668675	610103195911132452	理论分析和数值模拟	3				
3	王洪广	1980.09	男	讲师	博士	西安交通大学	029-82668657	372522198009224252	数值模拟和理论分析	5				
4	刘美琴	1984.04	女	讲师	博士	西安交通大学	029-82668657	612722198404190268	数值模拟和实验研究	2				
5	陈坤	1993.02	男	博士生	学士	西安交通大学	029-82668657	421023199302174933	实验研究	10				
6	张磊	1987.07	男	博士生	硕士	西安交通大学	029-82668657	630103198707180411	实验研究	6				
7	王筱杰	1993.04	男	硕士生	学士	西安交通大学	029-82668657	61012119930417001X	实验研究	8				
8	张建威	1993.09	男	硕士生	学士	西安交通大学	029-82668657	610104199309211611	实验研究	8				
总人数			高级		中级		初级		博士后		博士生		硕士生	
8			2		2						2		2	



国家自然科学基金项目直接费用预算表（定额补助）

项目批准号：51677145

项目负责人：常超

金额单位：万元

序号	科目名称	金额
1	一、项目直接费用	61.0000
2	1、设备费	5.8000
3	(1)设备购置费	0.0000
4	(2)设备试制费	2.0000
5	(3)设备改造与租赁费	3.8000
6	2、材料费	2.5000
7	3、测试化验加工费	17.0000
8	4、燃料动力费	0.0000
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	14.6400
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	5.0600
11	7、劳务费	15.36
12	8、专家咨询费	0.64
13	9、其他支出	0.00
14	二、自筹资金	0.0000



1. 设备费 合计5.8万

(1) 设备购置费, 0万

(2) 试制两对凸圆锥棱镜和凹圆锥棱镜(锥顶倾角 2θ 和 4θ), 1.00x2 合计2.00万

(3) 设备改造与租赁费: 对现有光学平台的反射镜、抛物面镜维护和升级, 用于搭建迈克尔逊干涉光路和太赫兹测量通路, 合计3.8万元, 相关费用明细如下: 反射镜 $0.15\text{万} \times 4\text{个} = 0.6\text{万}$; 太赫兹分束镜 0.2万; 抛物面镜 0.4万 2个 0.8万; 一对带激光通路的离轴抛物面镜 $0.6\text{万} \times 2\text{个} = 1.2\text{万}$; 太赫兹测量晶体 0.5万 2个 1万;

2. 材料费 合计2.5万

2L容量的灌装氙气压缩气体(25个大气压), 2.00万; 灌装SF₆压缩气体, 0.50万

3. 测试化验加工费 合计17万

1) 非标加工激光和等离子体新作用腔, 腔体由整块聚碳酸酯透明介质材料挖出圆柱形激光通道和圆锥形作用区域, 在激光入射和出射侧施加石英窗实现气体密封并且不遮挡通路, 可实现抽真空、注入惰性气体、一定比例的SF₆气体和气压检测, 非标加工费2.0万。

2) 用于在西安理工大学应用物理系太赫兹实验室的高激光功率实验测试费。开展6次实验, 每次开支实验的测试费约为2.0万元, 测试费合计12.0万元。

3) 用于非标加工脉冲功率源的电磁屏蔽仓, 非标加工费3.0万。

4. 燃料动力费 合计0万

5. 差旅/会议/国际合作与交流费: 14.64万

5.1 差旅费 合计6.54万

含项目组人员在国内合作单位开展数值模拟和太赫兹实验诊断相关学术交流、参加国内太赫兹科学会议与基金委举办的交流活动的外埠(北京、上海、成都等地)差旅费以及市内交通费。其中外埠差旅费预算明细如下:

项目组人次 交通费 住宿费及补助 合计(元) 目的

12 1200元/人次 1200元/次(3天) 28800 研讨

专家人次 差旅及住宿费 合计(元) 目的

12 2400元/次 28800 会议

四年市内交通费共7800元。所有开支标准按照国家有关规定执行。

5.2 会议费 合计2.7万

组织清华大学、西安理工大学、电子科技大学等单位的专家进行技术咨询、模拟软件应用和太赫兹实验的研讨, 每次会期2天。用于开支专家往返西安的差旅费、住宿费以及会议场地费和交通费, 合计2.7万元。预算依据如下:

会议次数 专家人数 场地费 天数

5 6 450元/人/天 2



5.3 国际合作与交流费 合计5.40万元

项目组人员出国参加国际THz会议和IEEE的ICOPS等会议共2人次，每人次约12000元；邀请国际同行知名教授来西安讲学和研讨共2人次，每人次约15000元（往返交通费12000，约4天，国内住宿、招待费与讲课费3000元）

6. 出版/文献/信息传播/知识产权事务费 合计5.06万元

发表国际期刊论文版面费：每篇约3000元，5篇，合计15000元；国内期刊论文版面费：每篇1200元，3篇，合计3600元；购买、复印相关书籍和资料费：每年约3000元，合计12000元；文献检索：每年约1000元，合计4000元；

申请专利：专利每项8000元，合计1.6万元。

7. 劳务费 合计15.36万元

项目组有2名博士研究生和2名硕士研究生，直接承担项目中的模拟任务和实验相关辅助工作。发放研究生助研津贴，具体明细和依据如下：

用途	标准（元）	总发放月数	人数	合计（元）
----	-------	-------	----	-------

博士研究生助研津贴	1800元/人月	32月	2	115200
-----------	----------	-----	---	--------

硕士研究生助研津贴	600元/人月	32月	2	38400
-----------	---------	-----	---	-------

8. 专家咨询费

支付给临时聘请的咨询专家的费用，合计0.64万元。计算依据为，8人次，800元每人每次。

9. 其他支出

无。



报告正文

研究内容和研究目标按照申请书执行。



国家自然科学基金资助项目签批审核表

	<p>我接受国家自然科学基金的资助，将按照申请书、项目批准意见和计划书负责实施本项目（批准号：51677145），严格遵守国家自然科学基金委员会关于资助项目管理、财务等各项规定，切实保证研究工作时间，认真开展研究工作，按时报送有关材料，及时报告重大情况变动，对资助项目发表的论著和取得的研究成果按规定进行标注。</p> <p>项目负责人（签章）： 年 月 日</p>	<p>我单位同意承担上述国家自然科学基金项目，将保证项目负责人及其研究队伍的稳定和研究项目实施所需的条件，严格遵守国家自然科学基金委员会有关资助项目管理、财务等各项规定，并督促实施。</p> <p>依托单位（公章） 年 月 日</p>					
本栏目由基金委填写	<p>科学处审查意见：</p>						
	<p>建议年度拨款计划（本栏目为自动生成，单位：万元）：</p>						
	年度	总额	第一年	第二年	第三年	第四年	第五年
	金额						
	<p>科学部审查意见：</p> <p>负责人（签章）： 年 月 日</p>						
本栏目主要用于重大项目等	<p>相关局室审核意见：</p> <p>负责人（签章）： 年 月 日</p>						
	<p>委领导审批意见：</p> <p>委领导（签章）： 年 月 日</p>						

关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

常超 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：

11622542，项目名称：高功率微波等离子体放电物理，直接费用：130.00万元，项目起止年月：2017年01月至2019年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsfc.gov.cn>），获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在计划书电子版报送截止日期前提出。**注意：请严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》填写计划书的资金预算表，其中，劳务费、专家咨询费科目所列金额与申请书相比不得调增。**

计划书电子版通过科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsfc.gov.cn>）上传，由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印为计划书纸质版（一式两份，双面打印），由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。

向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下：

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2016年9月11日16点**（视为计划书正式提交时间）；
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2016年9月18日16点**；
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2016年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版，并报送计划书纸质版，未说明理由且逾期不报计划书者，视为自动放弃接受资助。

附件：项目评审意见及修改意见

国家自然科学基金委员会
数理科学部
2016年8月17日

附件：项目评审意见及修改意见表

项目批准号	11622542	项目负责人	常超	申请代码1	A0506
项目名称	高功率微波等离子体放电物理				
资助类别	优秀青年科学基金项目	亚类说明			
附注说明					
依托单位	西北核技术研究所				
直接费用	130.00 万元	起止年月	2017年01月 至 2019年12月		
<p>通讯评审意见：</p> <p><1>申请人在高功率微波传输及器件的研究方面有很好的工作积累和成效，是有良好知识基础和结构、有创新思维、积极努力的优秀科研青年。 申请拟开展的工作是已有工作的延续和深化，符合所申请学科方向的重要研究内容。思路清晰，方案合理，期待得到预想的进展。 一点细节的建议：应尽量按照基金委申请书的要求书写，不是叙述越详尽就越好，这也反映归纳提炼的思路和表述能力；一些表述确切些才好不需修饰。</p> <p><2> 申请者主要从事高功率微波击穿及相关等离子体物理特性的实验研究，该研究不仅具有重要的科学意义，在国防及民用领域也有重要的应用价值。申请者前期在高功率微波振荡器的研制、微波击穿的诊断技术、二次电子倍增和放电机理等方面取得了一系列创新性的研究成果，在PRL、APL等国际学术期刊上发表论文36篇，申请国家方面专利19项，出版专著1部。其研究成果得到了国内外有关学者的高度评价和240多次的引用。可见申请者一位非常优秀的青年学者，具有很强的创新能力。 申请者在拟开展的研究计划中，针对吉瓦级的高功率微波发射、传输及气体击穿等物理过程开展研究，尤其是研究这些过程的纳秒时刻演化特性。研究内容适当，具有很强的前沿性和创新性，研究技术方案合理、可行。申请者所在的单位是我们国家从事高功率微波击穿及传输的重要单位，具有很好的实验条件和研究基础，以及具有一支从事高功率微波研究的优秀队伍，可以为本项目的研究提供强有力的人力、物力支撑。 建议优先资助本项目</p> <p><3> 高功率微波是一种新型的定向能武器，在国防上具有重要的应用。申请人自2006年在清华大学攻读博士学位以来，一直从事和高功率微波相关的研究。他创新性地提出了采用周期性表面结构和谐振磁场的两种方法，有效地抑制了窗口击穿而大大提高了高功率微波输出。另外，他在基于汤姆森散射的高增益自由电子激光研究方面也取得了创新性的成果，并发表在著名物理期刊“Physical Review Letter”上，这对一个年青人来说是非常不容易的。 申请者在前期的研究工作中发表了许多高水平和高他引的论文，并得到了许多重要奖项（如清华大学研究生学术新秀、IEEE等离子体国际会议的杰出学生论文奖等），展现申请人具备优秀的研究和创新潜力。 申请者拟继续开展高功率微波输出窗击穿机理研究，这对进一步理解和抑制高功率微波输出窗击穿具有重要意义。基于长期的高功率微波方面的研究积累，申请者所提出的研究方案是合理可行的。 综上所述，建议资助该申请。</p> <p><4>高功率微波在民用和国防领域具有广阔的应用前景，系统中二次电子倍增、输出窗击穿机制及抑制、高容量微波的产生与传输等物理问题研究也具有很好的科学研究价值。申请人系统地研究了高功率微波的窗口击穿机理，并提出了多种抑制二次电子倍增、提高击穿阈值的手段，具有较为扎实的研究基础，研究结果在国际上受到了一定的关注和良好的评价，显示了申请人较强的科研能力和创新潜力。</p> <p>申请人提出的利用纳秒分幅ICCD相机、汤姆逊散射和光纤阵列诊断、新型周期性三维结构表面的分析模拟与实验等多种方式，研究高功率微波输出窗及器件场强击穿的物理机制，研究目标集中，方案具体，具有可行性。与申请人前期的研究有很好的延续性，具有重要的科学意义和方法的创新性。</p>					

建议优先资助。

申请人在预算中列入的举办全国等离子体科学会议的相关费用，作为一个全国性综合等离子体物理会议，与本项目并未有直接关联，且会议的举办在基金批准之前，建议进行调整，不计入本基金项目预算中。

击穿过程与等离子体与输出窗材料表面的强相互作用，建议除了研究材料表面的周期性结构外，还需要关注材料表面的物理化学结构与特性，以及击穿前后表面结构特性的变化，等离子体作用的时间累计效果等，综合分析场强击穿的作用。

<5>高功率微波在国防和民用两方面都存在重要应用，申请人围绕高功率微波源的相关问题进行研究，研究成果具有重要的学术价值和应用价值。

（1）申请人深入研究了基于汤姆逊散射的高增益自由电子激光，研究了微波波荡器，并与SLAC科学家合作研制出了微波波荡器，相关成果引起同行关注。发表在PRL等杂志上。

（2）申请人围绕高功率微波源的窗口击穿问题开展了研究，提出了两种提高功率阈值的方法，研究成果发表在APL等杂志。

（3）申请人还围绕高功率微波功率合成相关的无源器件开展研究工作。

除此之外，申请人的国际学术交流也比较广泛。多次在国际学术会议上做学术报告。未来的工作计划也思路清晰，计划可行。

建议优先资助。

对研究方案的修改意见：

数理科学部

2016年8月17日