



激光等离子体教育部重点实验室



实验室公众号

地 址：上海市东川路800号上海交通大学激光等离子体教育部重点实验室 200240
(上海交通大学闵行校区南洋南路叔同路路口)

公众号：扫描二维码关注我们，获取更多资讯

网 址：<http://llp.sjtu.edu.cn/>



激光等离子体教育部重点实验室

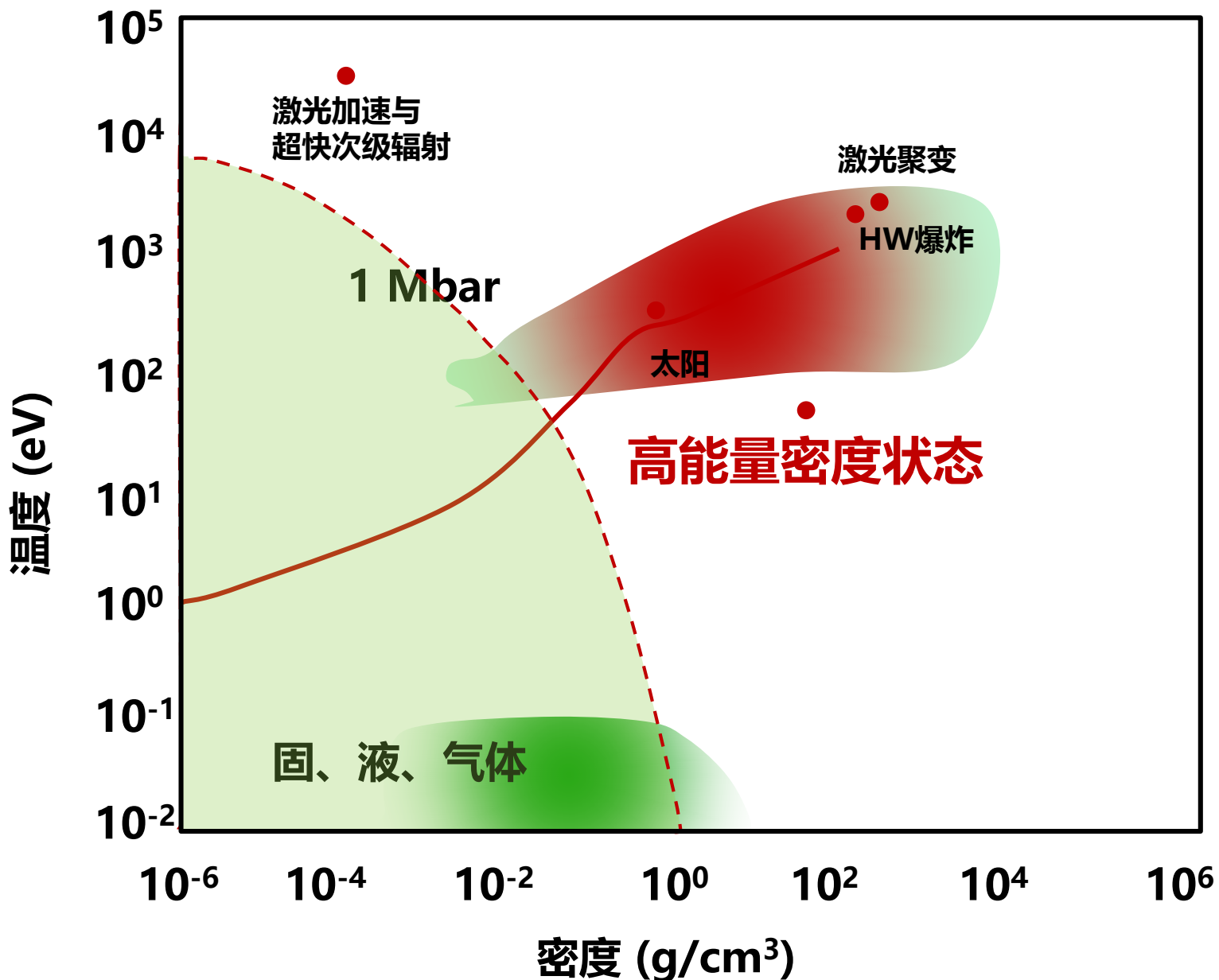
Key Laboratory for Laser Plasmas, SJTU

新的伟大发现总是出现在科学探索的最前沿



高能量密度物理(HEDP) - 物理学探索的前沿领域

- 能量密度 $> 10^{11} \text{ J/m}^3$
- 电场强度 $> 1.5 \times 10^{11} \text{ V/m}$
- 磁场强度 $> 5 \times 10^2 \text{ T}$
- 压力 $> 10^{11} \text{ Pa}$
- 激光强度 $> 3 \times 10^{15} \text{ W/cm}^2$
- 黑体辐射温度 $> 4 \times 10^2 \text{ eV}$



研究极端高能量密度物理条件下物质状态与变化规律，对国家安全、能源等领域意义重大。

高能量密度物理(HEDP) - 最极端条件下的物理学研究

20艘“辽宁舰”放在拇指上产生的压强

能量密度 $> 10^{11} \text{J/m}^3$

电场强度 $> 1.5 \times 10^{11} \text{V/m}$

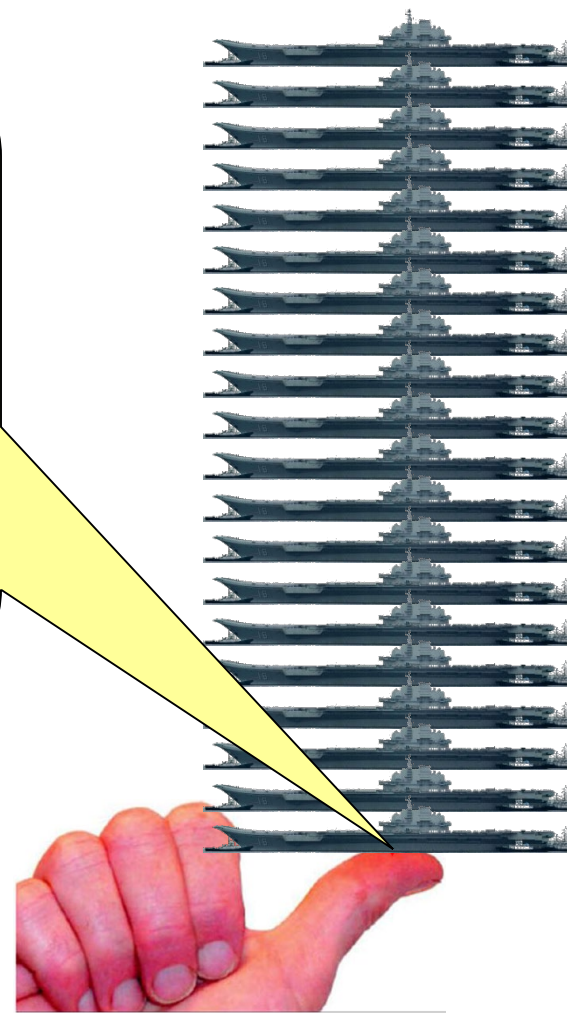
磁场强度 $> 5 \times 10^2 \text{T}$

压力 $> 10^{11} \text{Pa}$ (1Mbar)

激光强度 $> 3 \times 10^{15} \text{W/cm}^2$

黑体辐射温度 $> 4 \times 10^2 \text{ eV}$

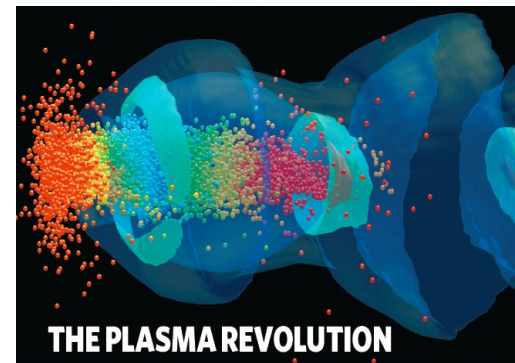
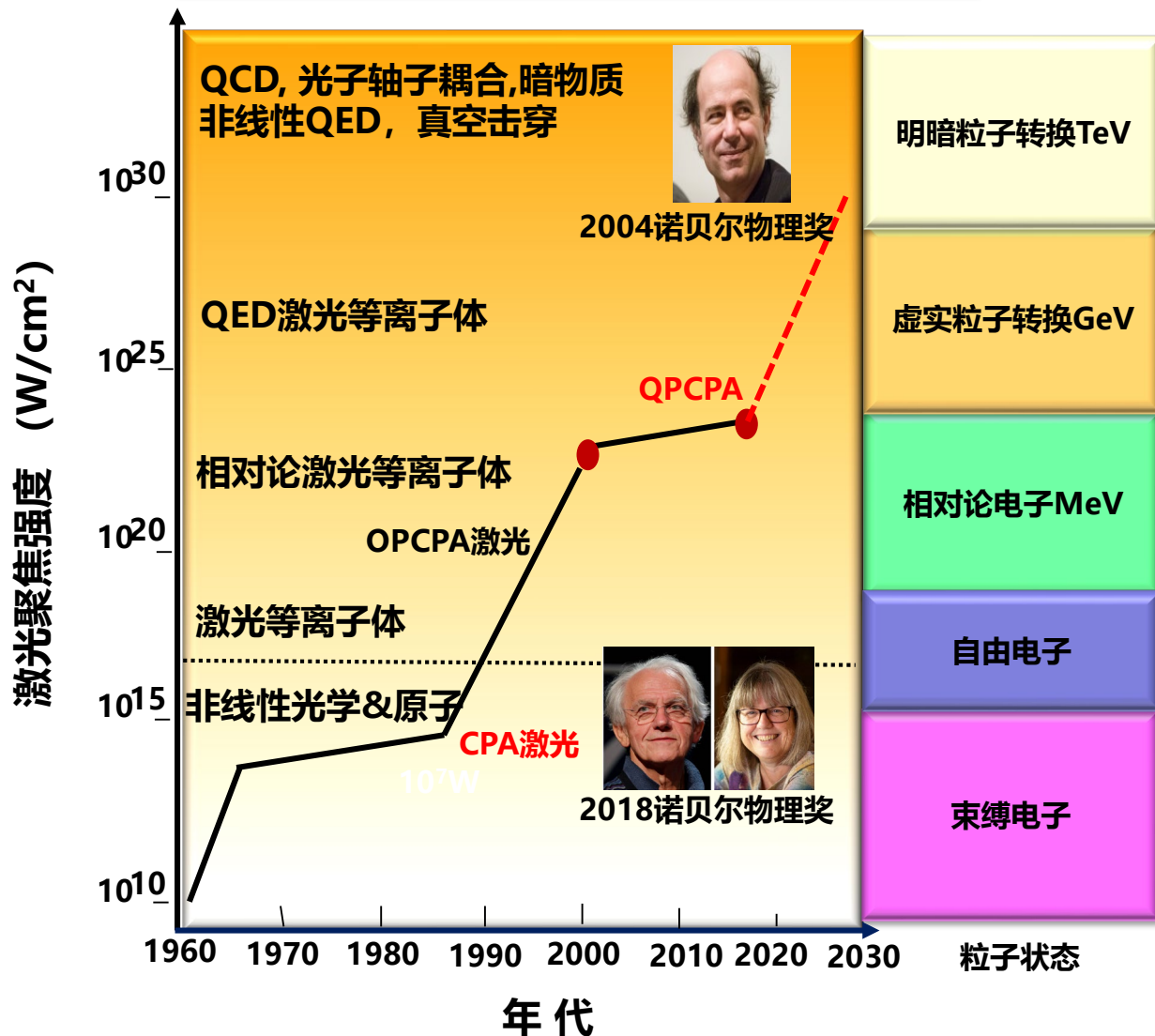
- ◆ 极高的温度、密度、压强、磁场、电场构成的极端状态
- ◆ 粒子间距小于波尔半径，系统高度简并，其压强由泡利不相容量子力学原理决定
- ◆ 高度非线性的集体响应，强耦合
- ◆ 极端相对论
- ◆ 检验物理规律的极限
- ◆ 极端条件下物质的新状态



HEDP研究这些极端条件下物质的状态和变化规律

强激光使得在实验室研究高能量密度物理成为现实

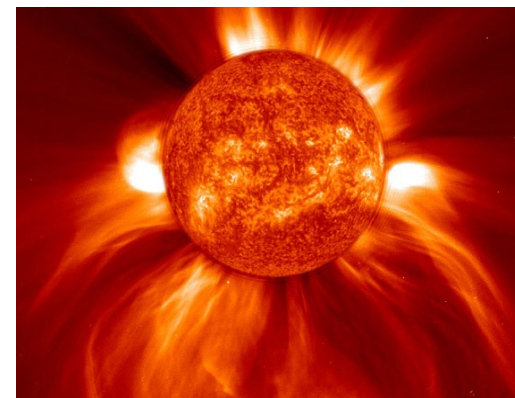
强激光驱动的高能量密度物理学



重大科学前沿



国家战略安全



人类终极能源

高能量密度物理研究的三大重要支柱



理论和数值模拟

盛政明、李家明
陈民、何峰等

高能量密度
物理前沿



实验与诊断

张杰、向导、
陈黎明、陈洁等

创新激光技术

钱列加、范滇元、
谢国强、袁鹏等

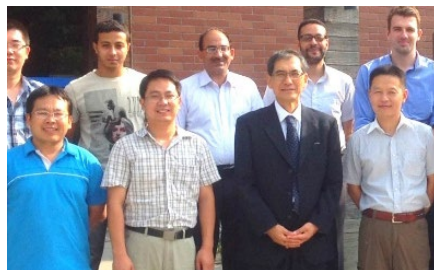


实验室十年发展历程（光荣与梦想）

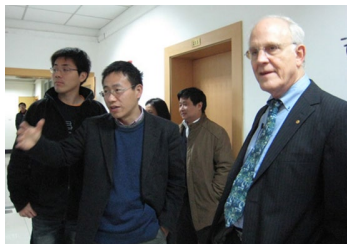
诺贝尔奖得主F Wilczek研讨
激光加速与暗物质研究



激光加速提出者T Tajima来访



诺贝尔奖得主D Gross
参观电子加速装置



2018年12月受邀去斯德哥尔摩参加
G Mourou诺贝尔物理奖颁奖典礼



激光聚变重大项目 (2020)

基金委创新群体III期 (2018)

科技部创新团队 (2016)

基金委创新群体II期 (2015)

IFSA协同创新中心 (2014)

上海市协同创新中心 (2013)

A类973项目-激光加速及应用 (2013)

基金委创新群体I期 (2012)

激光等离子体教育部重点实验室 (2010)

实验室主要成员

钱列加 教授
实验室主任
物理与天文学院副院长
杰出青年基金 (2007)
“万人计划”获得者 (2017)



张杰 教授
中国科学院院士(2003)
德国科学院院士(2007)
第三世界科学院院士(2008)
英国皇家工程院外籍院士(2011)
美国科学院外籍院士(2012)



李家明 教授
中国科学院院士(1991)
第三世界科学院院士(1992)



范滇元 教授
中国工程院院士(1995)
强激光技术 (顾问)



盛政明 教授
杰出青年基金 (2004)
激光等离子体理论



何峰 教授
杰出青年基金(2019)
强场物理



向导 教授
杰出青年基金(2019)
超快诊断、粒子加速



陈黎明 教授
百人计划(2008)
激光加速与辐射源



陈民 教授
激光加速实验与理论



谢国强 教授
863计划专家(2011)
强激光技术



陈洁 教授
基金委优青(2013)
超快科学与诊断技术



翁苏明 教授
激光等离子体理论



陈燕萍
特别研究员(2019)
激光等离子体太赫兹源



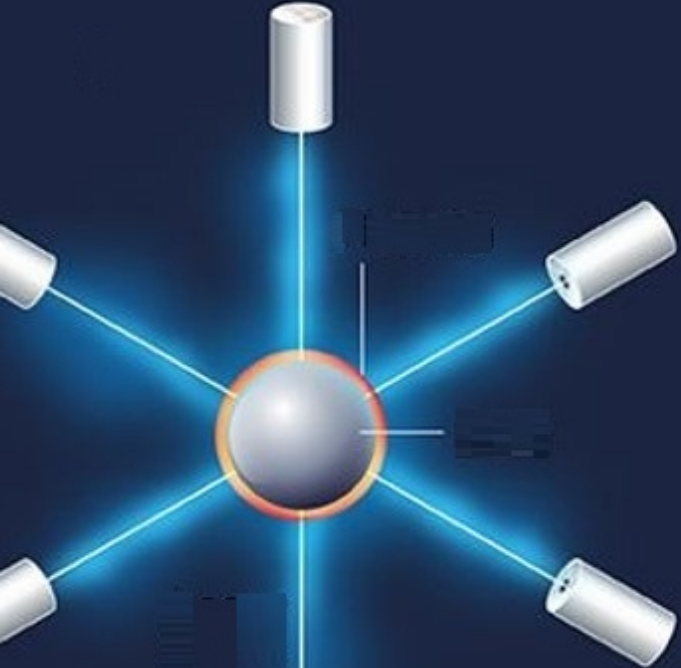
闫文超
特别研究员(2020)
激光加速与辐射源

院士3人，杰青5人，四青6人，博士生导师14人，硕士导师12人

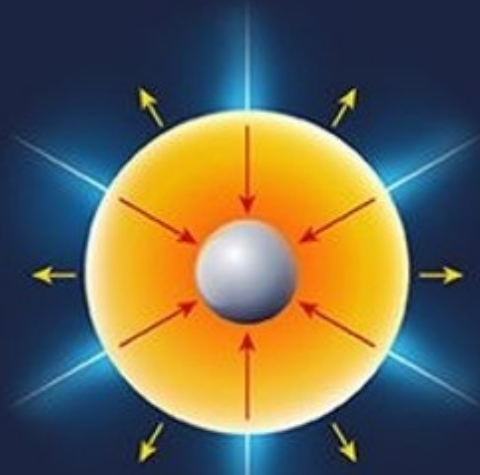
报告提纲

- 1 高能量密度物理研究前沿
- 2 实验室主要研究方向
- 3 国内外学术影响力
- 4 研究生培养
- 5 2021年招生计划

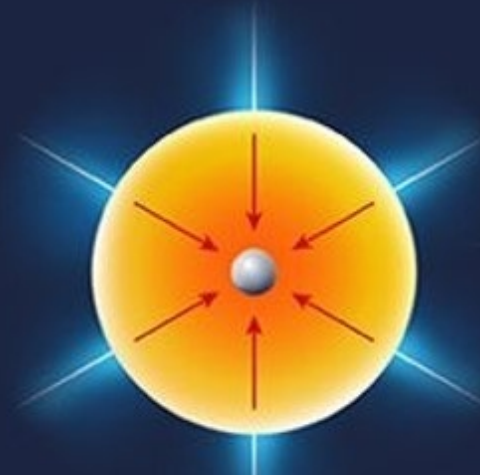
激光辐照



内爆压缩



聚变点火



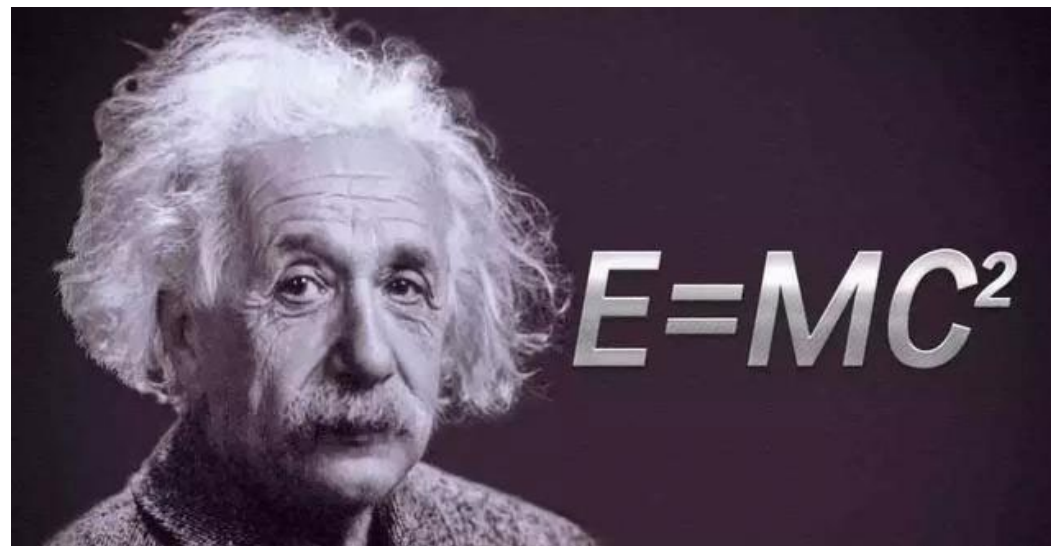
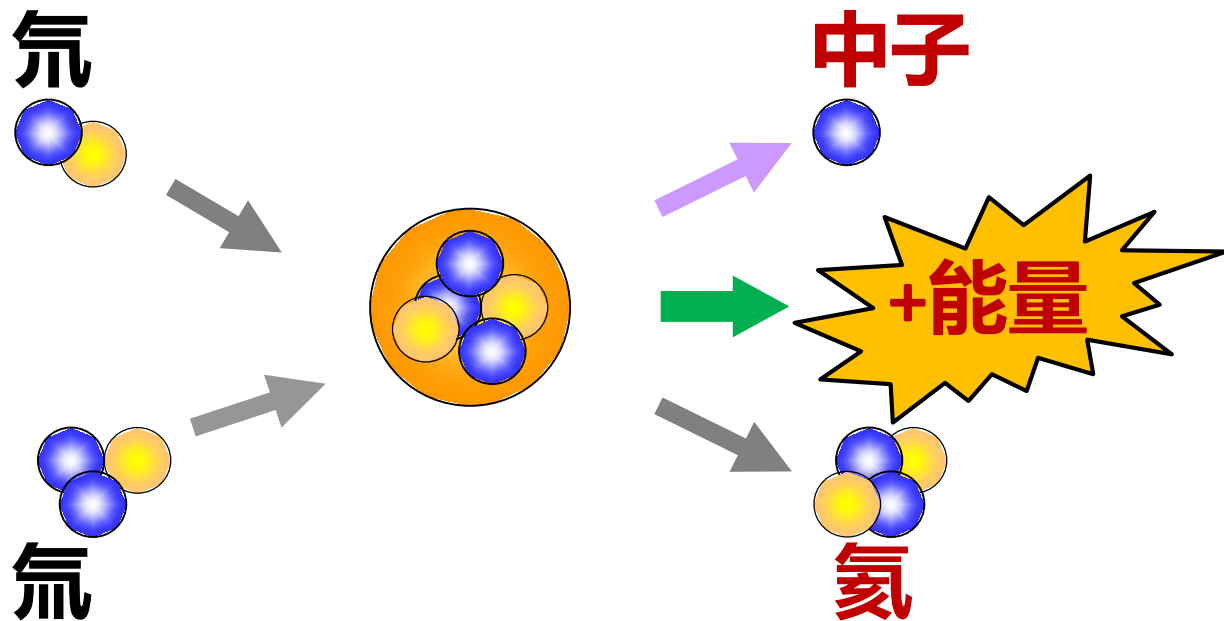
聚变燃烧



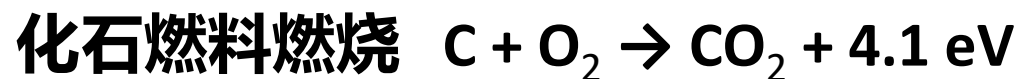
一、高能量密度物理研究

@XHYuan from Nature

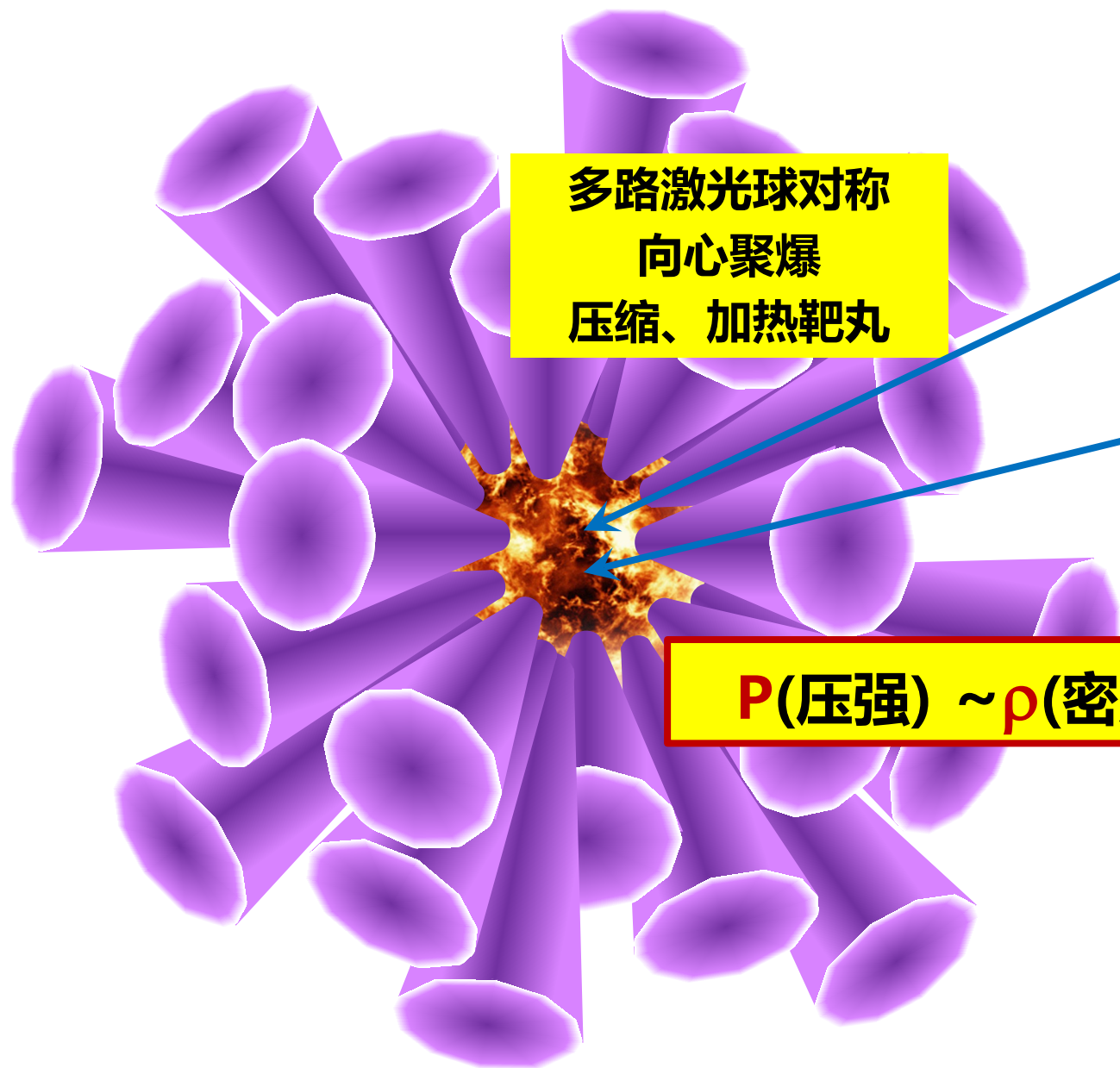
聚变能可能成为未来人类的终极能源



$\Delta E = \Delta mc^2$ 质能转化的魔力!



激光核聚变点火条件 (劳森判据)



燃料核心密度 > 300 g/cm^3

> 太阳中心密度

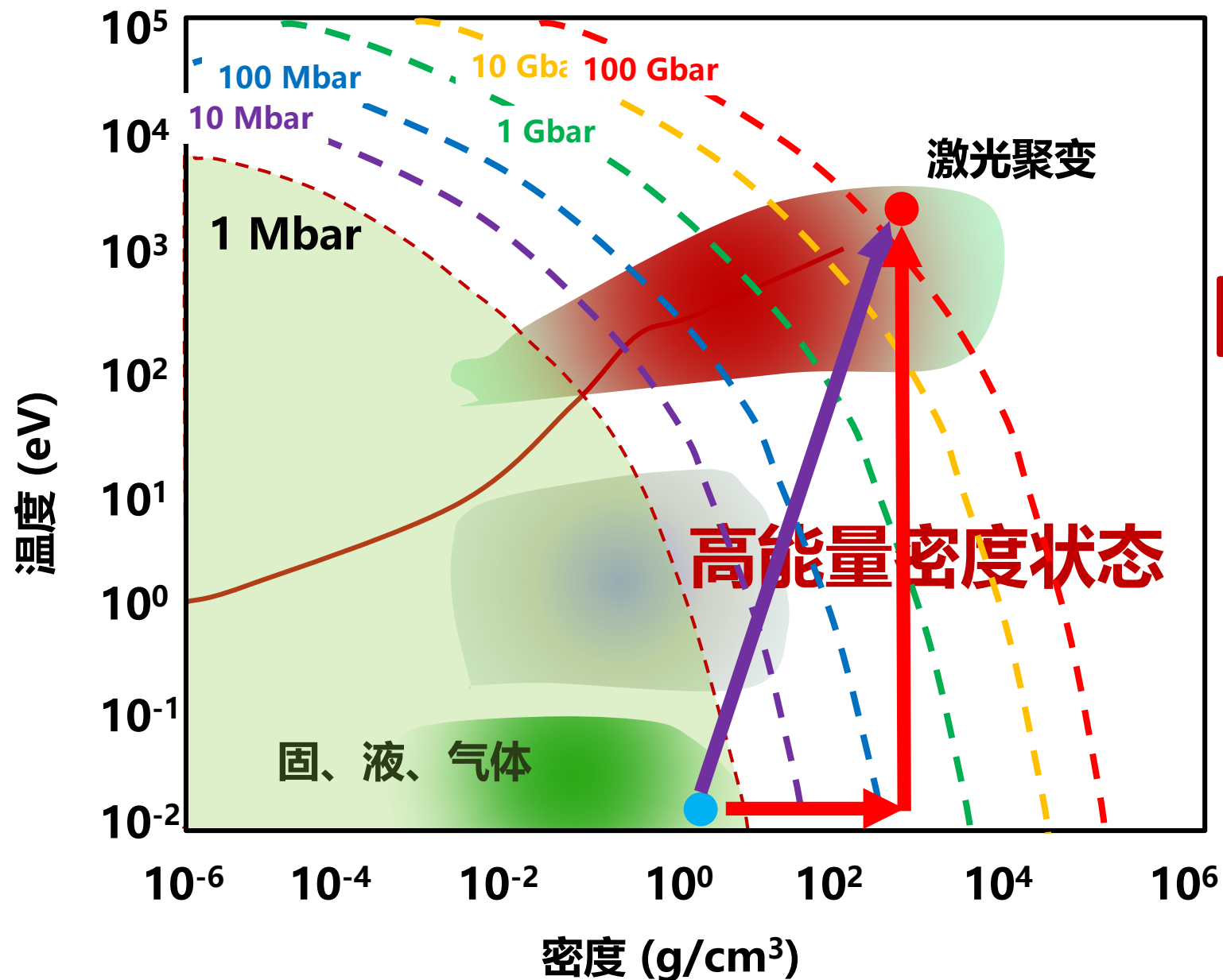
燃料核心温度 > 5千万 K

> 太阳中心温度

$P(\text{压强}) \sim \rho(\text{密度}) \times T(\text{温度}) > 10^{12} \text{ Atm}$

> 太阳中心压强

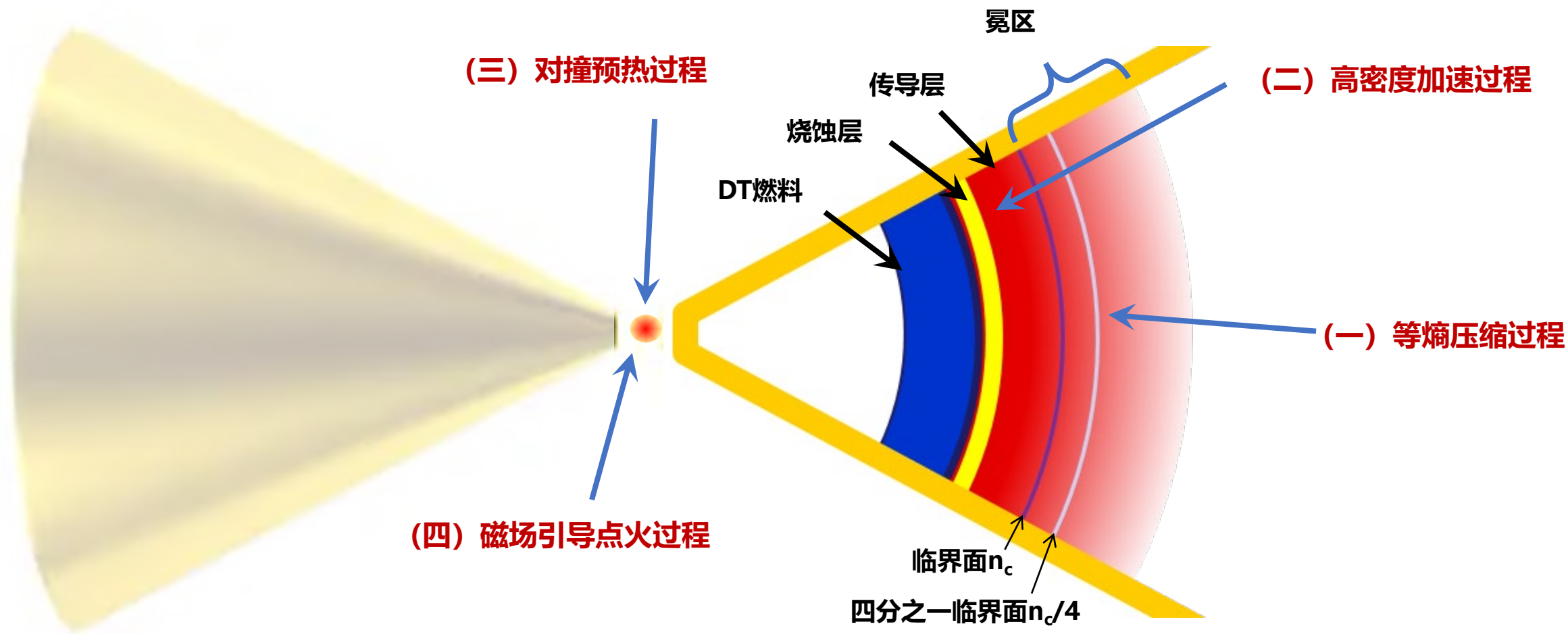
实现激光聚变的路径探索

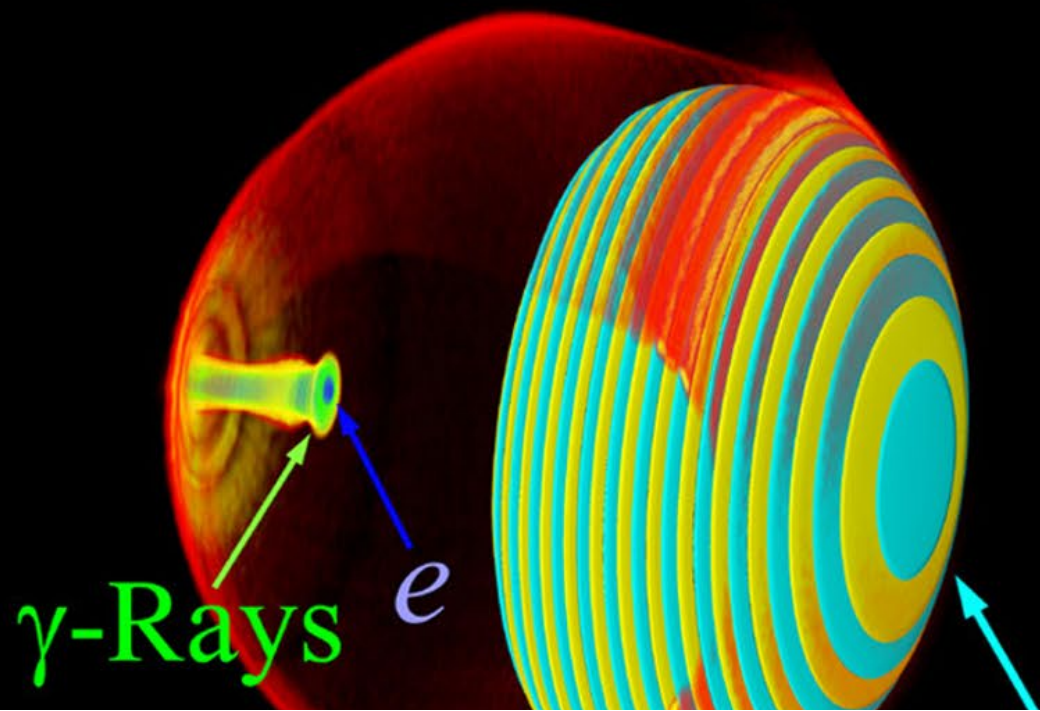


$$P(\text{压强}) \sim \rho(\text{密度}) \times T(\text{温度})$$

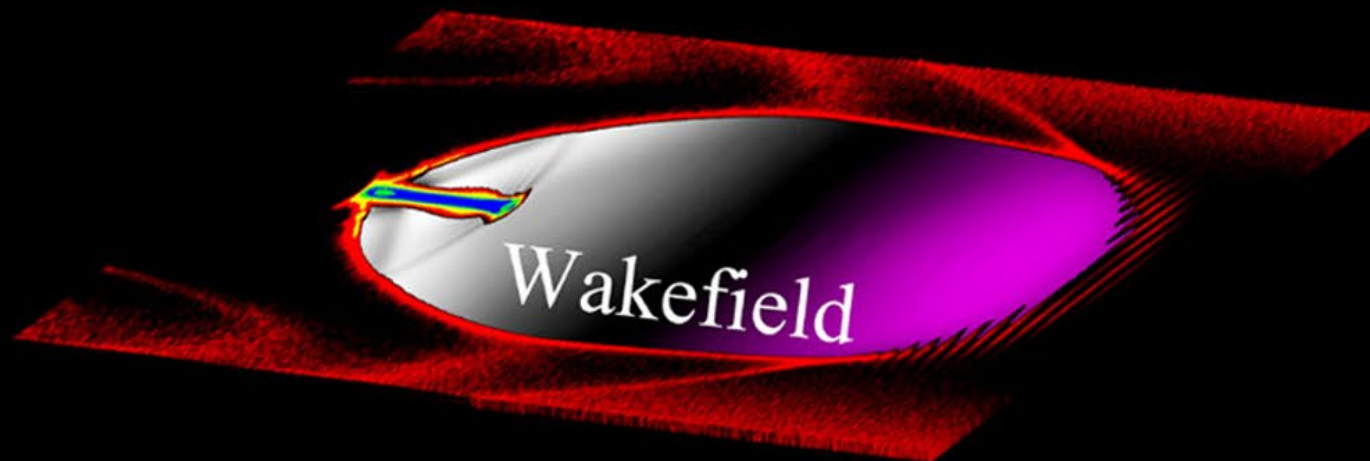
两条热力学路径:

- 1) 调控 P (ρ 与 T 为因变量)
- 2) 分别调控 ρ 与 T (P 为因变量)



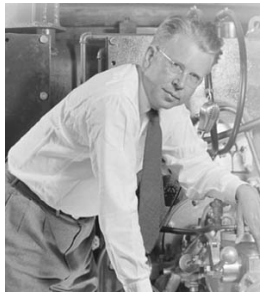


二、激光加速及次级超短脉冲辐射研究

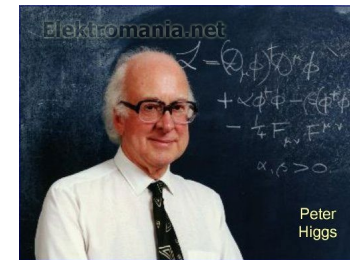


粒子加速和辐射研究始终推动着人类科学的进步

上世纪至今,超过一半的诺贝尔物理奖(60/112)与粒子加速及其应用相关



- Electron (Thomson)
- Proton (Rutherford)
- Nucleus (Rutherford)
- Neutron (Chadwick)
- Slow neutron (Fermi)
- Artificial radioactivity (F Lorence)
- Particle acceleration (J Cockcroft)
- Antiproton (E Segrè and O Chamberlain)
- Nucleus structure (R Hofstadter)
- J/ ψ (Samuel C. C. Ting et al)
- Meson (L Lederman et al)
- Higgs (Higgs et al)



1900

1920

1940

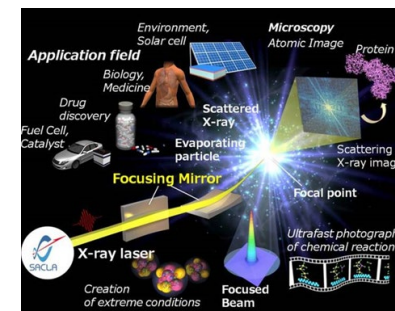
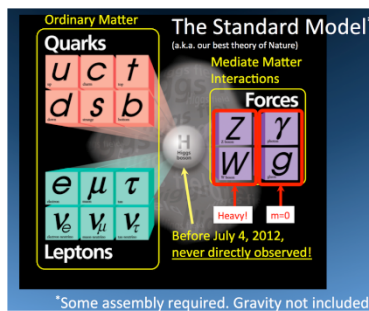
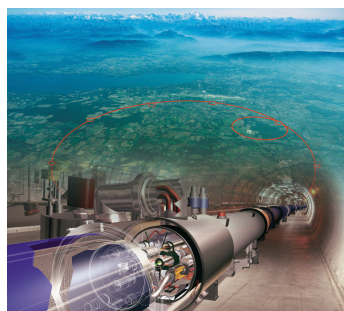
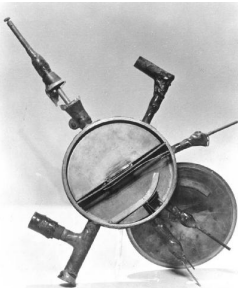
1960

1980

2000

2020

2030



传统加速方法面临挑战，亟需新型加速机制

加速能量 \propto **场强** \times **距离**

传统加速器
 $E < 0.001 \text{ GV/cm}$
 $= 1 \text{ MV/cm}$



欧洲强子对撞机
7TeV+7TeV
27公里



能量越高，规模越大！

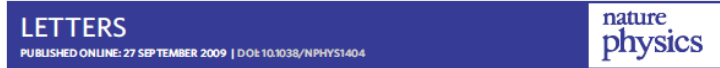
基 大幅提高加速场强是当前加速器紧凑化的唯一途径！

激光尾波加速 — 新颖的大梯度紧凑型加速



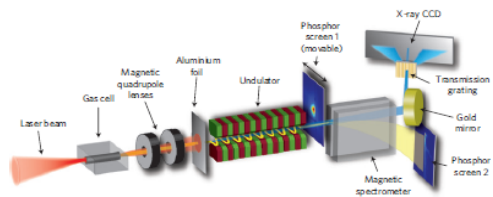
激光尾波加速主要潜在的应用及挑战

1. Betatron 辐射源



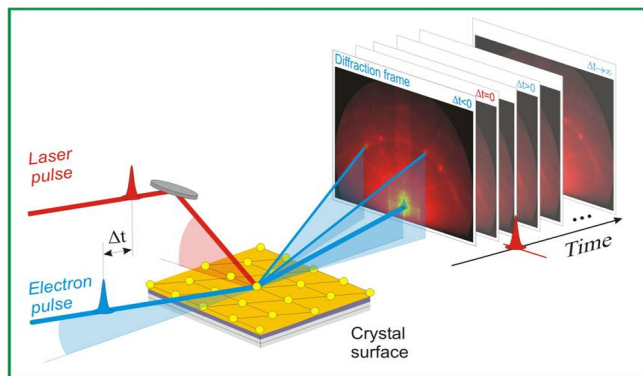
Laser-driven soft-X-ray undulator source

Matthias Fuchs^{1,2}, Raphael Weingartner^{1,2}, Antonia Popp¹, Zsuzsanna Major^{1,2}, Stefan Becker², Jens Osterhoff^{1,2}, Isabella Cortrie², Benno Zeitler², Rainer Hörlein^{1,2}, George D. Tsakiris¹, Ulrich Schramm³, Tom P. Rowlands-Rees⁴, Simon M. Hooker⁴, Dietrich Habs^{1,2}, Ferenc Krausz^{1,2}, Stefan Karsch^{1,2*} and Florian Grüner^{1,2*}



2. 超快电子衍射

PRST-AB, 19, 021302(2016); Nature Photonics, 10.1038/NPHOTON.2017.46



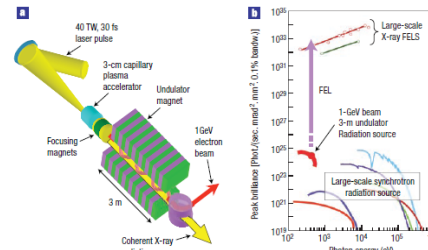
3. 自由电子激光辐射源

COMPACT X-RAY SOURCES
Towards a table-top free-electron laser

Synchrotron radiation generated using an electron beam from a laser-driven accelerator opens the possibility of building an X-ray free-electron laser hundreds of times smaller than conventional facilities currently under construction.

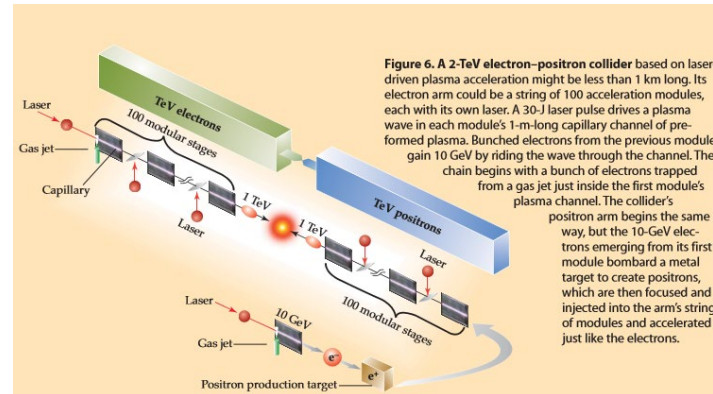
Kazuhiro Nakajima is at the High Energy Accelerator Research Organization, 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0881, Japan.
e-mail: nakajima@post.kek.jp

Synchrotron radiation sources have become an indispensable tool in a wide range of disciplines, including physics, biology, materials science, chemistry and medicine. The reason they are so useful is the high intensity of X-rays they produce — generated when the path of a beam of electrons moving at relativistic speeds is bent by a periodic magnetic field — in comparison with other X-ray sources. Such utility is expected to grow still further with the



4. TeV正负电子对撞机

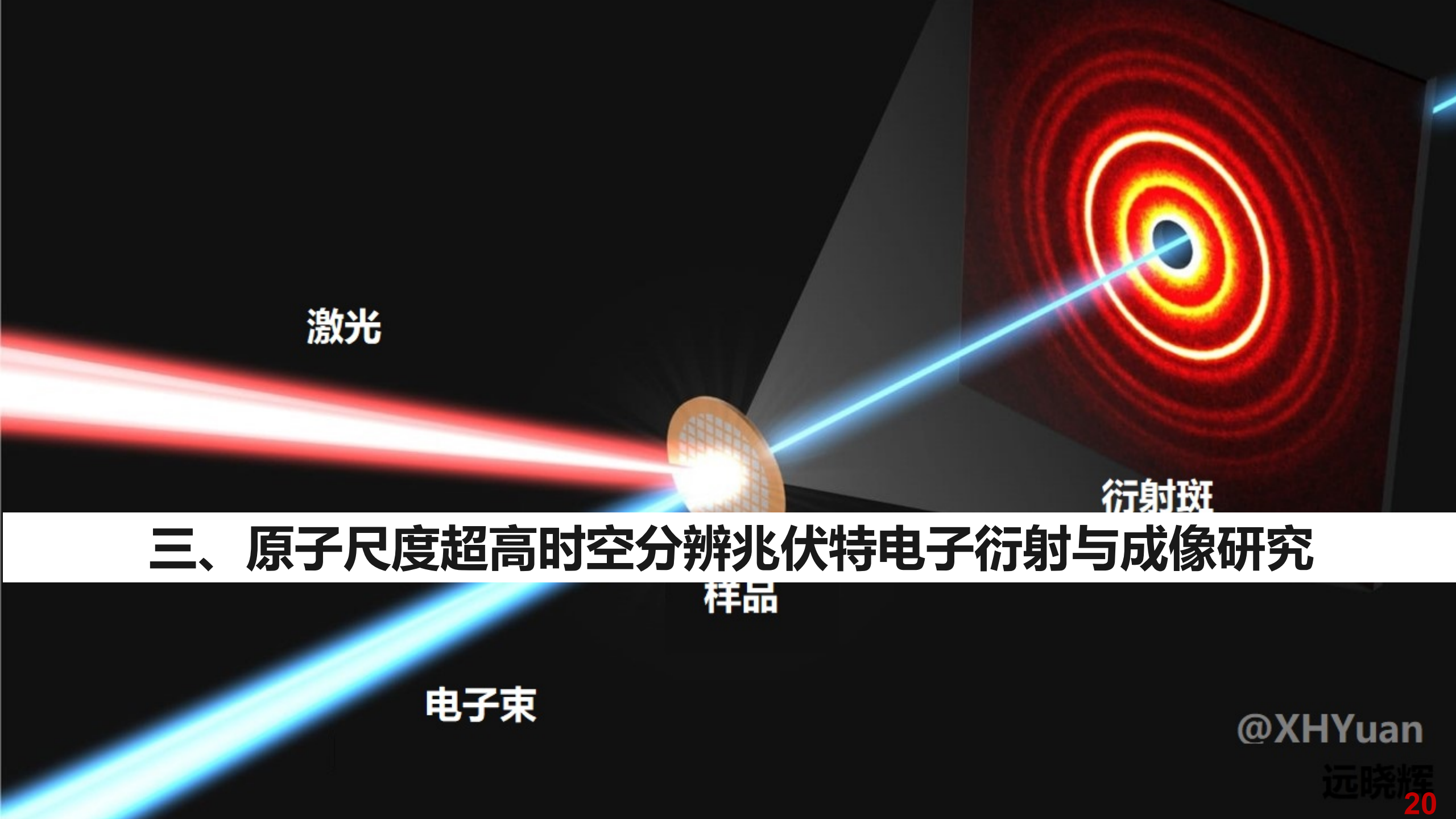
Physics Today, March, 44, 2009



实现应用面临的挑战:

1. 如何解决电子加速**稳定性及高品质电子束产生问题**?
2. 如何基于激光尾波加速产生**高亮度辐射**?
3. 如何实现正负电子对撞机 (**TeV级联加速、正电子加速**) ?

我们团队主要针对上述问题开展了深入研究，从理论到计算机模拟，再到实验验证，为本领域的发展做出了重要贡献。



激光

衍射斑

三、原子尺度超高时空分辨兆伏特电子衍射与成像研究

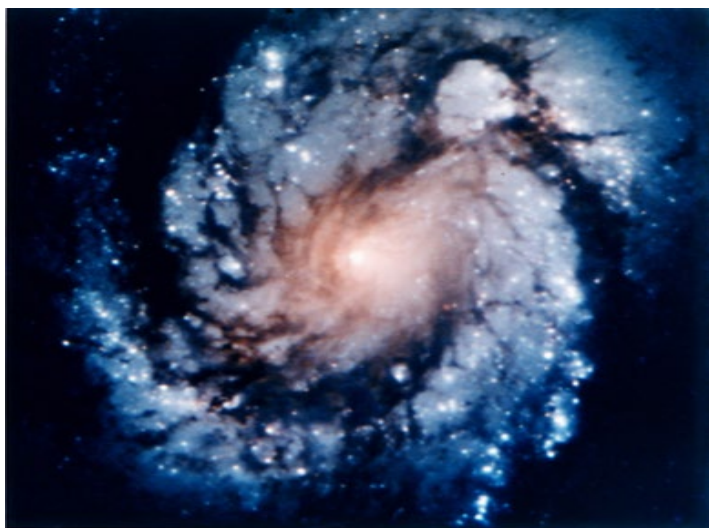
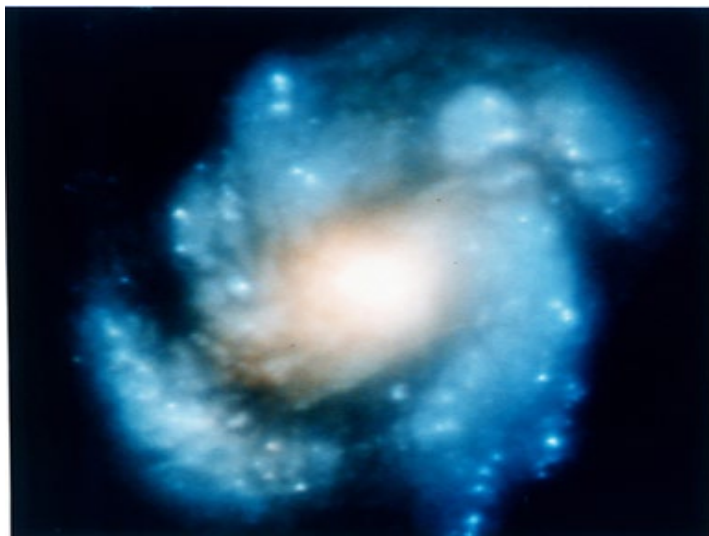
样品

电子束

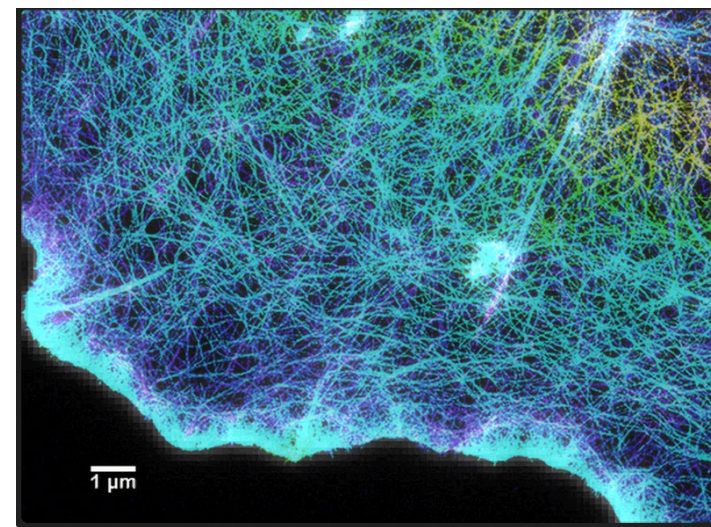
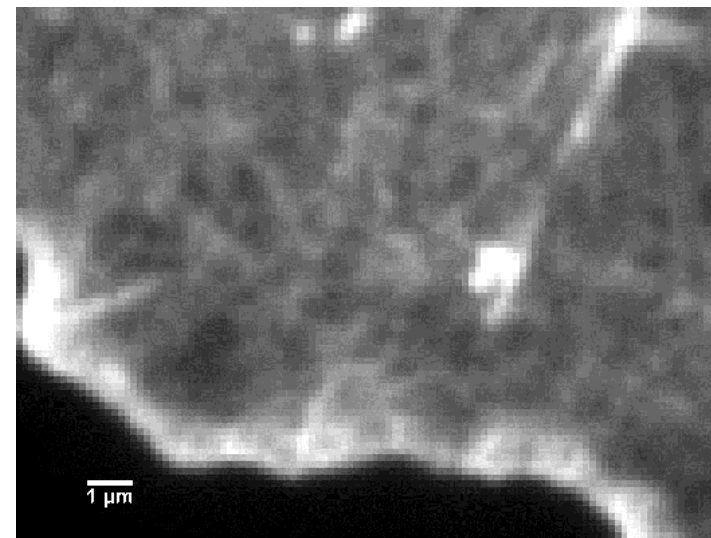
@XHYuan

远晓辉

人类对世界的探索是沿着对**越来越高的分辨率**的追求而展开的

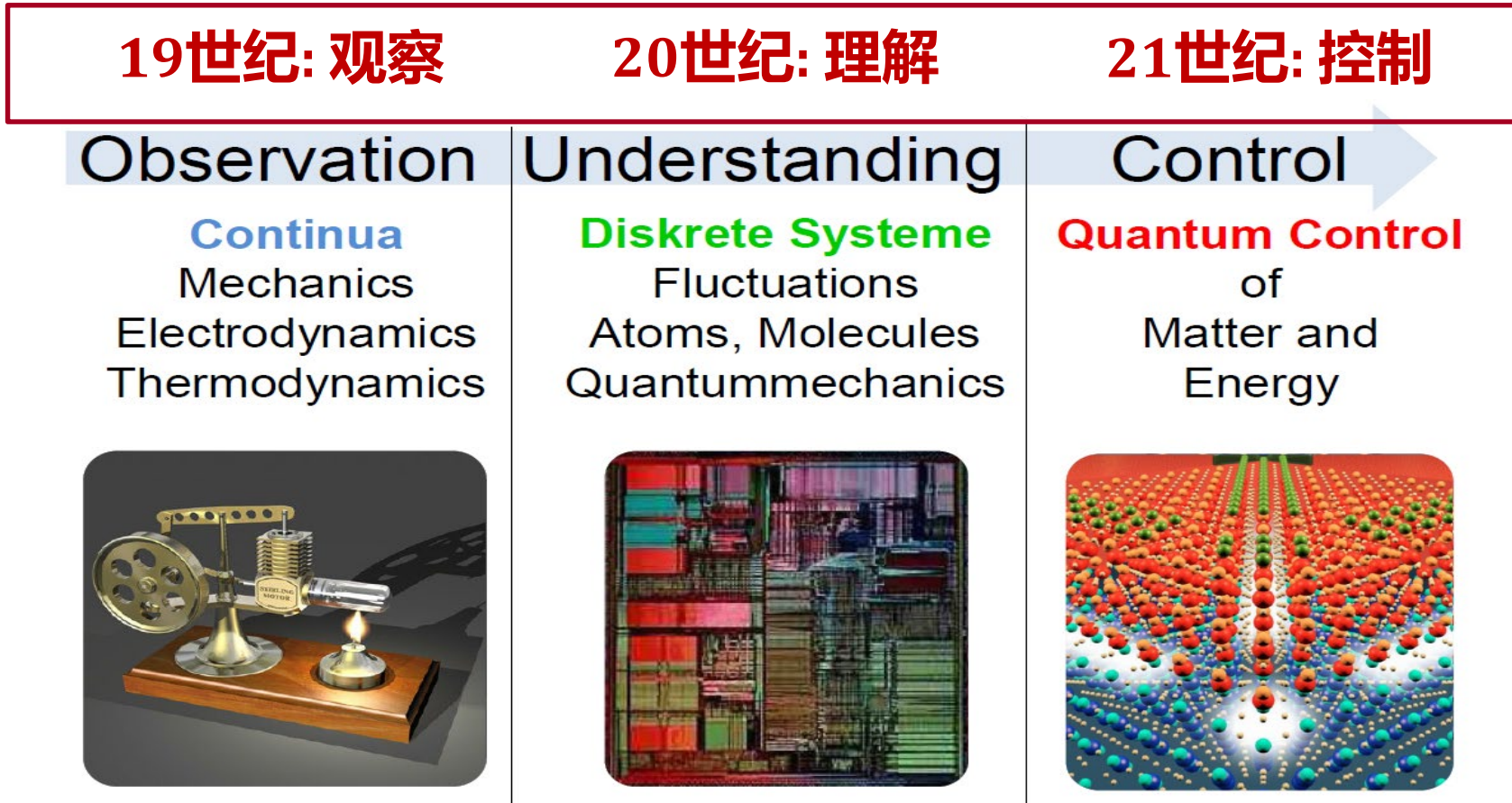


大到星系



小到分子

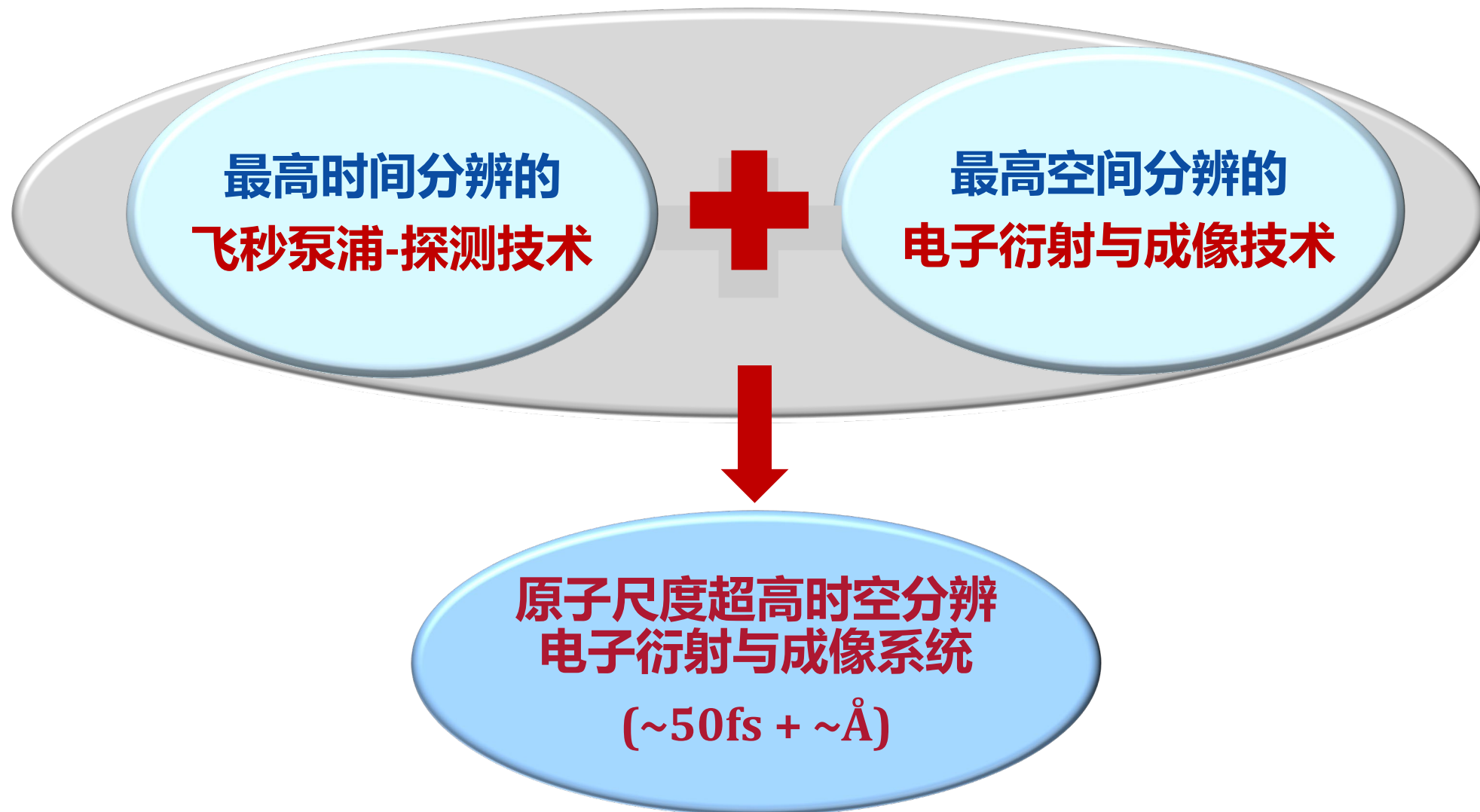
实验室目标：发展具备超高时间分辨+超高空间分辨的仪器



From H. Dosch and G. Fleming

为实现从**结构的观察**迈向**功能的控制**的科学目标，
需要在**空间分辨**的基础上增加**时间分辨**功能

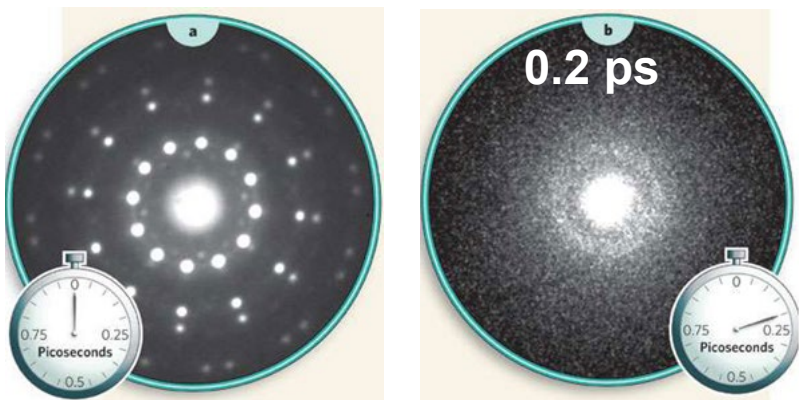
原子尺度超高时空分辨的实现方法



兆伏特超快电子衍射的潜在应用

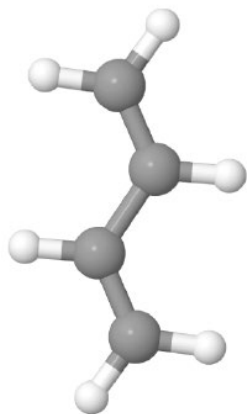
材料领域：不可逆过程

- 单发衍射模式
- 每一发样品均会破坏
- 脉宽压缩+时间抖动校正

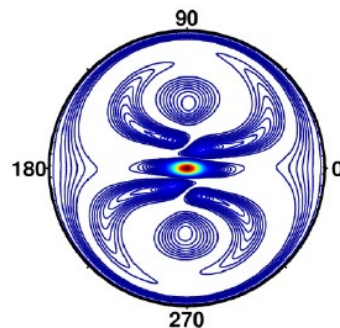


Bi的融化时间仅200 fs

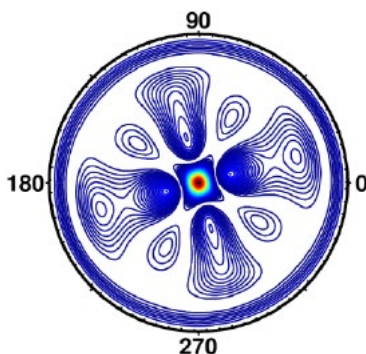
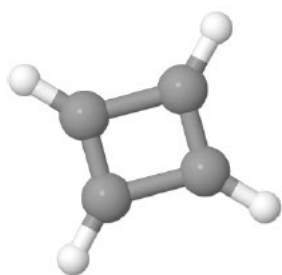
化学领域：反应动力学



分子结构

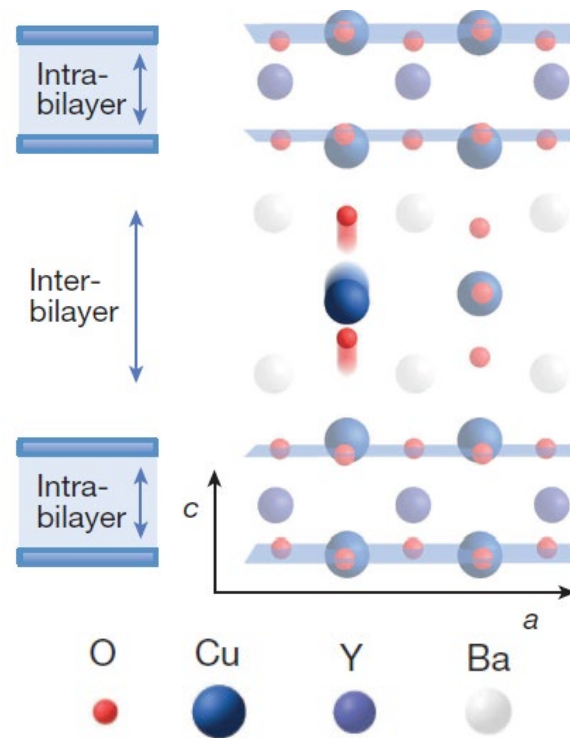


衍射斑



- 化学键的形成和断裂
- 光致异构化

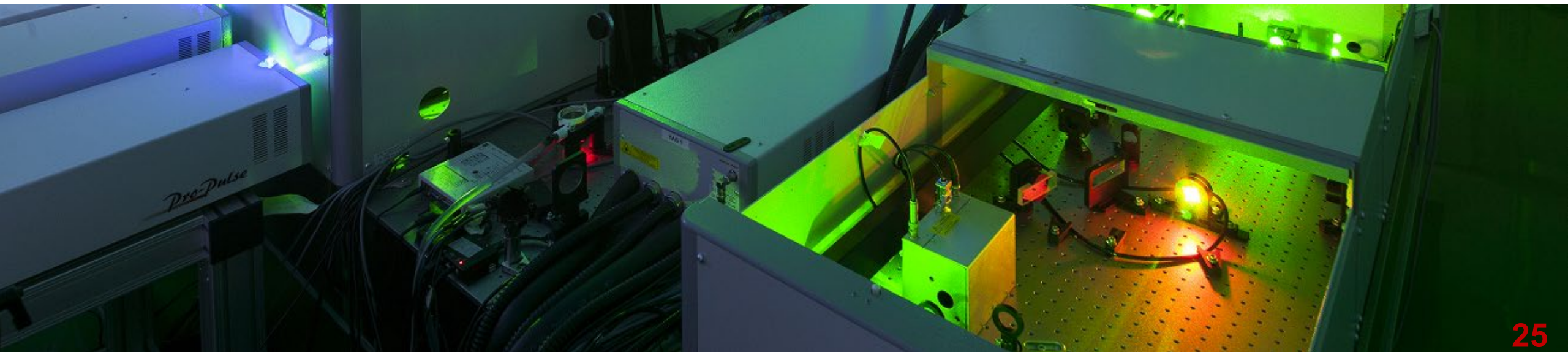
物理领域：新的物质相



- 创造并研究平衡态下不存在的新的物质相
- 相变过程的中间态/隐藏态

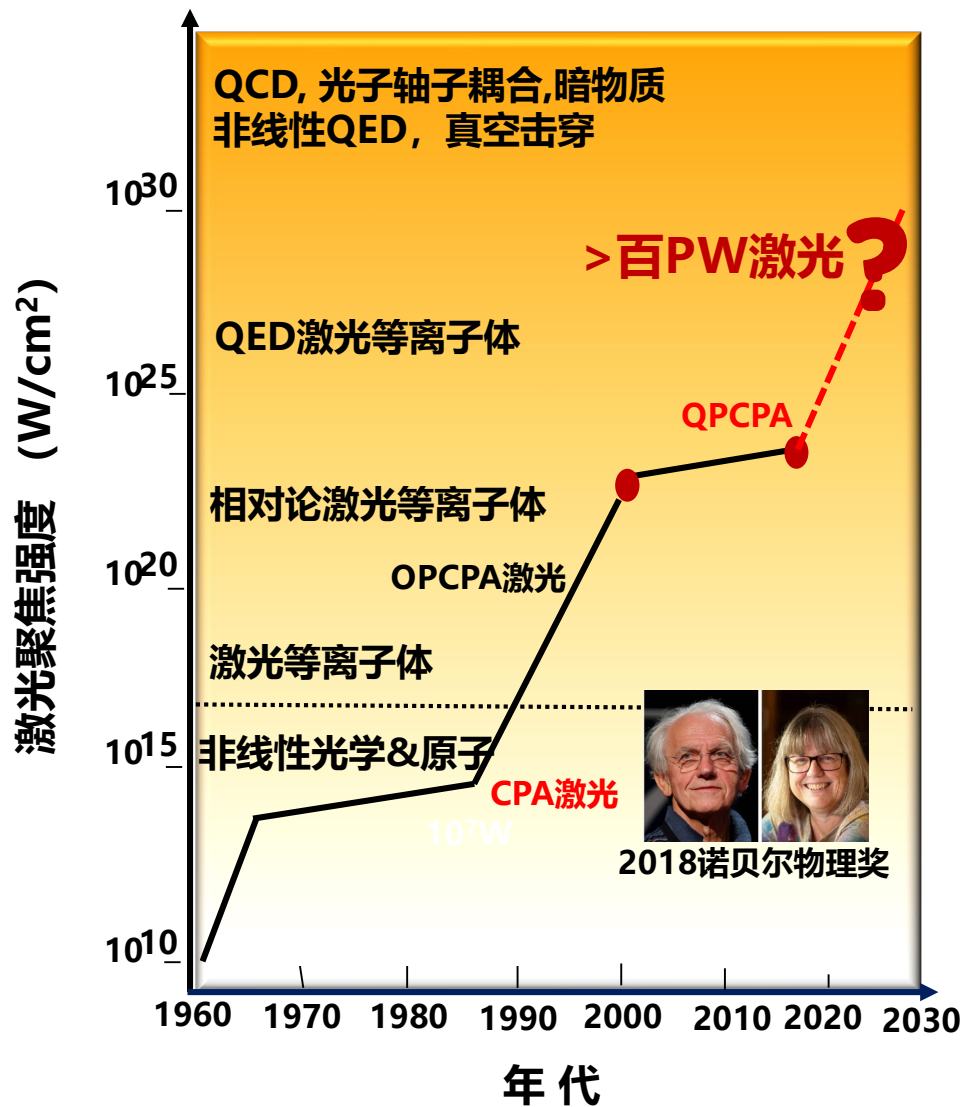


四、超短超强激光技术研究

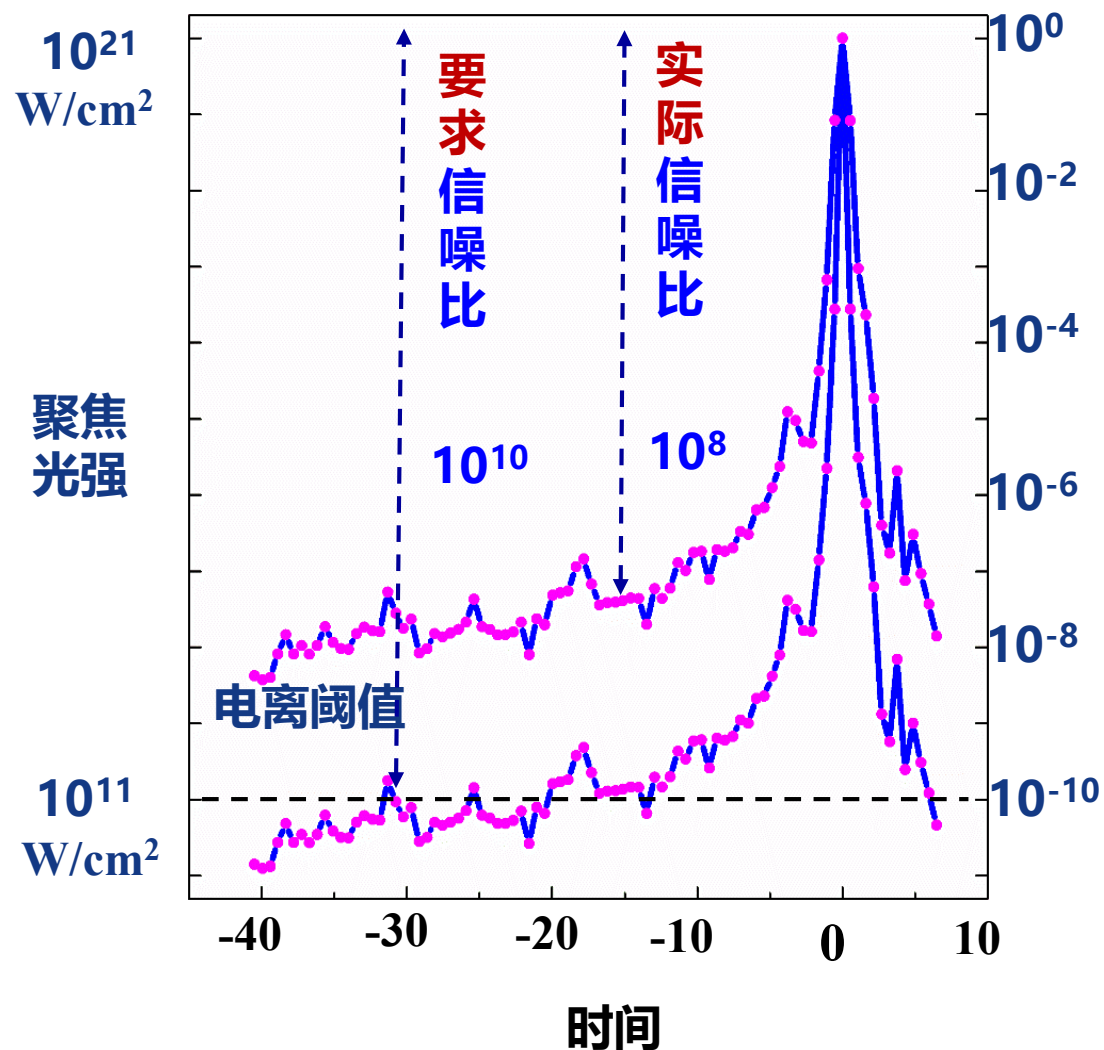


强激光发展永恒的主旋律：脉冲更强且信噪比更高

峰值功率挑战 (规模)

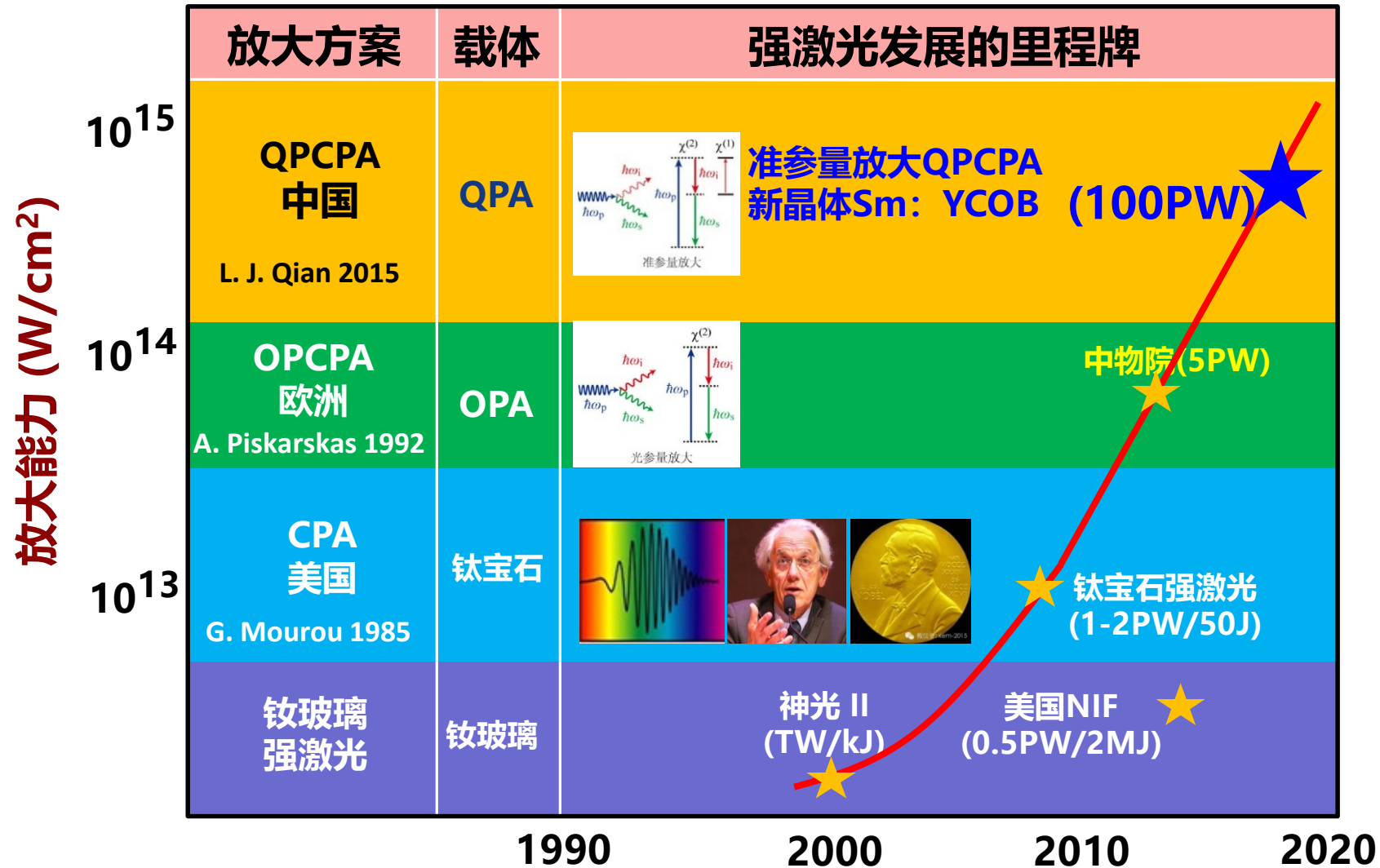


脉冲信噪比挑战 (质量)



创新的QPCPA的放大能力比美国CPA、欧洲OPCPA高出一个数量级

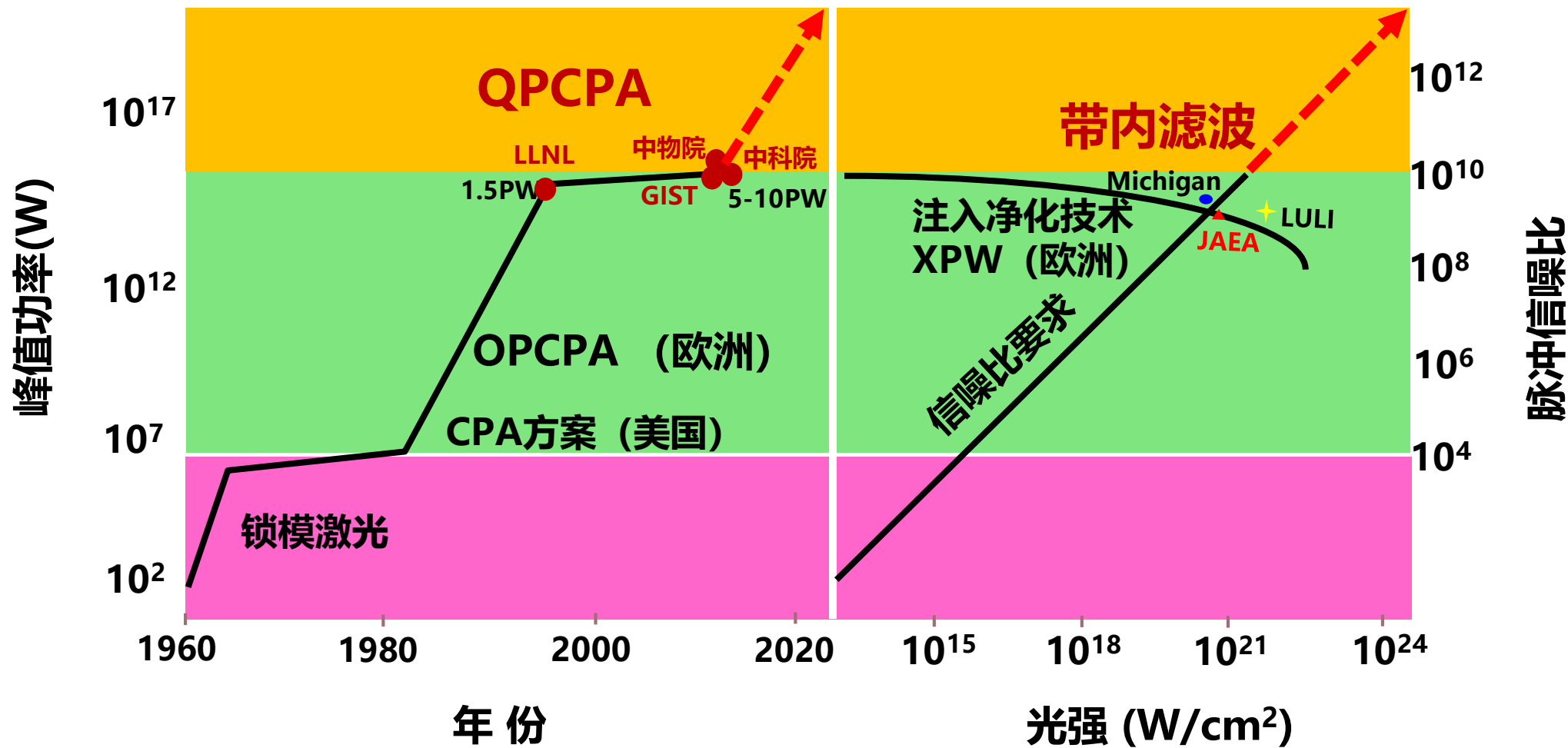
美国专利: 9647407B1; *Optica* 2,1006, 2015



QPCPA+带内滤波将推动强激光领域的格局性转变

突破强激光放大能力瓶颈

攻克强激光信噪比难题



创新技术与科学探索的完美结合

1. *Applied Physics Reviews*, 6, 021317 (2019). (IF=17.054)
2. *Nature Communications*, 6, 6192 (2015). (IF=12.121)
3. *Optica*, 2(11), 1006-1009 (2015). (IF=9.778)
4. *Nature Communications*, 7, 11893 (2016). (IF=12.121)
5. *Laser & Photonics Reviews*, 12(8), 1800019 (2018). (IF=10.655)
6. *Laser & Photonics Reviews*, 12(8), 1800316 (2018). (IF=10.655)
7. *ACS Nano*, 12, 12770-12777 (2018). (IF=14.588)
8. *NPJ 2D materials and applications*, 3, 34 (2019). (IF=9.324)
9. *Nanophotonics*, 9 (2020). (IF=7.491)
10. *ACS Nano*, 10, 9463-9469 (2016). (IF=14.588)

.....

为什么做激光技术也能发高质量文章？ 因为我们将技术做到了艺术的标准



努力飞呀飞呀
请稍等·

报告提纲

- 1 高能量密度物理研究前沿
- 2 实验室主要研究方向
- 3 国内外学术影响力
- 4 研究生培养
- 5 2021年招生计划

承担科研项目 (近五年)

重大项目名称	负责人	项目来源
新型激光聚变方案	张 杰	重大项目
IFSA协同创新中心	张 杰	教育部2011计划
超强激光驱动粒子加速及其重要应用	张 杰	A类973
高能量密度物理若干前沿问题研究	张 杰	基金委创新群体
激光等离子体不稳定对聚变靶压缩和能量耦合过程的影响	盛政明	重大项目
原子尺度超高时空分辨兆伏特电子衍射与成像系统	向 导	国家重大科研仪器设备研制专项
极强光场条件下的QED效应研究	何 峰	国家重点研发计划
激光等离子体尾波加速机制及其技术研究	陈 民	基金委重大项目
中红外强激光关键技术及系统集成验证	谢国强	重大项目
MeV 电子高时空分辨诊断系统研制	朱鹏飞	重大项目

论文专利 (近五年)

➤ SCI论文 (共313篇, 其中61篇高端学术刊物论文)

2篇Nature Photonics (IF=32.5)

1篇Appl. Phys. Rev. (IF=17.054)

1篇Phys. Rev. X (IF=14.4)

2篇Light: Sci & Appl (IF=13.6)

1篇Science Advances (IF=12.8)

6篇Nature Communication (IF=12.4)

8篇PNAS(IF=9.5)

34篇Phys. Rev. Lett. (IF=8.8)

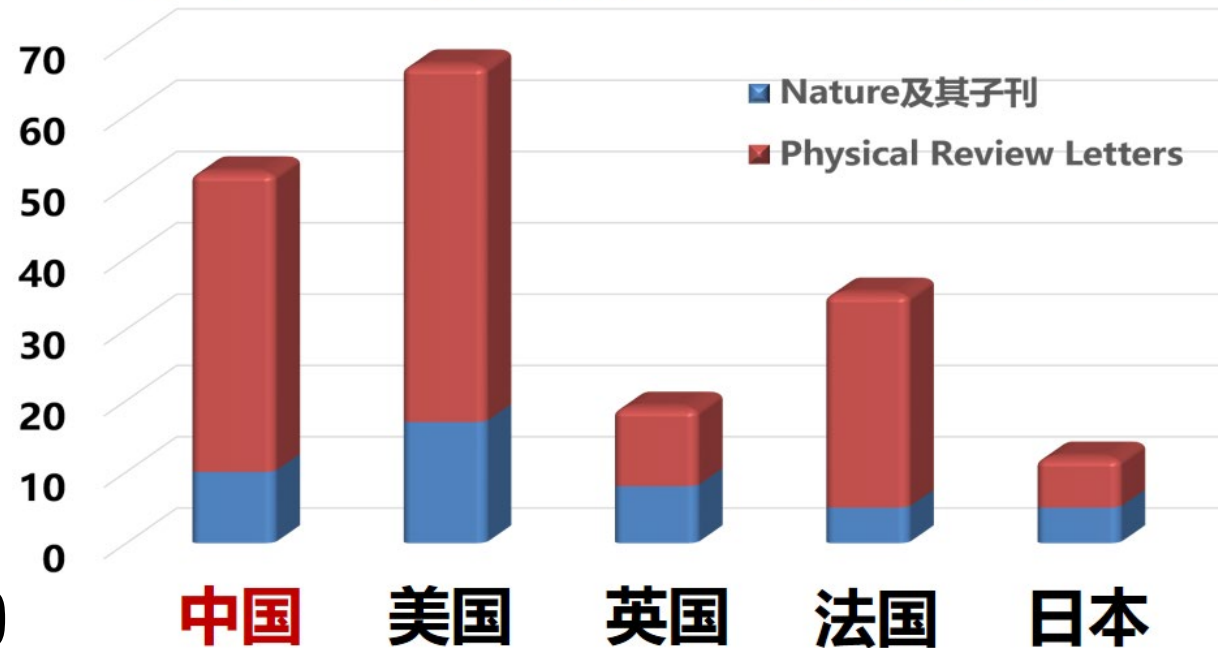
2篇Laser & Photonics Reviews (IF=8.5)

4篇Optica (IF=7.7)

➤ 出版学术专著1部;

➤ 授权国际/国内发明专利 19项, 其中美国专利6项。

近4年CICIFSA和国际其他HEDP研究中心对比



从第二梯队跻身第一梯队并与美国并驾齐驱

国际国内奖项

- ④ 2019年，陈民获亚太等离子体物理大学（AAPPS-DPP U40）青年科学家奖
- ④ 2018年，张杰等，香港求是基金会“杰出科技成就集体奖”
- ④ 2018年，盛政明等，上海市自然科学一等奖
- ④ 2017年，钱列加等，教育部技术发明一等奖1项
- ④ 2016年，盛政明教授获全球华人物理与天文联合会亚洲成就奖
- ④ 2016年，向导教授教育部青年科学奖
- ④ 2015年，张杰院士获美国核学会爱德华·泰勒奖
- ④ 2014年，张杰等，国家级教学成果一等奖1项

IFSA协同创新中心主任张杰获激光聚变领域最高奖



高能密度物理和激光聚变系列原创性工作
2015年9月美国核学会(ANS)授予张杰院士
激光聚变领域最高奖—爱德华·泰勒 (Edward Teller) 奖章

荣获香港求是科学基金会“杰出科技成就集体奖”

2018年香港求是基金会“杰出科技成就集体奖”
(全国自然科学领域每年不超过一项)



推荐获奖理由:

1. 激光加速和辐射方面的成果及贡献;
2. 激光聚变领域研究成果及贡献;
3. 激光强场物理实验研究成果及贡献。



杨振宁教授介绍获奖成果

“激光是一个非常神奇的东西，...激光的发展有很多新方向，其中一个就是强场激光。所有物质的构造，到最后都是原子，原子之所以能‘粘’在一起，就是因为有‘场’。人为制造“场”非常困难，这一技术在多领域应用上前途无量。所以很高兴，能把这个集体奖颁给张杰教授团队。”

报告提纲

- 1 高能量密度物理研究前沿
- 2 实验室主要研究方向
- 3 国内外学术影响力
- 4 研究生培养
- 5 2021年招生计划

建立完整的研究生培养体系



- 以每一位学生为中心，责任导师为主要负责人
- 相关研究方向的导师组成专门**导师团队**，全方位培养（理论+实验+技术）
- 加强过程管理的**研究生培养制度**

把控培养质量，发挥每个学生的潜能

责任导师

一对一指导

每周召开一次组会

每周与每个研究生
研讨

导师指导团队

每个月召开一次学
术研讨会

催生相关研究方向的
深入合作

共同指导研究生撰
写论文

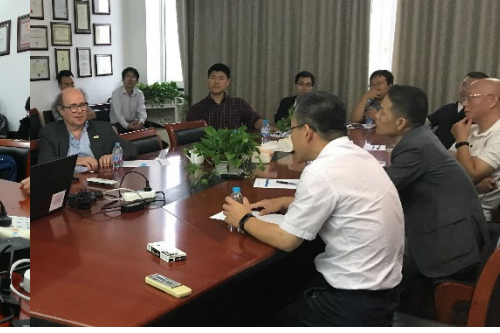
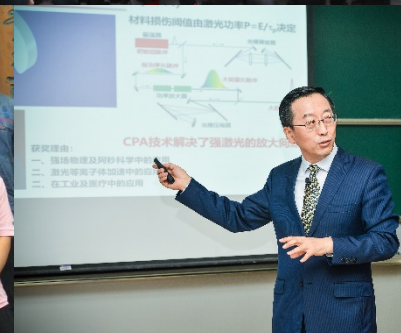
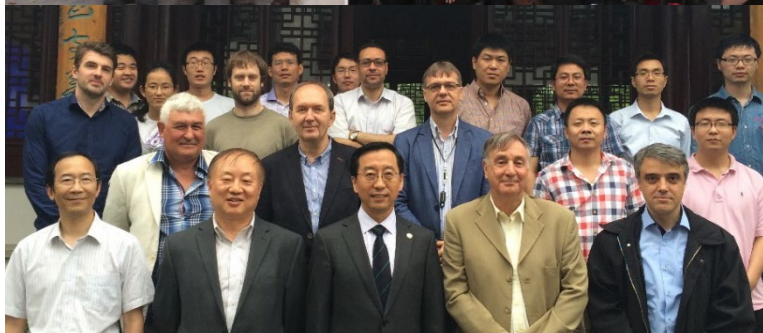
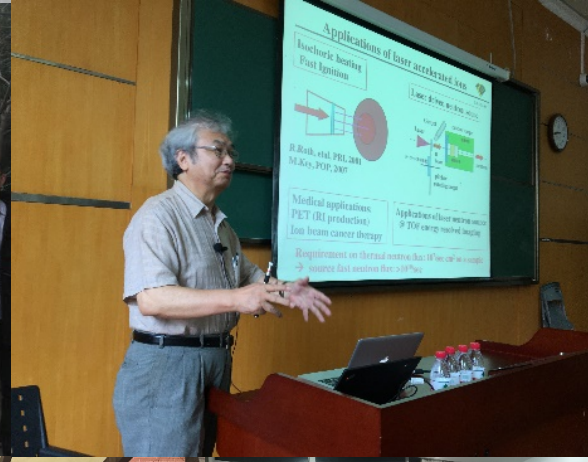
实验室浓郁的科研氛围

定期邀请国内外学术大师来实
验室合作研究，使研究生转身
即可遇到大师

与世界顶级科研单位合作交流
培养

每年召开学术委员会会议，举
办多场学术会议和研讨班

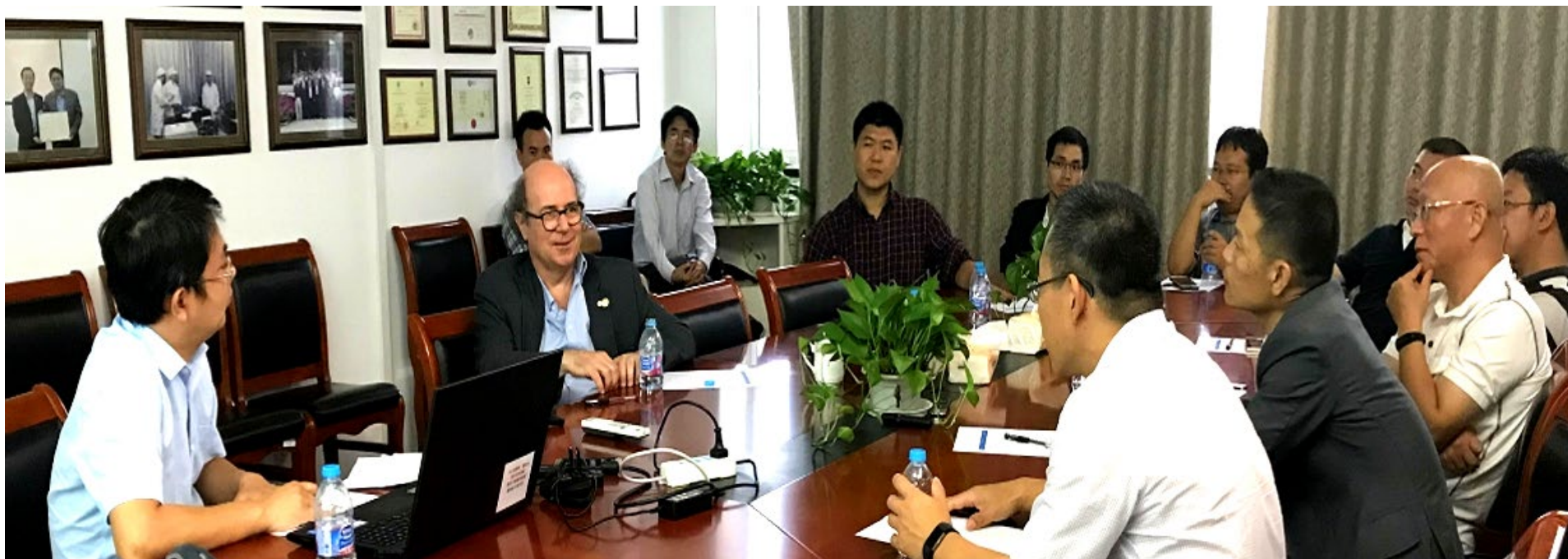
系列的“强激光与等离子体”暑期学校、会议、青年论坛



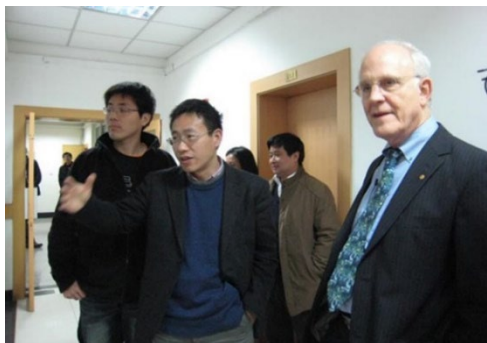
鼓励研究生参加国际会议和参与国际合作实验



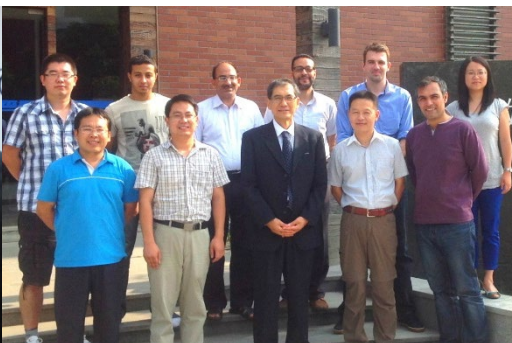
与顶级科学家面对面的机会



2017年，与Frank Wilczek教授研讨“强激光产生和探测暗物质粒子-轴子”



2009年，D. Gross教授



2013年，T. Tajima教授



2015年，J. Nilson教授



2016年，P. Chen教授

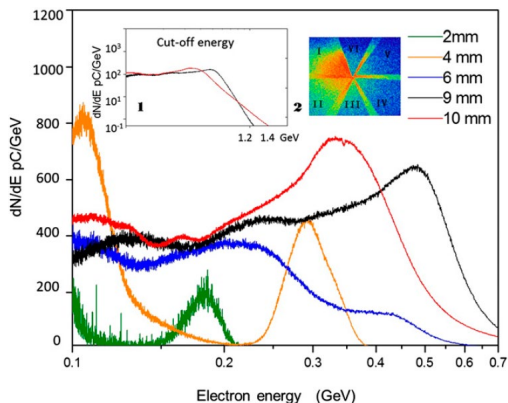


2016年，P. Chen教授

长期的高强度国际合作，每年大量参与**国际合作研究**的机会

2014-2018年连续通过竞争获得**美国LLNL打靶发次**并主持合作研究。

日本大阪大学每年给予竞争性激光时间，参与制定联合实验计划。
2018年起**双方联合培养博士生**

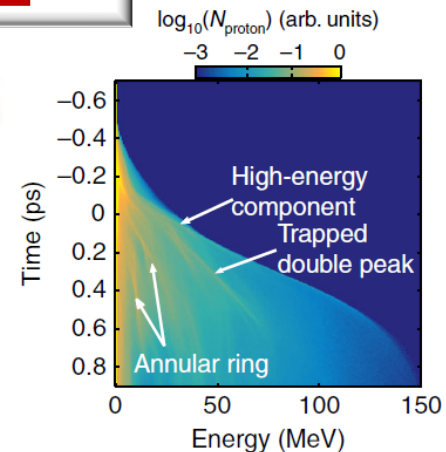


美国LLNL

英国RAL

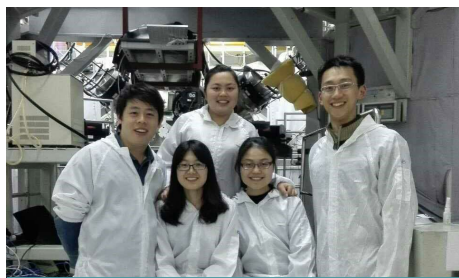
日本ILE

连续5年在英国卢瑟福高功率激光装置上通过竞标获得**激光打靶发次**。



世界最高能量激光加速质子
(Nature Commu., 2018)

首次同时获得超快x射线辐射源和准单能超短电子束
(PNAS, 2014)



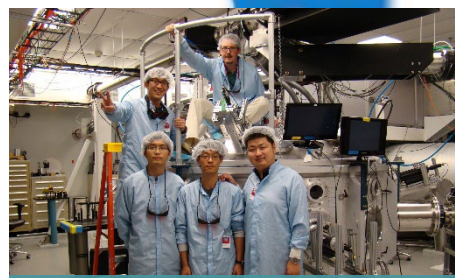
2015年 中国神光



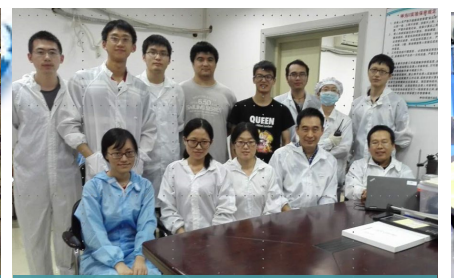
2015年 上海交大



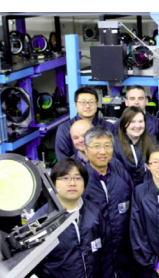
2015年 大阪大学



2015年 美国LLNL



2016年 中国神光II



面向激光聚变物理和高能量密度物理学生的CICIFSA奖学金



设立“CICIFSA”奖学金，奖励在激光聚变物理与高能量密度前沿科学研究中做出重要贡献的本科、硕士及博士生，已奖励262人次，总额501万。

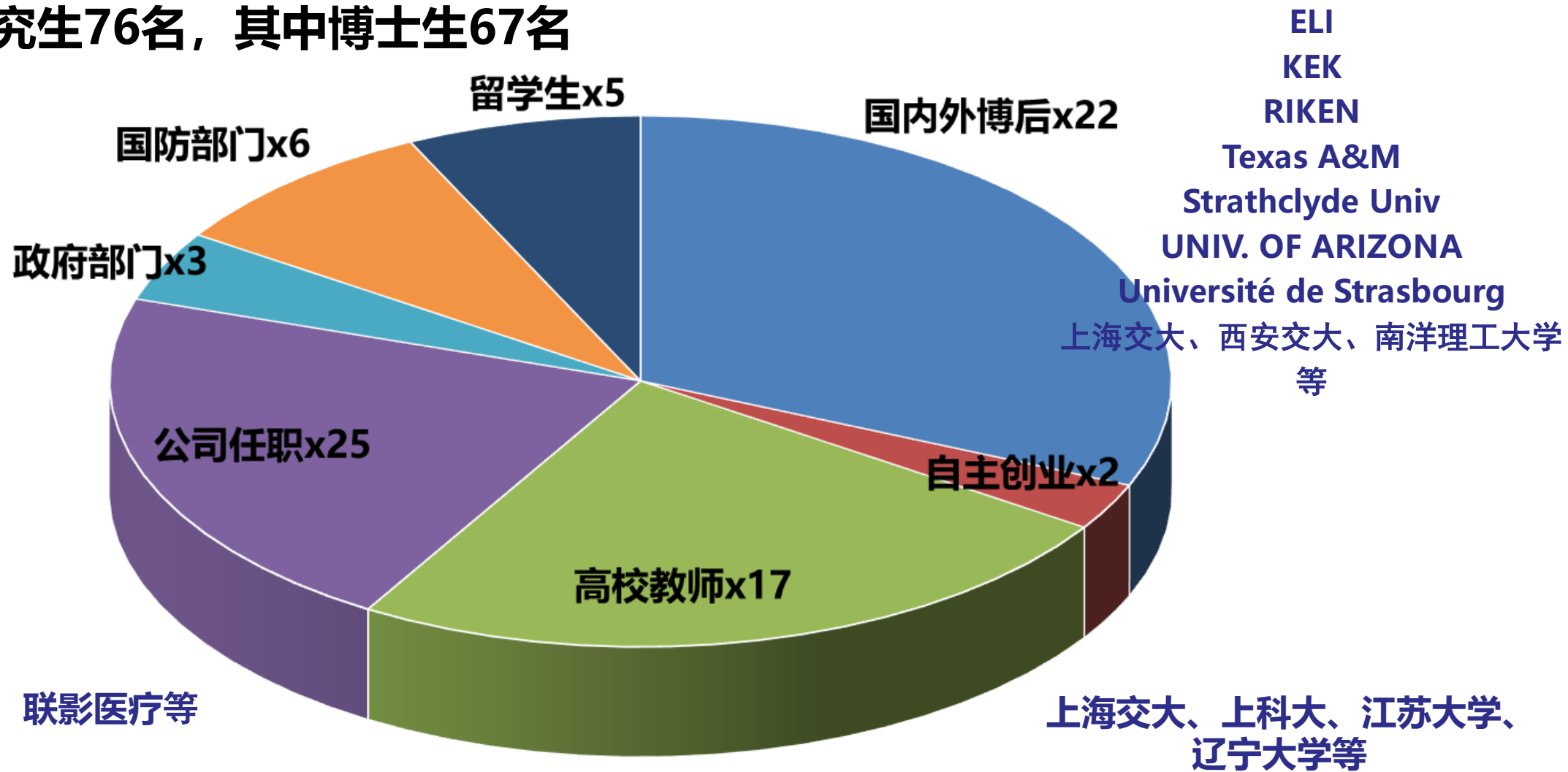
多位研究生获得国内外各种奖励和表彰

超快激光科学国际论坛青年科学家奖 (1)	何沛伦 (2019)
全球华人物理与天文学会博士论文奖 (1)	张喆林 (2019)
亚太等离子体学会U30 青年科学家奖 (1)	张喆林 (2018)
蔡诗东等离子体物理奖 (5)	黎飞宇 (2013) 曾明 (2015) 陈龙 (2017) 张喆林 (2018) 罗辑 (2019)
王大珩高校学生光学奖 (6)	马金贵 (2012) 黎飞宇 (2013) 曾明 (2015) 何沛伦 (2016) 张喆林 (2017) 赵凌荣 (2019)
博士后创新人才支持计划 (3)	廖国前 (2016) 覃治鹏 (2017) 赵凌荣 (2020)
博士后特别资助 (1)	王静 (2017)
上海市优秀博士论文 (1)	马金贵 (2015)
上海市扬帆计划人才资助 (1)	马金贵 (2017)
上海市晨光计划 (1)	覃治鹏 (2019)
上海市优秀博士毕业生 (2)	李松 (2016) 覃治鹏 (2017)

由实验室走出了各行各业的未来栋梁

自2010年实验室成立至今，已毕业80名研究生，**就业率100%**

现有研究生76名，其中博士生67名



报告提纲

- 1 高能量密度物理研究前沿
- 2 实验室主要研究方向
- 3 国内外学术影响力
- 4 研究生培养
- 5 2021年招生计划

2021年实验室招生计划

- 实验室现有博士生导师14人，硕士生导师12人。
- 2021年预计招收博士生28人，硕士生24人。

强激光技术	激光等离子体数值模拟	激光等离子体实验	超快电子衍射
钱列加	盛政明	张 杰	向 导
谢国强	何 峰	陈黎明	陈 洁
袁 鹏	陈 民	闫文超	刘圣广
唐玉龙	翁苏明	陈燕萍	邹 晓
马金贵	吴福源	远晓辉	卢发铭
王 静		刘 峰	朱鹏飞
张东方		郑 君	江 涛



梦想+机遇=精彩人生

加入我们 实现你的梦想!



请关注 “激光等离子体教育部重点实验室”