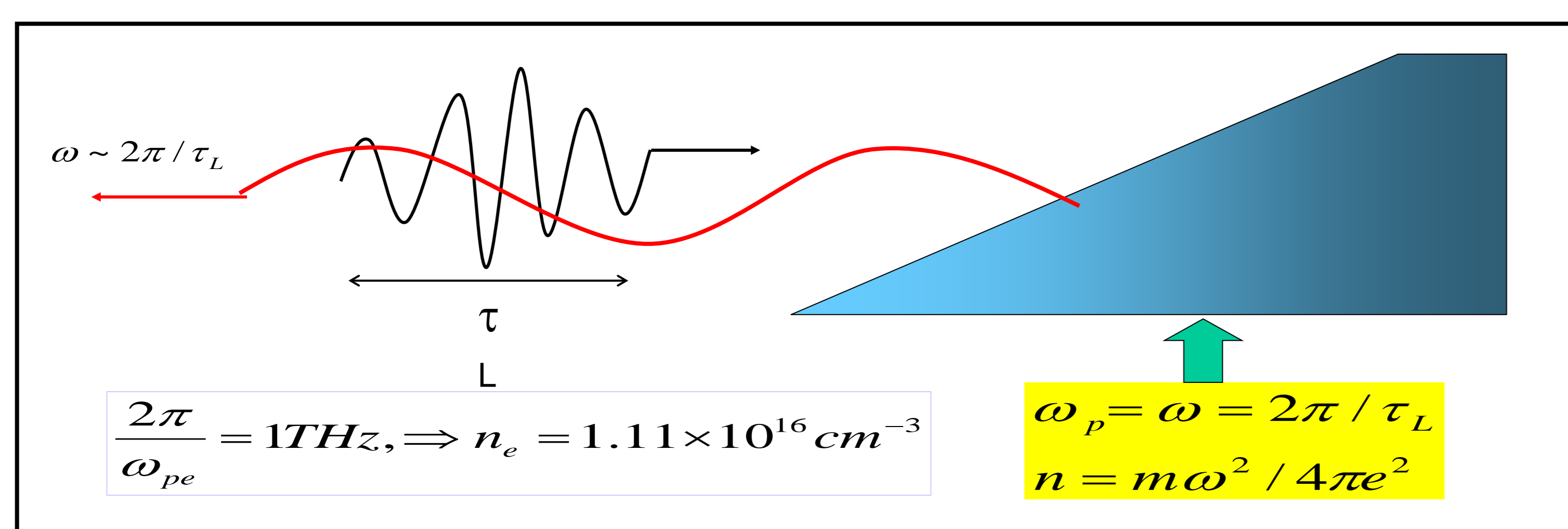


强激光驱动的高功率太赫兹辐射

太赫兹 (THz=10¹²Hz) 辐射在物理、生物、信息等多个领域有着广泛的应用前景。如何产生高功率的太赫兹源及其与物质相互作用是太赫兹领域的重要研究方向。利用传统的电子加速器, 人们可以产生单脉冲几十微焦的强辐射。利用短脉冲激光与物质相互作用, 采用双色场、倾斜波前等方法也可以产生太赫兹辐射。但激光辐照中的损伤等问题, 严重阻碍了太赫兹功率的提升。利用强激光与等离子体相互作用是产生高功率太赫兹辐射的一种新方案。这种新源具有高转换效率、无破坏阈值的特点。经过几年的研究, 我们取得了一系列进展。

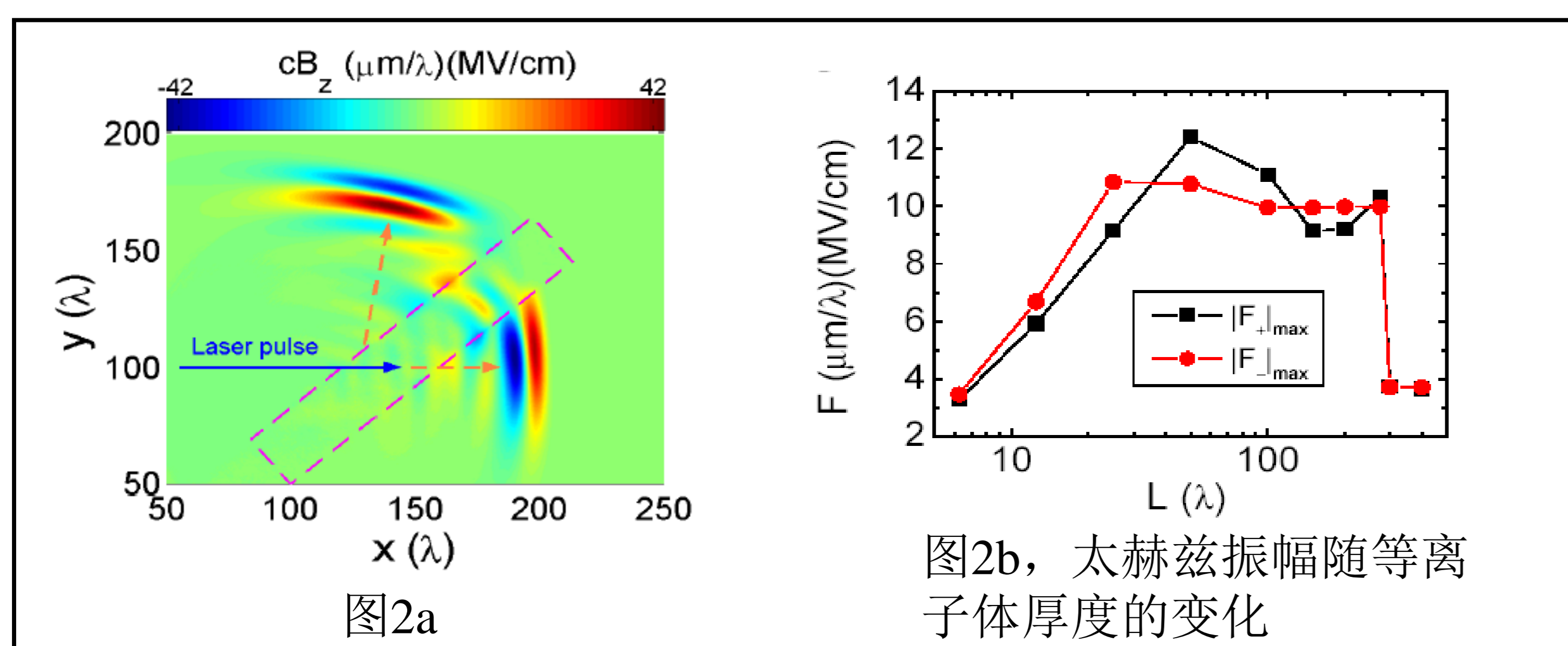
提出了利用强激光产生强太赫兹辐射的新理论

首次提出利用超短超强激光脉冲通过激发大振幅电子等离子体波产生强太赫兹辐射的理论。在不均匀等离子体中产生的激光尾波场在一定条件下可以通过线性模式转换成电磁辐射。当激光尾波场频率在太赫兹附近, 其振幅可以达到GV/cm, 从而可以产生振幅达到10MV/cm的太赫兹辐射。这为研究物质的非线性太赫兹辐射响应提供了可能。



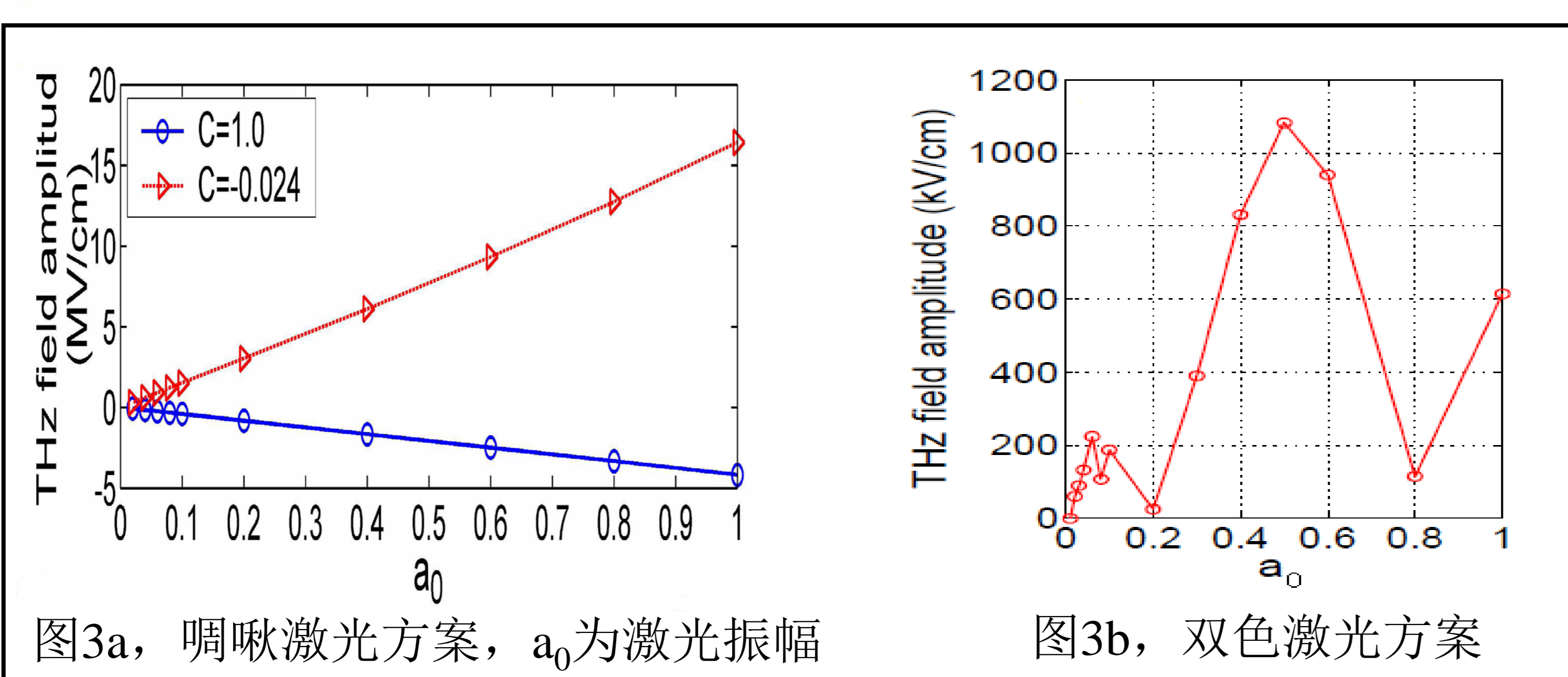
提出了利用强激光作用薄等离子体层产生强太赫兹辐射的方法

提出利用超短超强激光斜入射到厚度为等离子体波长的等离子体层产生MW-GW量级的单周期太赫兹辐射的方法。此太赫兹辐射在激光的反射方向和透射方向上产生, 见图2。



提出了利用啁啾激光作用等离子体产生强太赫兹辐射的方法

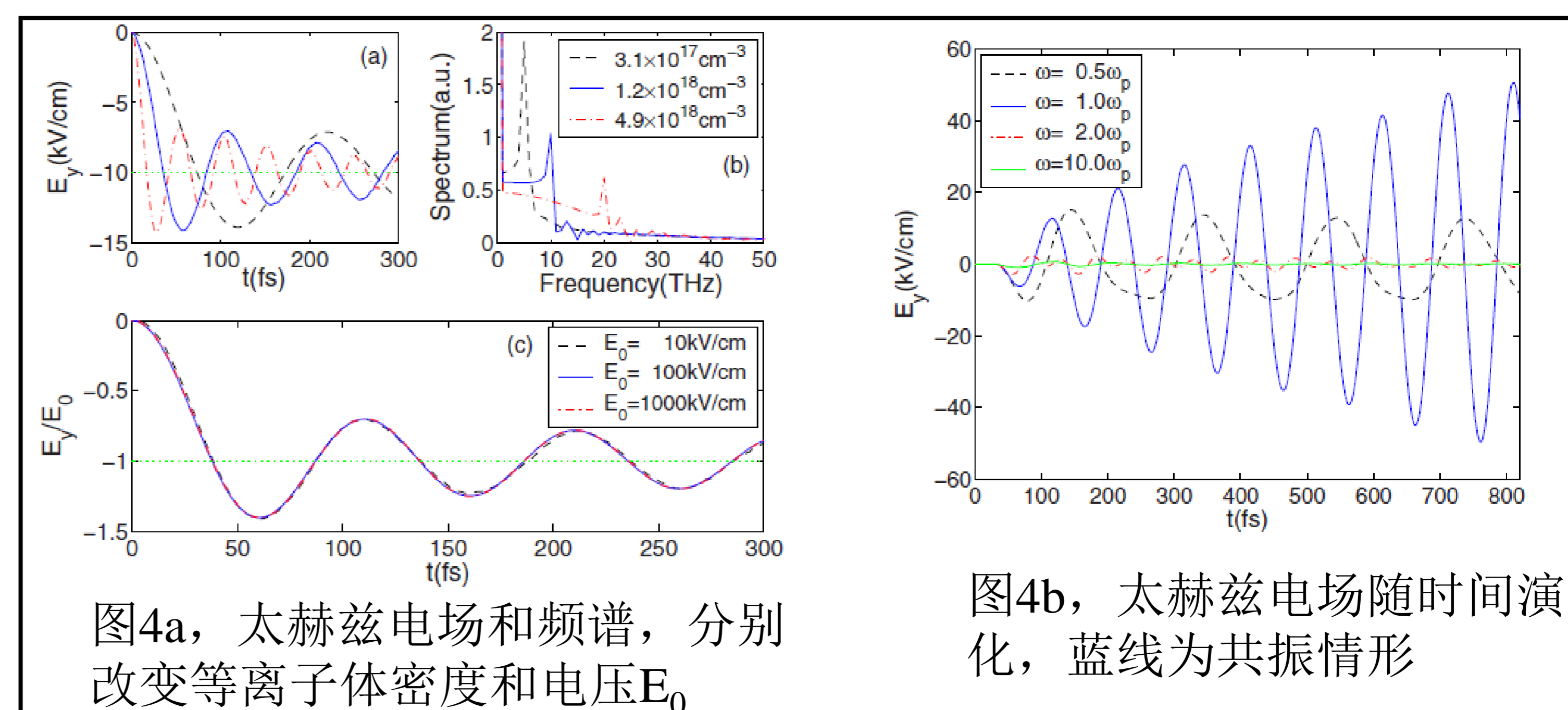
提出利用啁啾激光在等离子体中形成的强净电流从而产生强太赫兹辐射的方法。得到的太赫兹振幅与激光振幅线性定标, 见图3a, 克服了双色激光方案中不利的定标关系, 见图3b。



Generation of high power terahertz radiation

提出了用直流或交流电压作用等离子体产生太赫兹辐射的方法

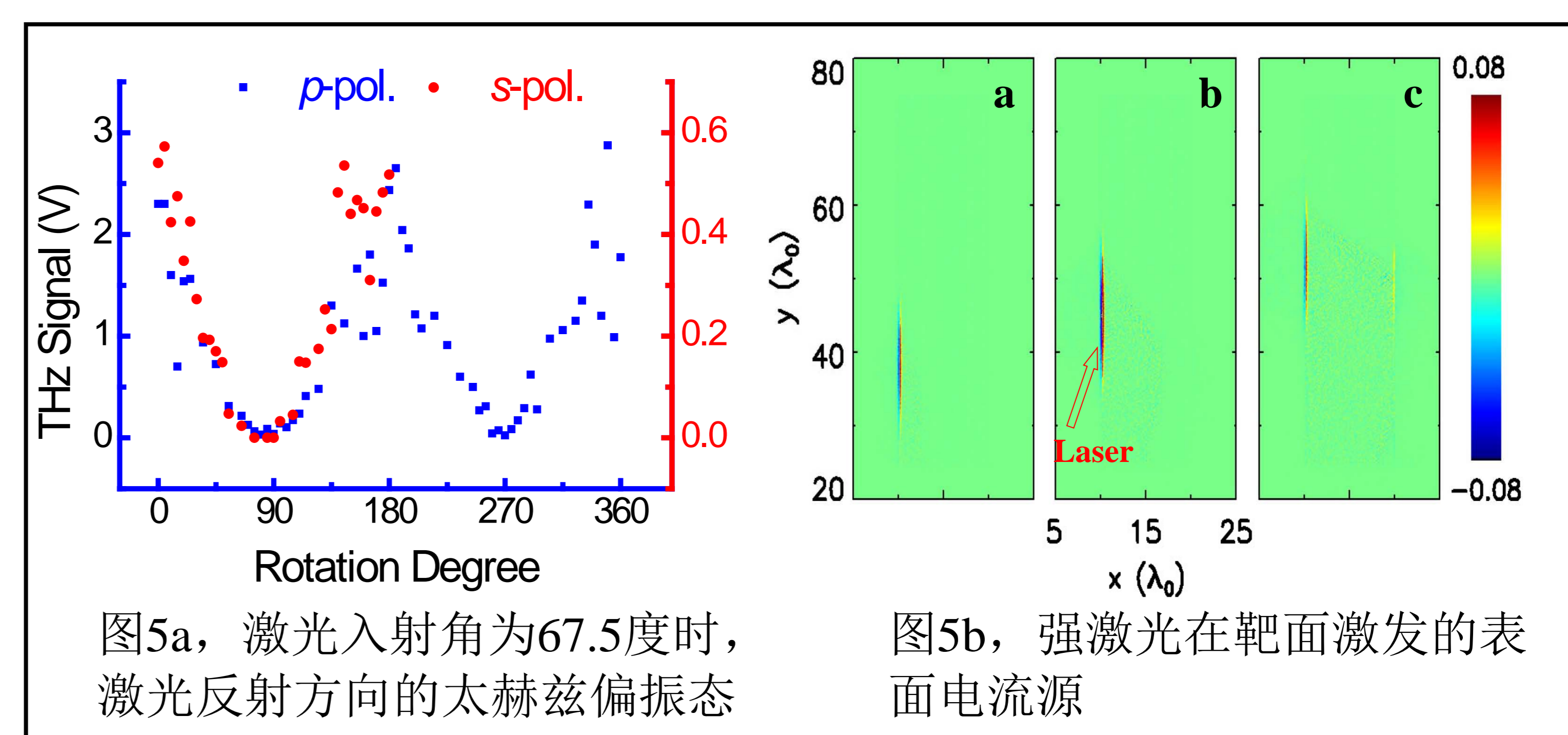
提出利用直流电压作用等离子体产生频率、强度、偏振及初始相位可控的远红外辐射的方法, 见图4a。当电压为交流且其频率接近等离子体频率时, 产生的辐射被共振放大, 见图4b。



在相对论强激光与固体靶相互作用实验中产生了>10微焦/sr的强太赫兹辐射

利用中科院物理所的极光II号强激光与物质相互作用研究平台, 在相对论强激光辐照固体靶实验中, 产生了强THz脉冲。实验发现, 随着激光能量的增大, THz能量也随之增大。对于约为100mJ的激光驱动能量, 产生的单脉冲THz能量高达>10微焦/sr, 对应的功率超过MW, 场强超过MV/cm。下图为实验测量的太赫兹强度的偏振特性, 在反射方向观察太赫兹信号。当激光入射角为67.5度时, 不论激光是p偏振还是s偏振, 太赫兹均为线偏振。实验还发现, 太赫兹脉冲的产生与激光的能量吸收过程紧密相关。当预等离子体尺度较大时, THz信号较小; 预等离子体尺度较小时, 尤其是当共振吸收占主导地位时, THz信号最强。为了解释实验结果, 我们提出了一个新的超热电子横向运输电流模型, 并进行了粒子模拟。

和激光辐照中性材料、气体靶方案相比, 强激光与固体靶相互作用中, 光强可以提高3-6个数量级, 达到相对论光强 (大于10¹⁸W/cm²), 这有利于提高太赫兹的转换效率。



发表的重要论文:

- Z. M. Sheng et al., Phys. Rev. Lett. 94, 095003 (2005)
- W. M. Wang et al., J. Appl. Phys. 107, 023113 (2010)
- X. G. Dong, et al., Phys. Rev. E 79, 046411 (2009)
- X. Y. Peng, et al., Appl. Phys. Lett. 94, 101502 (2009).
- W. M. Wang et al., Opt. Express 16, 16999 (2008)
- H. C. Wu et al., Phys. Rev. E 75, 016407 (2007)
- Z. M. Sheng et al., Phys. Plasmas 12, 123103 (2005)
- Z. M. Sheng et al., Phys. Rev. E 69, 025401(R) (2004)