

放電型光導波路の開発

○酒井 泰雄¹, 陳 博順¹, 谷沢 優介¹, 金 展², 末田 敬一², 寺本 高啓¹,
 パサック ナビーン¹, 清野 英晃¹, 黄 開³, 大東 出³, 小瀧 秀行³,
 神門 正城³, アレクセイ ジドコフ¹, 兒玉 了祐^{1,4}, 細貝 知直^{1,2}

(1: 阪大工学研究科, 2: 理化学研究所, 3: 量研関西研, 4: 阪大レーザー研)

概要

- ✓ レーザー航跡場加速では加速距離は集光するレーザーの回折限界であるレイリー長で制限
- ✓ 電子ビームのエネルギー利得は、プラズマ航跡場のなす電界強度と加速距離の積として決定[1]

航跡場の駆動源であるレーザーパルスを集光強度を保持させたまま長距離伝搬することで利得向上

方法

非破壊の光ファイバーをプラズマで形成!

- ✓ プラズマの屈折率: $N = \{1 - (\omega_p/\omega_L)^2\}$, ここで, $\omega_p = (n_e e^2/m_e \epsilon_0)$ および ω_L はそれぞれプラズマ振動数と入射光の振動数
- ✓ プラズマ中では、プラズマ数密度 $n_p \sim$ プラズマ電子数密度 n_e
- ✓ レーザーパルスの伝搬方向に沿って $dn_p/dr > 0$ ($dn_e/dr > 0$) となるプラズマが用意できれば伝搬長を延長可能

1) Confinement: Magnetic pressure vs Thermal pressure

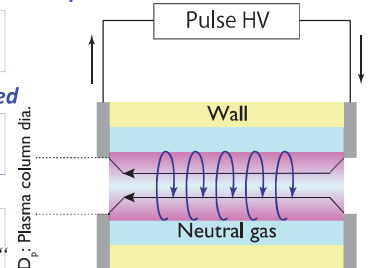
Bennett criterion:
 $“\mu_0 I^2 / (8\pi^2 (D_p/2)^2) > nkT”$

2) Plasma diffusion vs Current rising speed

Bohm velocity:
 $“D_p(t) \sim (2k_b T_e / m_i)^{1/2} \times t”$

3) Initial plasma resistivity vs Voltage

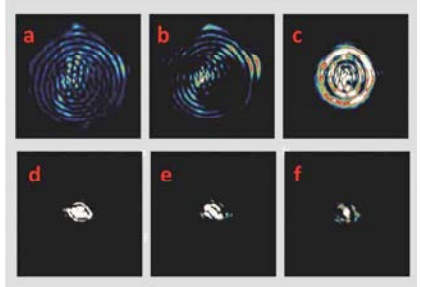
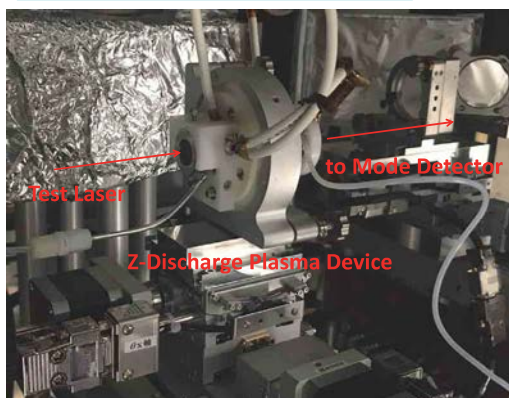
Spitzer resistivity:
 $“\eta = 5.2 \times 10^{-3} \times (Z \ln(A)) / (T^{3/2}) \times L”$



キャピラリー-Zピンチプラズマによる制御可能な導波路形成

半径方向に自己収縮するプラズマにより中空状のプラズマを生成 & 導波路形成

結果



- (左): キャピラリー-Zピンチプラズマ発生装置
 (中): 放電生成されたプラズマ
 (右): 導波された高強度レーザーパルスのモード

多段加速ブースターに要求される 10^{17}m^{-3} 領域の密度にて、Zピンチプラズマの安定生成を実現 [2]
 $10^{17} - 10^{18} \text{w/cm}^2$ の高強度レーザーの光導波に成功。また、導波モード特性はアクティブに制御可能 [2, 3]

参考文献

- [1] T. Hosokai, et al., Optics Letters, Vol. 25, No. 1, (2000)
 [2] 特願 2018-213150, 光導波路形成方法, 及び光導波路形成装置, 細貝知直, 酒井泰雄, 兒玉了祐
 [3] プラズマ核融合学会誌小特集 “電子加速器の小型化を目指したレーザー加速研究: X線自由電子レーザーへの挑戦” (2019年5月), 出版予定