

## 抵抗性自発磁場による相対論電子ビームガイドイング

## Relativistic electron beam guiding using self-generated resistive magnetic fields

城崎知至<sup>1</sup>、吉武佳菜<sup>1</sup>、金佑勁<sup>1</sup>、遠藤琢磨<sup>1</sup>、藤岡慎介<sup>2</sup>、長友英夫<sup>2</sup>、森田大樹<sup>2</sup>、  
滝沢龍之介<sup>2</sup>、前川珠貴<sup>2</sup>、ZHU Baojun<sup>2</sup>、郭署旺<sup>2</sup>、DUN Jinyuan<sup>2</sup>、WANG Yubo<sup>2</sup>、有川安信<sup>2</sup>  
T. Johzaki<sup>1</sup>, K. Yoshitake<sup>1</sup>, W. Kim<sup>1</sup>, T. Endo<sup>1</sup>, S Fujioka<sup>2</sup>, H. Nagatomo<sup>2</sup>, H. Morita<sup>2</sup> et al.

<sup>1</sup>広大院先進理工, <sup>2</sup>阪大レーザー研

<sup>1</sup>Grad. Sch. Adv. Sci. Eng., Hiroshima Univ., <sup>2</sup>ILE, Osaka Univ.

大きな発散角をもつレーザー加速電子ビームで物質を効率的に加熱するためには、発散による強度低下を抑え、加熱対象まで誘導する必要がある。本研究では、抵抗率の異なる物質境界に生成する抵抗性自発磁場を用い、加熱対象まで電子ビームを誘導する方法について、高速電子の輸送を粒子法で、背景物質を輻射流体法で扱うハイブリッドシミュレーションにより、電子ビームの輸送特性を評価した。

既往実験[1]では、(i)固体CHターゲットと、(ii)その中に  $\phi = 100 \mu\text{m}$  のAl円筒を挿入したもの、(iii)逆に同径のCH円筒の周りをAlで覆った3種類のターゲット(長さ  $120 \mu\text{m}$ )の一端から強度  $I_L = 10^{18} \text{ W/cm}^2$ , パルス長  $1.5 \text{ ps}$ , 波長  $\lambda_L = 1.053 \mu\text{m}$  のレーザーを照射し、ターゲット裏面での電子ビームの空間広がりを観測した。その結果、(i)CHターゲットに比べ、(ii)Al円筒挿入ターゲットではビーム広がりが大きく、(iii)CH円筒をAlで覆ったターゲットではビーム広がりが小さくなった。これは、低温(電子温度:  $T_e \lesssim 10 \text{ eV}$ )での抵抗率特性(CHの抵抗率  $\eta_{\text{CH}} \gg \text{Al}$  の抵抗率  $\eta_{\text{Al}}$ )により、物質境界において(ii)の場合は電子を発散させる方向の磁場(発散磁場)が、(iii)の場合は電子を円筒内に閉じ込める方向の磁場(閉じ込め磁場)が生じたためである。本研究では、高速点火レーザー核融合への応用を念頭にし、レーザー強度  $I_L$  を現行の  $10^{18} \text{ W/cm}^2$  から点火に要する  $10^{20} \text{ W/cm}^2$  まで増大させ、輸送特性の強度依存性を評価した。

ハイブリッド計算では計算領域端から電子ビームを入射した。入射条件は、 $\lambda_L = 1.053 \mu\text{m}$  のレーザーを想定し、レーザーからのエネルギー変換効率30%を仮定して、Ponderomotive scale[2]でスペクトルを与えた。発散角は  $40^\circ$ 、ビーム径は既往実験に合わせて  $35 \mu\text{m}$  とし、パルス長は  $1.5 \text{ ps}$  とした。ターゲットは(a)CHのみ、(b)  $\phi = 100 \mu\text{m}$  のCH円筒の外側をNiとしたもの、

(c)同径のNi円筒の外側をCHとしたもの、(d)同径のAl円筒の外側をCHとしたものの4種類とした。輸送効率は入射点から  $100 \mu\text{m}$  離れたところで、 $\phi \leq 100 \mu\text{m}$  を通過する高速電子のエネルギーを測定し、その値を入射した電子ビームエネルギーで除した  $\eta_{100}$  で評価した。

図1にレーザー強度に対する輸送効率を示す。低温( $T_e \lesssim 10 \text{ eV}$ )では  $\eta_{\text{CH}} \gg \eta_{\text{Ni}}$  ( $\eta_{\text{Ni}}$ : Ni抵抗率)あり、(b)CH円筒+Ni周辺材ターゲットで、物質境界に閉じ込め磁場が形成される。このため、既往実験結果と同様に  $I_L = 10^{18} \text{ W/cm}^2$  では(a)CHターゲットに比べて輸送効率は高くなった。一方、レーザー強度が高くなると背景物質の温度上昇が早くなり、レーザー強度ピーク値に達するより早くプラズマ化し、抵抗値の大小関係がCHと金属で逆転する。この領域では高Zの金属材をガイド材として内側に配した場合(c), (d)に物質境界に閉じ込め磁場ができ、輸送効率が(a)の場合に比べて高くなった。高速点火で想定されるような  $I_L = 10^{20} \text{ W/cm}^2$  では、金属材がガイド材として適していることが分かった。また、Alより高ZのNiの方がより高い効率が得られた。

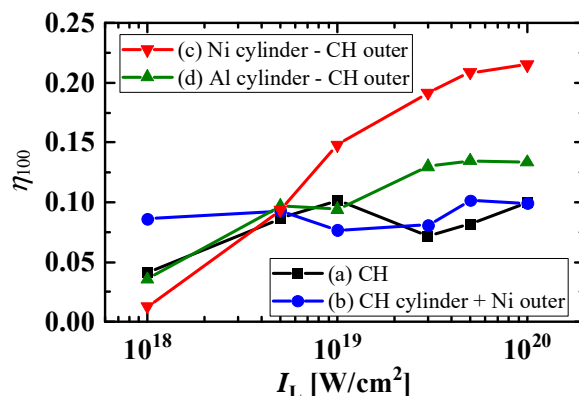


図1 輸送効率  $\eta_{100}$  のレーザー強度依存性.

[1] H. Li et al., High energy density Phys. **36**, (2020) 100773.

[2] S.C. Wilks et al., Phys. Rev. Lett. **69**, (1992) 1383.