

パルスプラズマガン装置開発と 実験の現状

菊池 祐介, 永田 正義

兵庫県立大学 大学院 工学研究科 電気系工学専攻

発表概要

1. 研究の背景
2. 磁化プラズマガン(兵庫県立大学)
3. 材料照射実験用プラズマガン装置の開発
4. 今後の研究計画

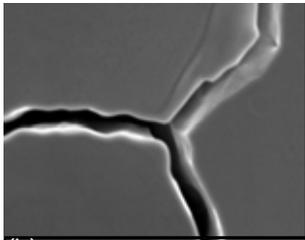
研究の背景

- ITERダイバータにおける高熱流プラズマ模擬実験 -

Type I ELMs
0.2-2 MJ/m², 0.1-1 ms

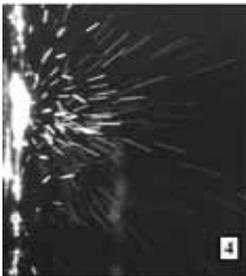
Transient heat loads

模擬装置: 電子ビーム, レーザ
プラズマガン



W表面におけるクラック

表面損傷:
溶融, クラック, ダスト
droplet splashing

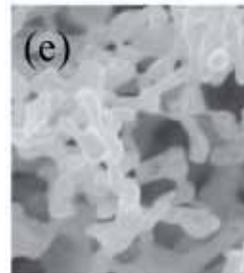


by QSPA Kh-50

高フラックス ~ 10²⁴ m⁻²s⁻¹
高フルーエンス ~ 10²⁶ m⁻²

Steady-state heat loads

模擬装置: 電子ビーム, イオンビーム,
直線型ダイバータプラズマ模擬装置



W fuzz

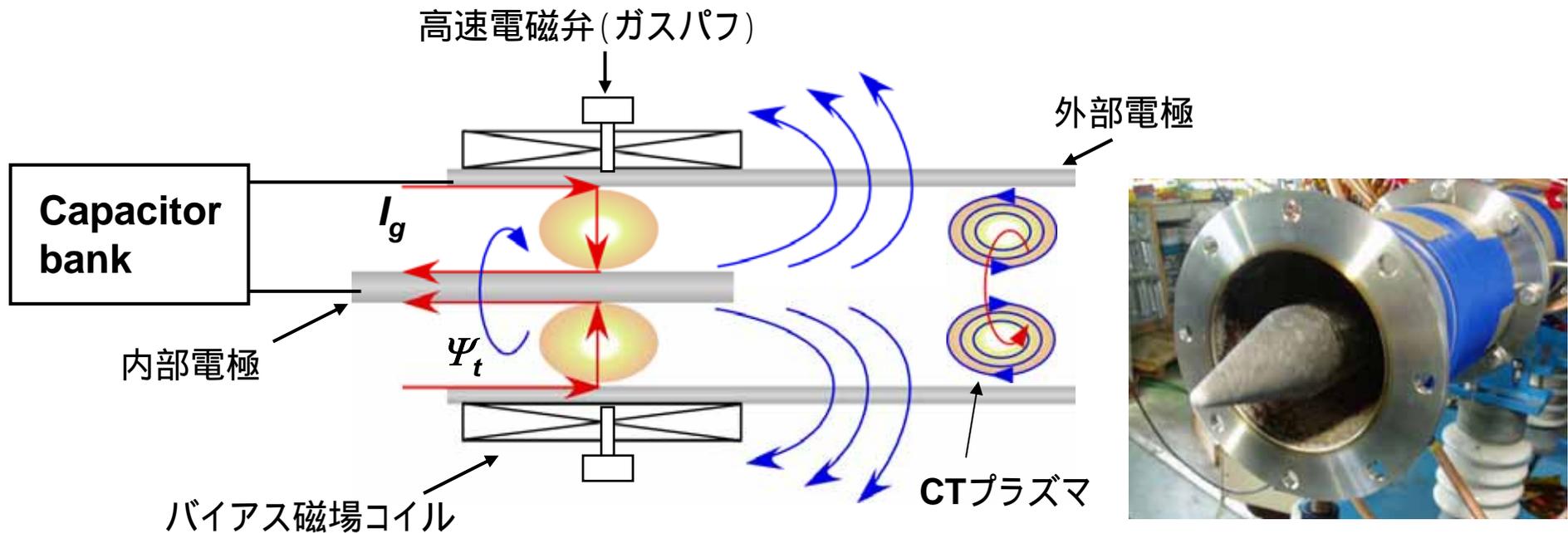
表面損傷:
溶融, ダスト
W表面構造
- Heバブル,
- Dブリストア,
- Fuzz

Ref.: S. Takamura, PFR 2006., M. Baldwin, NF2008.

プラズマガンと定常プラズマ源による複合照射研究

磁化同軸プラズマガン@兵庫県立大学

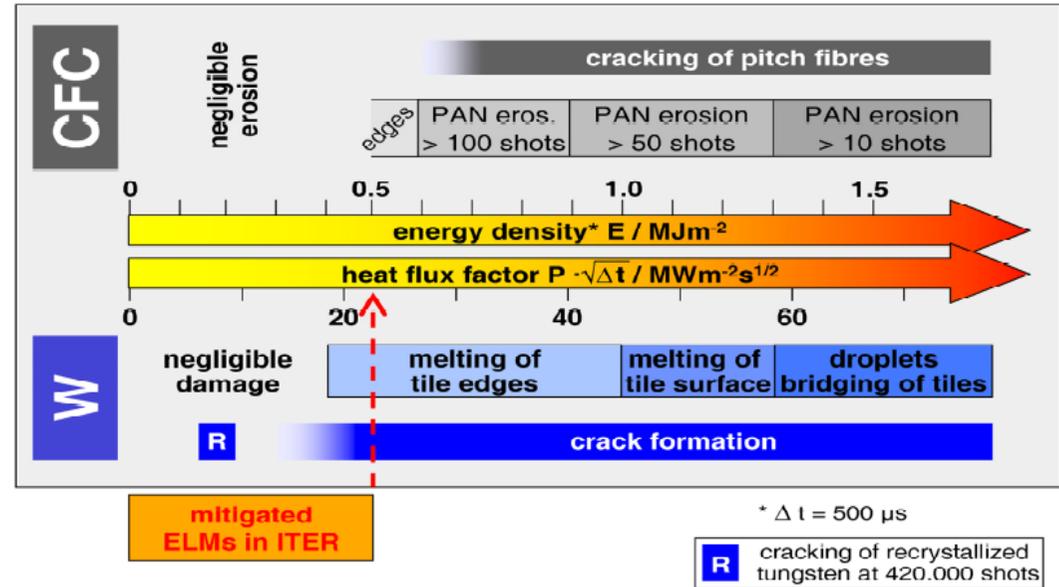
Magnetized Coaxial Plasma Gun (MCPG)



- ポロイダル電流とトロイダル電流を有するコンパクトトーラス (**Compact Torus: CT**) プラズマが形成される。
- 高速 (~ 300 km/s) で移送可能

兵庫県立大学におけるMCPGを用いた ELM様熱負荷照射実験

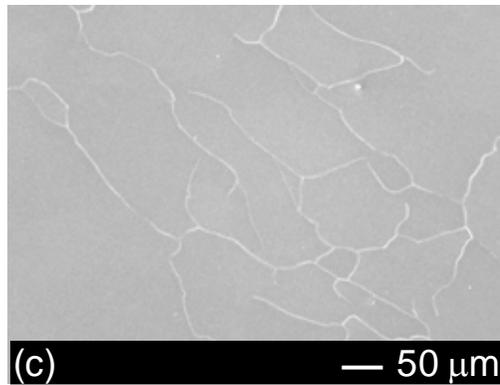
	Present MCPG [1]
Energy density	0.7 MJ/m ²
Pulse duration	0.5 ms
Capacitor bank energy	24.5 kJ (7 kV, 1 mF)
Plasma speed	50 km/s
Ion energy (D ⁺)	30 eV
Electron density	1x10 ²¹ m ⁻³
Ion flux	5x10 ²⁵ m ⁻² s ⁻¹
Particle fluence	7.5x10 ²¹ m ⁻²



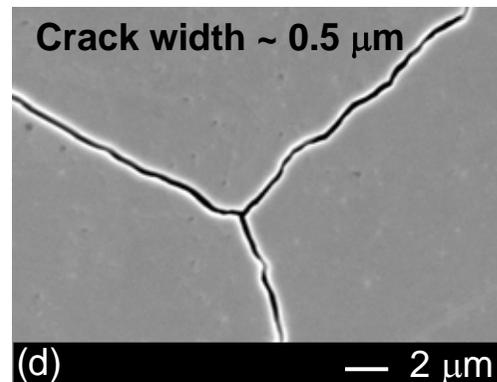
[1] Y. Kikuchi et al., J. Nucl. Mater., in press (2011).

パルスプラズマ照射によるW表面損傷

Cracks



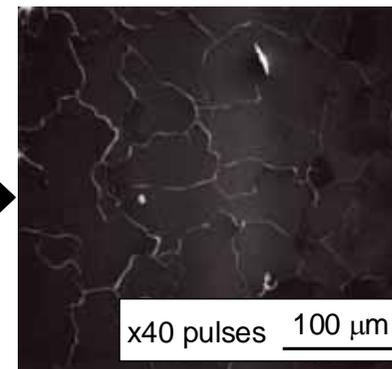
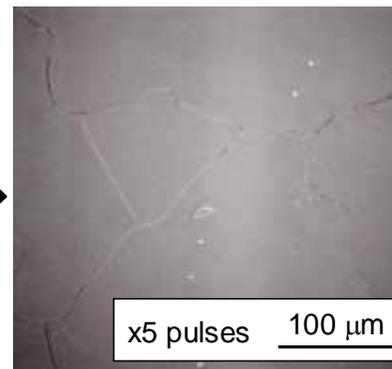
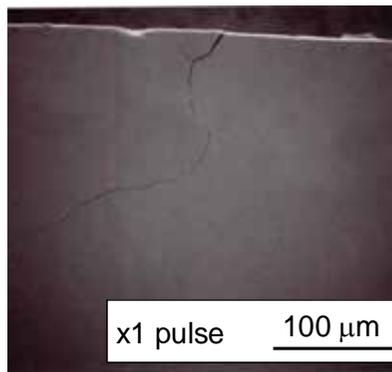
0.7 MJ/m² x 10 pulses



40 pulses



Melting



Sample holder

W sample: Diameter 25 mm
Thickness 1.5 mm

Expansion of crack area with the increase of the gun pulse number
Crack depth ~200 μm

MCPG装置新規開発

Previous MCPG

Surface absorbed energy density



~0.7MJ/m²

It has been observed that

- No melting of the W surface by irradiation of a single pulsed plasma
- Surface cracks of the W surface by irradiation of a single pulsed plasma

Upgraded MCPG

Surface absorbed energy density



~2.0MJ/m²

It is expected that

- Melting of a W surface by irradiation of a single pulsed plasma
- Droplet splashing of a W surface by irradiation of a single pulsed plasma

新規MCPG装置の特徴

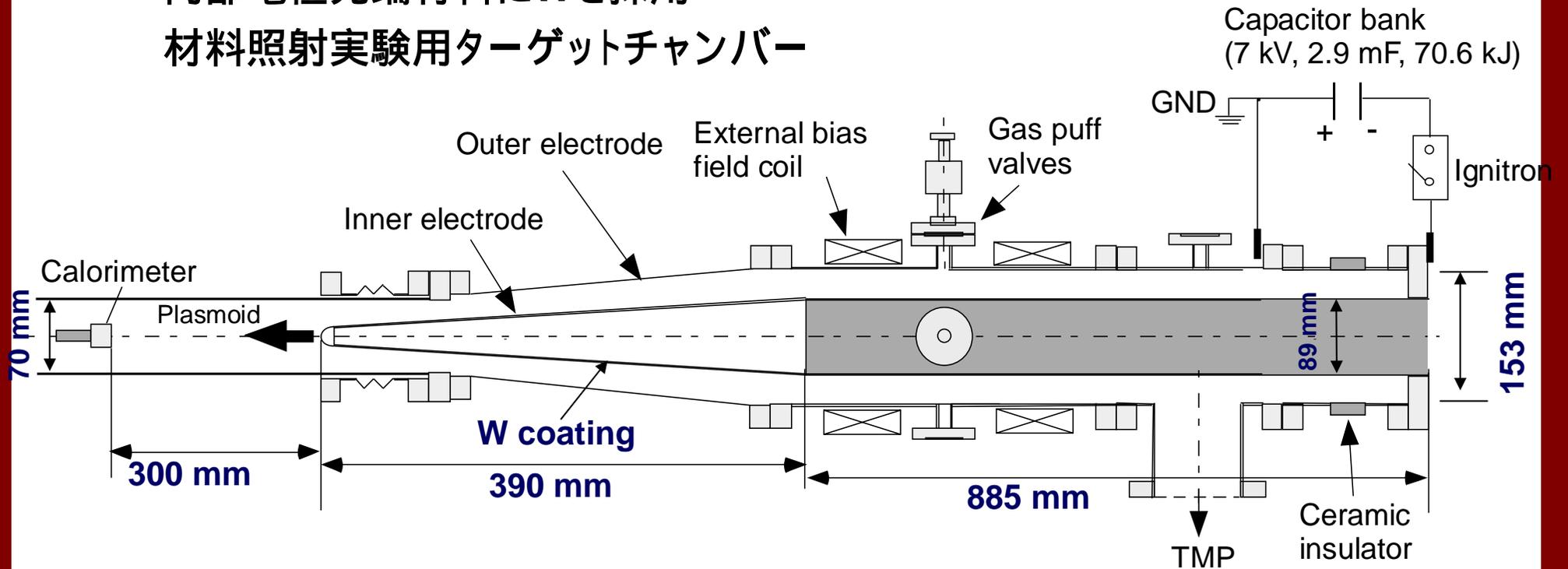
高密度コンデンサの新規導入 (0.96 mF x 3台, 最大充電電圧: 10 kV)

テーパ付きドリフト管による高密度化

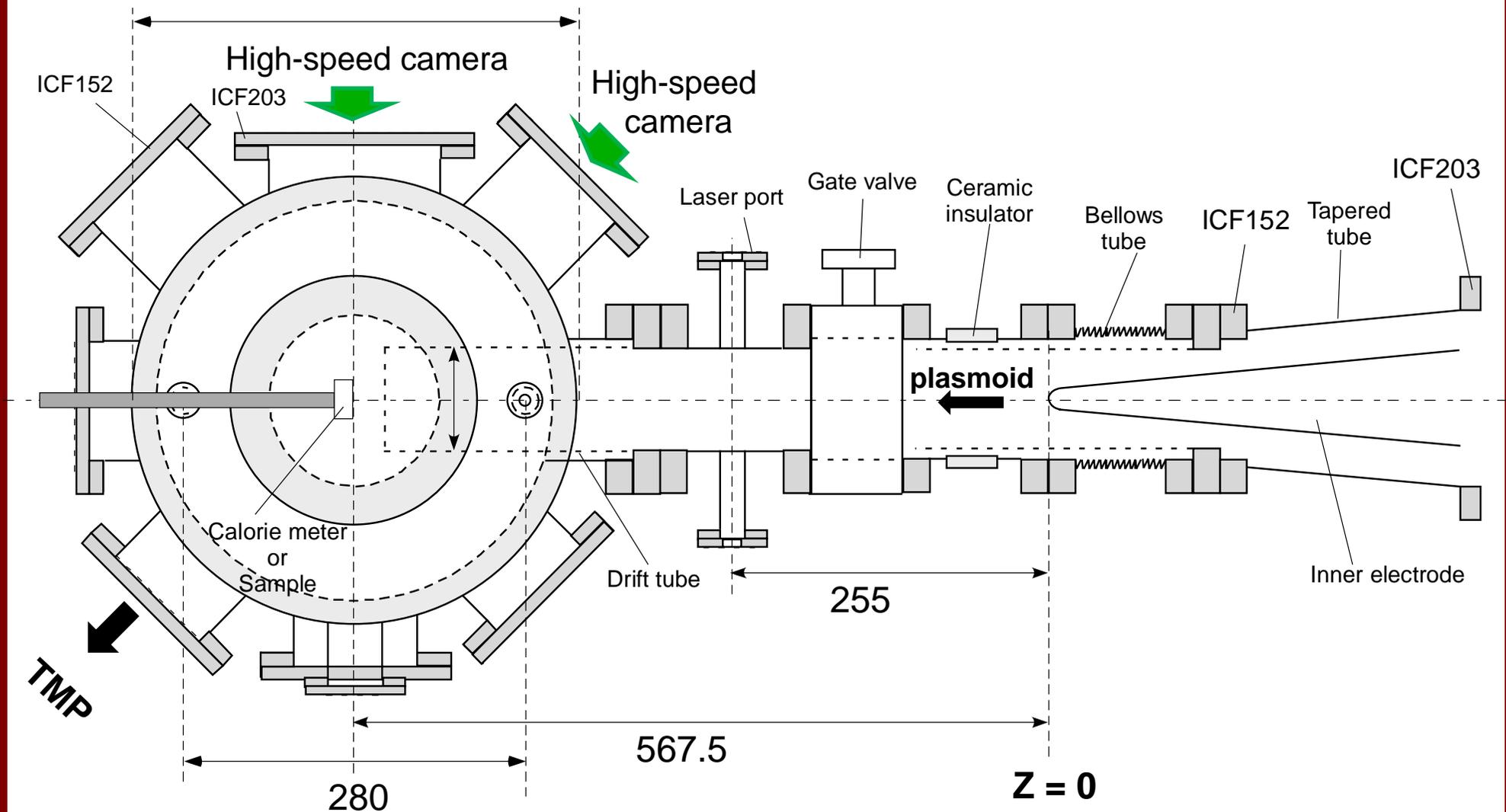
内部電極のWコーティング (200 μm) による不純物低減

内部電極先端材料にWを採用

材料照射実験用ターゲットチャンバー



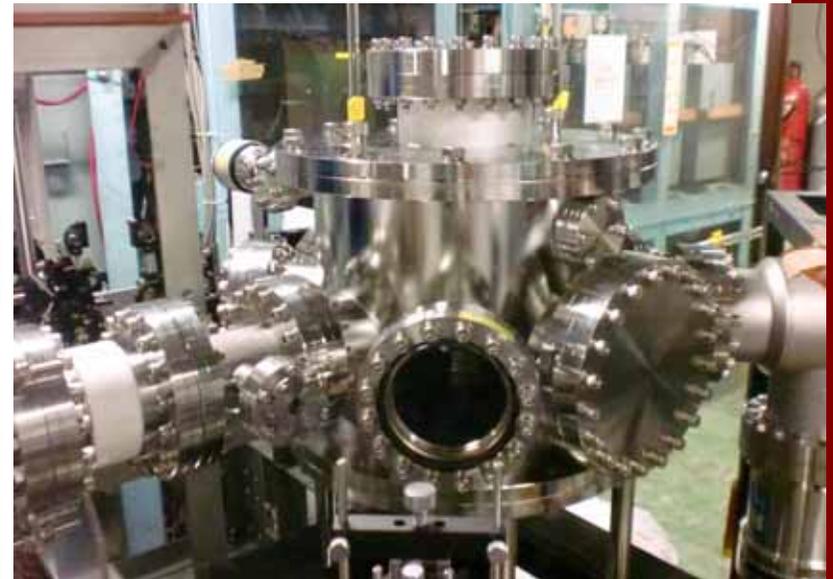
材料照射実験用ターゲットチャンバー



新規MCPG装置 (装置全体)



プラズマガン本体



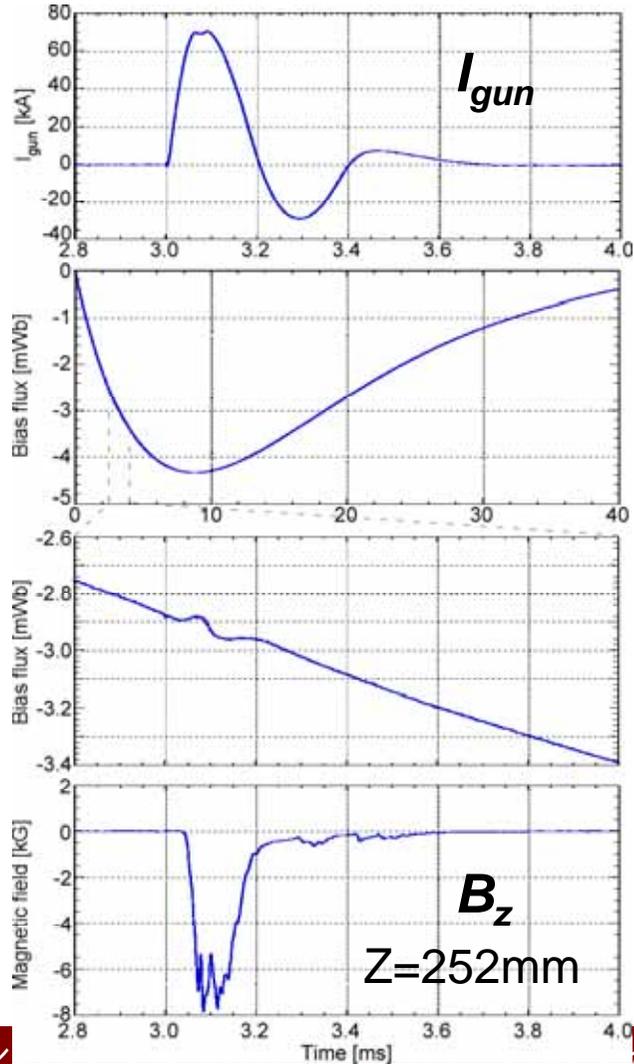
材料照射用ターゲット
チャンバー

新規MCPG装置(内部電極)

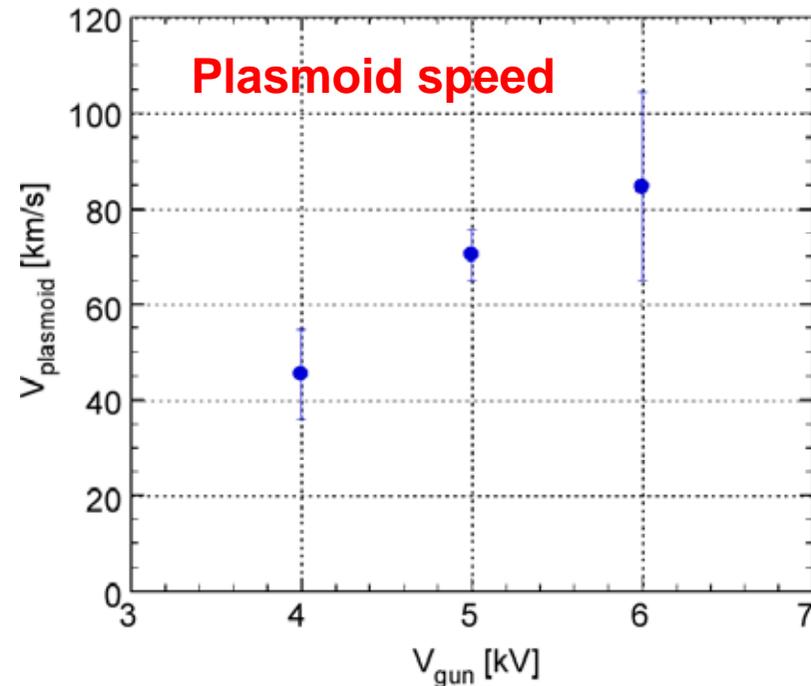


新規MCPG装置(放電波形)

#590 $V_{\text{gun}}: 5 \text{ kV}$, $V_{\text{bias}}: 0.20 \text{ kV}$

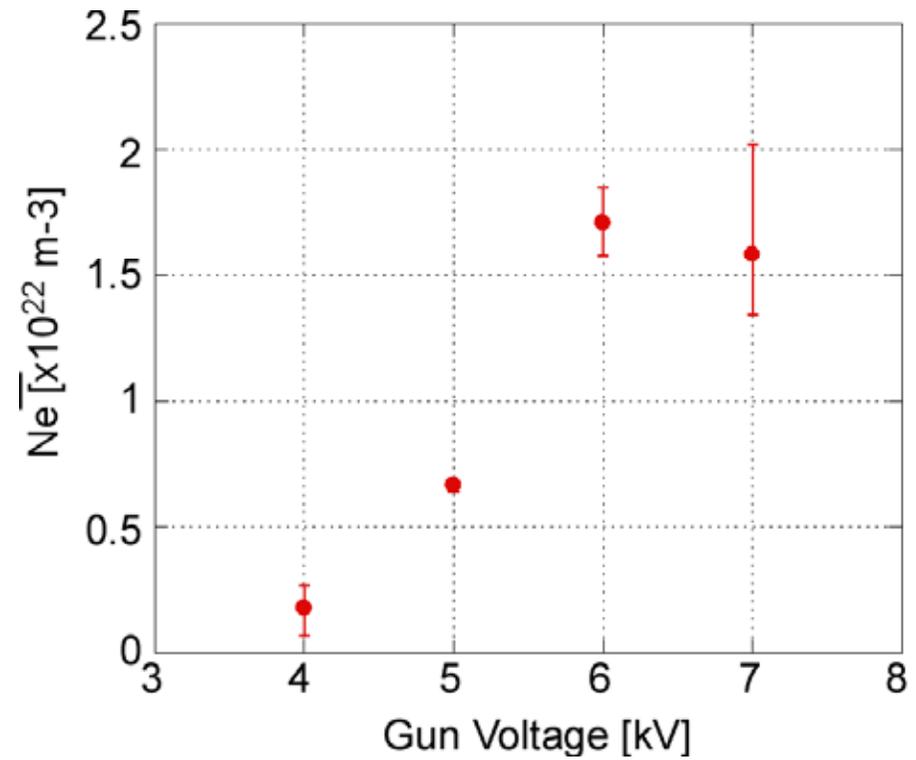
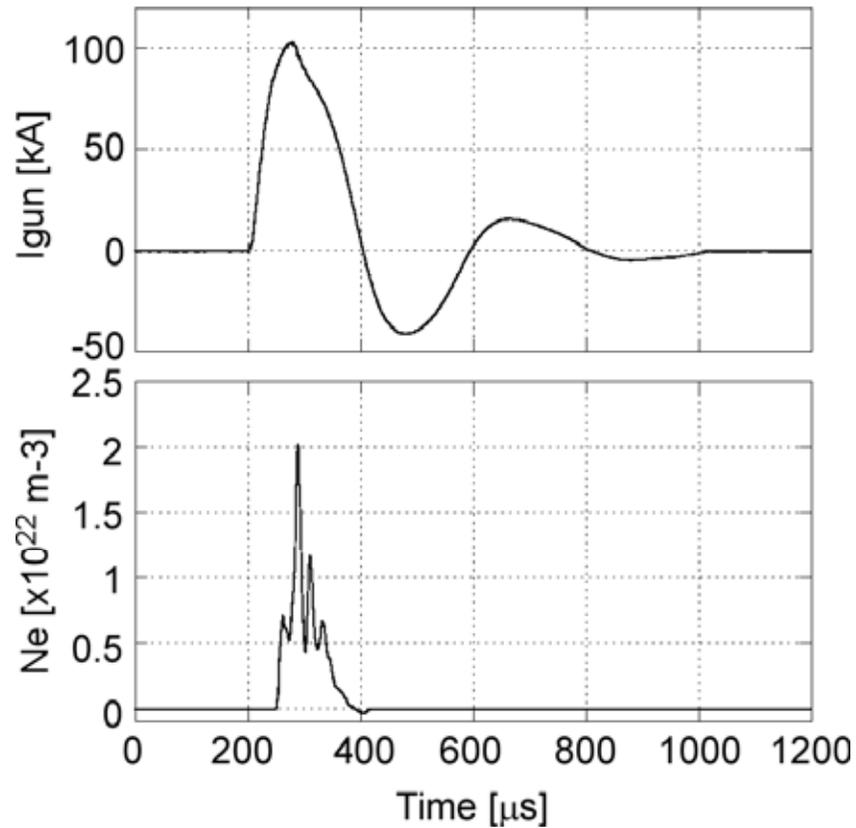


- Gun current: $\sim 100 \text{ kA}$ (at 7 kV)
- Pulse length: 0.2 \sim 0.5 ms



Plasmoid speed: $\sim 100 \text{ km/s}$
(ion energy for D^+ : $\sim 100 \text{ eV}$)

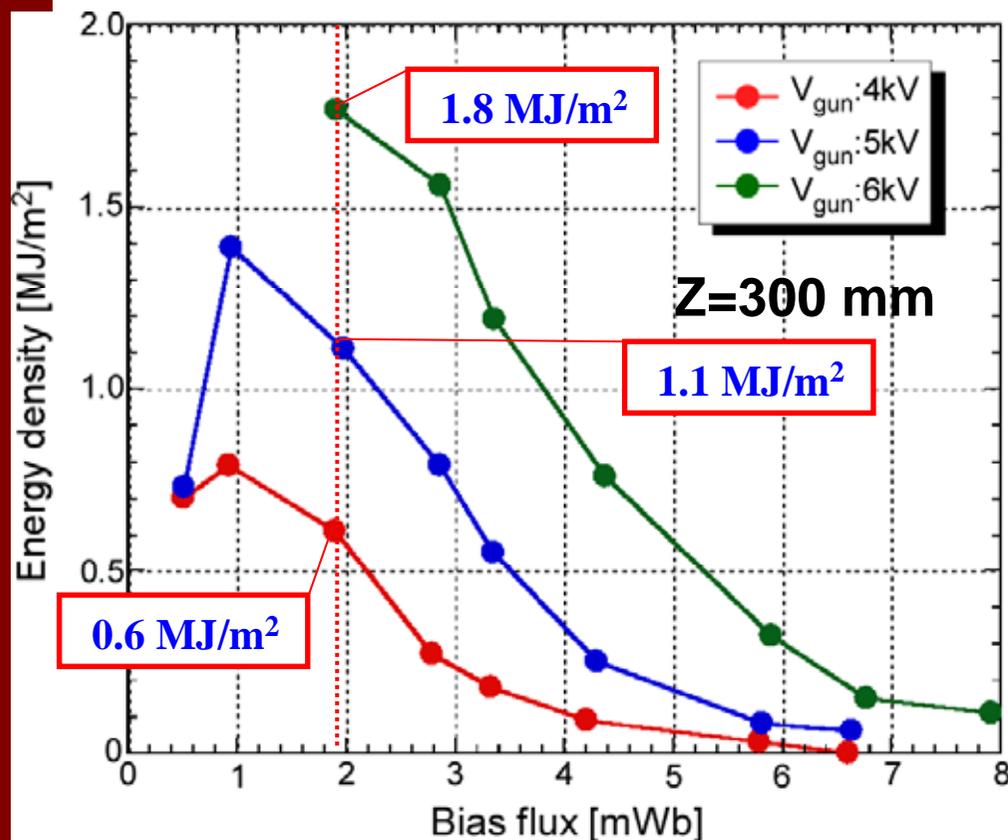
新規MCPG装置 (線平均電子密度)



新規MCPG装置 (エネルギー密度計測)

H₂ Plasma

Q_{ab} vs Ψ_{bias}



・バイアス磁場によりプラズモイドの噴出が妨げられることを利用して、エネルギー密度を制御。

・バイアス磁場を印加しないと、プラズマ生成が不安定化。最適なバイアス磁場強度が存在する。

>2.0 MJ/m² (7kV)

今後の実験計画

1. 定常プラズマ源(NAGDIS)とプラズマガンを用いた複合プラズマ照射実験
 - ・プラズマガン装置は兵庫県大にて製作済み。
 - ・8月に名大に導入予定。
2. パルスプラズマ照射時のW溶融層の挙動観測実験
(LHD計画共同研究)
 - ・兵庫県大での新規プラズマガン装置にて実施。
3. 定常プラズマ(PISCES)予照射Wへのパルスプラズマ照射実験
 - ・日米協力事業:西島博士(UCSD) 姫路(7月25日~8月5日)
 - ・W-Fuzzのパルスプラズマ応答、リテンション等
4. ITER Wモノブロックへのパルスプラズマ照射実験