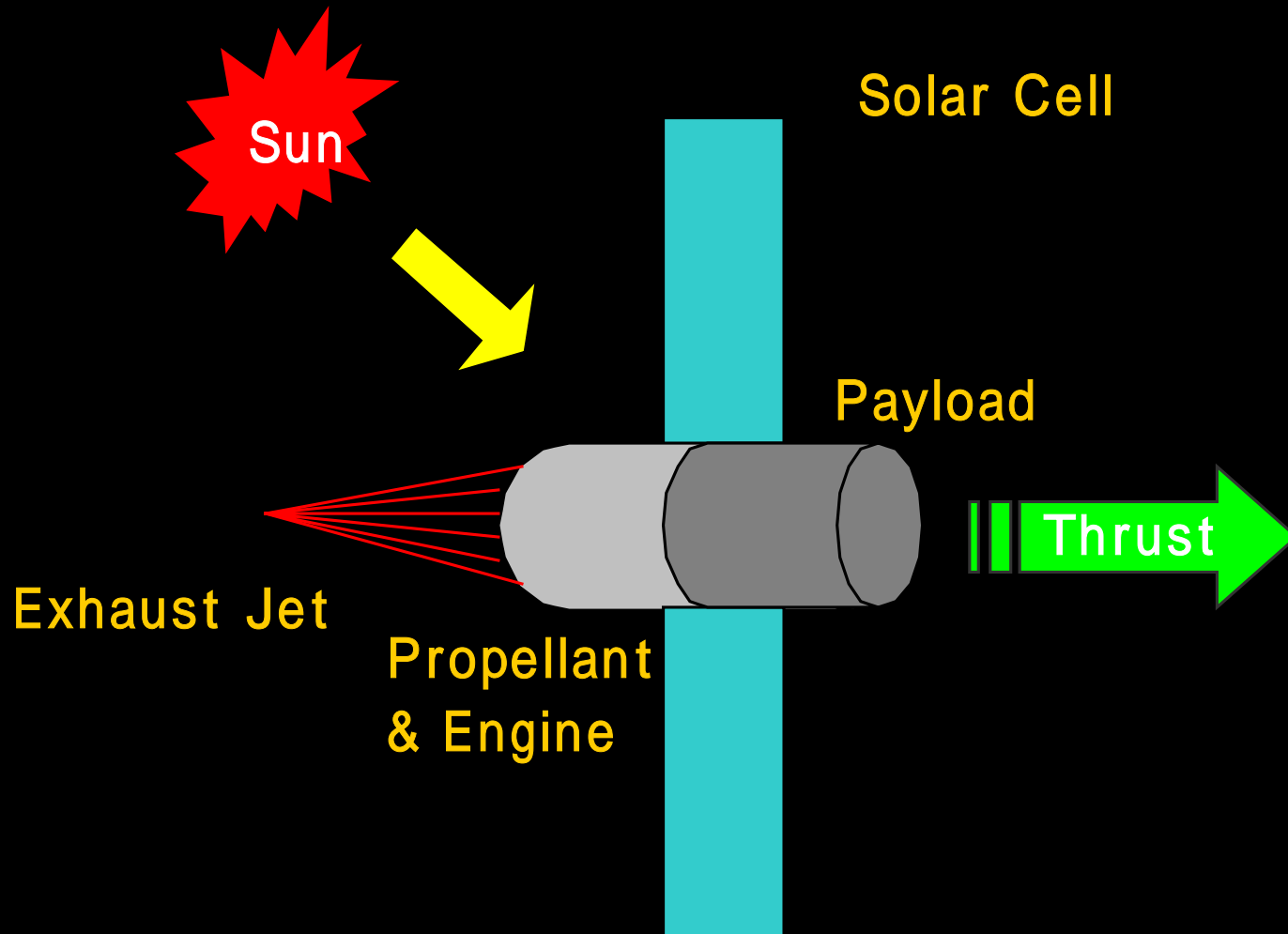


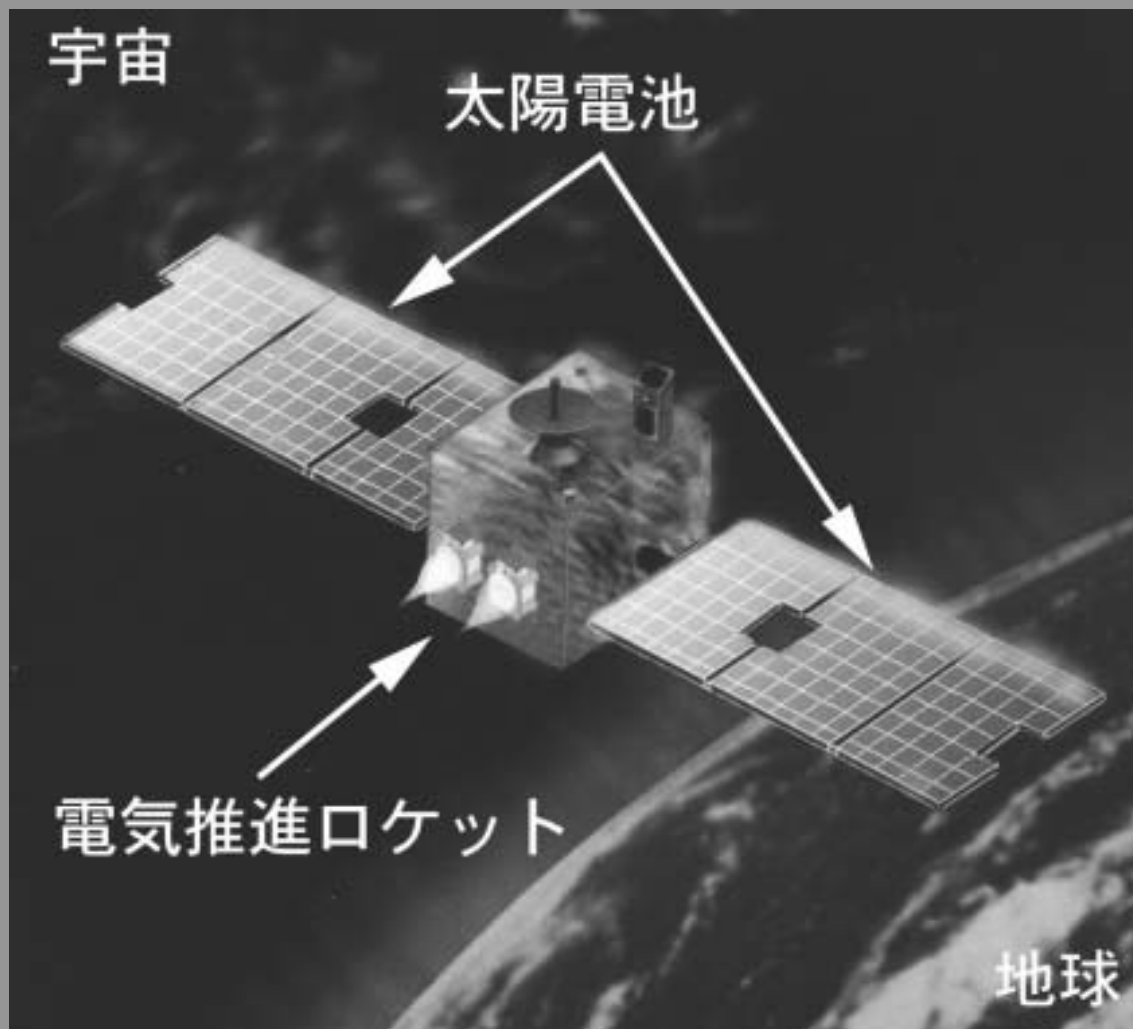
電気推進機の基本特性と物理的課題

東大・工・航空宇宙 荒川義博

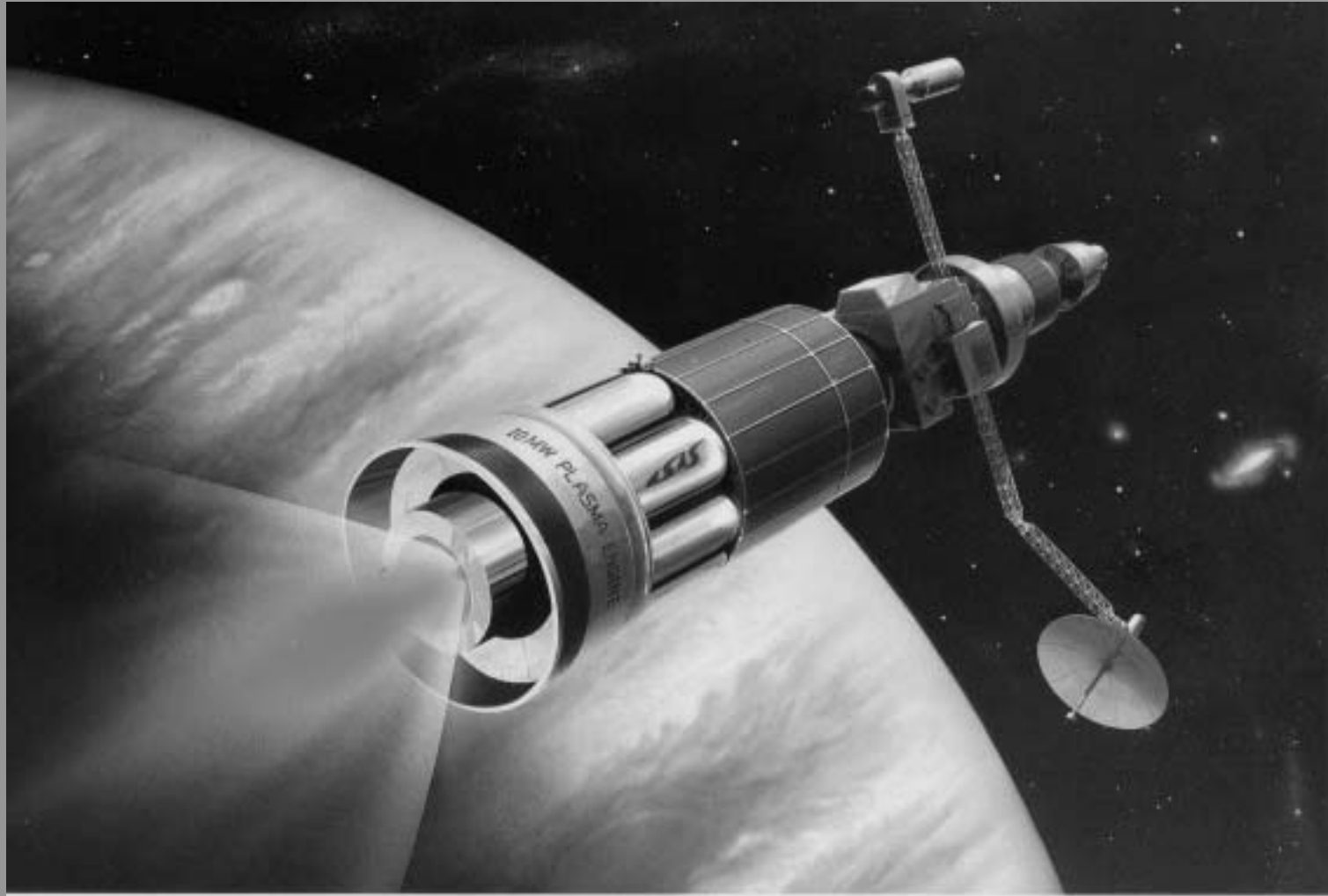
電気推進の概念



太陽電気推進



原子力電気推進



比推力

$$I_{sp} = \frac{F}{\dot{m}g} = \frac{v}{g}$$

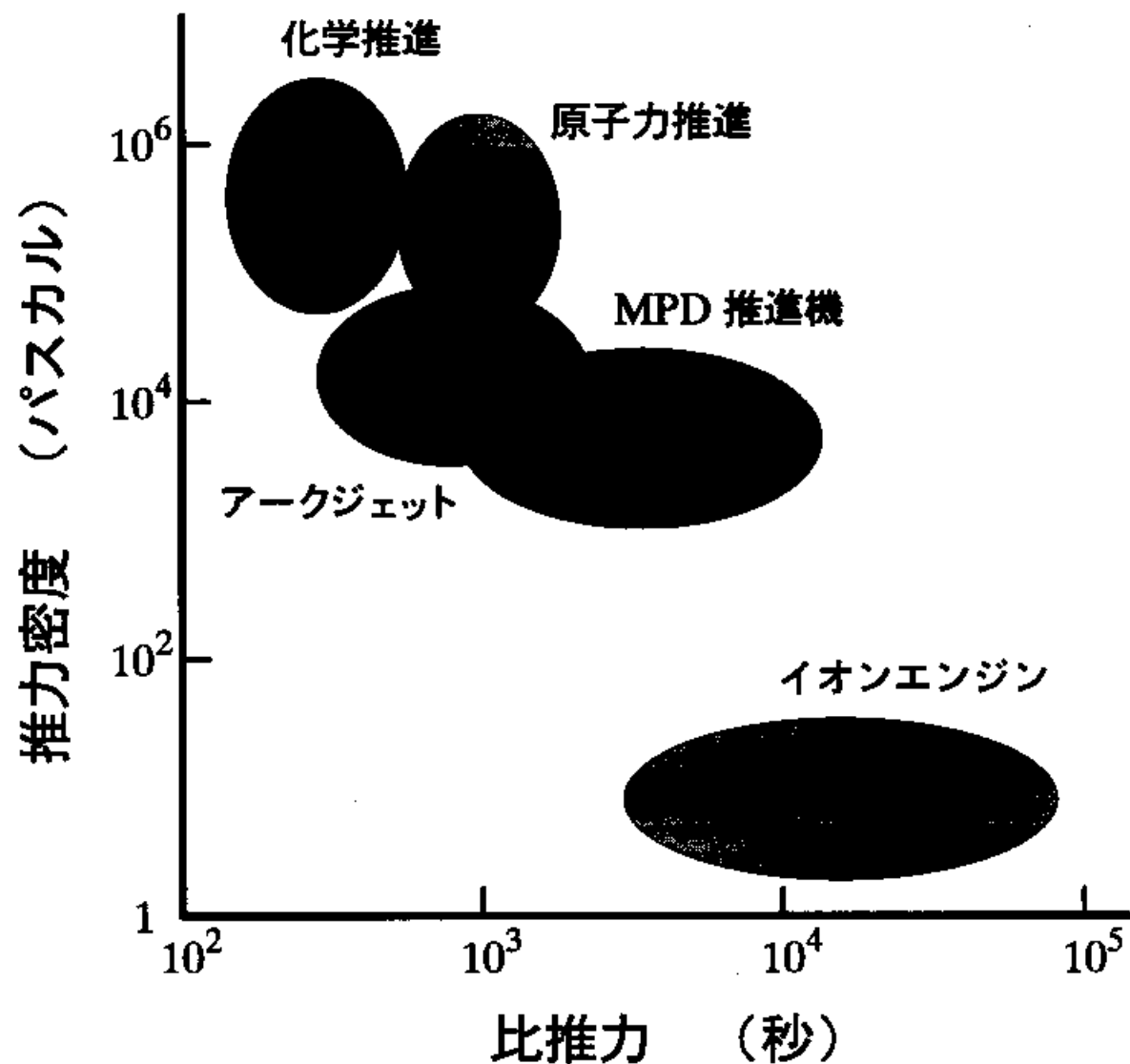
推進効率

$$\eta_t = \frac{1}{2} \frac{\dot{m}v^2}{P} = \frac{F^2}{2\dot{m}P}$$

推力電力比

$$\frac{F}{P} = \frac{2\eta_t}{gI_{sp}}$$

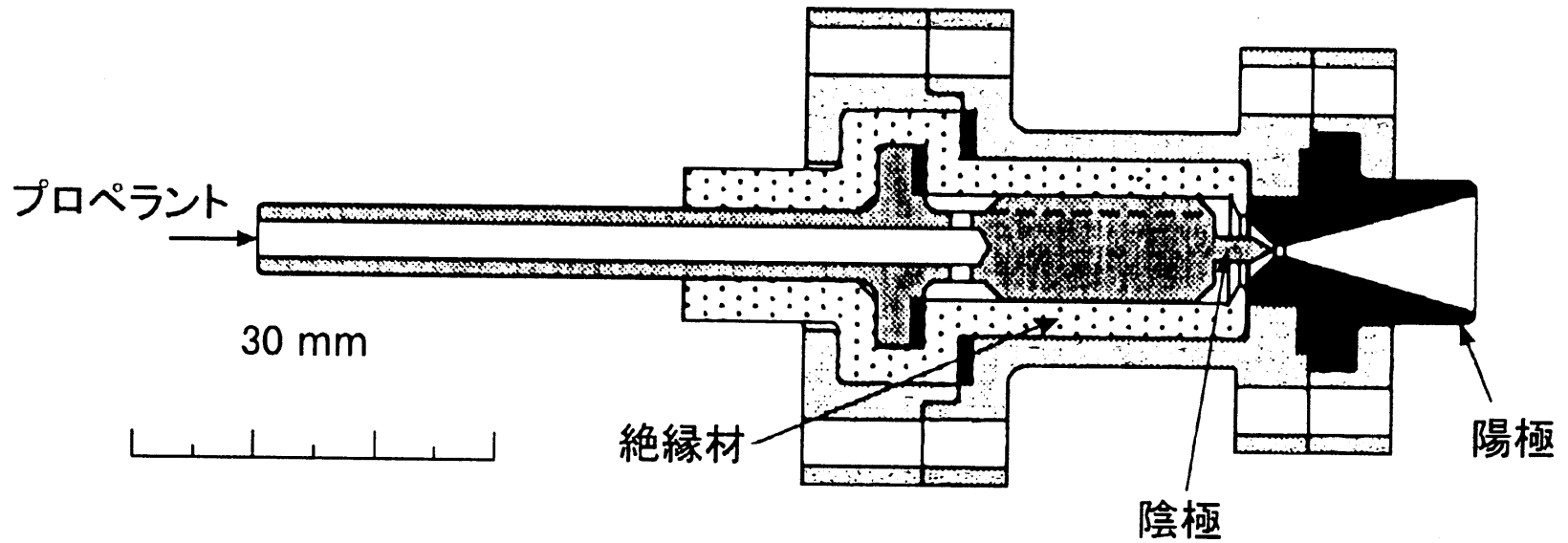
電気推進 の 基本性能



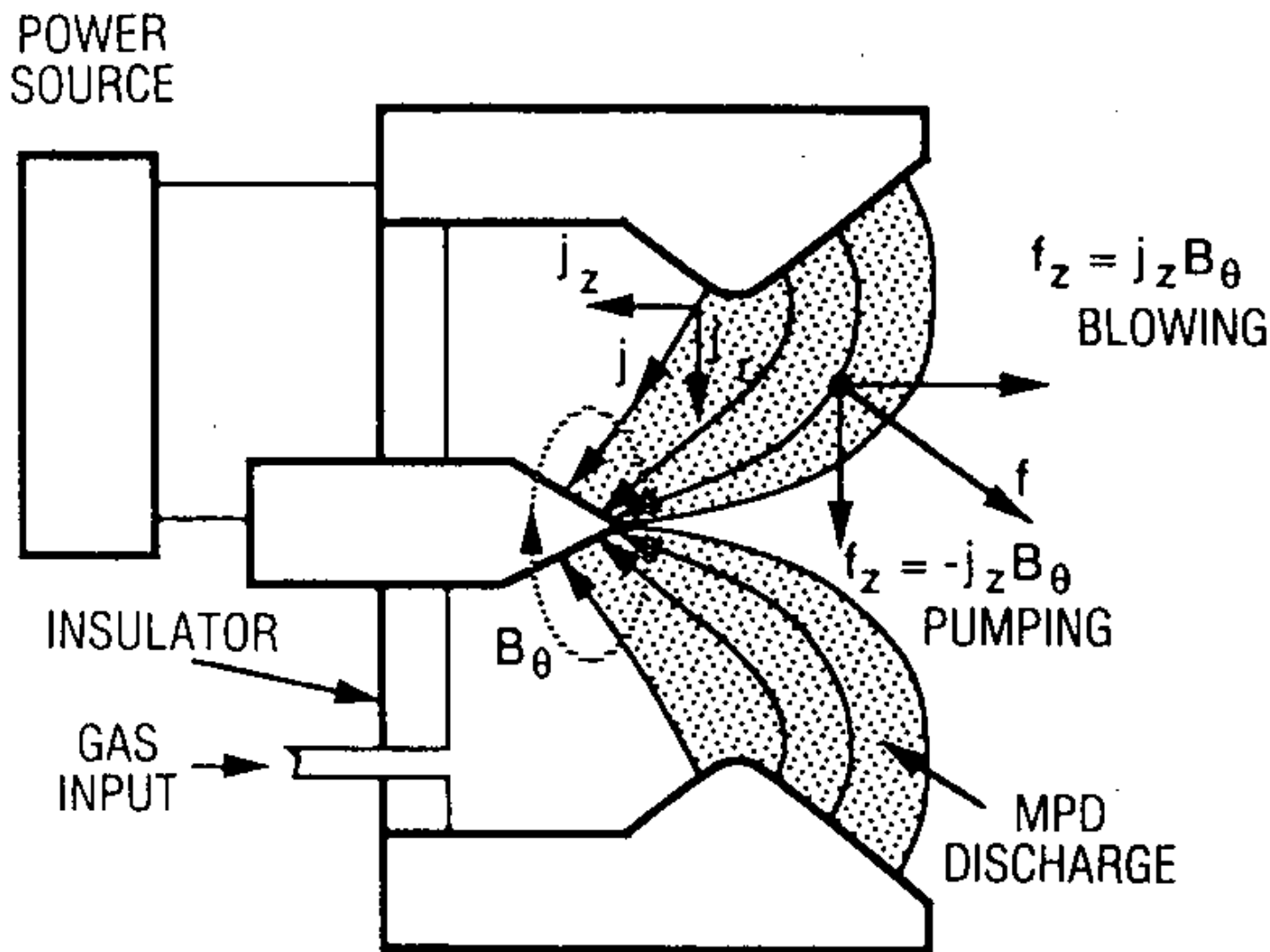
電気推進の種類

- 1) 空力加速 ・・アークジェットスラスタ
- 2) 電磁加速 ・・MPD(Magneto Plasma Dynamic)
スラスタ
 ・・PPT(Pulsed Plasma Thruster)
- 3) 静電加速 ・・イオンエンジン(スラスタ)
- 4) 複合加速 ・・ホールスラスタ

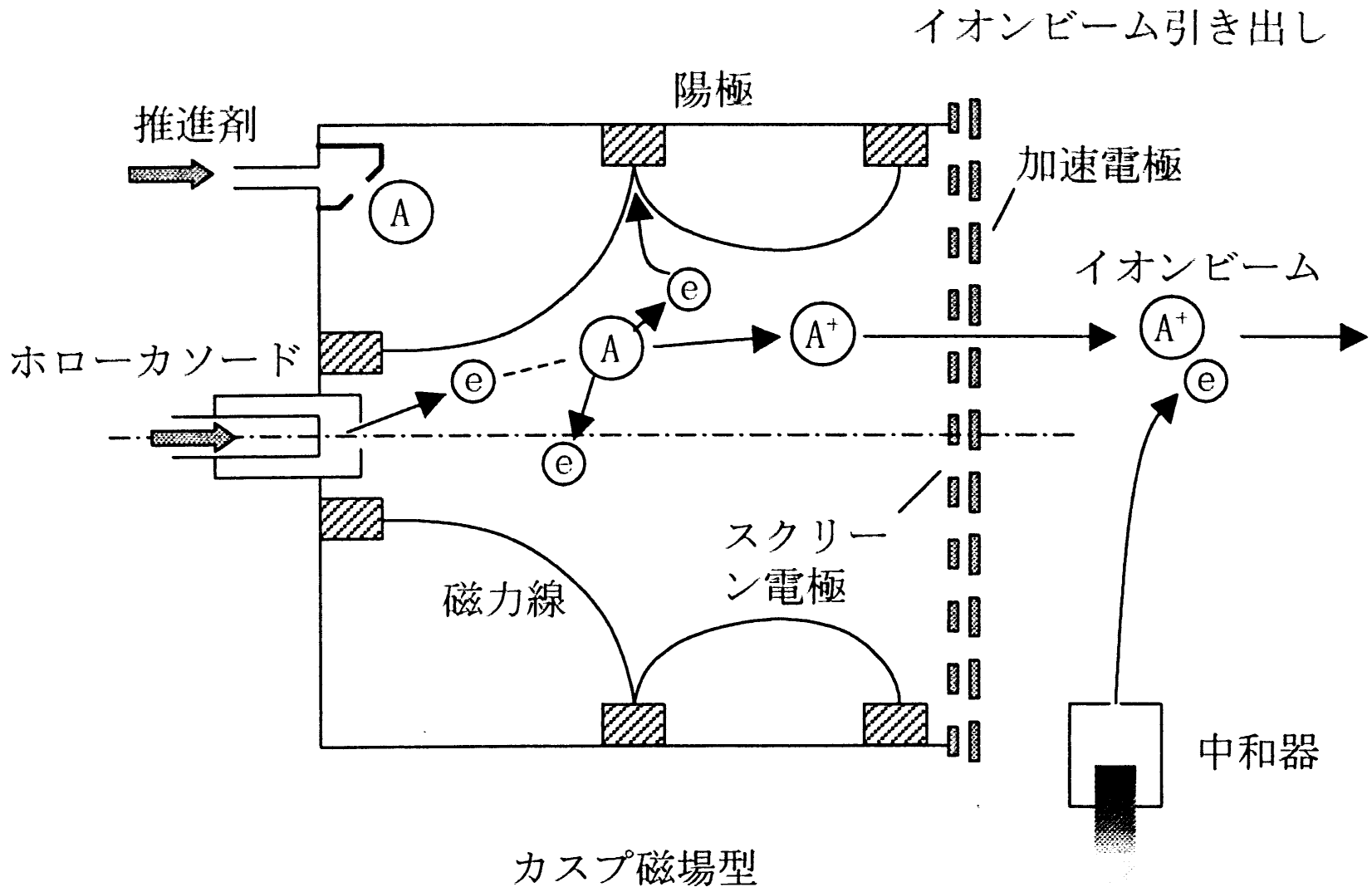
アークジェットスラスタ



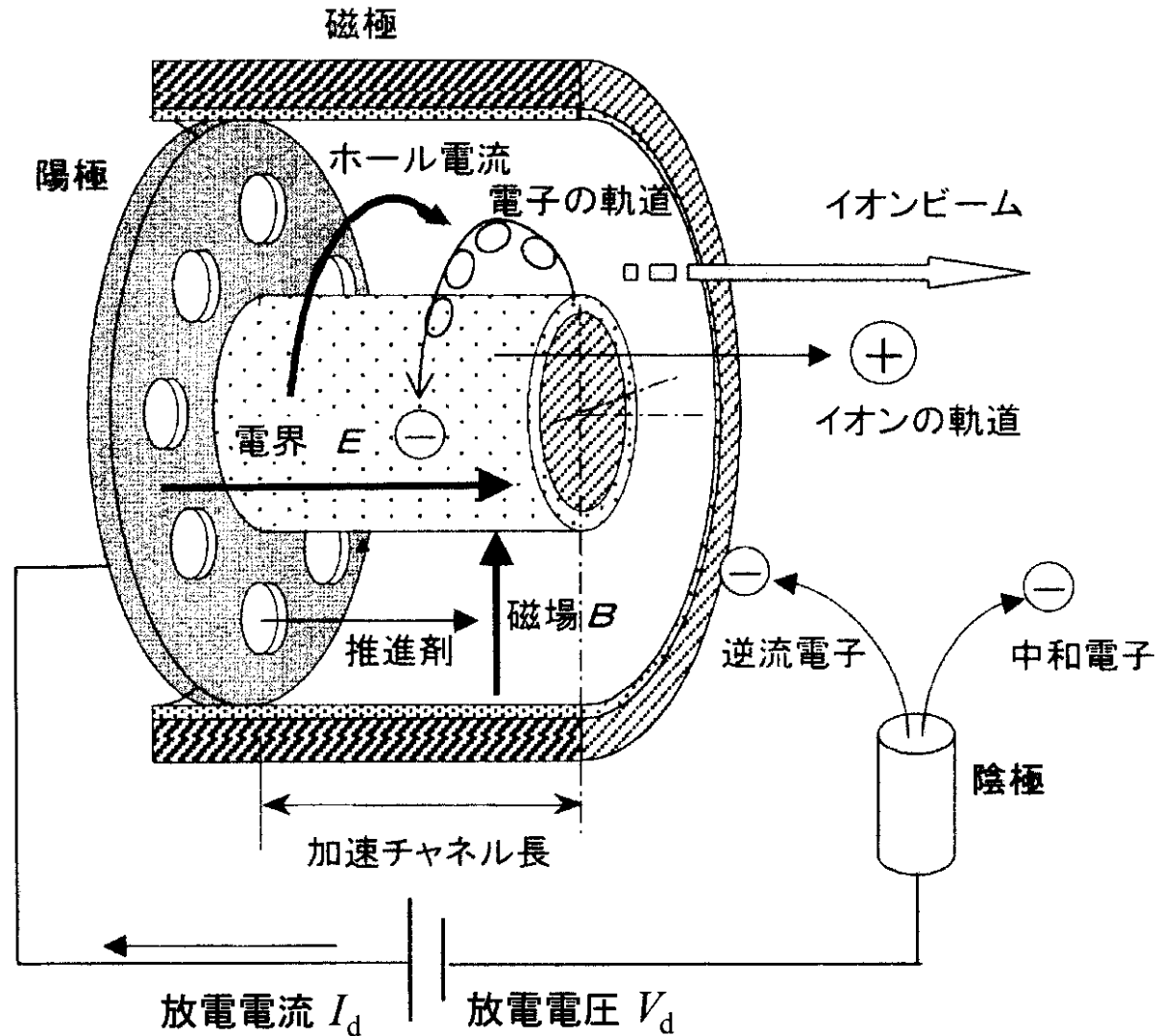
Magneto Plasma Dynamic (MPD)の推進原理



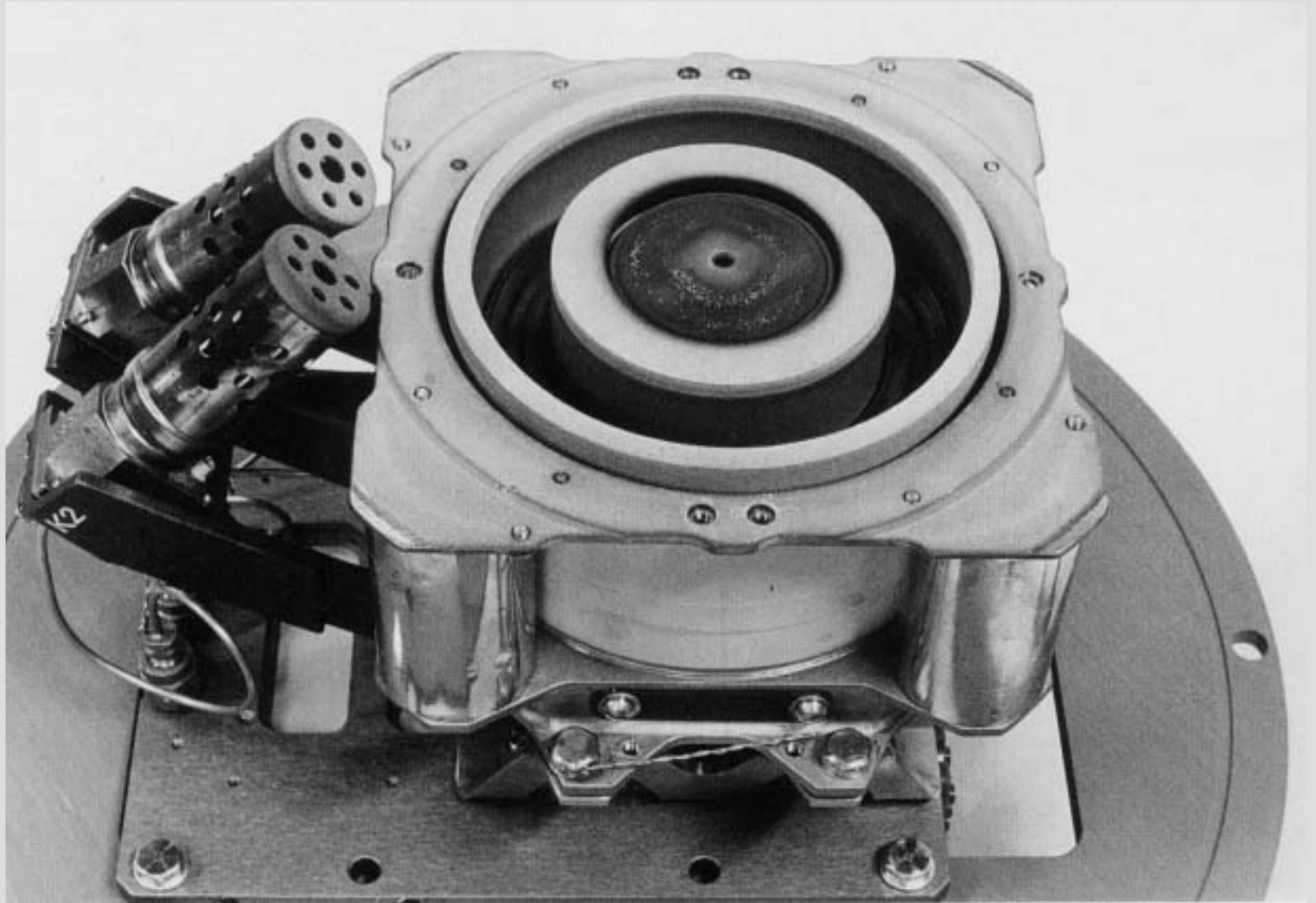
イオンエンジンの原理



ホールスラスタの原理



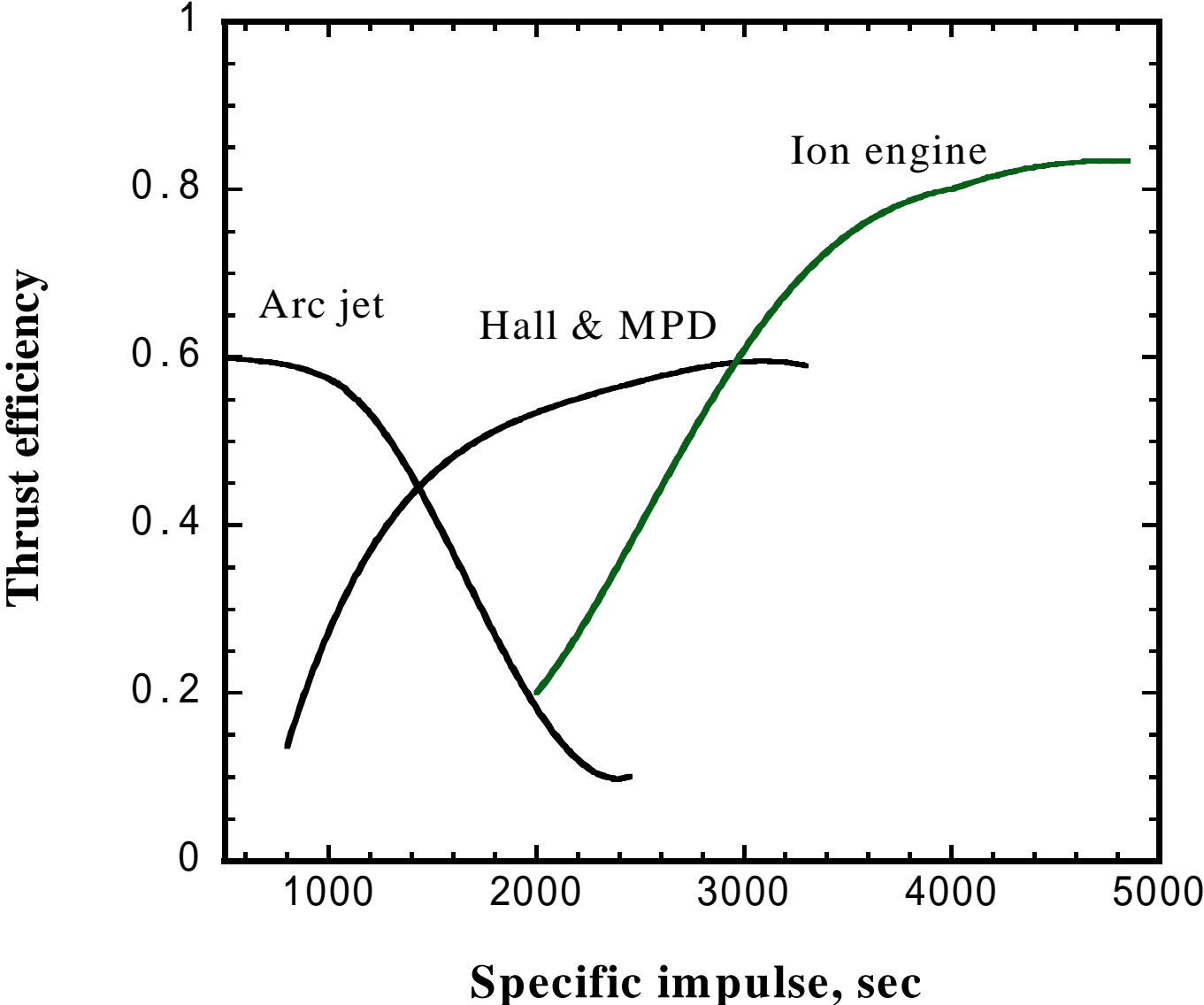
ホールスラストの外観



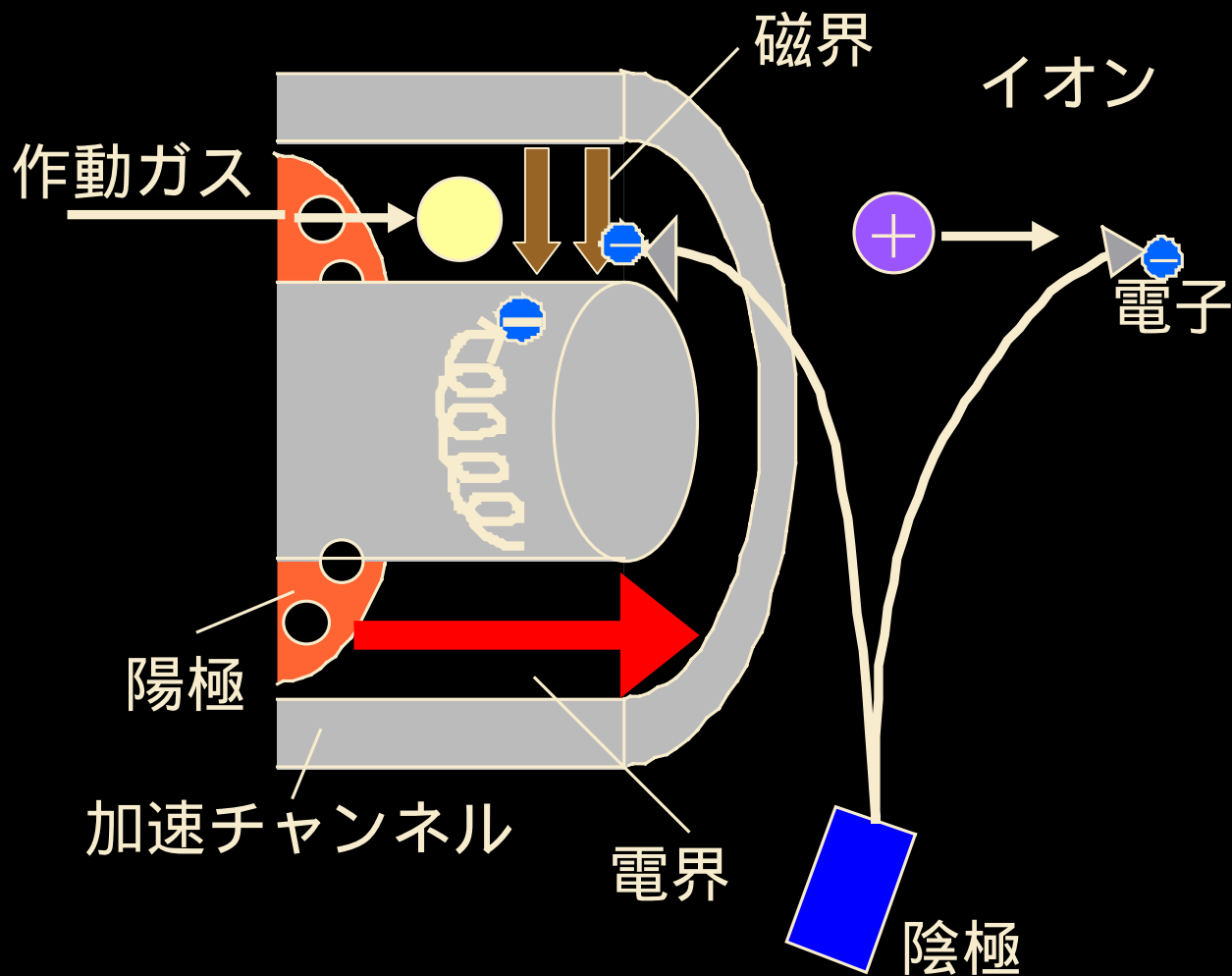
電気推進の特徴

- 1) 高比推力
- 2) 低推力
- 3) 長時間作動
- 4) エネルギー源搭載
- 5) 軽量
- 6) 高効率

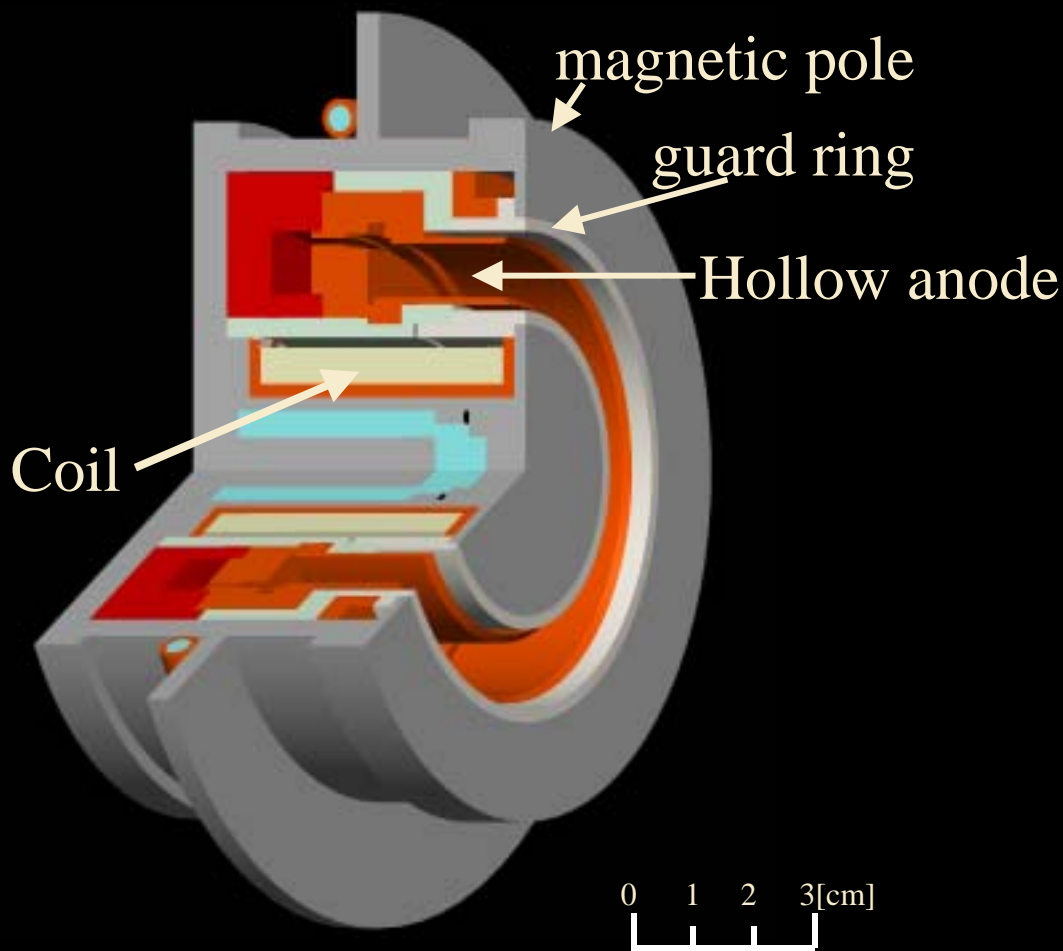
代表的な電気推進機の推進性能



Hall thruster



ホールスラスタ



Outer diameter: 62mm, 72mm
Inner diameter: 48mm



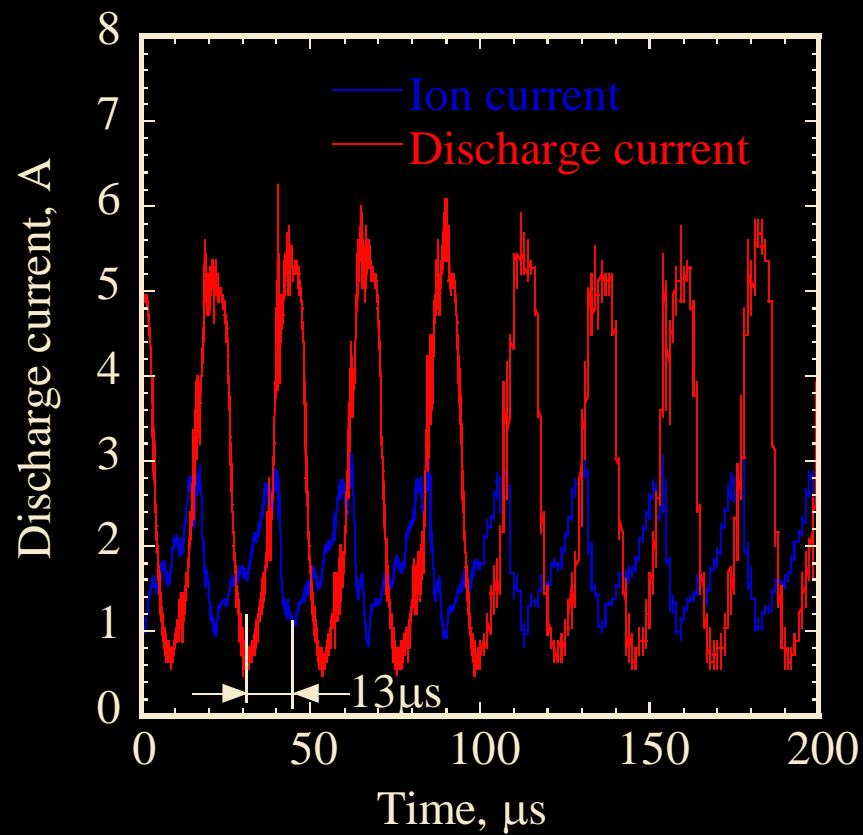
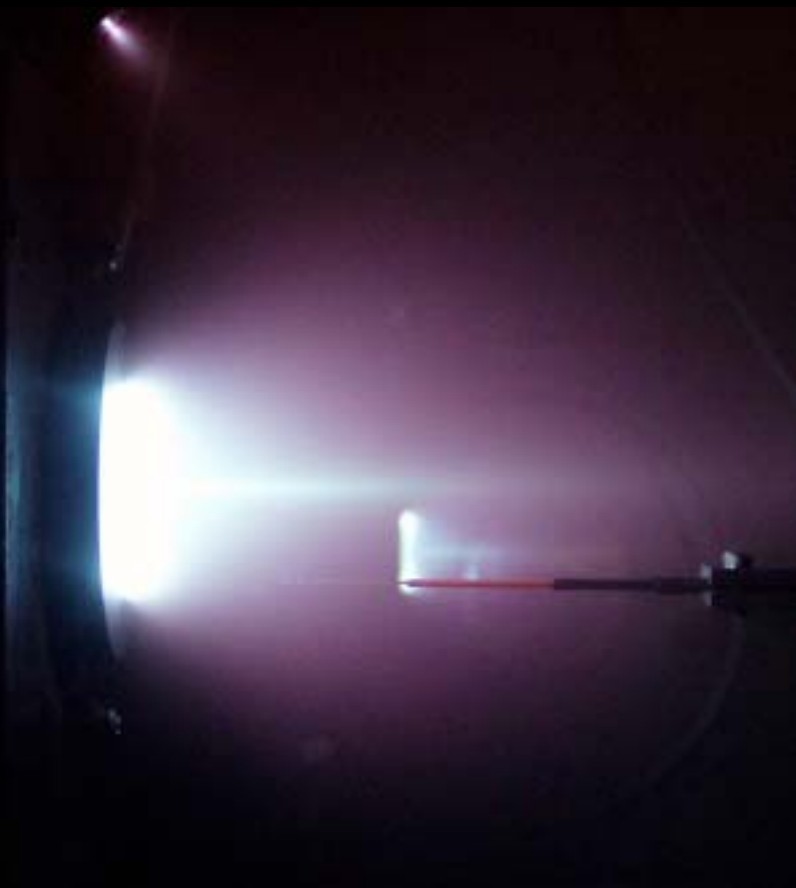
1kW class Hall thruster

真空チャンバ

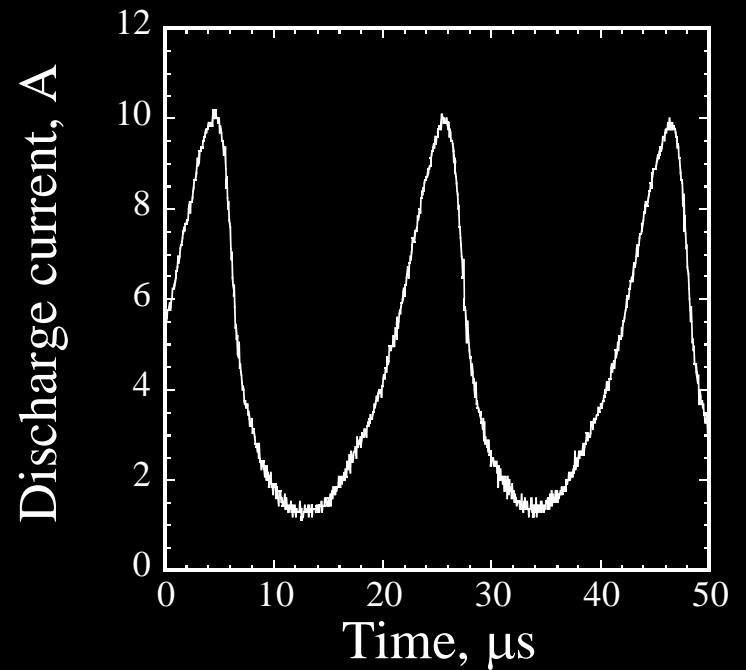
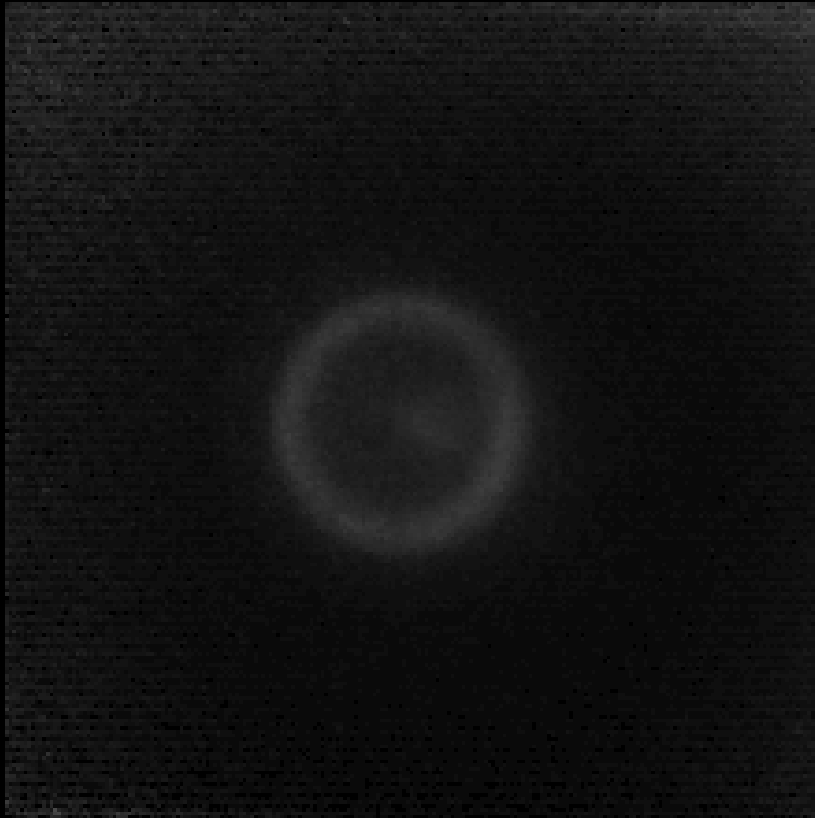


Back pressure: $7.8 \times 10^{-3} \text{Pa}$

放電振動特性 振動の様子

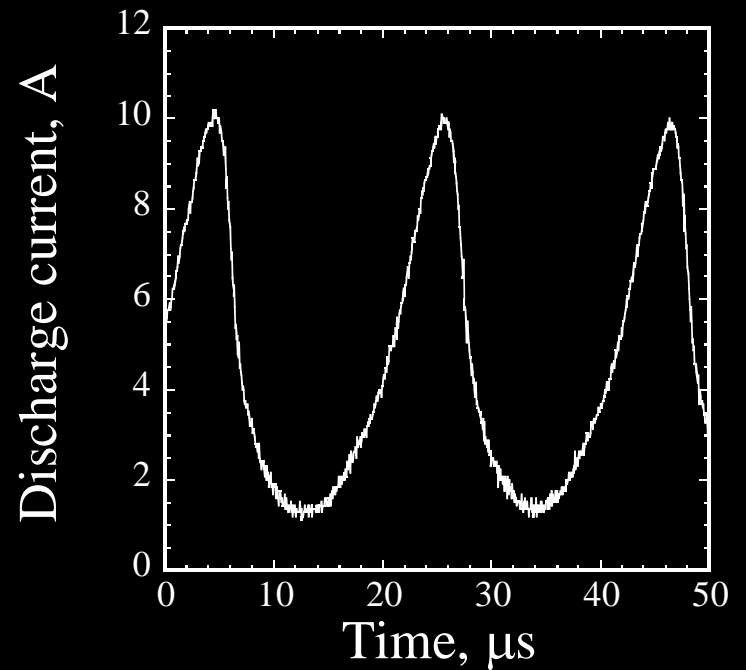
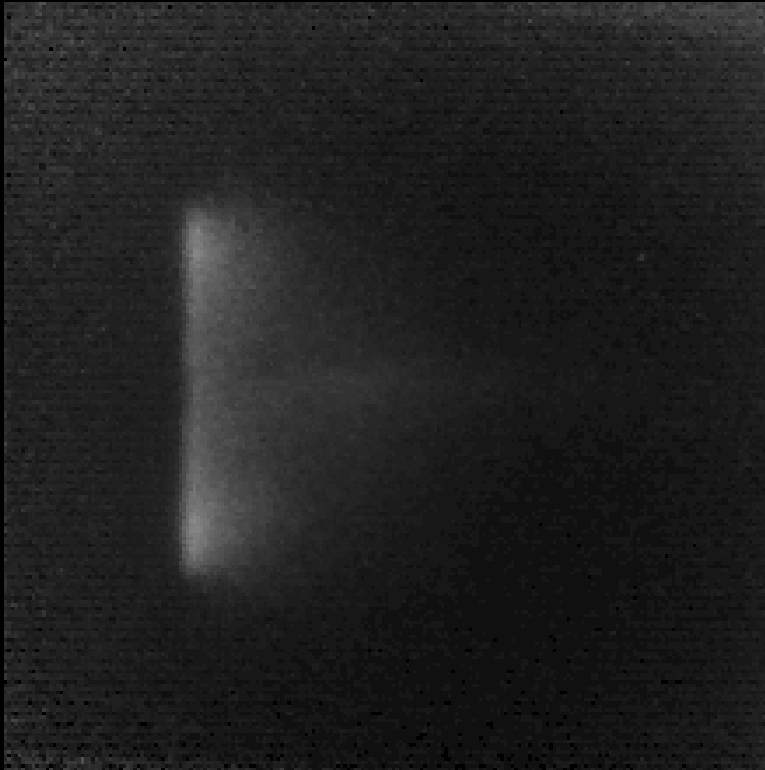


Discharge oscillation



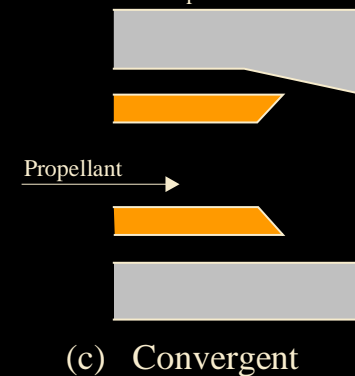
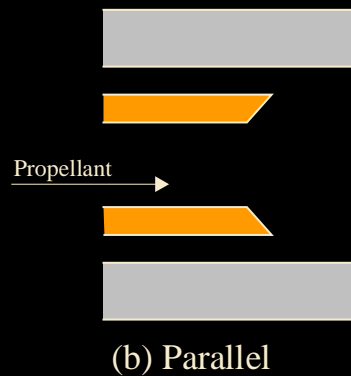
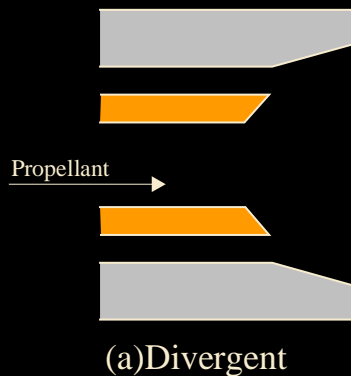
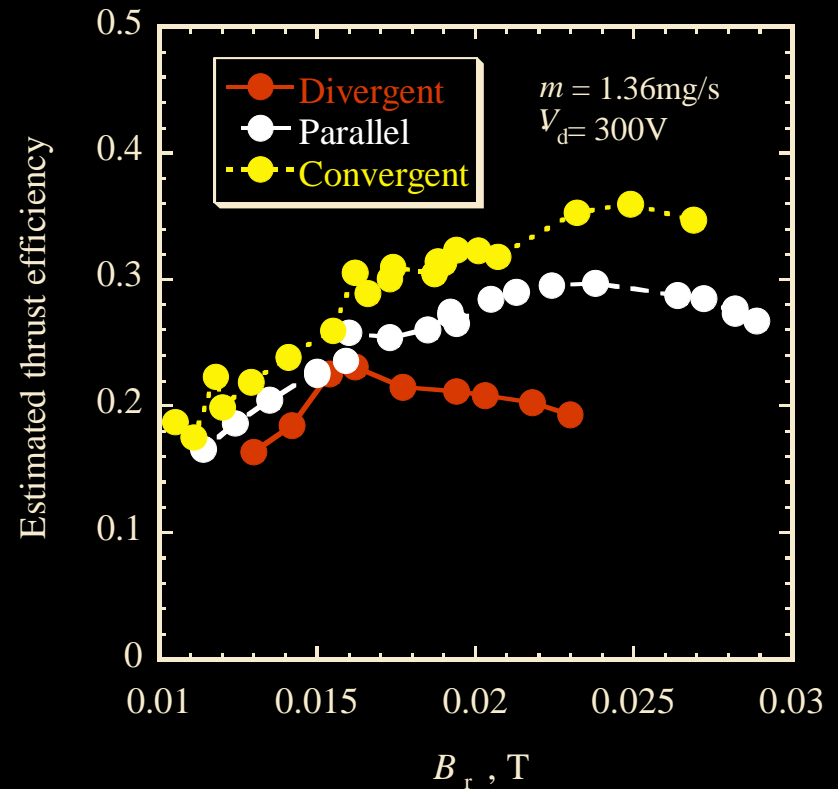
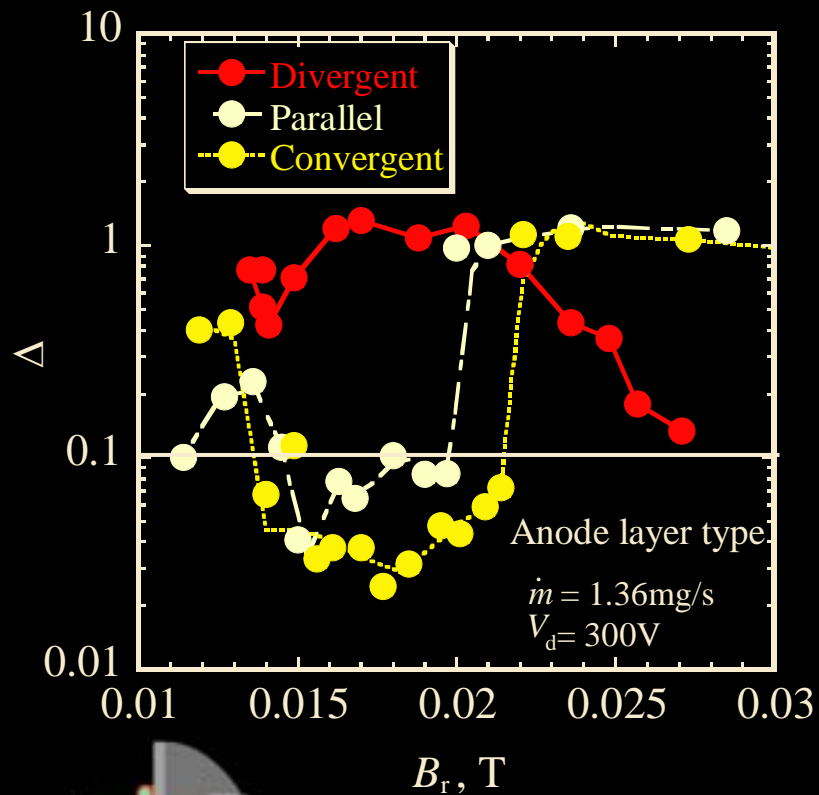
300,000 fps
exposure time $1 \mu S$

Discharge oscillation



300,000 fps
exposure time $1 \mu\text{S}$

Extend stable operational range



Teflon-PPT

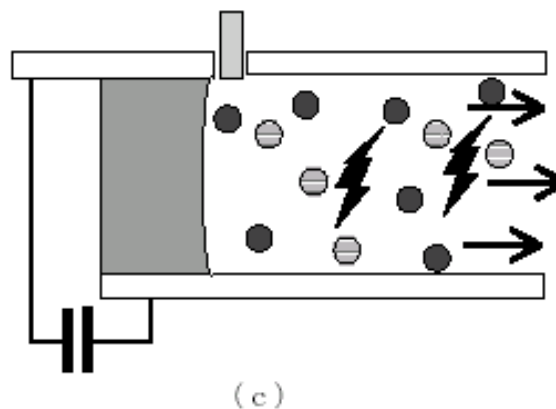
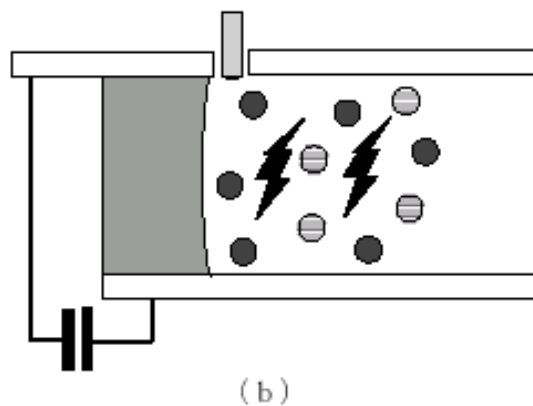
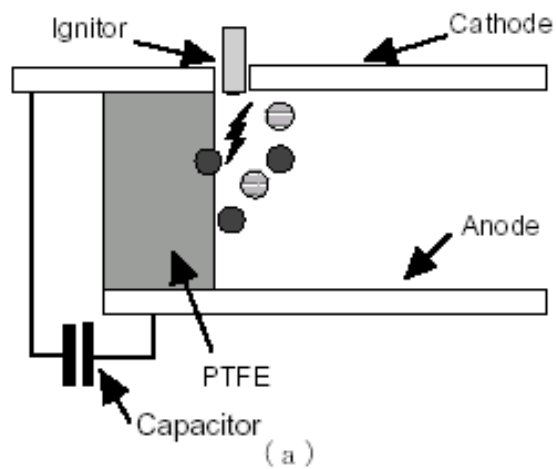
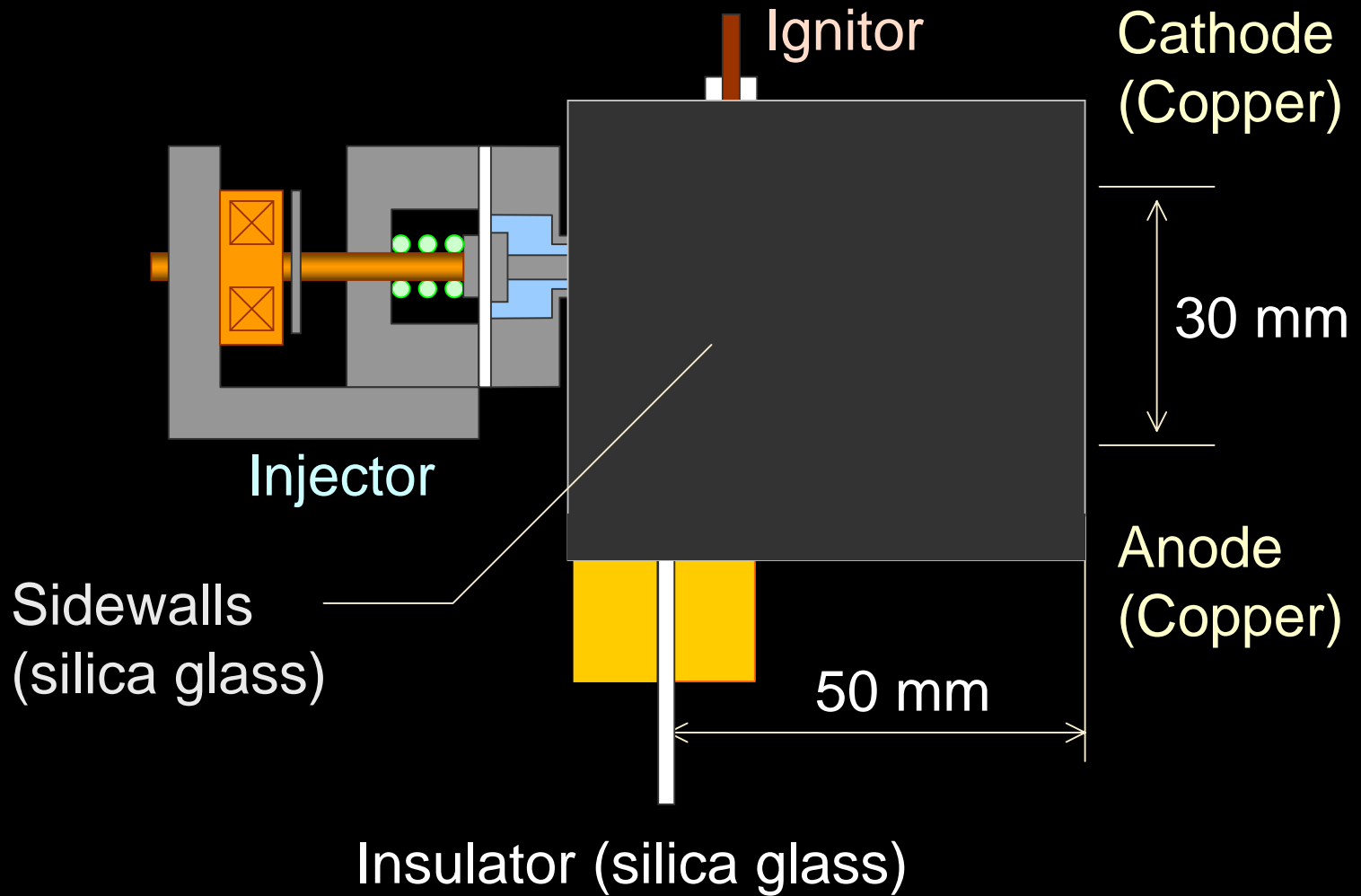
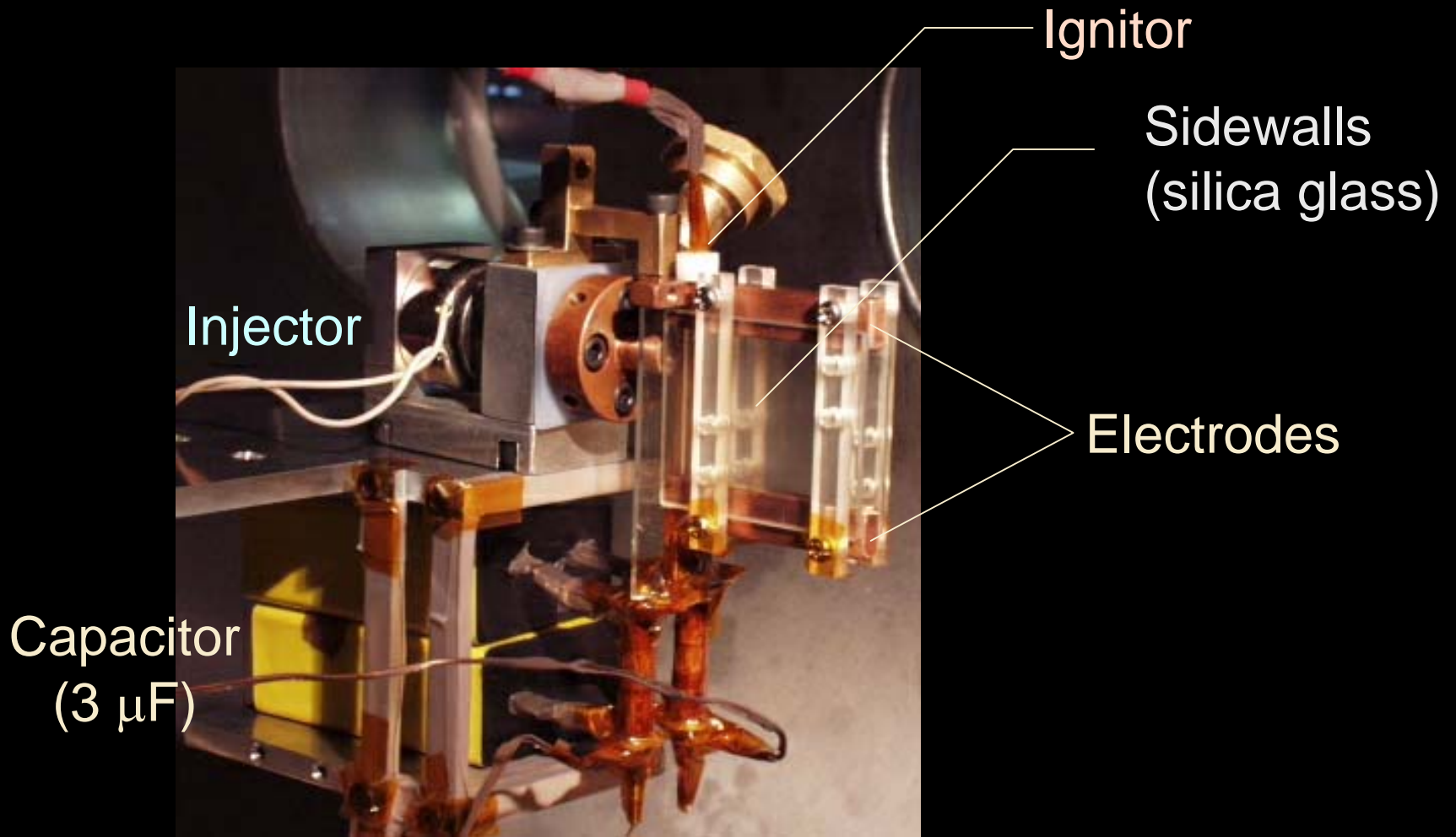


図7 PPTの動作原理概略

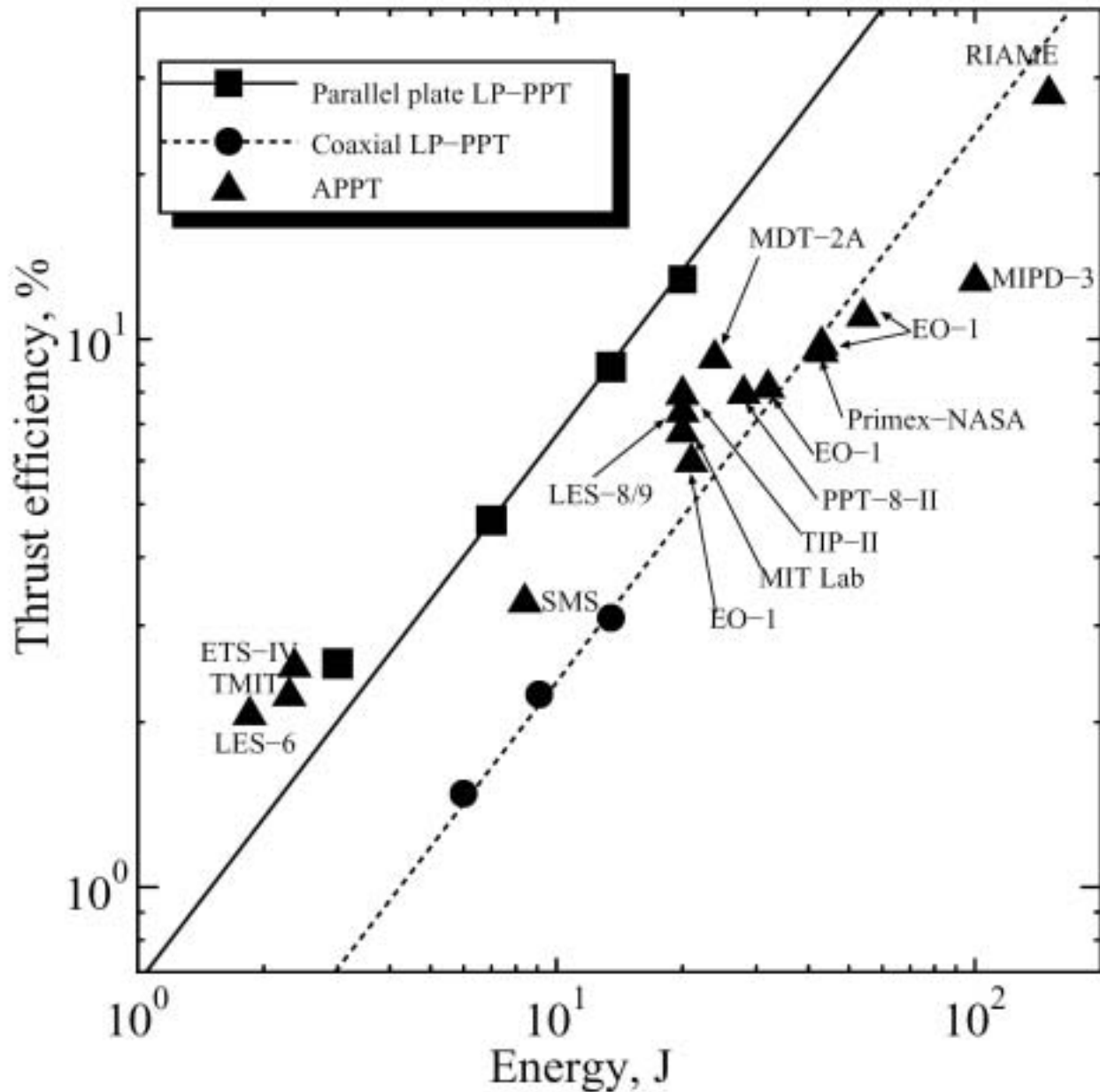
LP-PPT



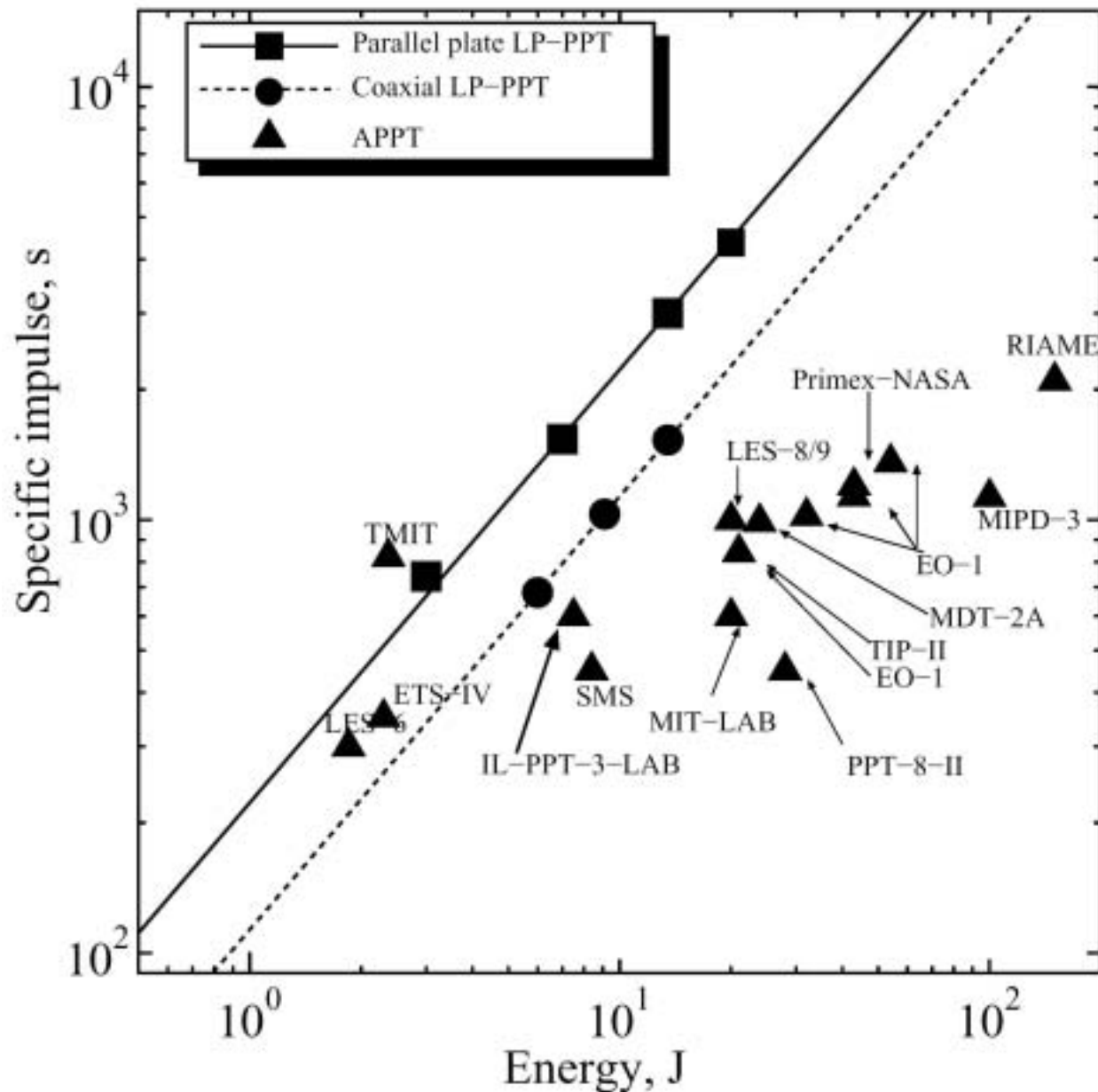
LP-PPT



Thrust Efficiency vs. Input Energy

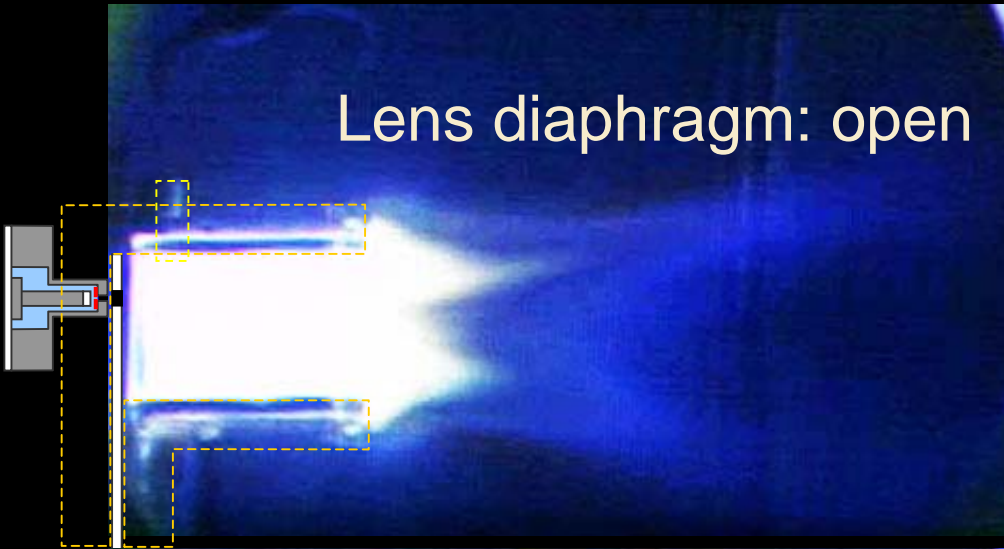


Specific Impulse vs. Input Energy



Firing of LP-PPT

Lens diaphragm: open

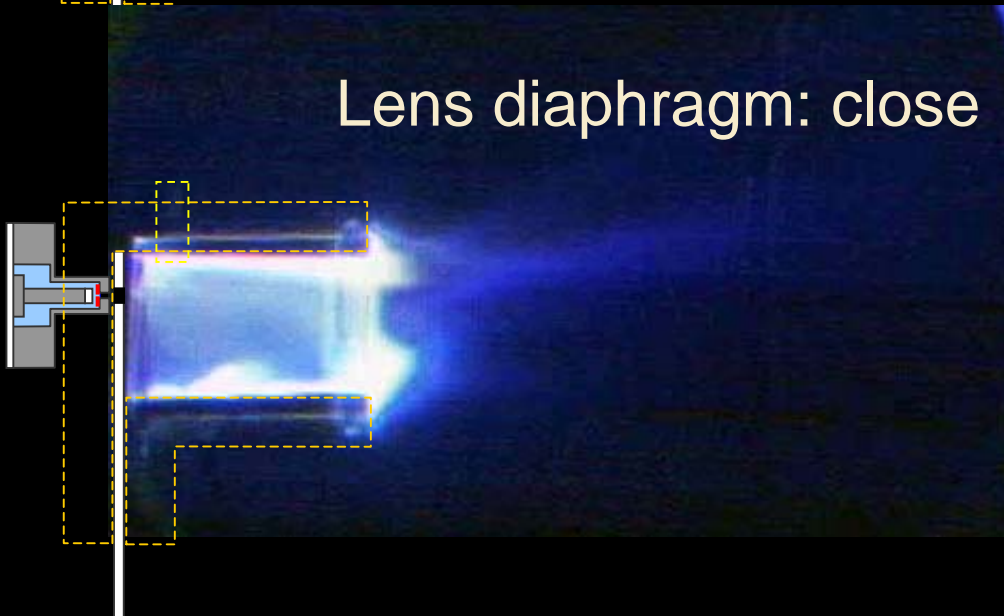


Capacitor stored energy : 13.5 J

Voltage : 3 kV

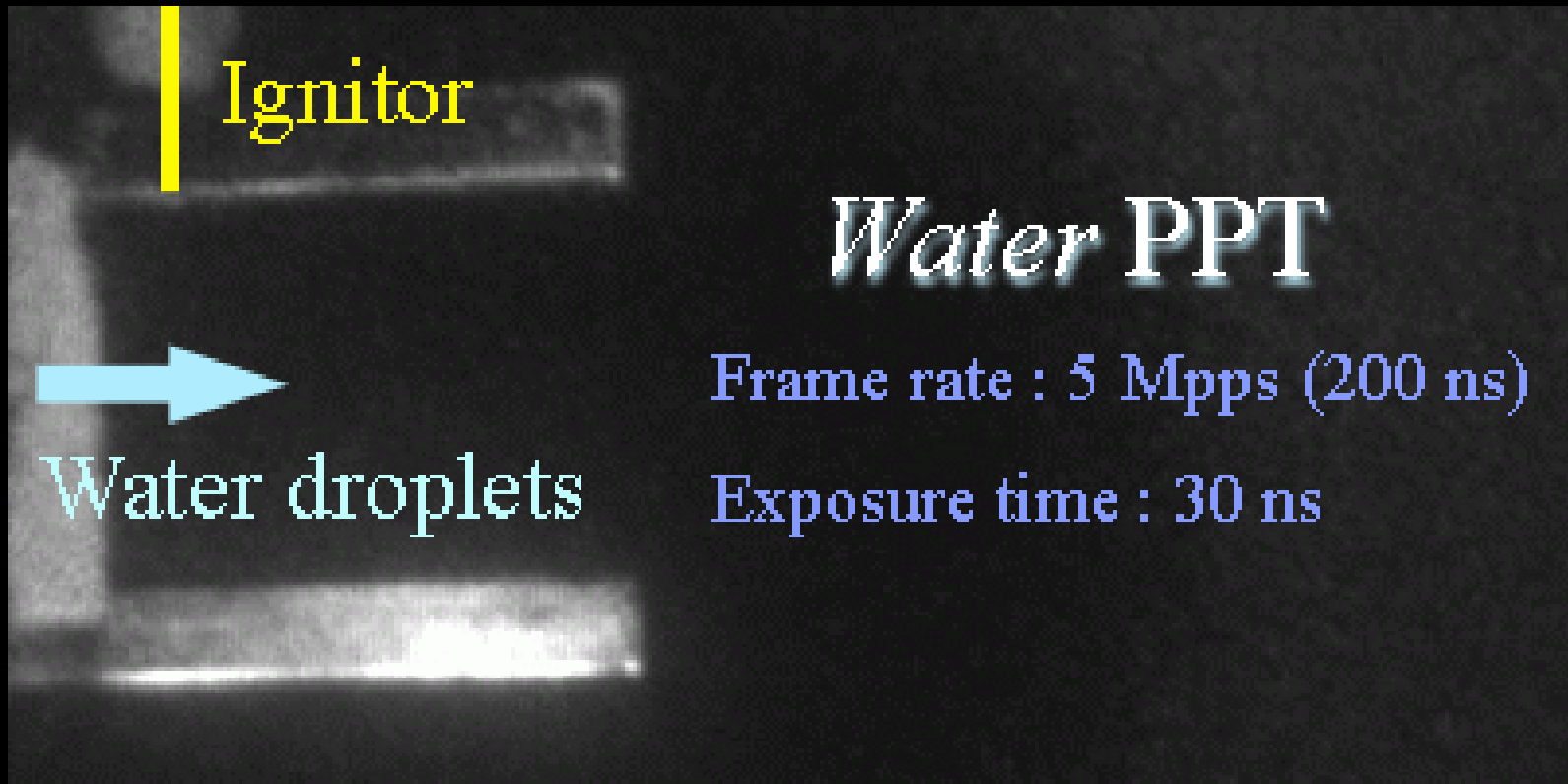
Mass shot : 3 μg

Lens diaphragm: close



Streak photographs

LP-PPT放電写真



Teflon-PPT放電写真

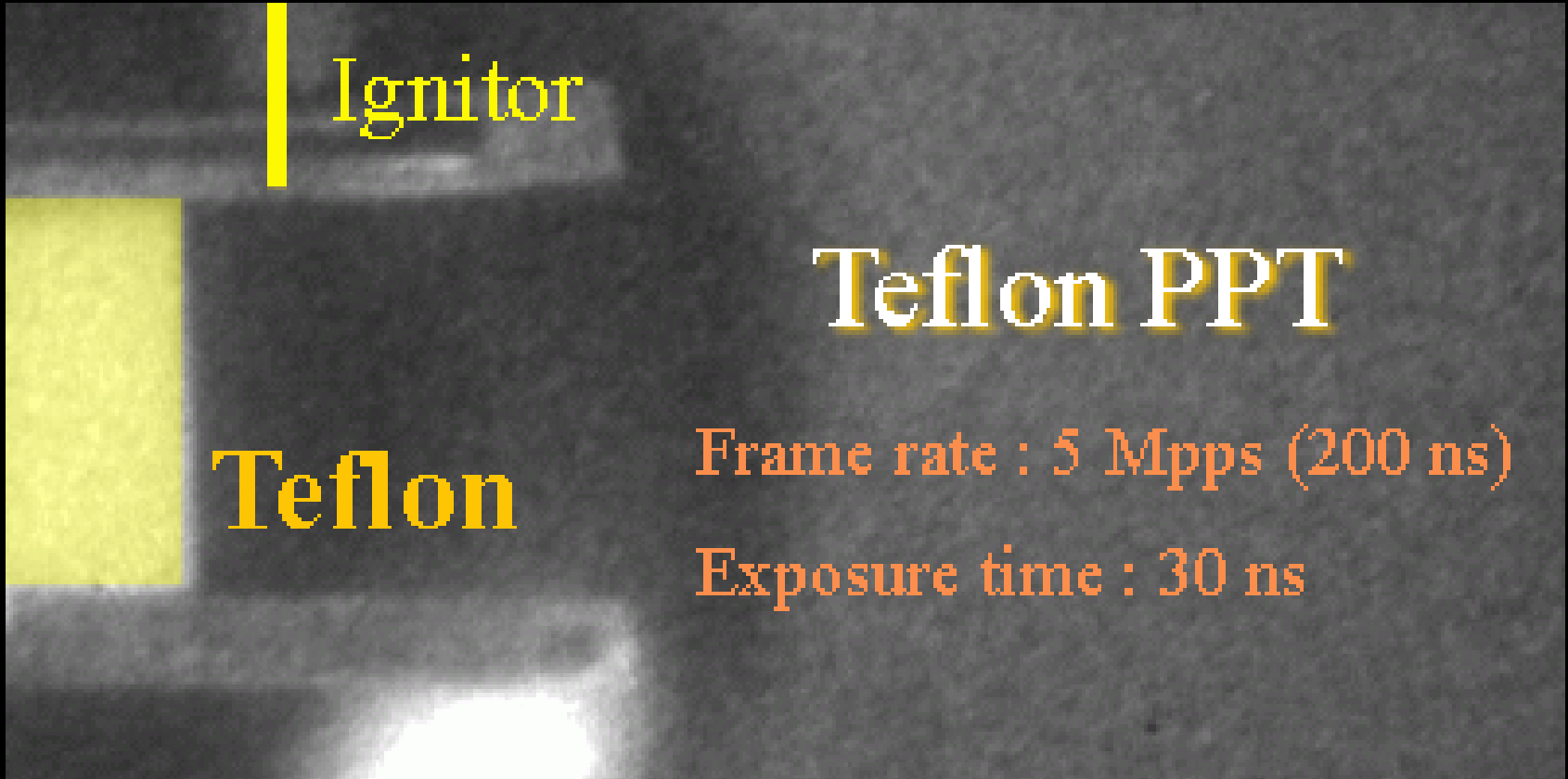
Ignitor

Teflon PPT

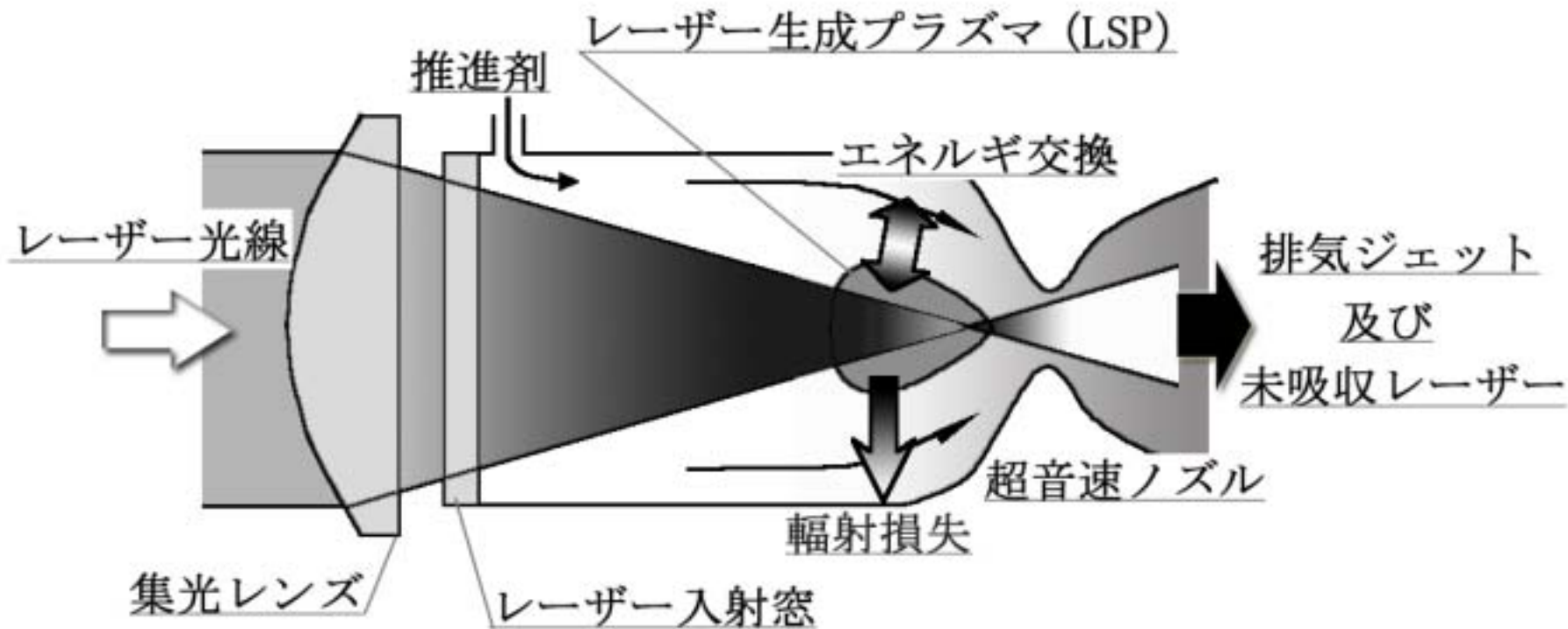
Teflon

Frame rate : 5 Mpps (200 ns)

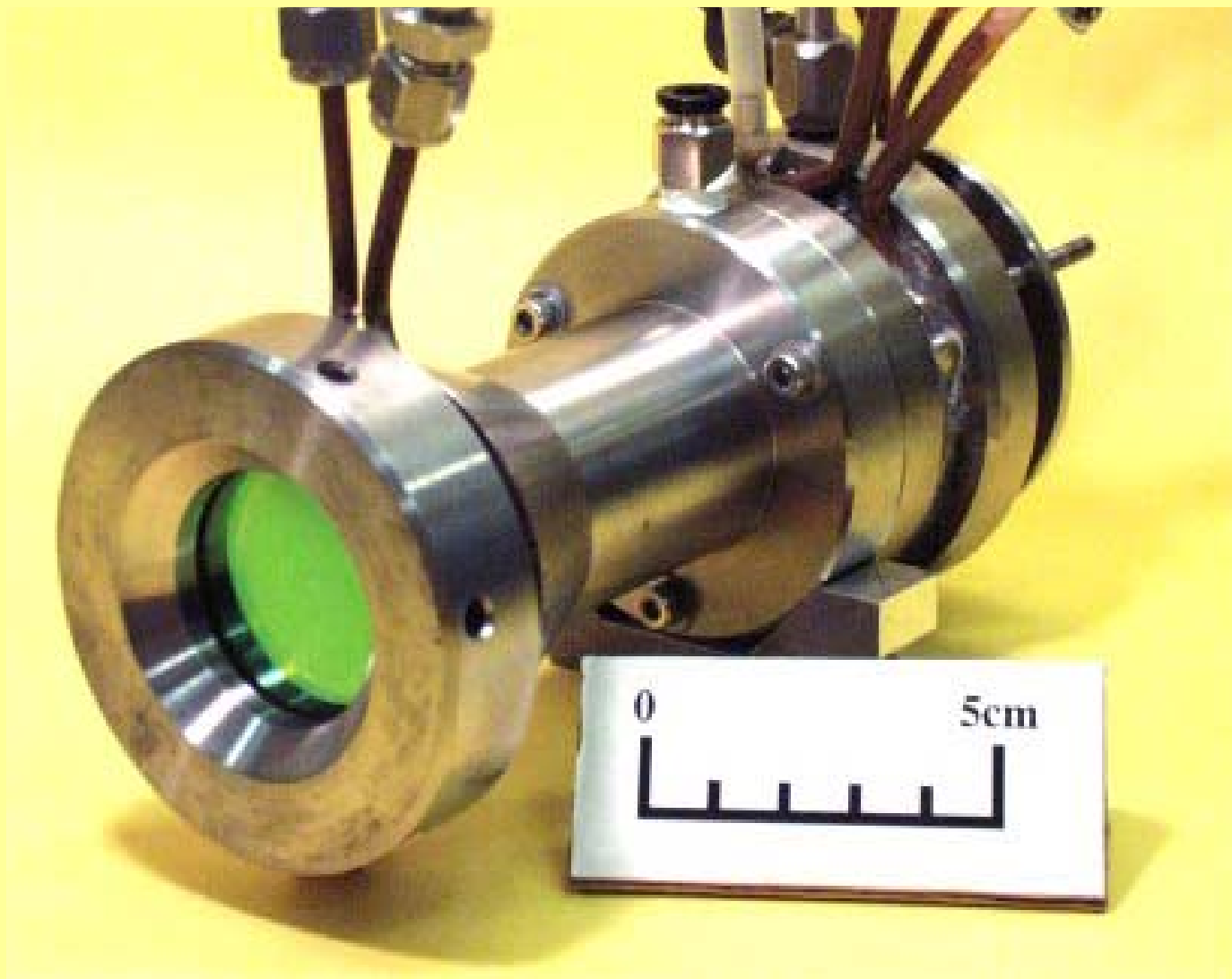
Exposure time : 30 ns



レーザー推進の原理



2KWレーザースラストの外観



レーザージェットの様子



LSP高速度写真



非化学推進の適用マトリックス

ミッション 推進機	衛星系			OTV	デブリ 処理	月・惑 星探査	火星 (有人)
	大型	小型	軌道 離脱				
アークジェット							
イオンエンジン							
MPDスラスタ							
ホールスラスタ							
PPT							
太陽熱推進							
原子力推進							
テザー推進							
レーザー推進							

電気推進機の物理的課題

- 1) 電気推進機の設計には推進性能や耐久性を予測・評価できる比例則の確立が必要である。
- 2) MPD, ホールスラスタやPPTには放電不安定現象の問題や電極材料との干渉問題, 相変化を伴う現象など物理的課題も多く残っており, これらの現象の解明と物理モデルの構築が必要である。