

PEGASUS

Plasma Enhanced materials processing and
rarefied GAS dynamics Unified Simulation tools

プラズマ材料プロセス / 希薄気体統合シミュレーションツール



ペガサスソフトウェア株式会社

目次

■ PEGASUSとは	-----	3	▶
■ PEGASUS構成モジュール	-----	4	▶
■ ユーザーインターフェイス (GUIM)	-----	5	▶
■ PHM 計算例 (CCP装置検証計算2例、ICP計算)	-----	13	▶
■ PIC-MCCM 計算例	-----	38	▶
(GEC-RC型装置計算、各種マグネトロンスパッタ装置計算、スパッタリング計算)			
■ 表面科学系シミュレータ概要	-----	55	▶
■ 3次元希薄気体挙動解析ソフトウェア概要	-----	66	▶
■ RGS3D 解析例	-----	69	▶
(混合希薄気体解析、真空蒸着膜圧検証例、真空蒸着(実験との比較))			

PEGASUSとは

- プラズマプロセス, 真空技術における
 - 装置の設計・開発・改良・評価
 - 材料、デバイスの開発・製造
 - プロセス技術の予測・開発・改良

の効率化、実験および試作コストの軽減を目的とした装置シミュレータ

- 装置内のプラズマ挙動 / 中性粒子挙動解析
 - 真空装置内の中性粒子挙動解析
 - プラズマ装置 (PECVD装置、ドライエッチング装置、マグネトロンスパッタ装置) 内のプラズマ・中性粒子挙動解析
 - 荷電粒子ビーム解析



PEGASUSの構成モジュール

■ 2次元気相シミュレータ

- プラズマPICモンテカルロモジュール (PIC - MCCM)
- プラズマ・ハイブリッド・モジュール (PHM)
- 中性粒子希薄気体モジュール (DSMCM)
- 中性粒子連続体モジュール (NMEM)
- 静磁場解析モジュール (MSSM)

■ 表面科学系シミュレータ

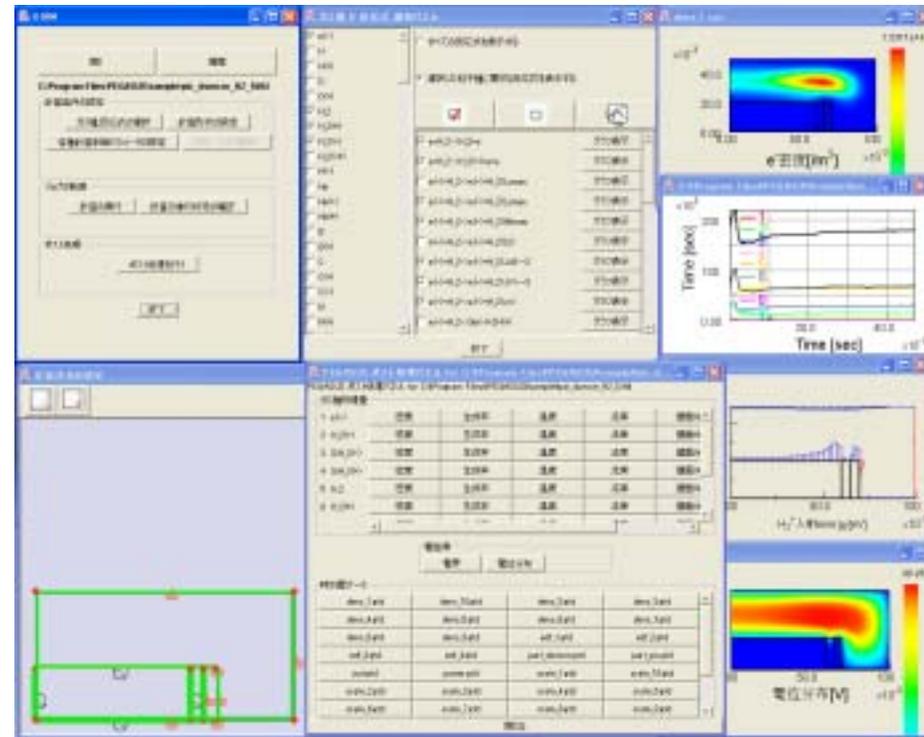
- 動的モンテカルロシミュレーションソフトウェア (SASAMAL)
- スパッタリング・シミュレーション・モジュール (SPUTSM)
- シース内モンテカルロ・シミュレーション・モジュール (SMCSM)

■ 3次元希薄気体挙動解析ソフトウェア (RGS3D)

ユーザーインターフェイス GUIM

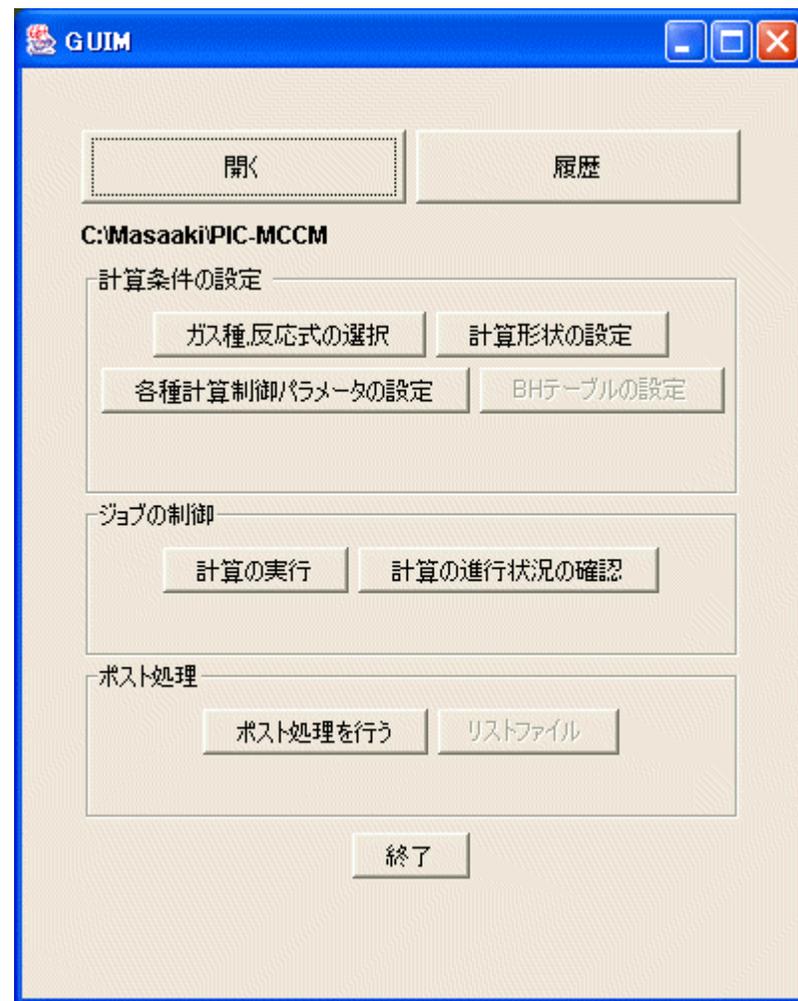
ユーザーインターフェイス GUIM

- PEGASUS専用のグラフィカルユーザーインターフェイス
(標準装備)
- ガス種、反応式、装置形状などの計算条件を直感的な操作で指定できる
(プリプロセッサー)
- 計算結果を簡単な操作で確認、検討できる
(ポストプロセッサー)



PEGASUS / GUIM (メインパネル)

- 計算条件の設定
 - 入力データ作成
- ジョブの制御
 - モジュールの実行
 - 停止
 - ログファイル出力
- ポスト処理
 - 時刻歴データ
 - 空間分布表示



ガス種、反応式の選択

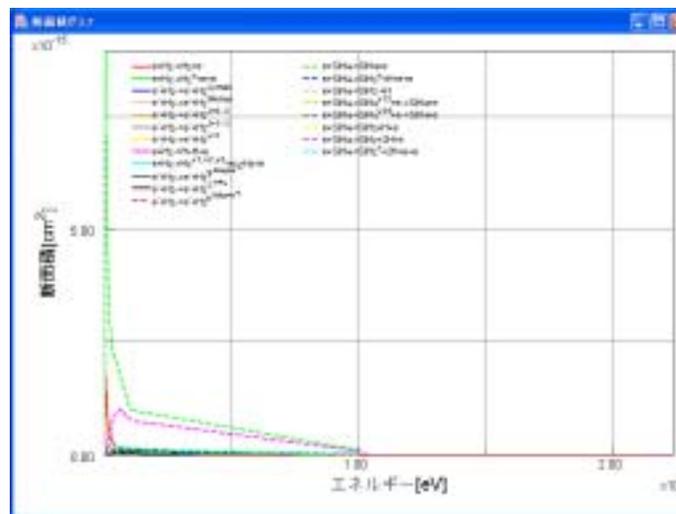
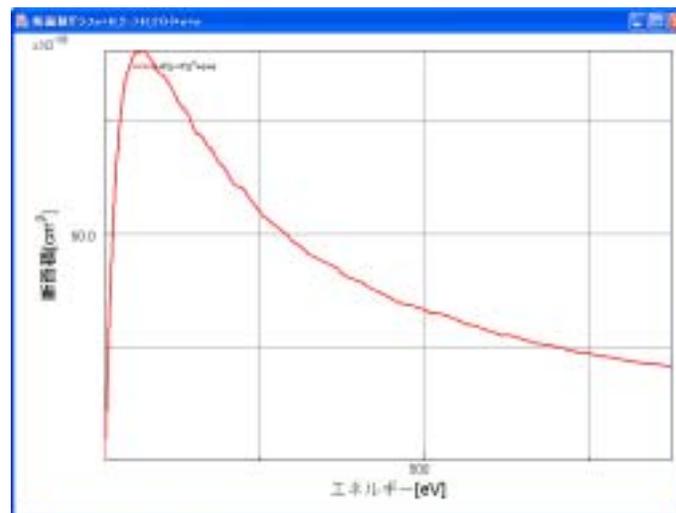
ガス種 & 反応式 選択パネル

$e(-)$
 H
 H(+)
 D
 D(+)
 H₂
 H₂(*)
 H₂(+)
 H₂(**)
 H(-)
 He
 He(+)
 He(*)
 B
 B(+)
 C
 C(+)
 C(-)
 N
 N(+)
 ...

すべての反応式を表示する
 選択した粒子種に関する反応式を表示する

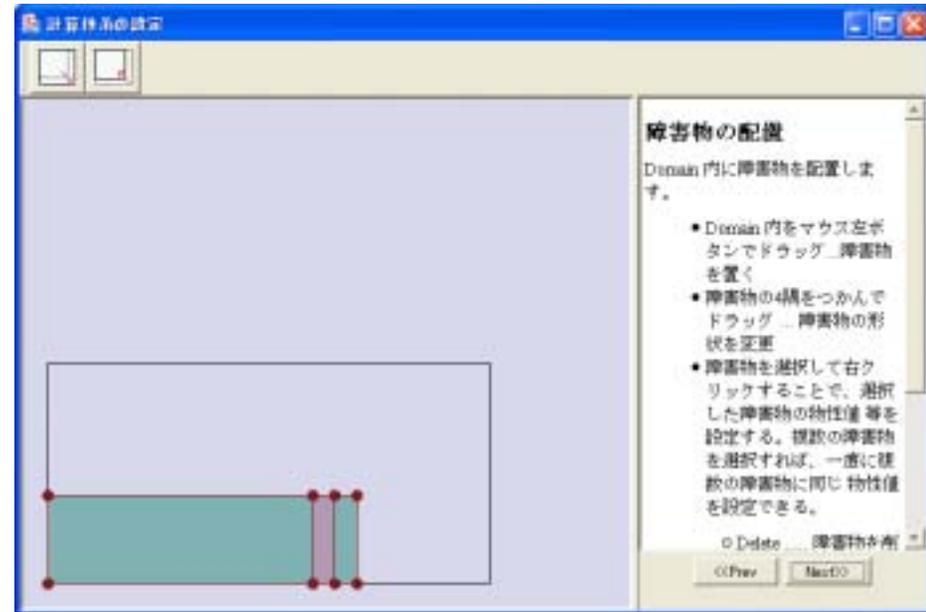
<input checked="" type="checkbox"/> $e+H_2 \rightarrow H_2+e$	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e+H_2 \rightarrow H_2(+)+e+e$	グラフ表示
<input type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (Lyman)	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (Lyman)	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (Werner)	グラフ表示
<input type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (2s)	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (J=0--2)	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (J=1--3)	グラフ表示
<input checked="" type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow e(-)+H_2$ (v=1)	グラフ表示
<input type="checkbox"/> $e(-)+H_2 \rightarrow 3e(-)+2H(+)$	グラフ表示

終了

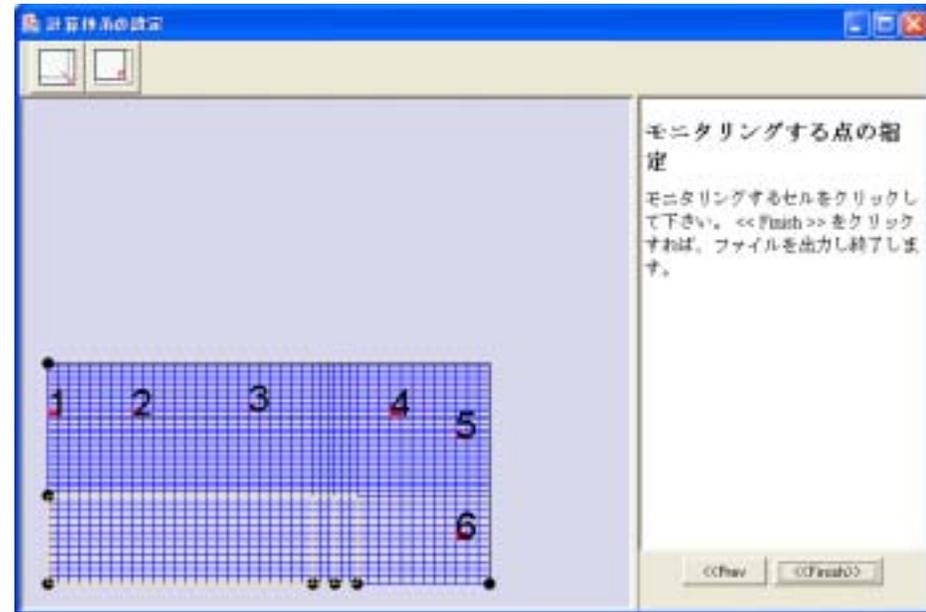
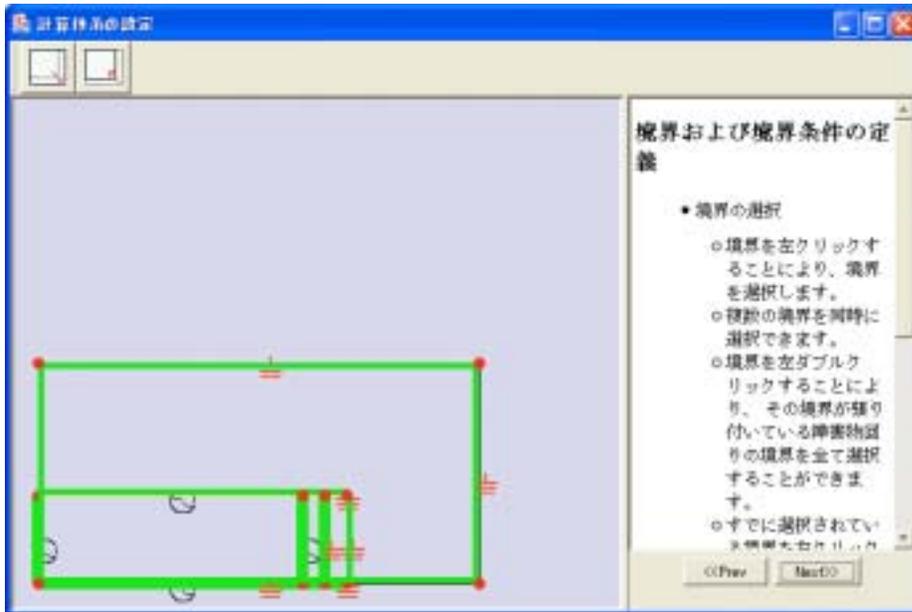


計算領域の設定

電極、誘電体、コイルそして磁石などの配置



境界条件の設定 メッシュ分割



制御パラメータの設定

各モジュールの制御パラメータを指定します

PHM | NMEM | DSMCM | PSM | PEM | EMCSM | ECSDS | EMM

最大ステップ数: 10000000
 最大粒子数: 1000000
 etd 出力間隔: 100
 out 出力間隔: 1

粒子種	初期密度	初期超粒子数
e ⁺	1.0e15	10000
N ⁺	0	0
N ₂ ⁺	1.0e15	10000
N	0.0	0
N ₂	3.2e20	0

外部磁場の指定: 磁場無し
 磁場データファイル名: bfield.txt 選択
 中性ガスモジュール選択: なし
 中性粒子との衝突: 10
 リスタート計算を行う
 PHM_dump_interval: 10000
 EMM計算を行う
 曲を fix する: 1.0e-10
 smooth type2: 4
 角度分布: dvar1 70.0 kvd 110.0 dvar 40

OK Cancel

制御パラメータの設定

各モジュールの制御パラメータを指定します

PHM | NMEM | DSMCM | PSM | PEM | EMCSM | ECSDS | EMM

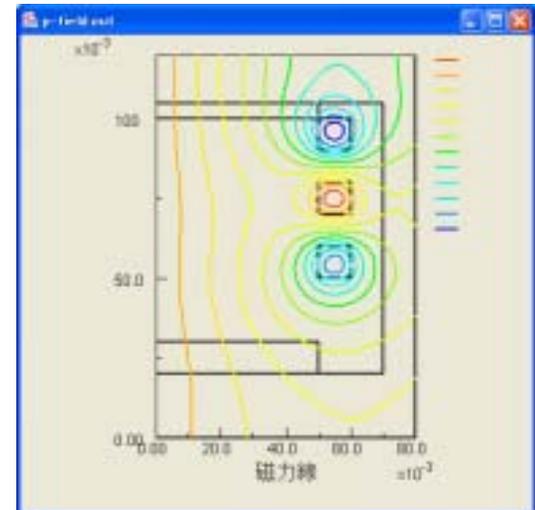
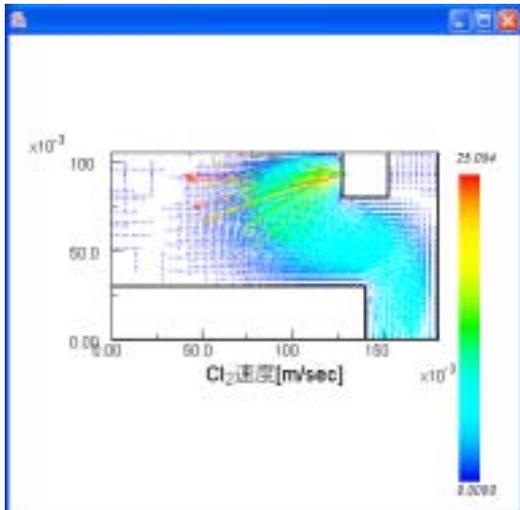
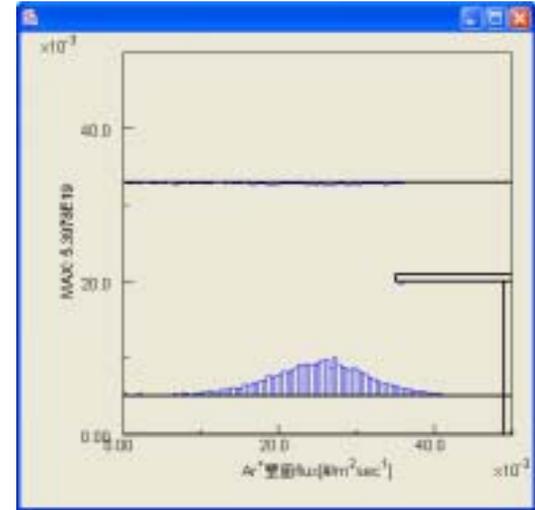
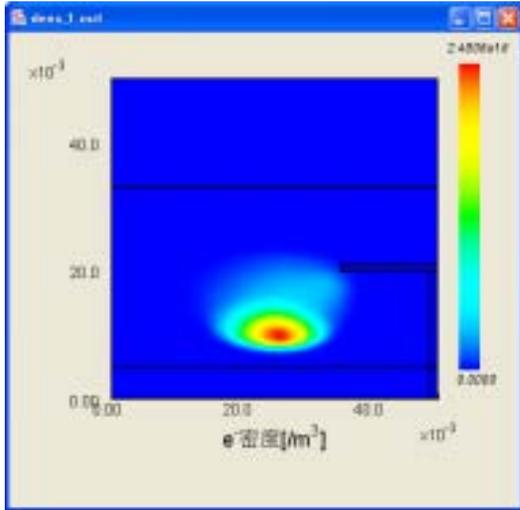
最大ステップ数: 10000
 サンプリング間隔: 10
 etd 出力間隔: 1000
 out 出力間隔: 10000
 最大粒子数(Major): 300000
 最大粒子数(Minor): 800000
 restart 出力間隔: 10000

初期密度の単位: [#/m³] 初期温度の単位: [eV]

粒子種	初期密度	初期温度	初期超粒子数	マイナー?
H ₂	8.0e21	0.03	50000	<input type="checkbox"/>
H ₂ (*)	1.0e18	0.03	10000	<input checked="" type="checkbox"/>

OK Cancel

ポスト処理



CCP装置

高ガス圧(10[Pa]以上)

PHM

NMEM

CCP検証計算(1)

検証論文:

D. P. Lymberopoulos and D. J. Economou,

"Two-Dimensional Self-Consistent Radio Frequency Plasma Simulations Relevant to the Gaseous Electronics Conference RF Reference Cell",

Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology,

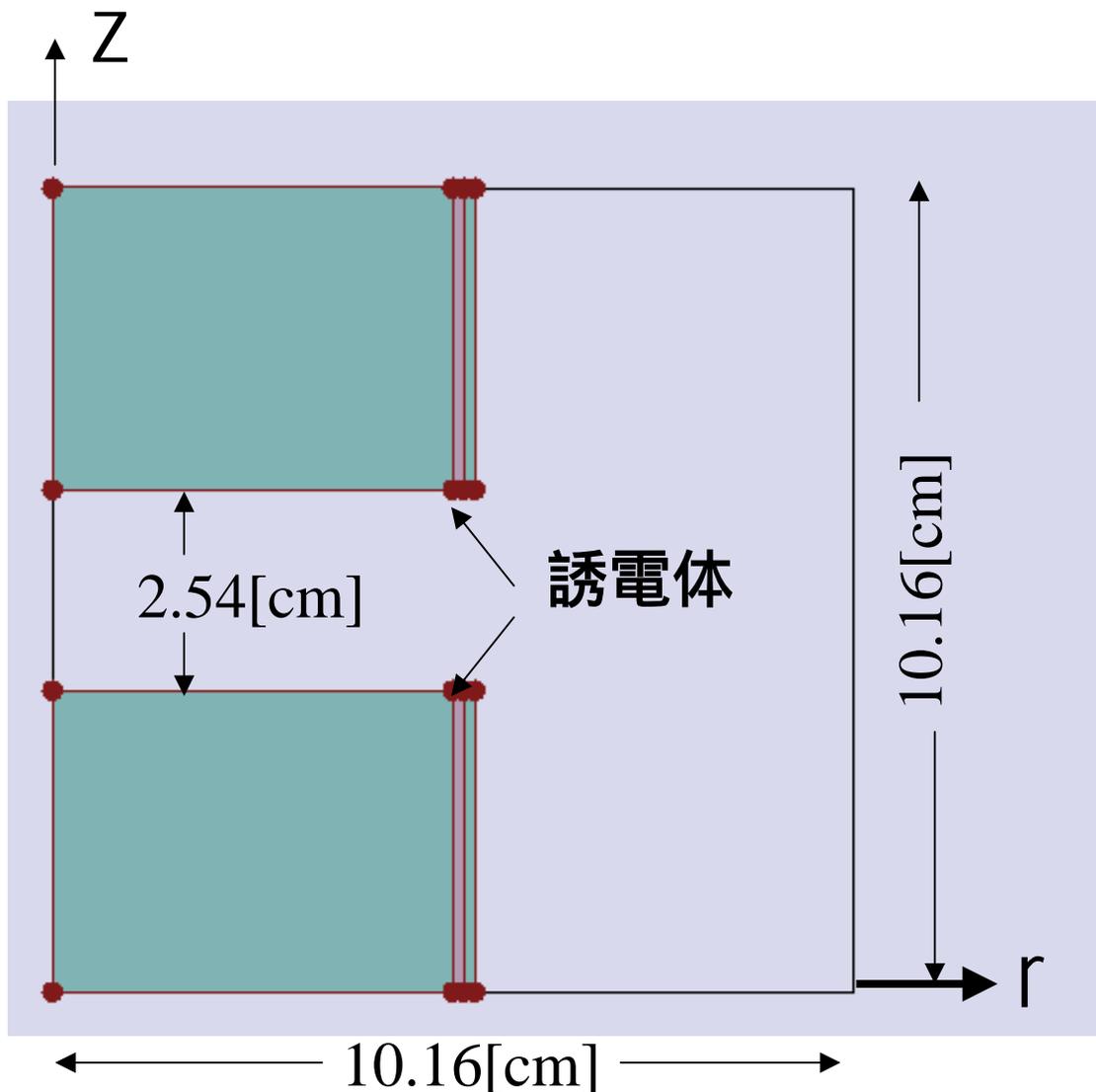
Vol.100, No.4,1995.

(流体モデル)

GEC-RC型装置

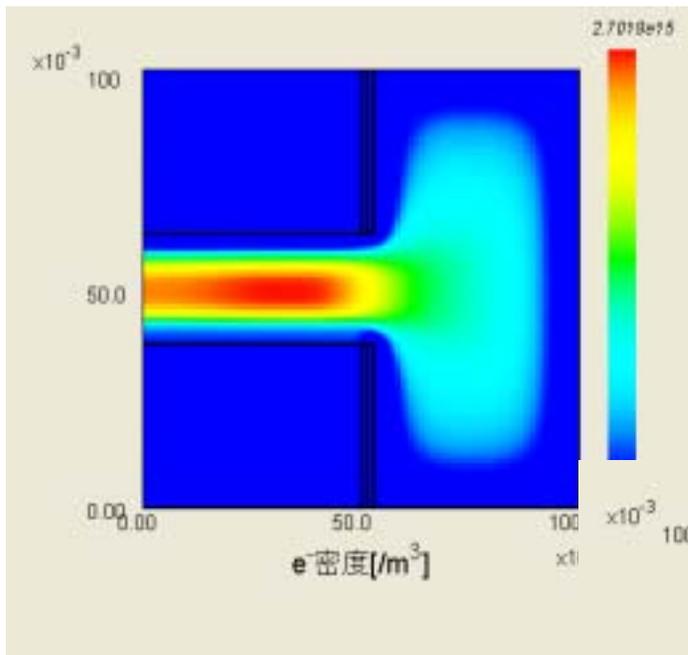
PHM

解析モデル

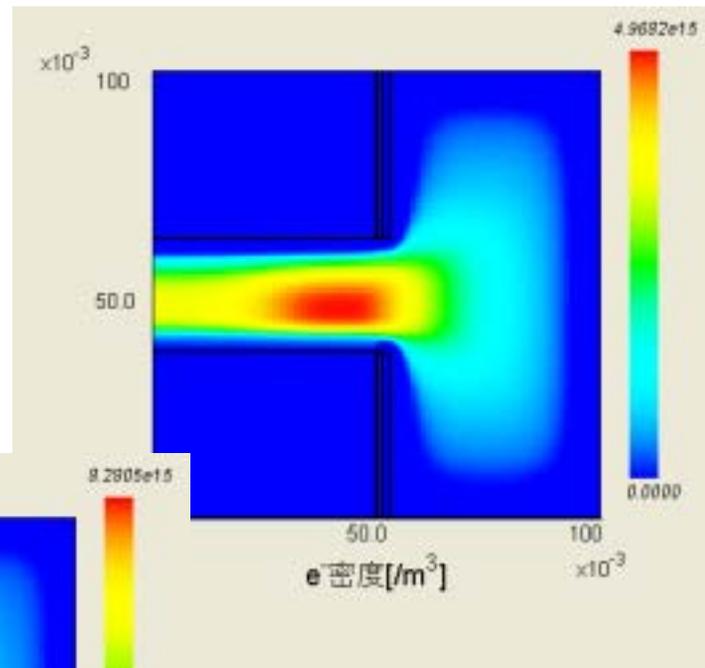


- ・ガス種: Ar
- ・上部電極: 接地
- ・下部電極:
 - 検証例 (1):
 - V_{pp} : 200 [V]
 - 周波数: 13.56 [MHz]
- ・ガス圧: 13.33, 33.33, 66.67 [Pa]
- ・検証例 (2)
- ・下部電極:
 - V_{pp} : 100, 200, 300 [V]
 - 周波数: 13.56 [MHz]
- ・ガス圧: 13.33 [Pa]

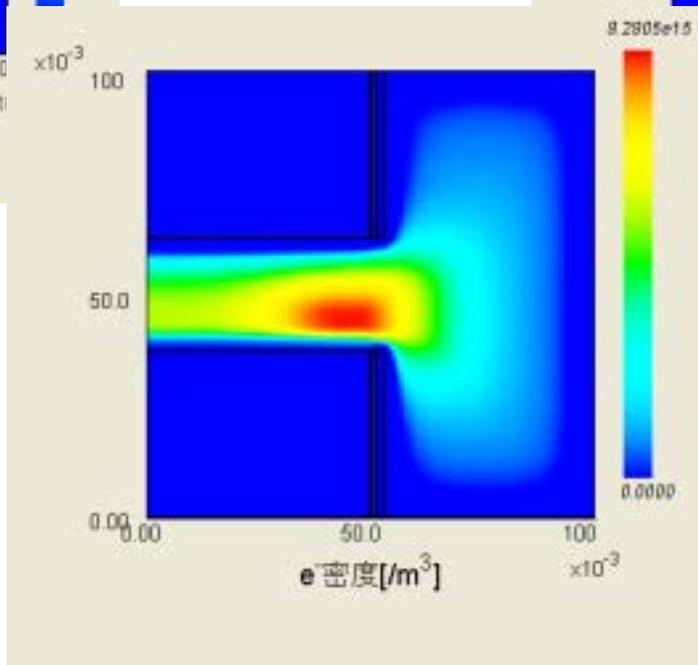
検証例(1) 電子密度分布



13.33[Pa]

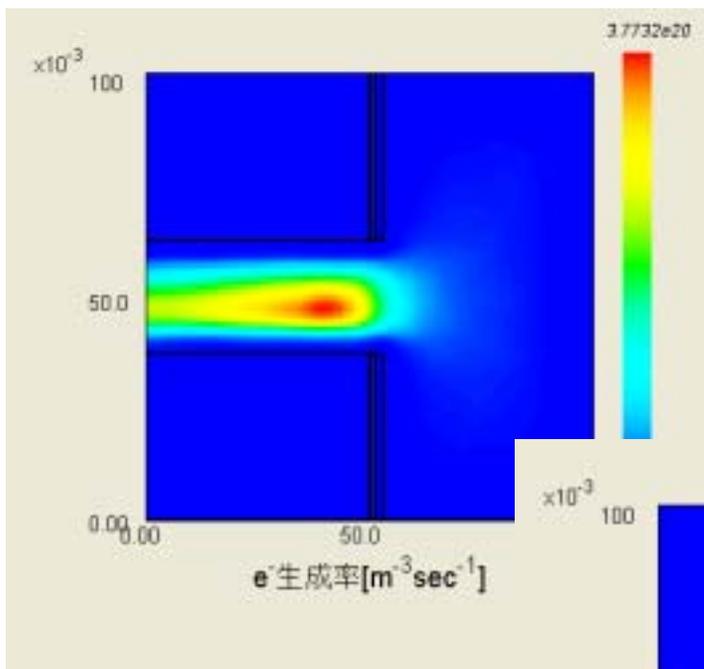


33.33[Pa]

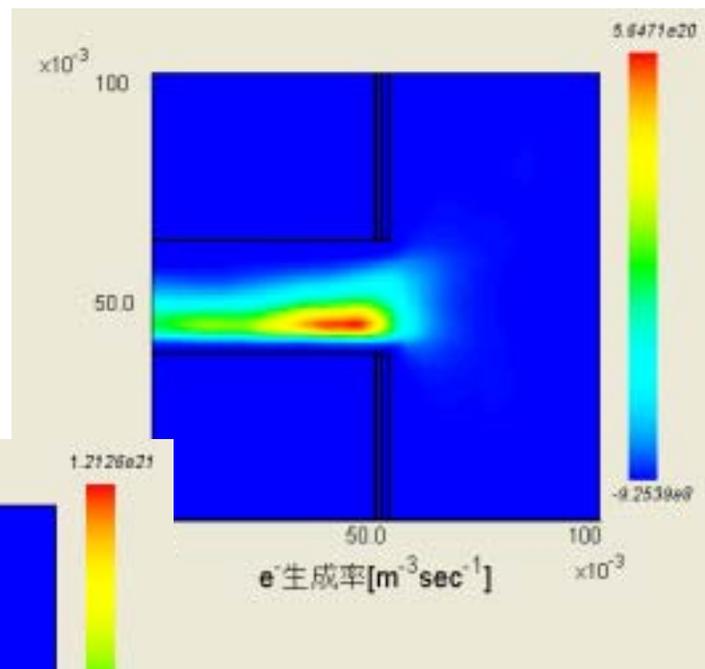


66.67[Pa]

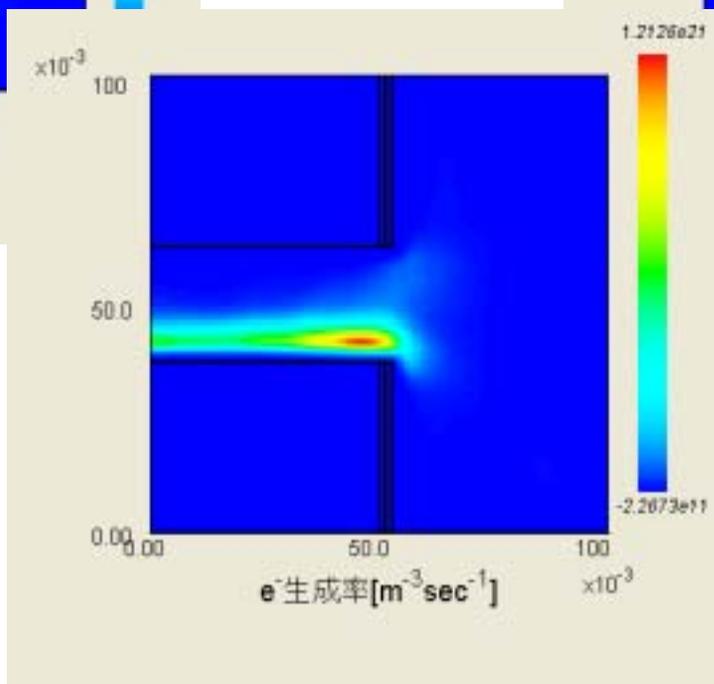
検証例(1) 電離レート分布



13.33[Pa]



33.33[Pa]



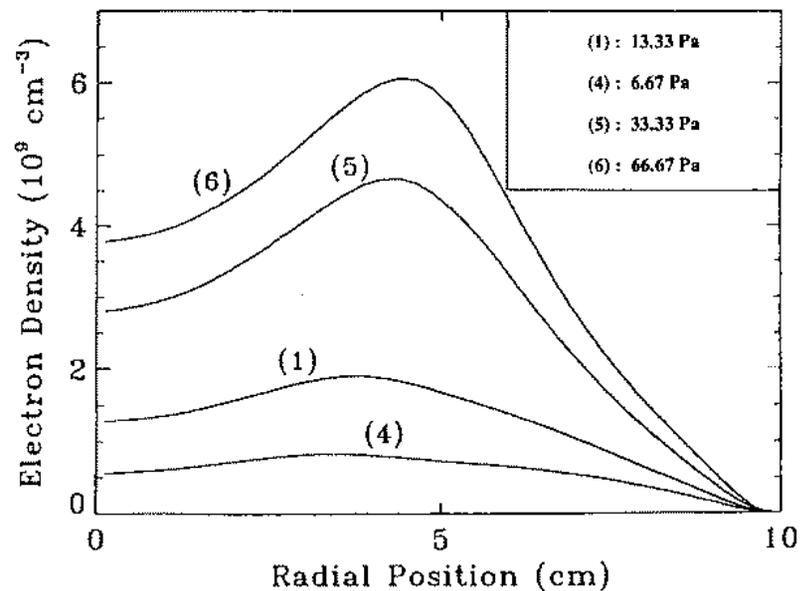
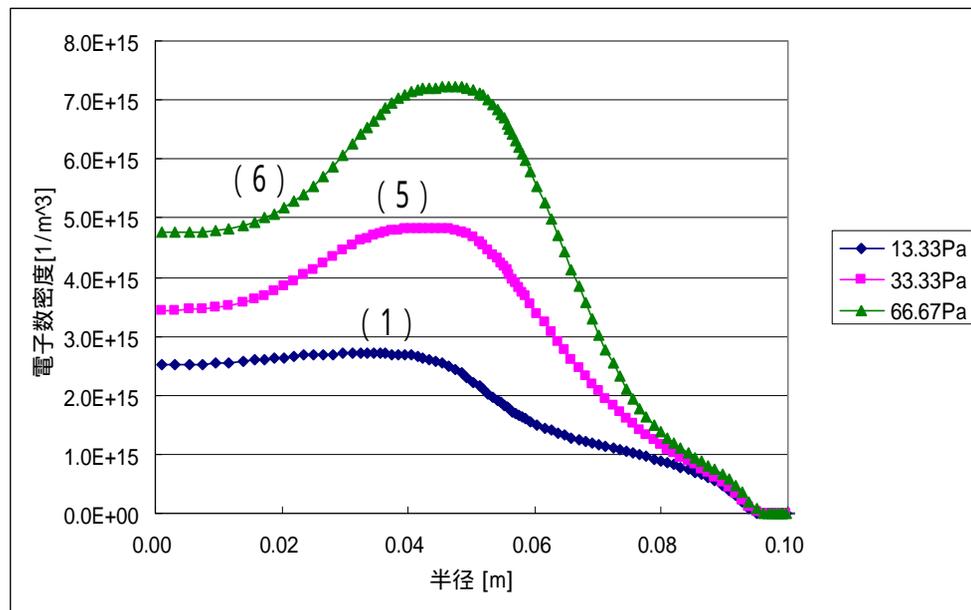
66.67[Pa]

検証例(1) 結果比較

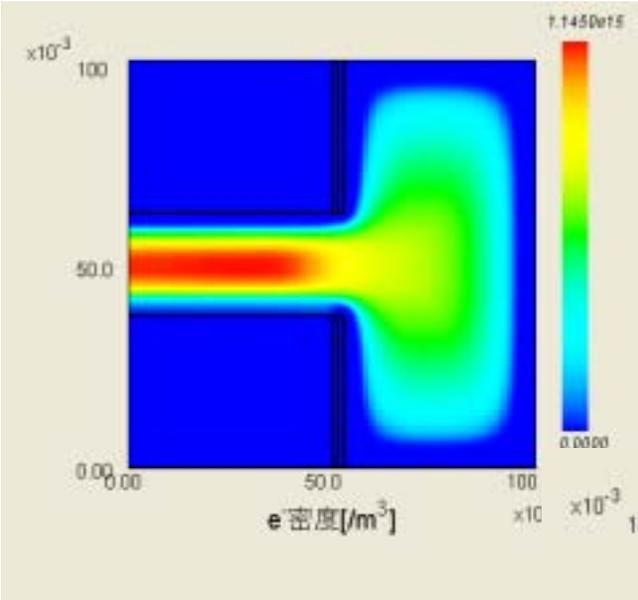
$V_{pp} : 200 [V]$

(1) 13.33[Pa], (5) 33.33[Pa], (6) 66.67[Pa]

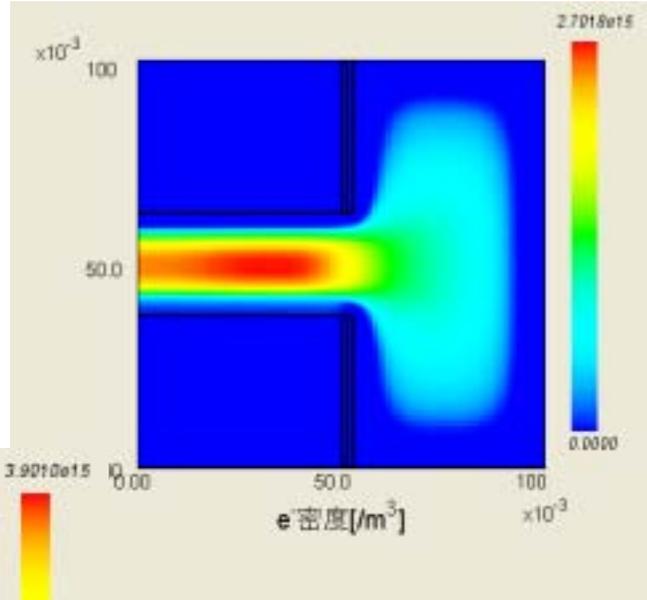
電極間中央一径方向電子密度分布



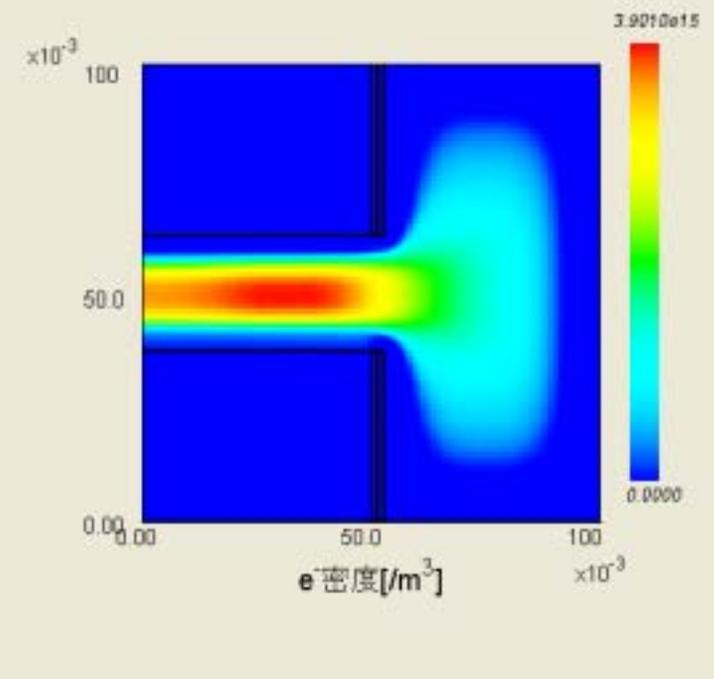
検証例(2) 電子密度分布



100[V]

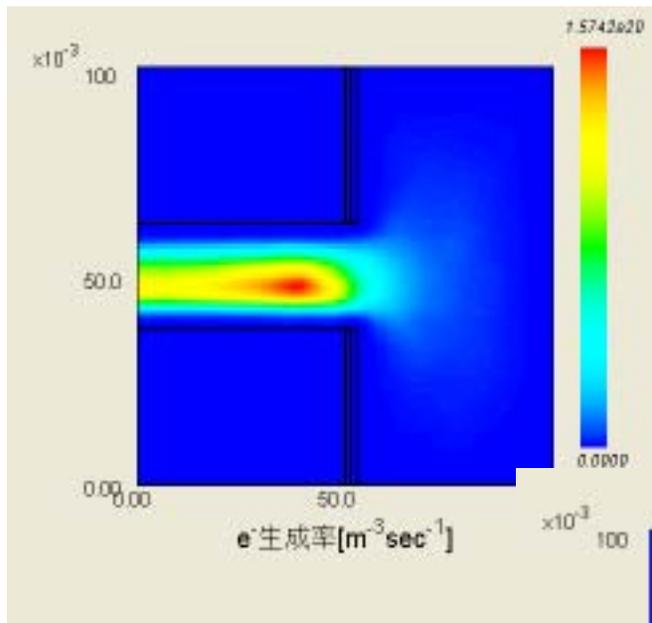


200[V]

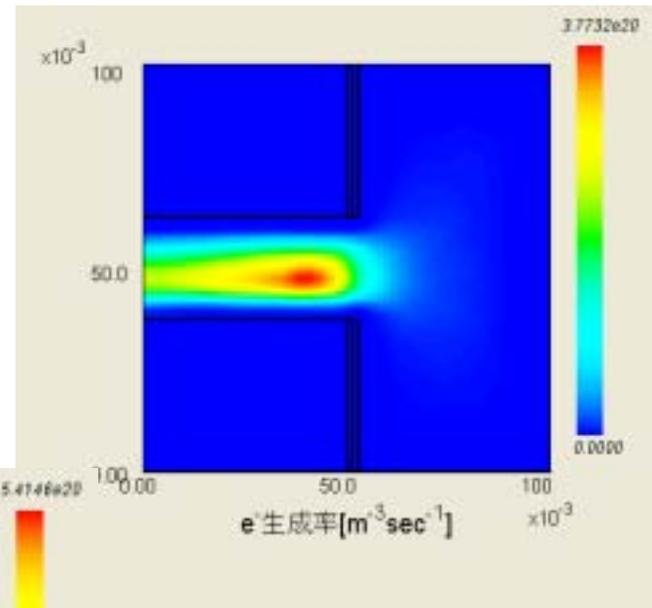


300[V]

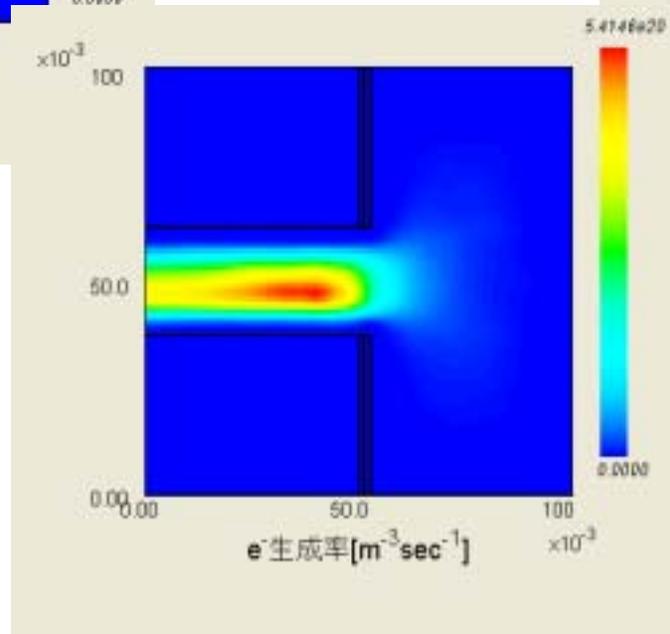
検証例(2) 電離レート分布



100[V]



200[V]



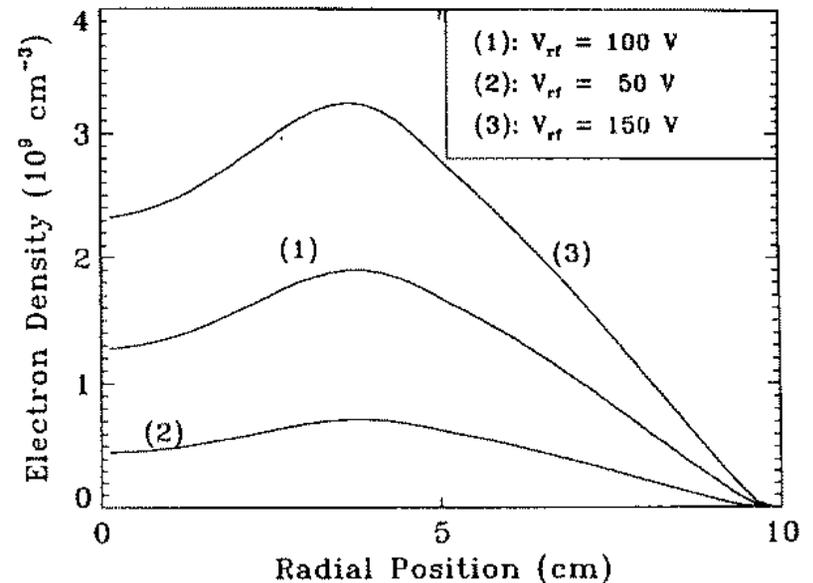
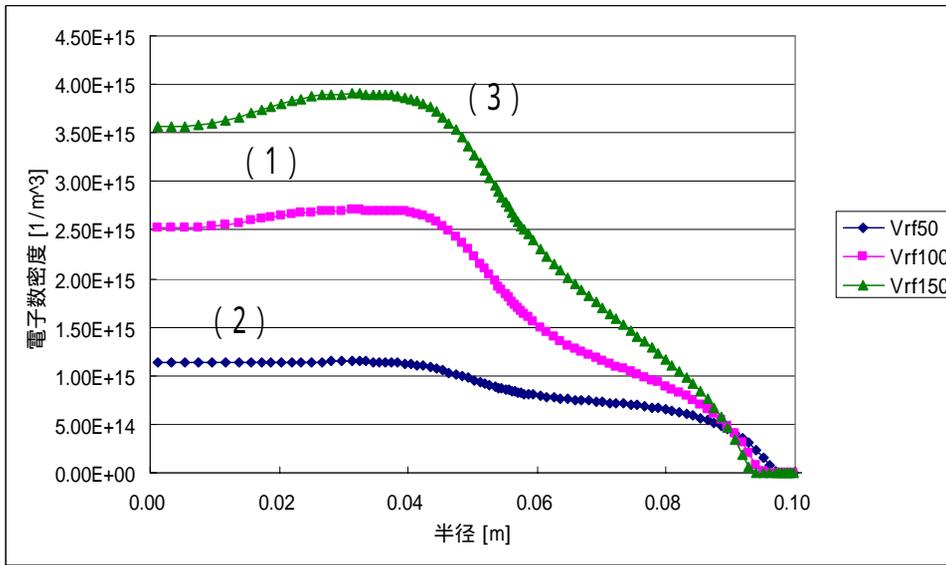
300[V]

検証例(2) 結果比較

13.33[Pa]

(1) 100[V], (2) 50[V], (3) 150[V] 結果比較

電極間中央一径方向電子密度分布



CCP検証計算(2)

検証論文:

Shahid Raul and Mark J. Kushner,

"Argon metastable densities in radio frequency Ar, Ar/O₂ and Ar/CF₄ electrical discharges",

Journal of Applied Physics, Vol.82, No.6,1997.

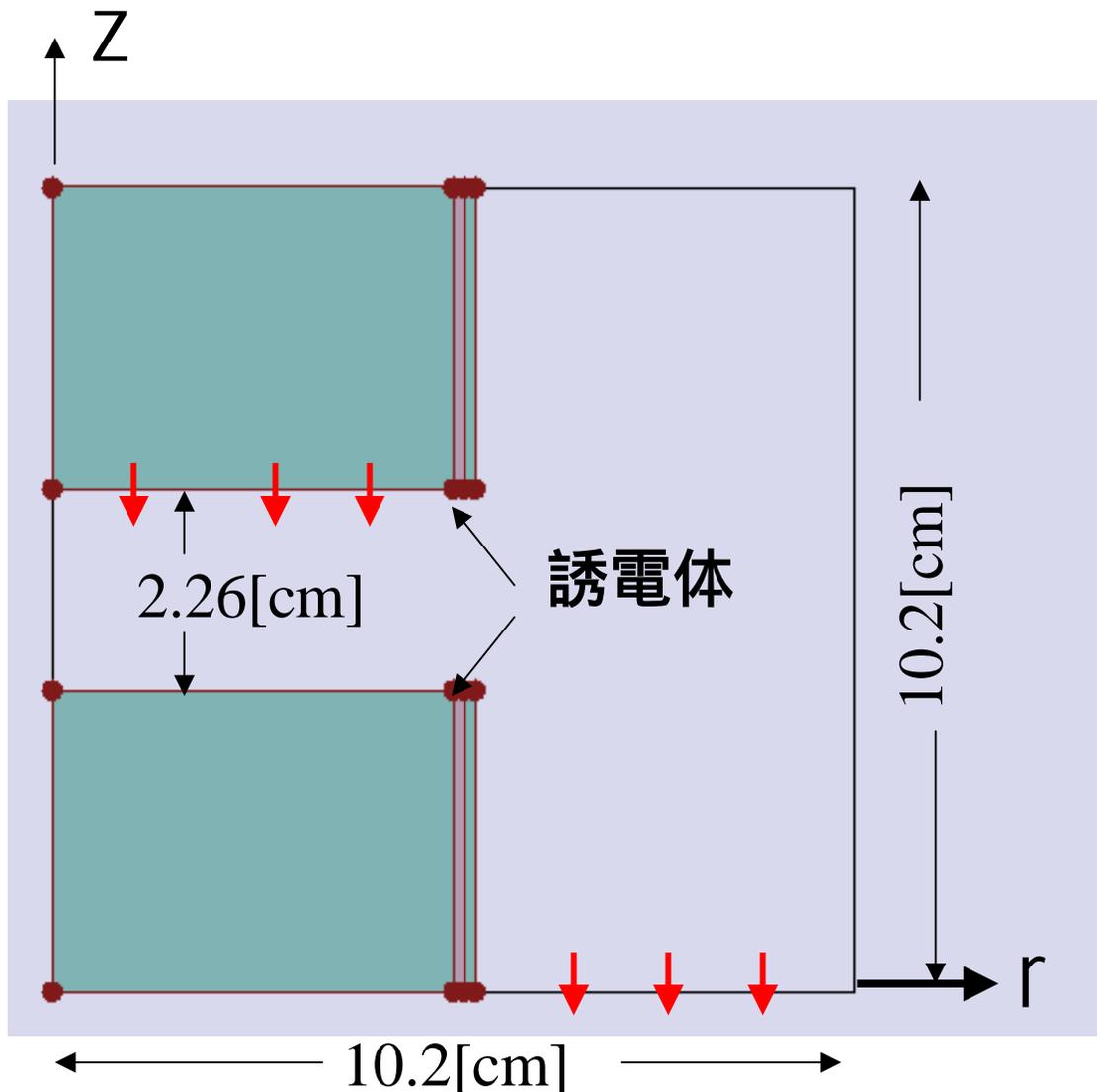
(流体モデル)

GEC-RC型装置

PHM

NMEM

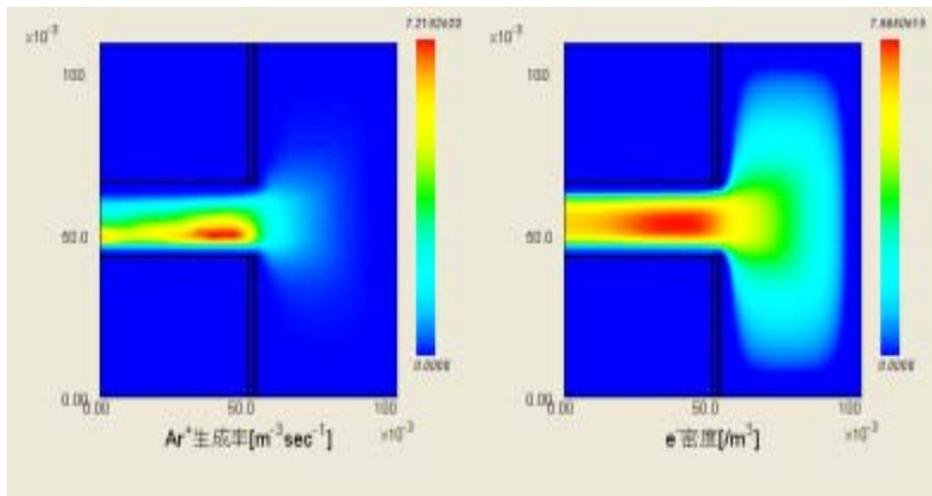
解析モデル



検証例:

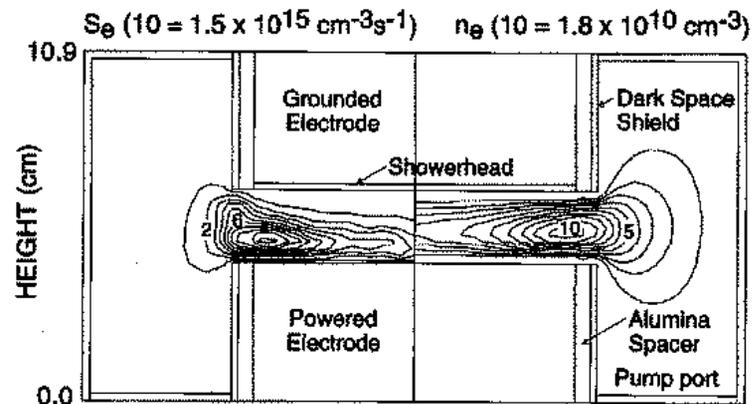
- ・ 上部電極: 接地
- ・ 下部電極:
 - V_{pp} : 200 [V]
 - 周波数: 13.56 [MHz]
- ・ ガス種: Ar
- ・ ガス圧: 250 [mTorr]
- ・ ガス流量: 10 [sccm]

結果比較(1)



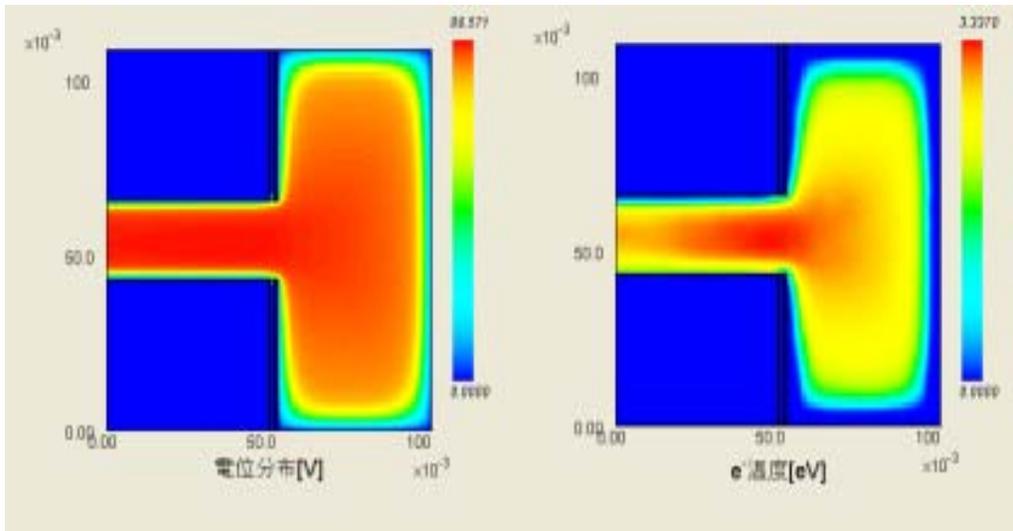
Ar(+)_{電離レート}

_{電子密度}



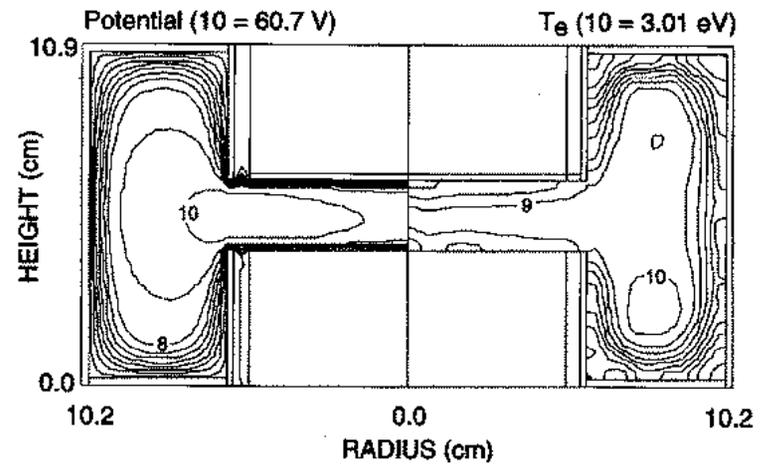
論文結果

結果比較(2)



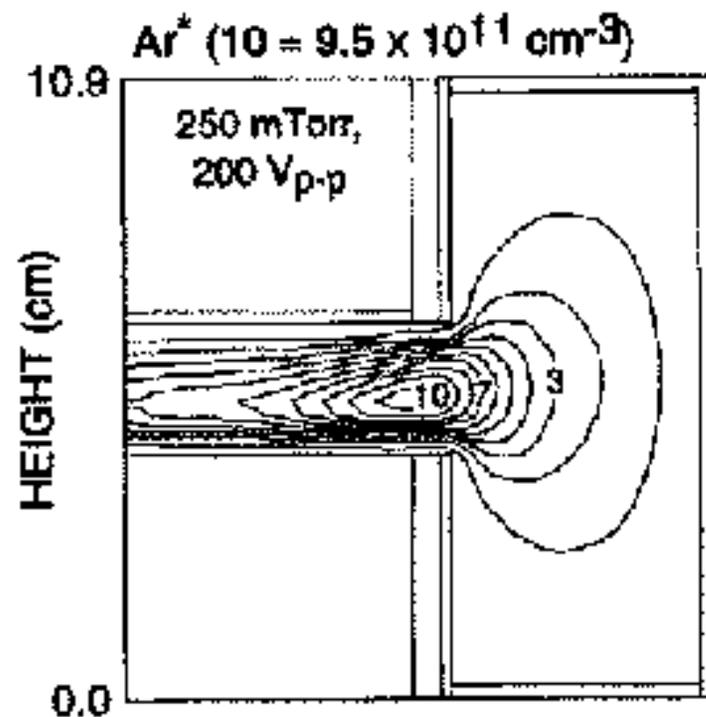
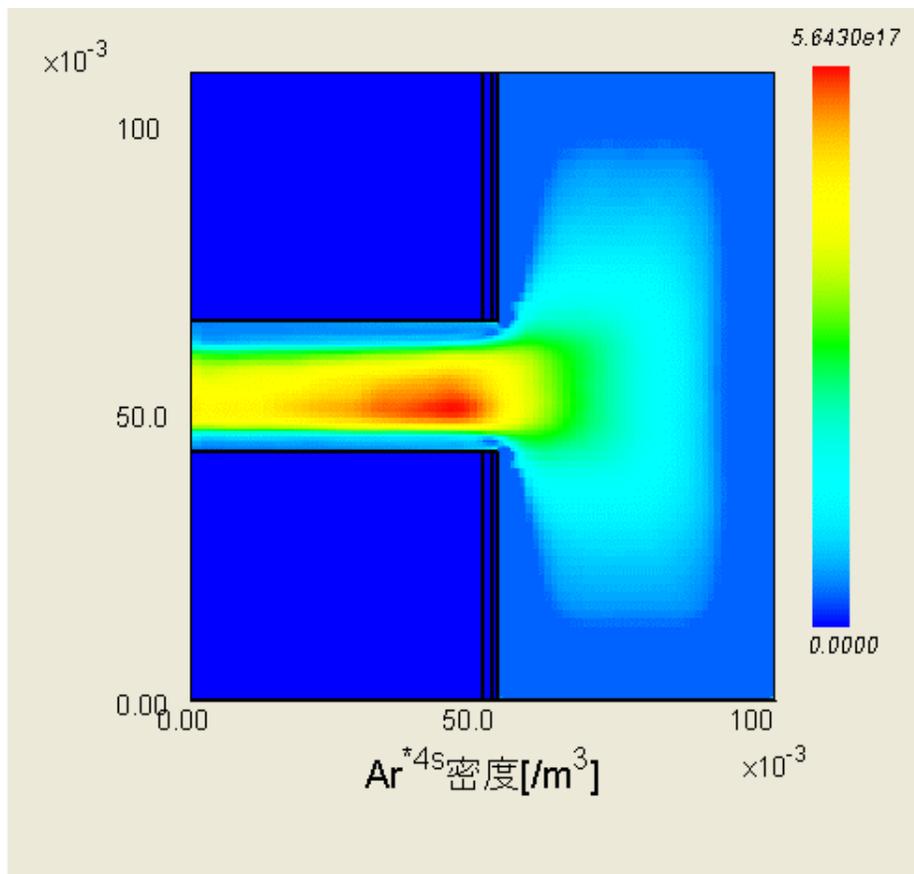
静電位

電子温度



論文結果

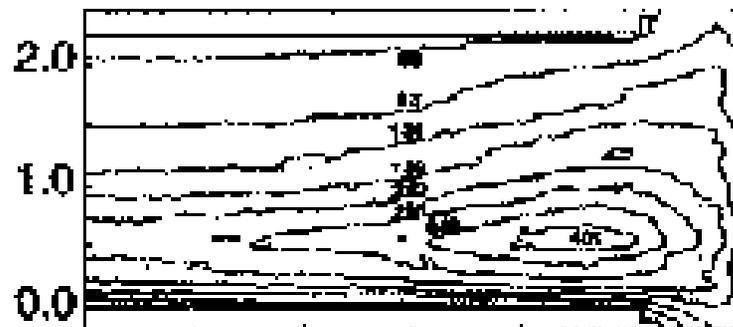
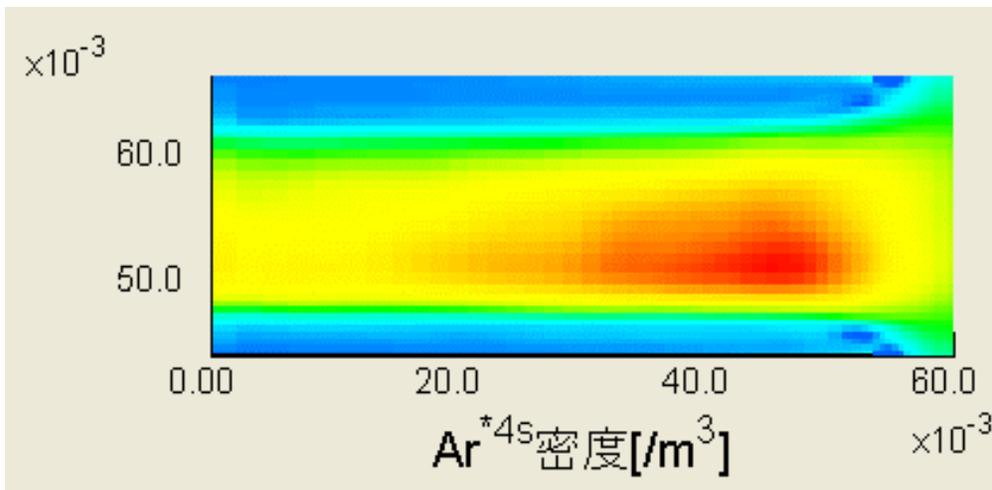
結果比較(3)



論文結果

Ar(4S)の密度分布

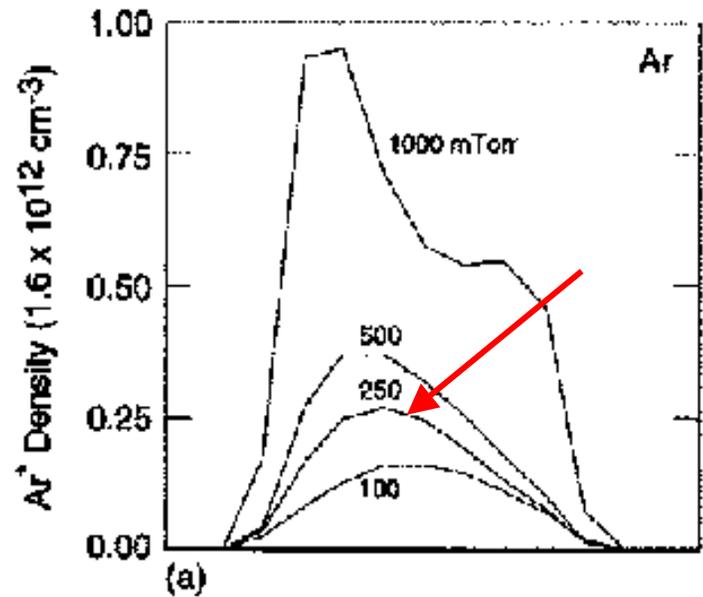
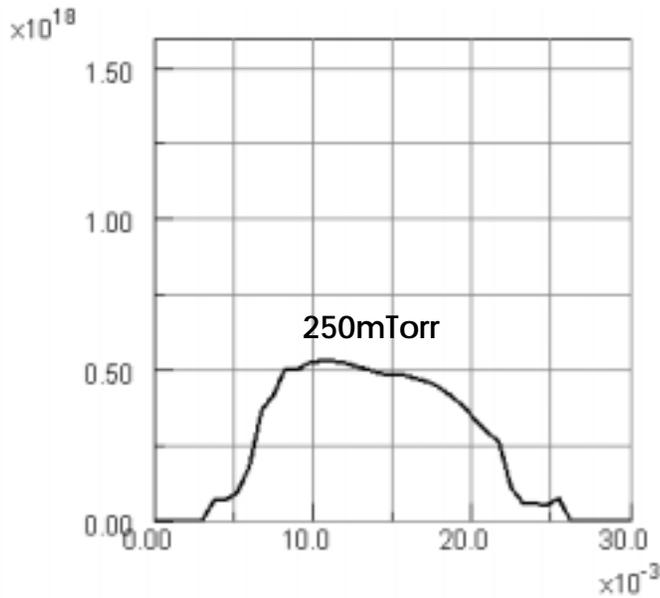
結果比較(4)



実験データ

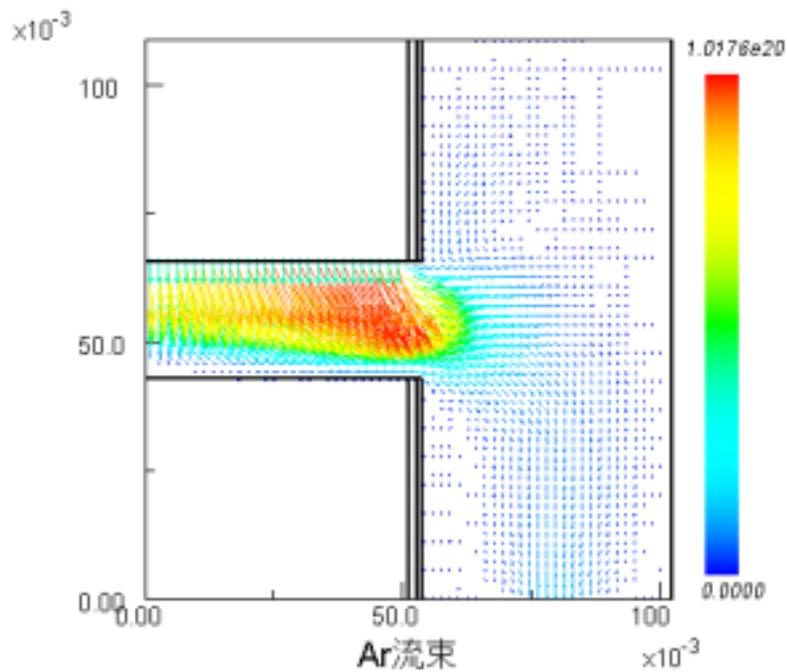
Ar(4S)の密度分布(拡大図)

結果比較(5)

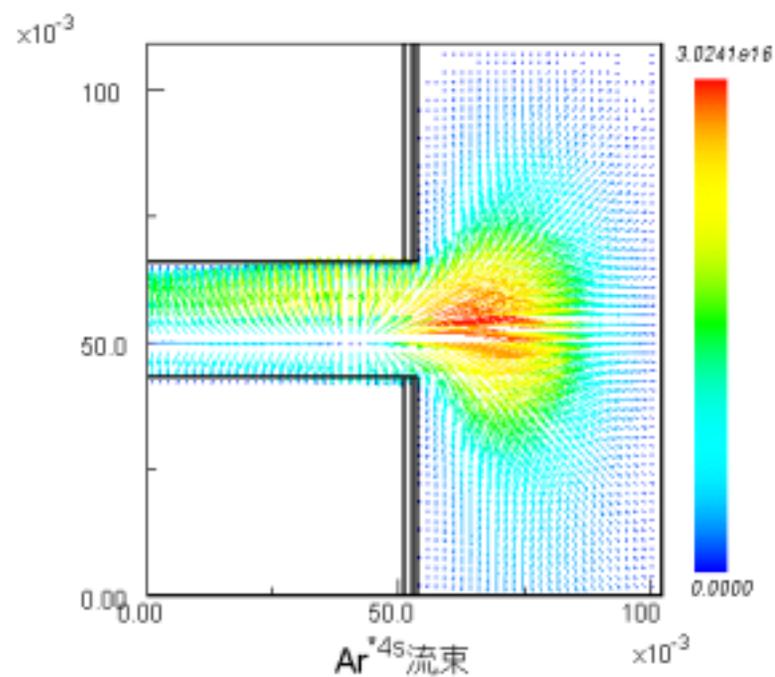


論文結果

Ar(4s)の電極端上z軸方向分布



Arの流束ベクトル[#/m²/s]



Ar(4s)の流束ベクトル[#/m²/s]

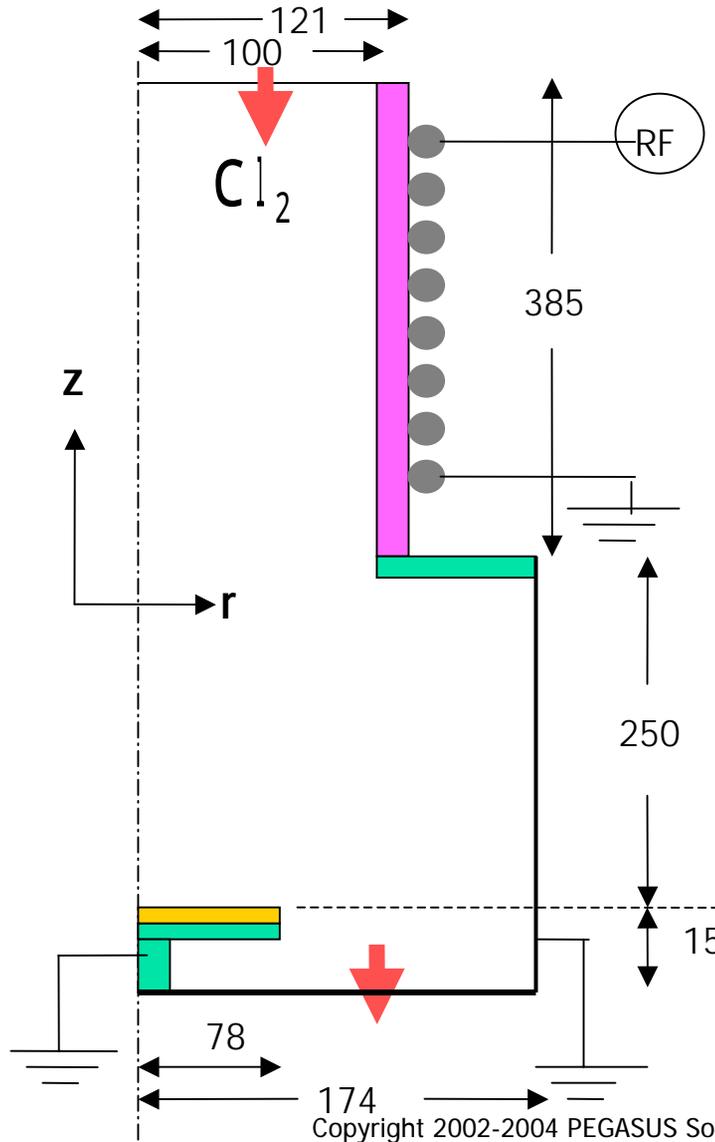
ICP装置

高密度プラズマ

PHM

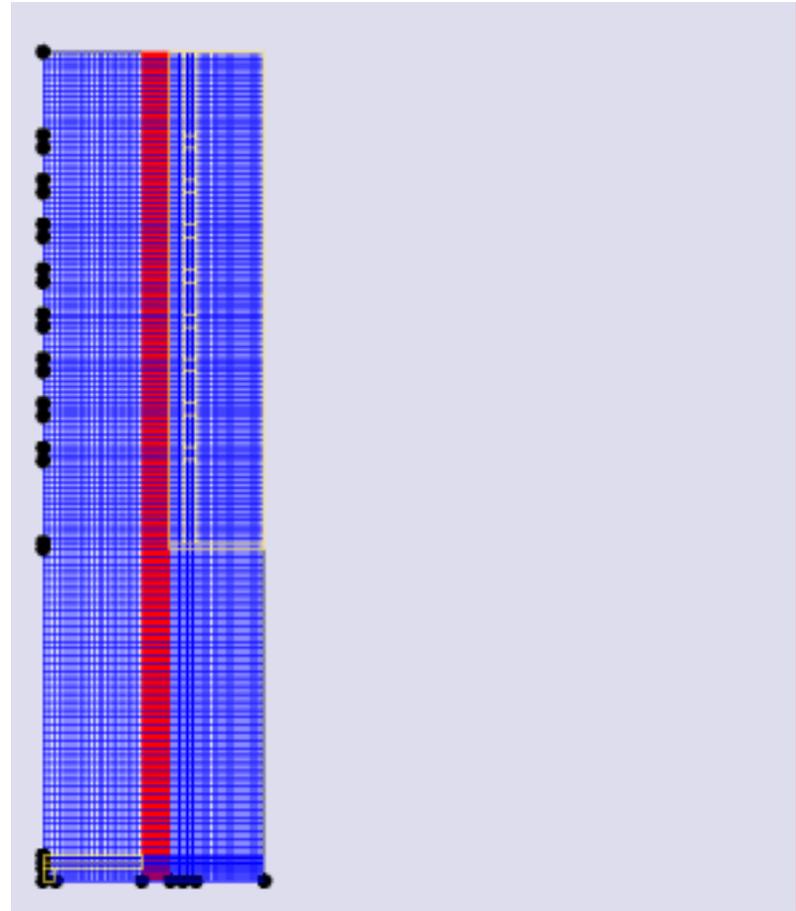
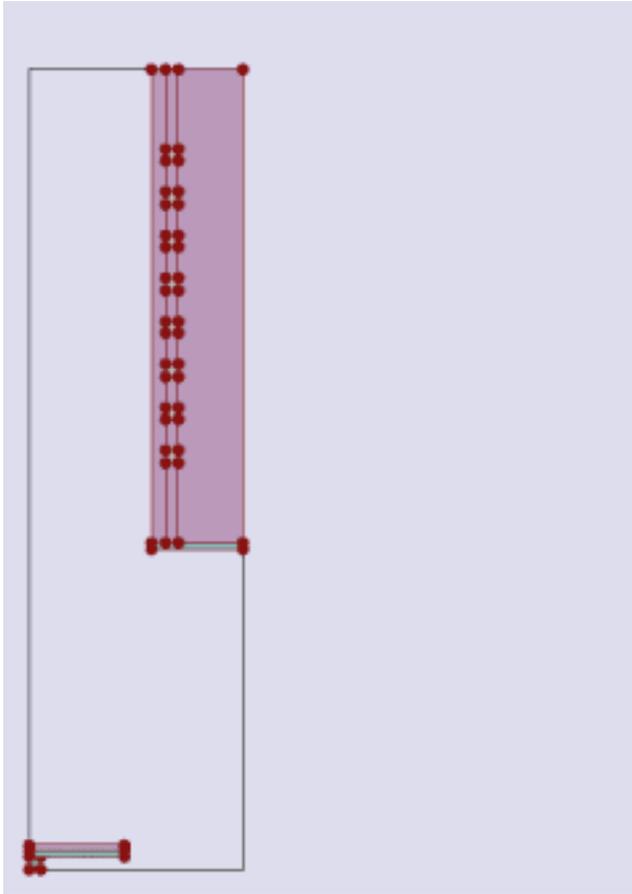
DSMCM

PHM+DSMCM ICP型装置



ICPパワー : 500[W]
13.56[MHz]
 Cl_2 流量 : 50[sccm]

PHM+DSMCM ICP型装置



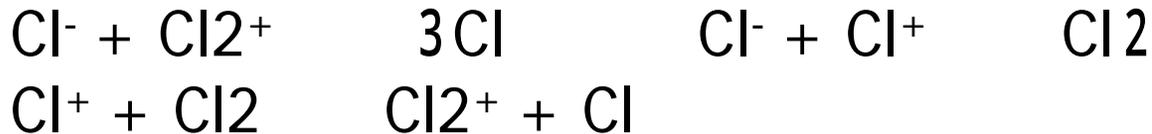
反応式：

< 電子衝突断面積 >

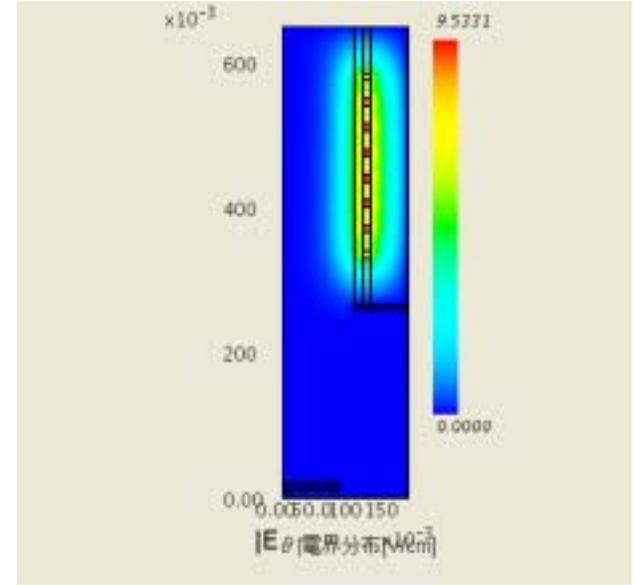
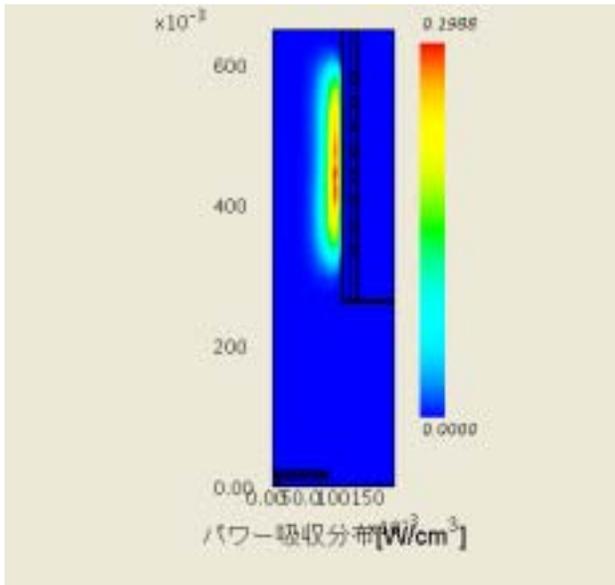
$e^- + Cl$: 弾性、非弾性(励起、電離)等3種

$e^- + Cl_2$: 弾性、非弾性(励起、電離、解離、解離性付着)等6種

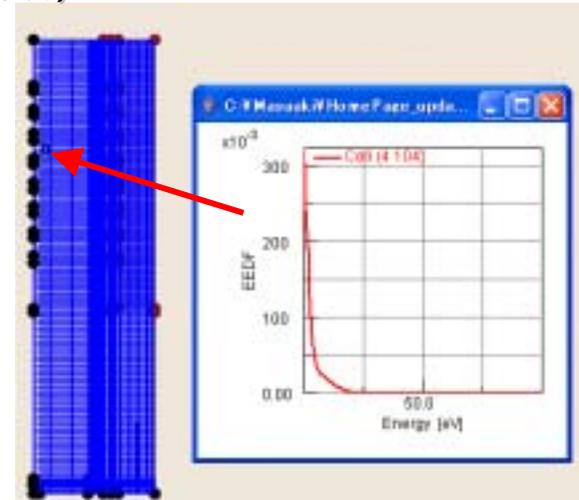
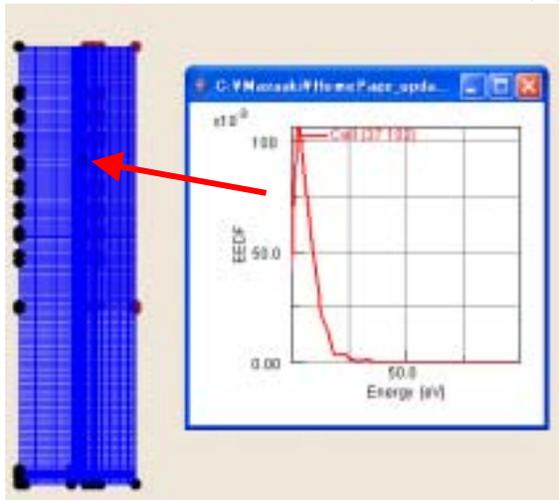
< 反応レート定数 >



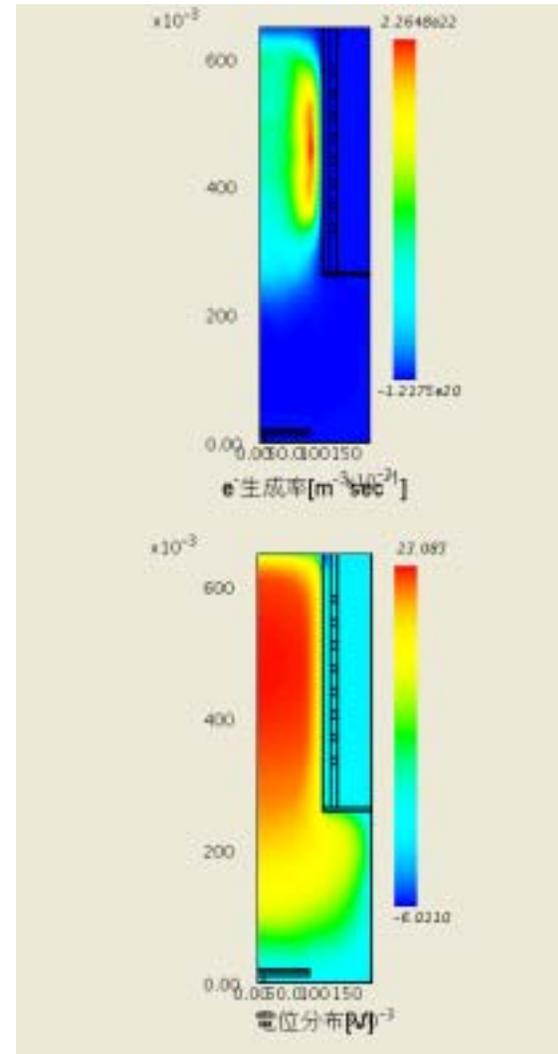
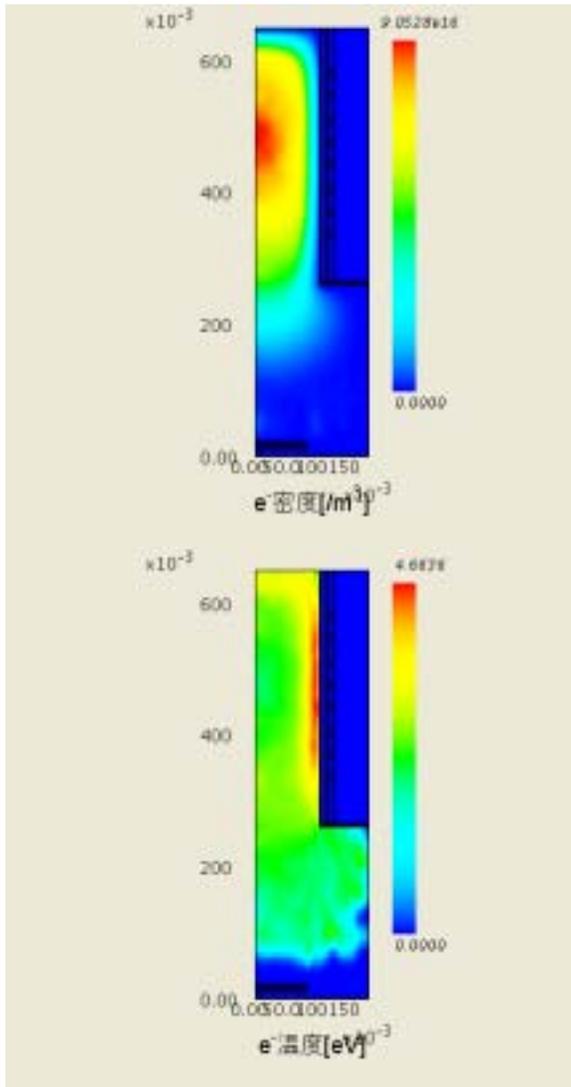
PHM+DSMCM ICP型装置



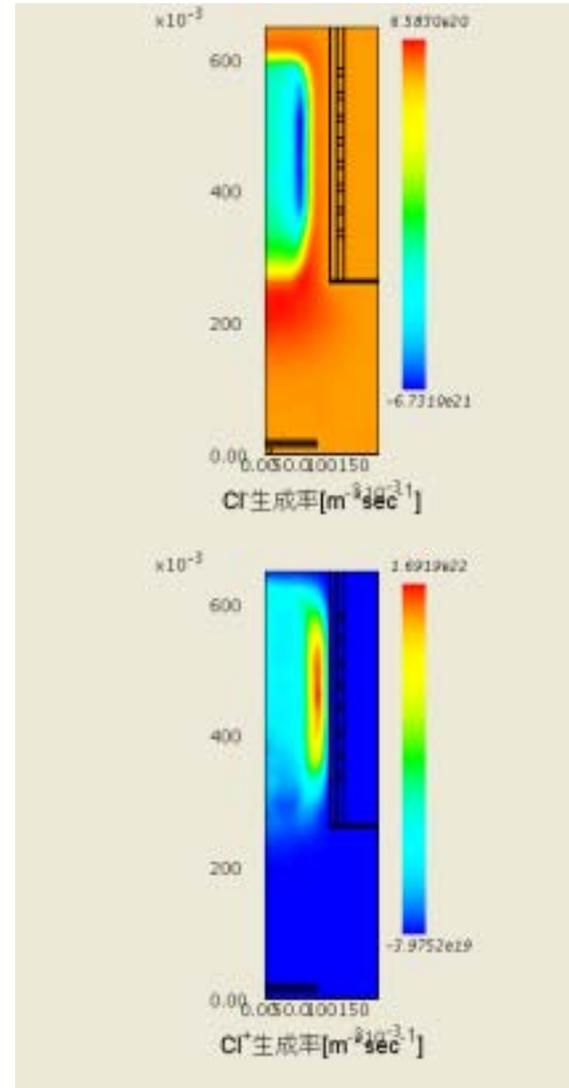
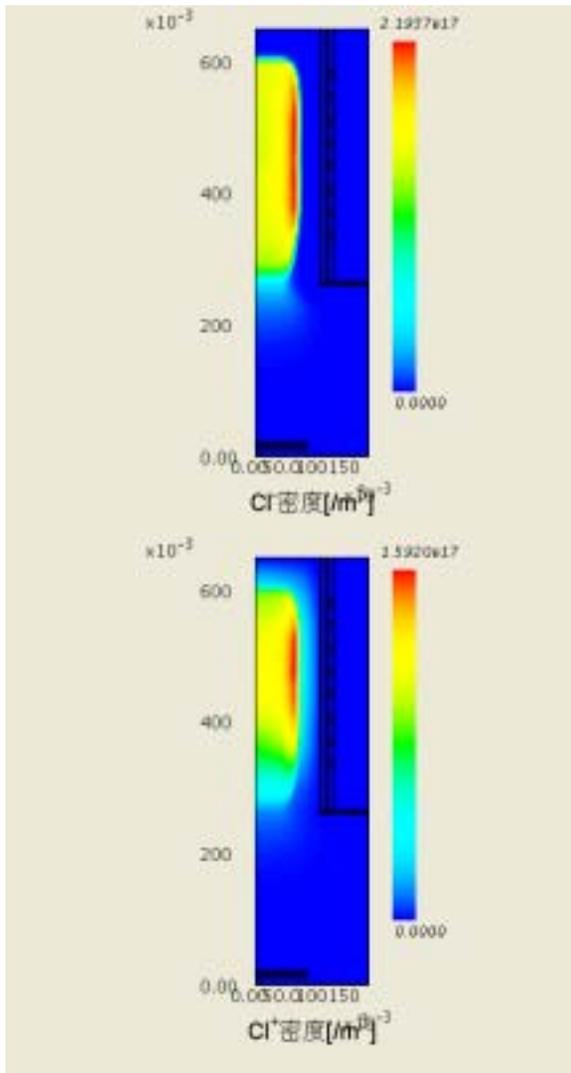
EEDF
(電子エネルギー
分布関数)



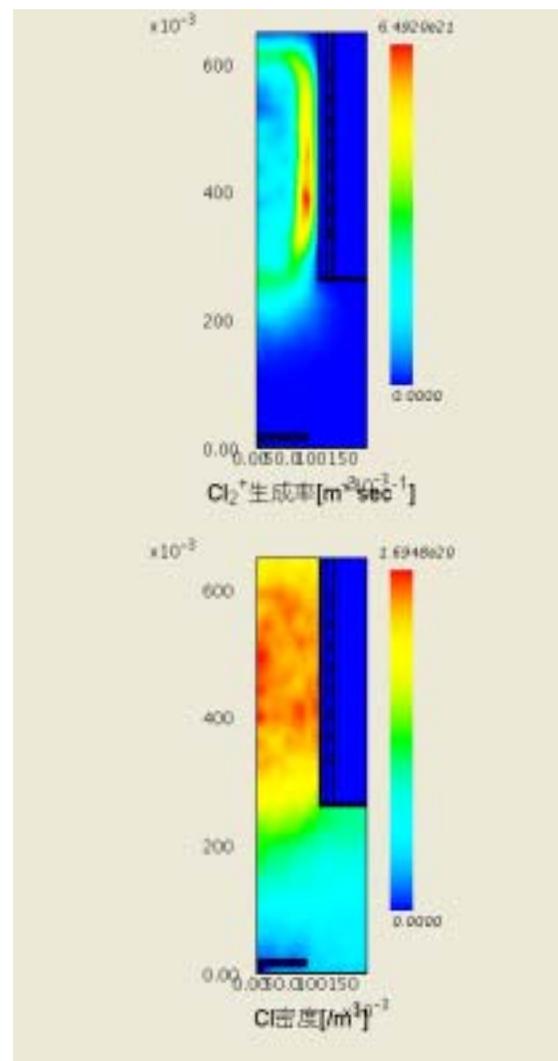
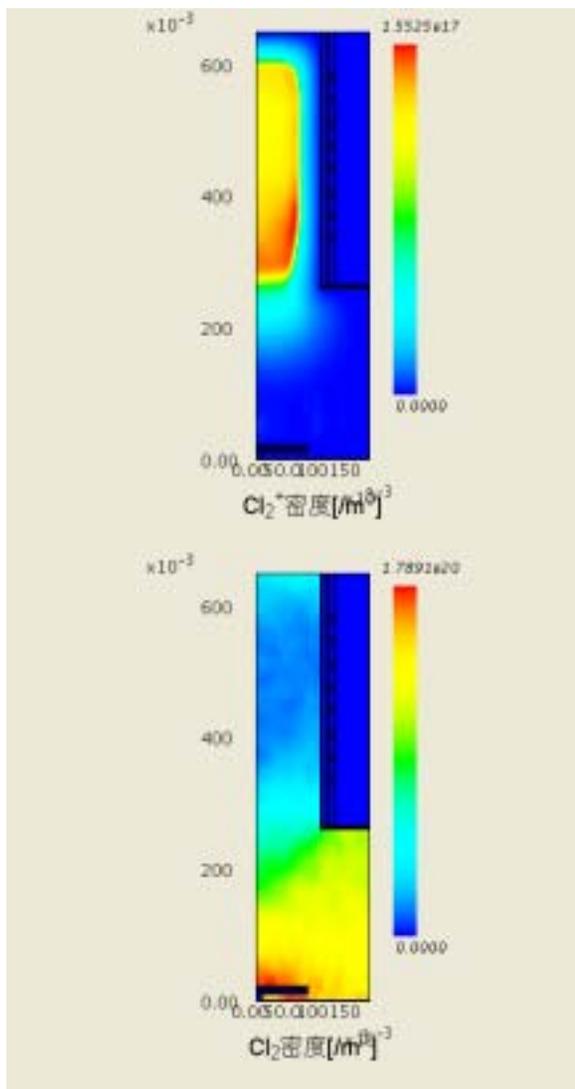
PHM+DSMCM ICP型装置



PHM+DSMCM ICP型装置



PHM+DSMCM ICP型装置



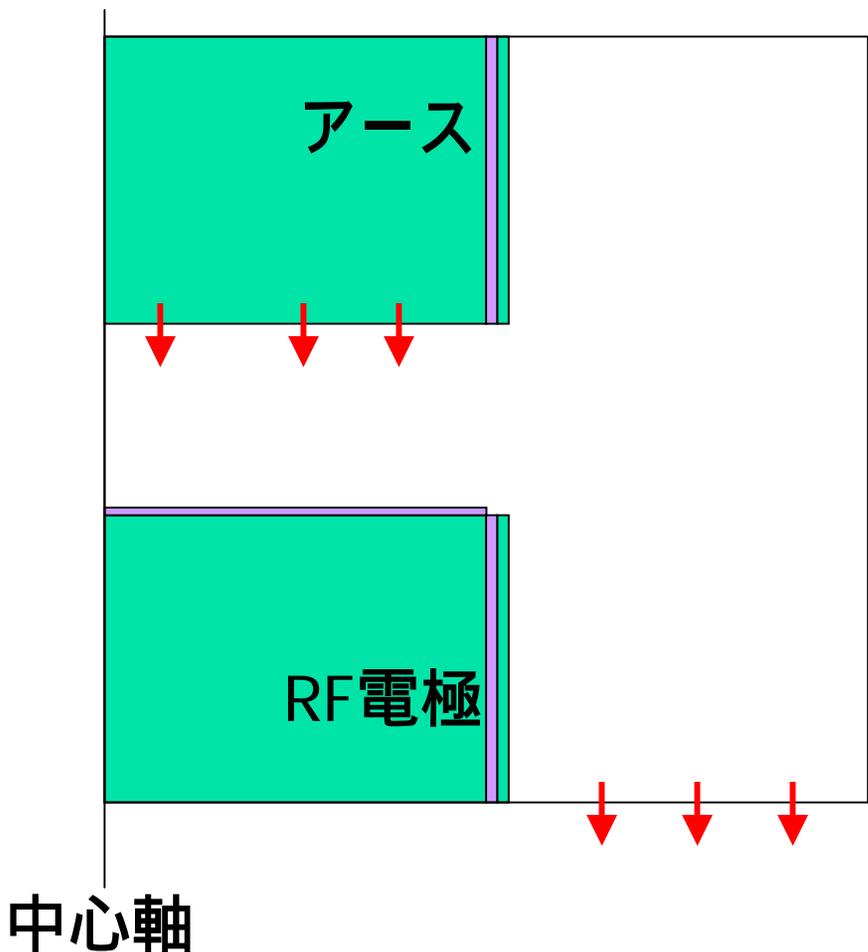
CCP装置

低ガス圧(10[Pa]以下)

PIC-MCCM

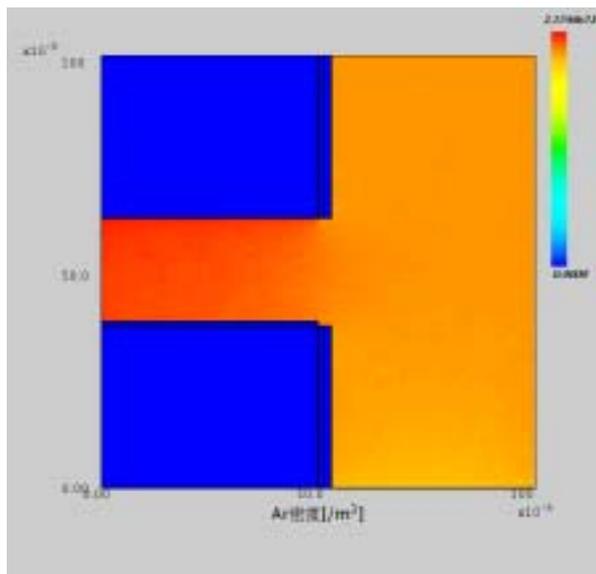
DSMCM

解析モデル

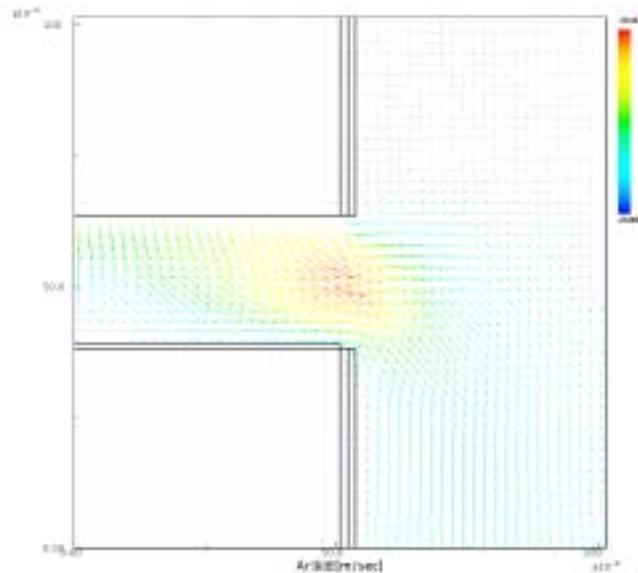


- 印加電圧 $V_{rf}=100[V]$
- ガス圧 およそ $5[Pa]$
(DSMCMで計算)
- 反応式
 - $e^- + Ar \rightarrow e^- + Ar$ (弾性散乱)
 - $e^- + Ar \rightarrow 2e^- + Ar^+$ (電離)
 - $e^- + Ar \rightarrow e^- + Ar^*$ (励起)
 - $e^- + Ar \rightarrow e^- + Ar^{4s}$ (励起)
 - $e^- + Ar^{4s} \rightarrow 2e^- + Ar^+$ (電離)
 - $Ar^+ + Ar \rightarrow Ar^+ + Ar$ (弾性散乱)
 - $Ar^+ + Ar \rightarrow Ar + Ar^+$ (電荷交換)

Step1. DSMCM によるArバッファガスの流れ場の計算

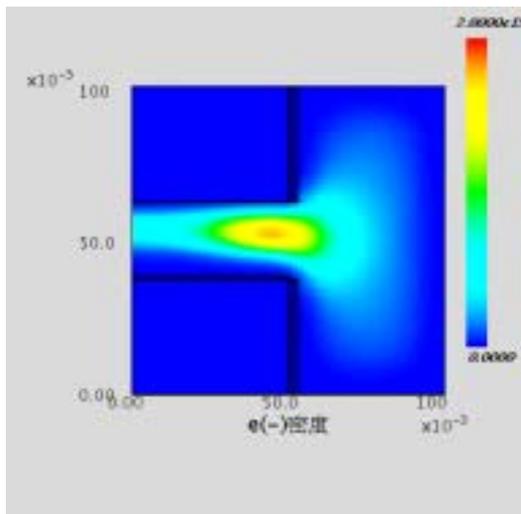


Ar密度分布

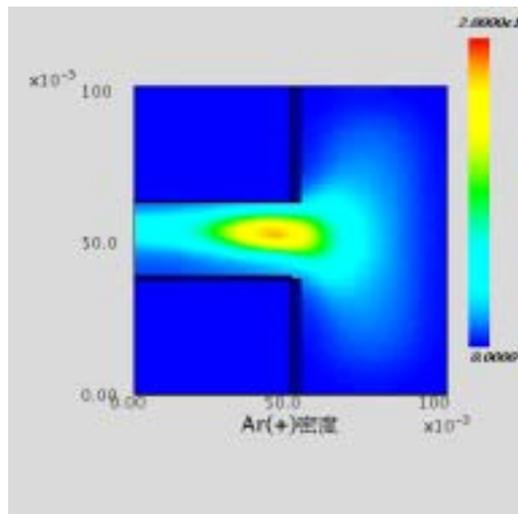


Ar速度分布

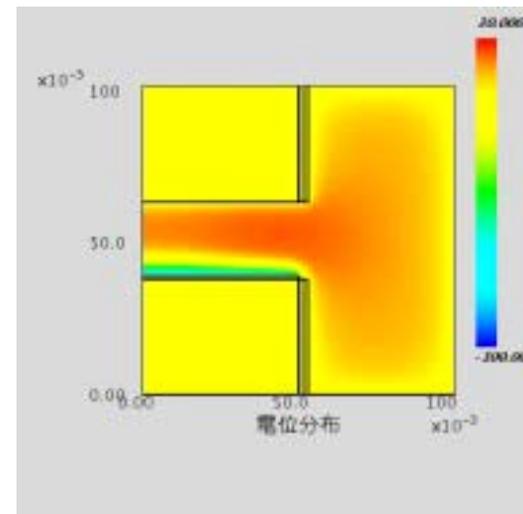
Step2. PIC-MCCM+DSMCM による プラズマ、励起種の計算



電子密度分布

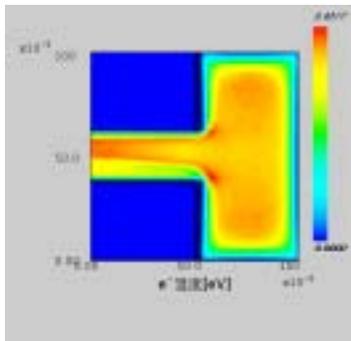


イオン密度分布

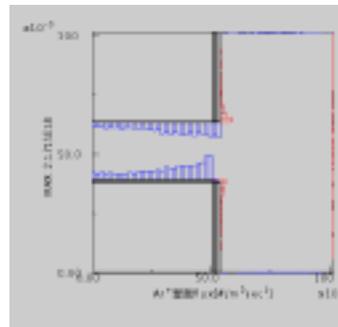


電位分布

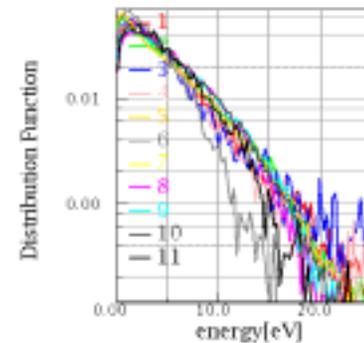
PIC-MCCM の出力物理量の一例



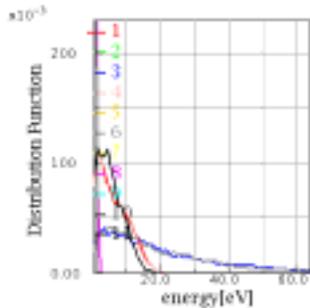
電子温度空間分布



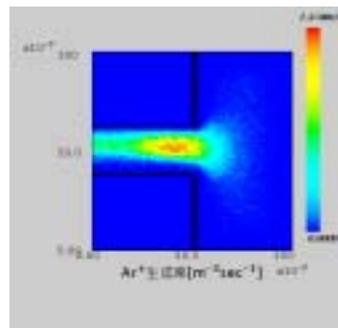
基板へのイオンフラックス



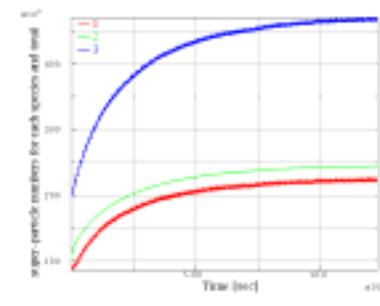
電子エネルギー分布



イオンエネルギー分布

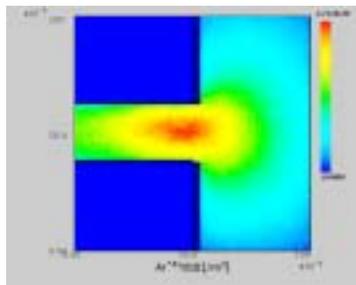


電離率空間分布

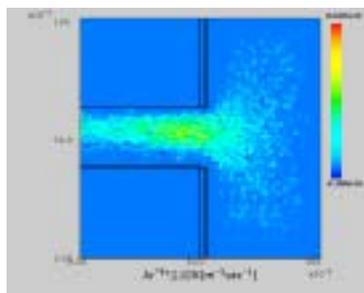


サンプル粒子数の時間変化

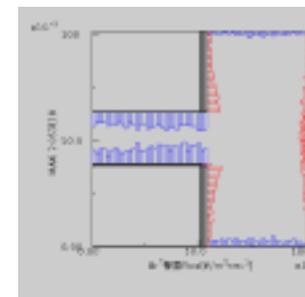
DSMCMの出力物理量の一例



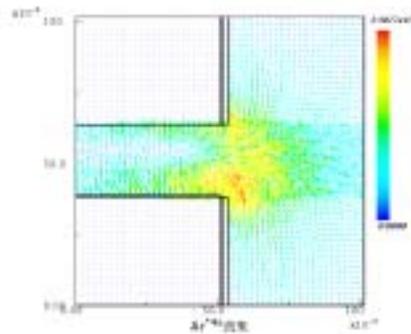
Ar^{4s}密度分布



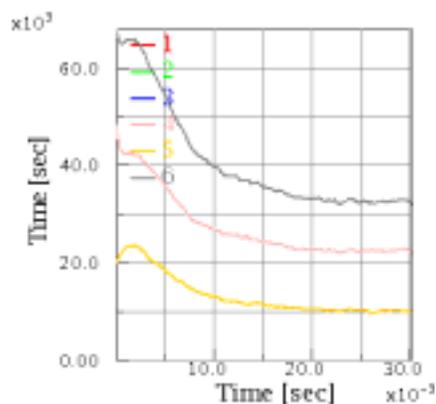
Ar^{4s}生成率分布



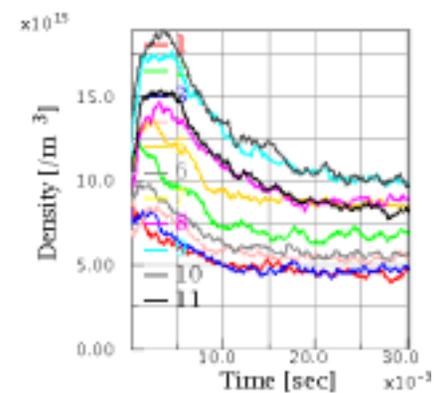
基板へのフラックス



Ar^{4s}空間フラックス



サンプル粒子数の時間変化



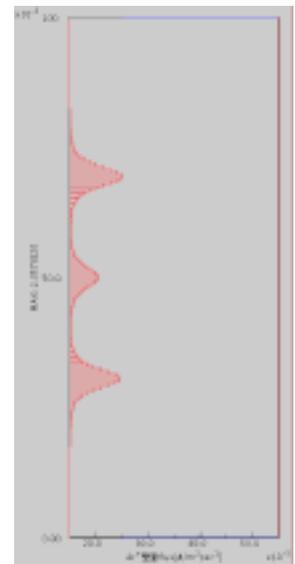
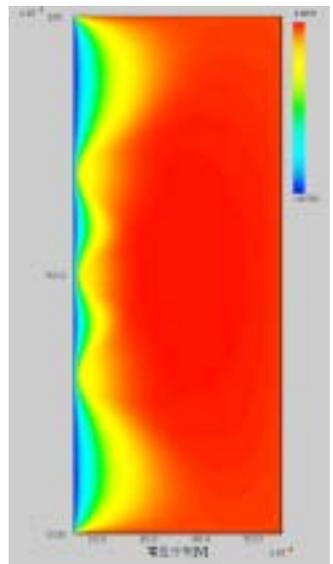
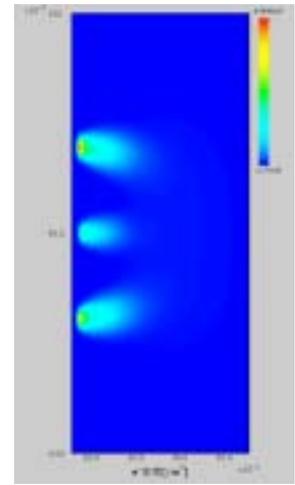
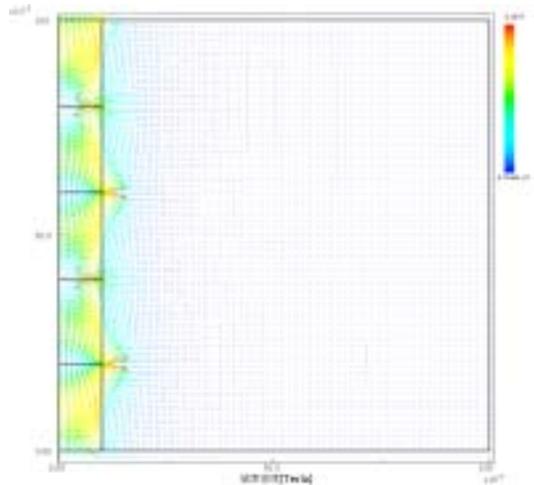
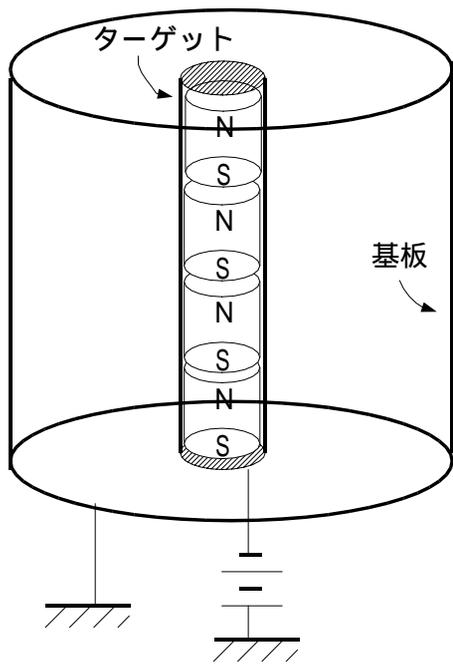
密度の時間変化

マグネトロンスパッタ装置

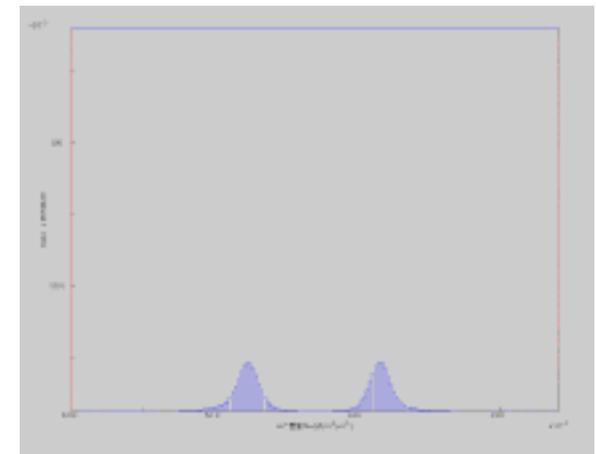
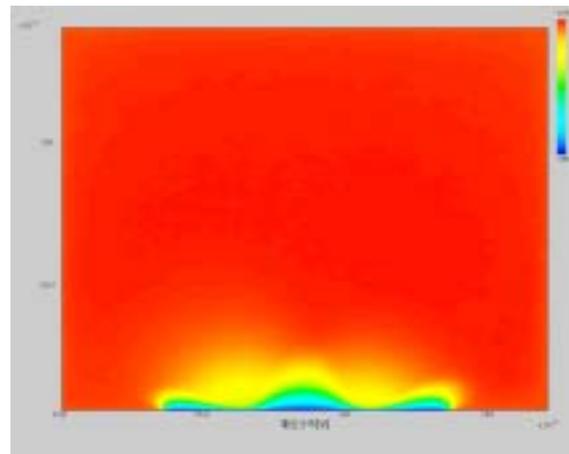
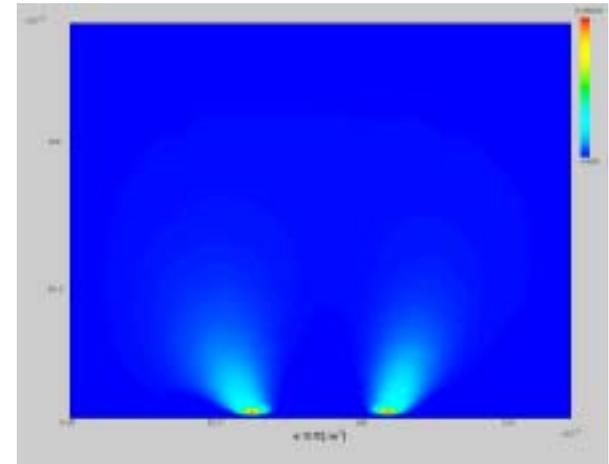
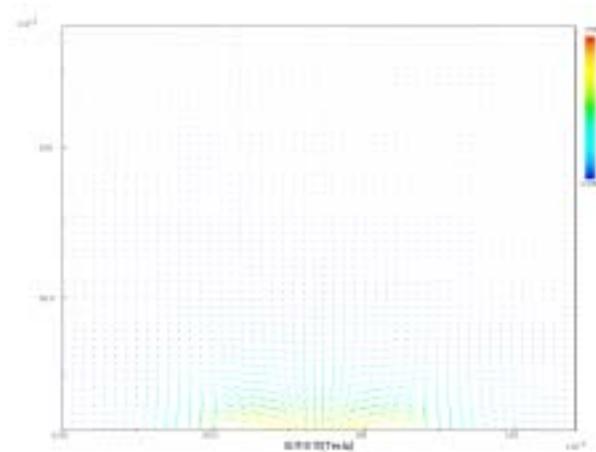
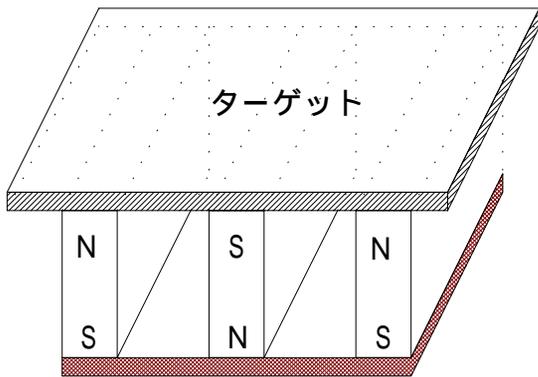
MSSM

PIC-MCCM

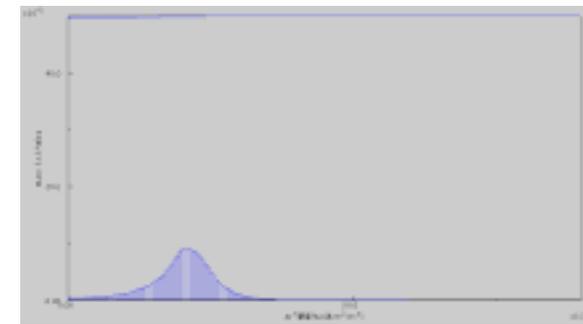
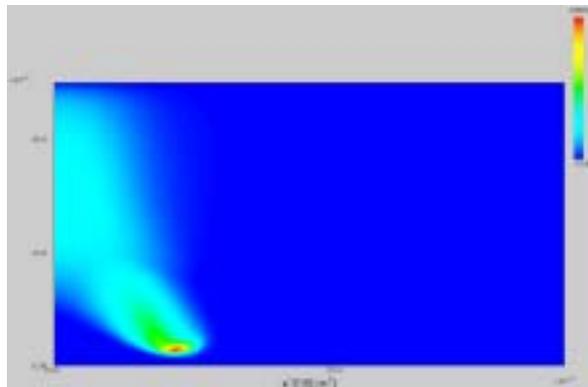
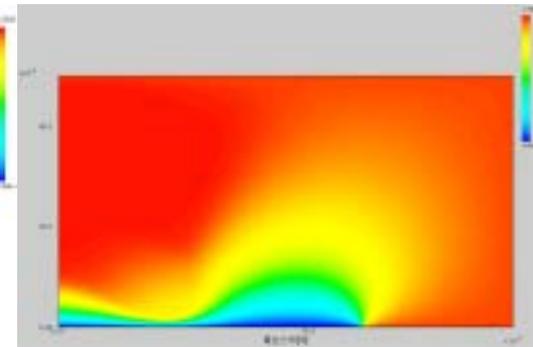
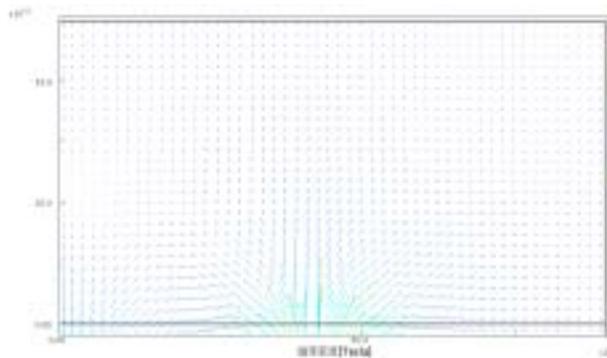
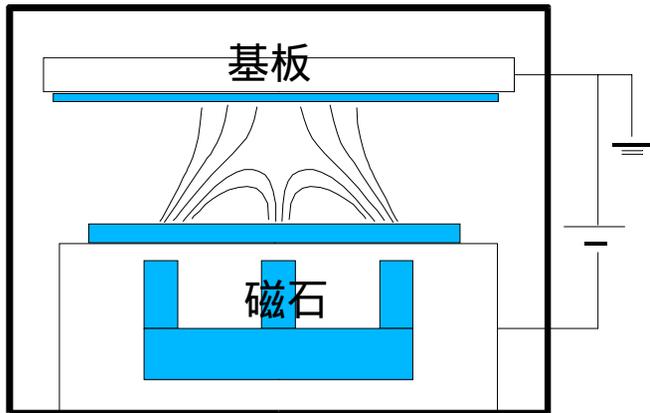
同軸円筒型



プレナー型



UBM 型の磁場配置 (アンバランスド・マグネトロン)



マグネトロンスパッタ装置

スパッタリングシミュレーション

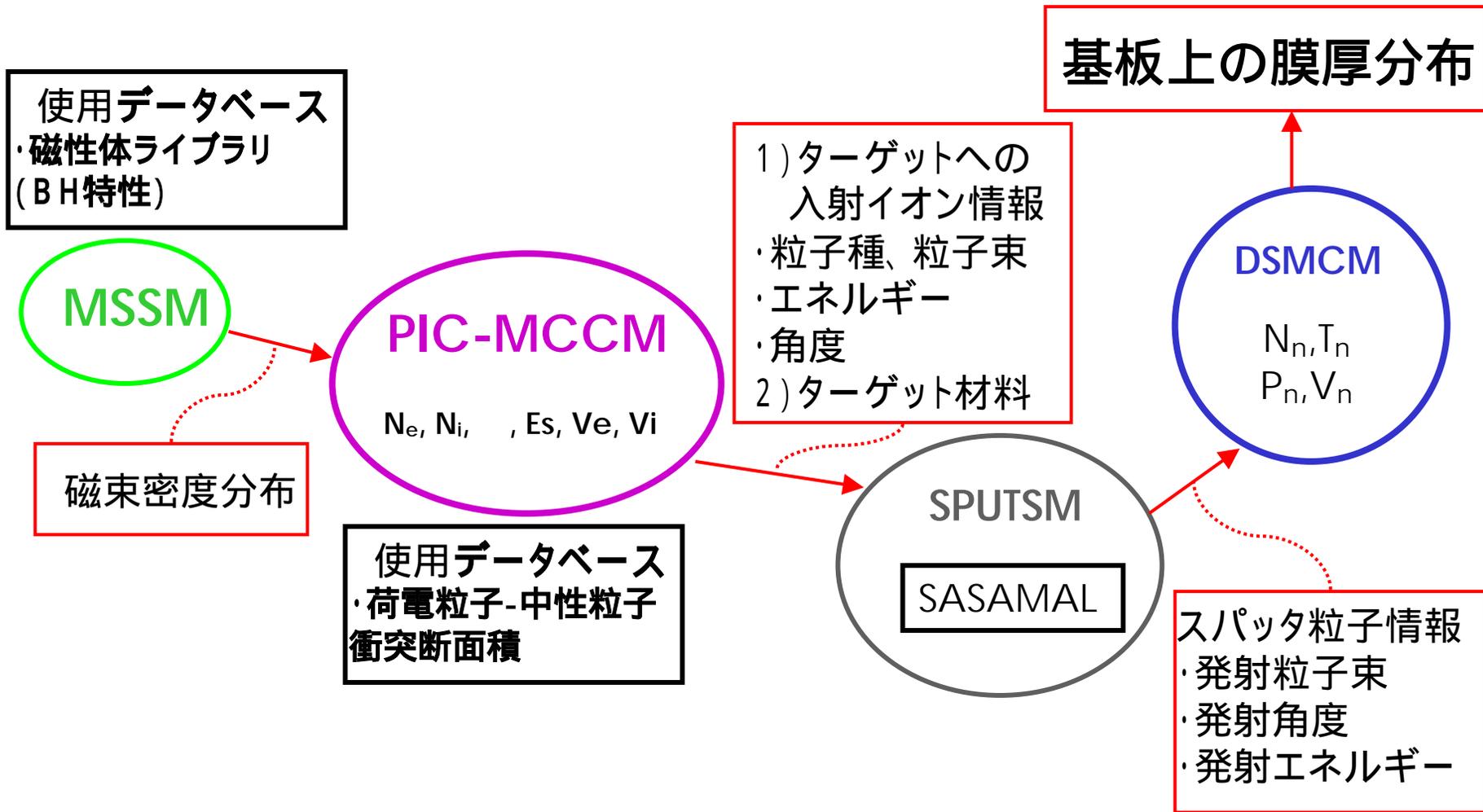
MSSM

PIC-MCCM

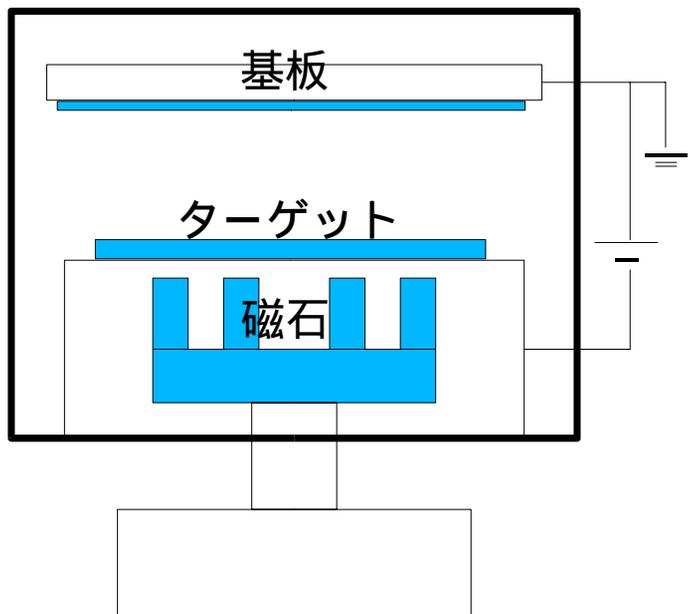
SPUTSM (表面科学系)

DSMCM

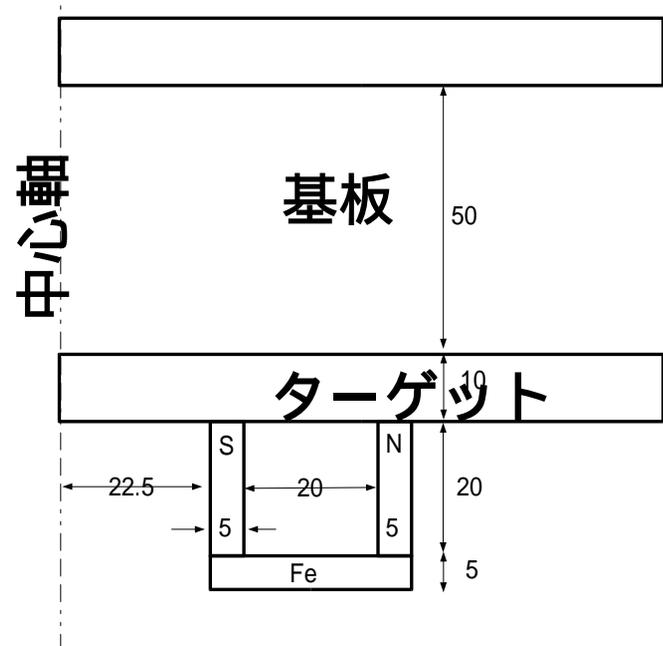
2次元マグネトロンスパッタシミュレーション概略図



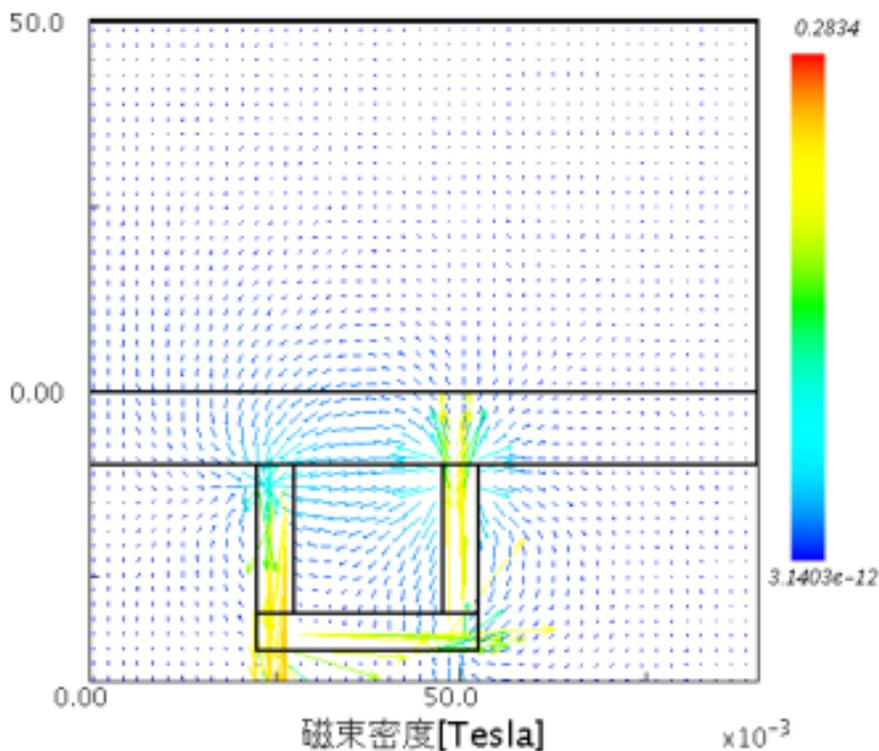
解析モデル



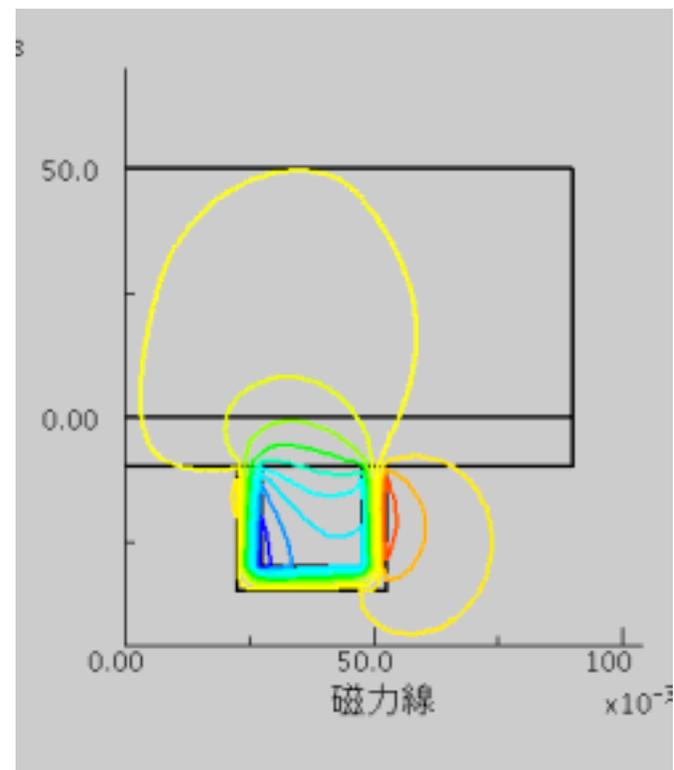
2D円柱座標系
でモデル化



Step1. MSSM による静磁場解析

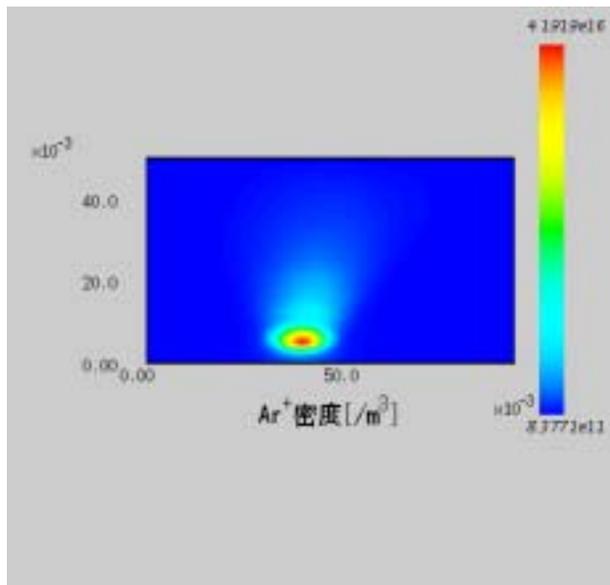


磁束密度分布

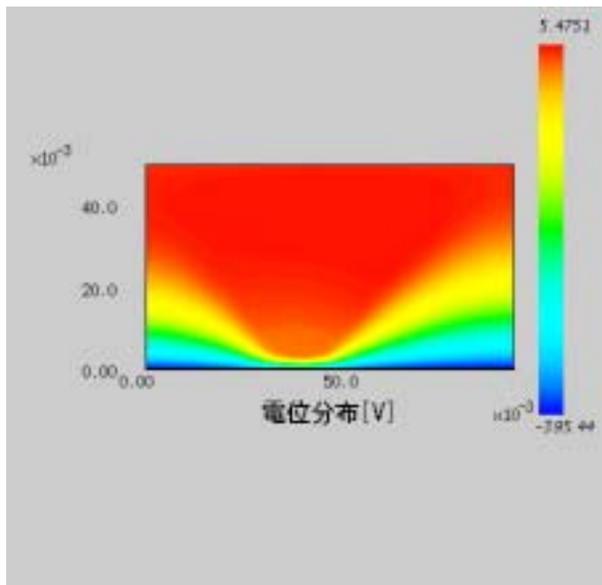


磁力線

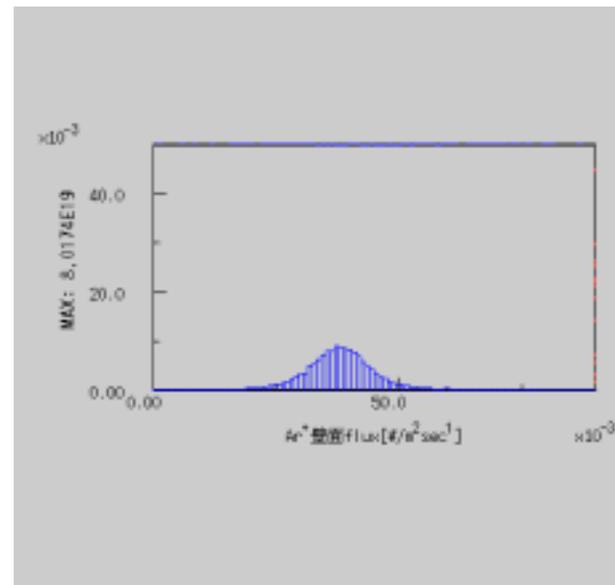
Step2. PIC-MCCM によるプラズマ解析



Ar⁺ 密度分布

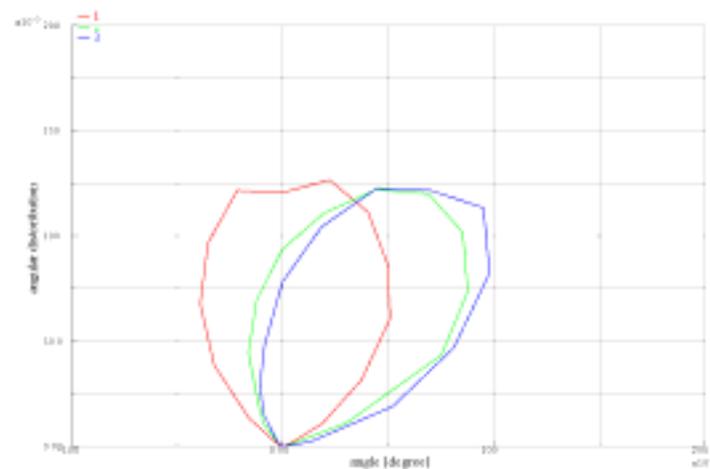
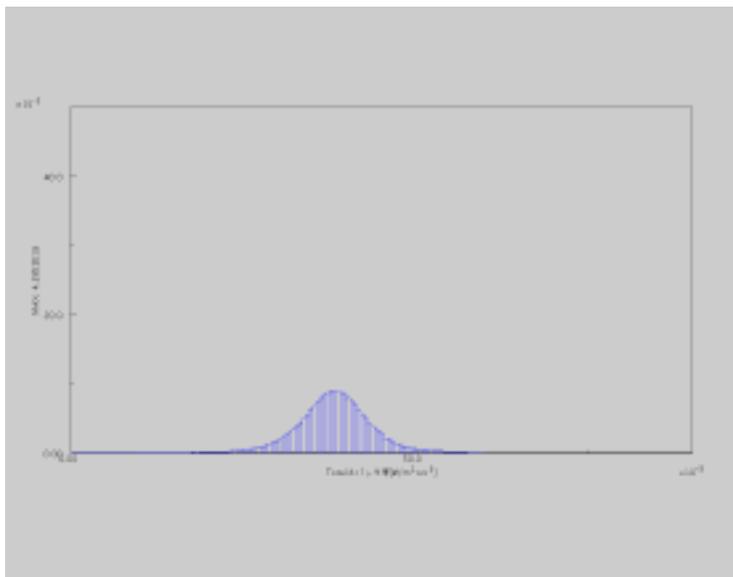


電位分布



Ar⁺ ターゲットへの
フラックス分布

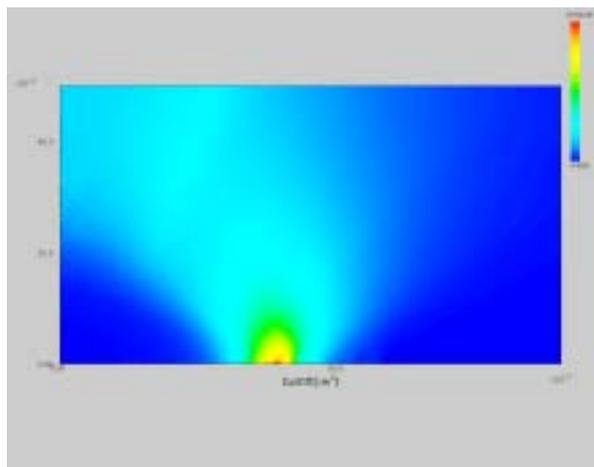
Step3. SPUTSMによるスパッタリングシミュレーション



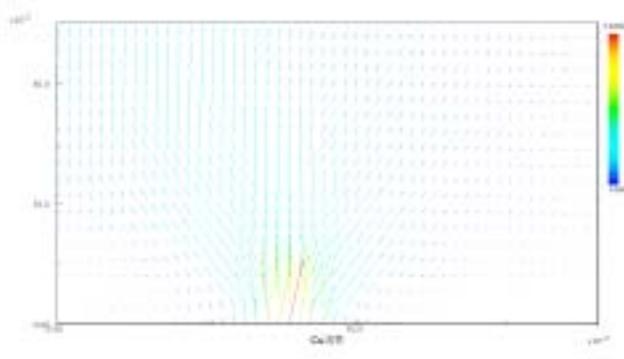
スパッタリングフラックス分布
(ターゲットの損耗分布)

スパッタリング粒子放出角度分布

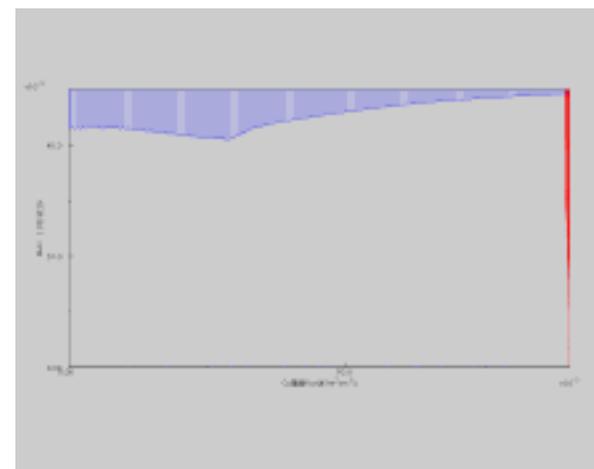
Step4. DSMCM によるスパッタ粒子の挙動解析



スパッタ粒子(Cu)
の密度分布



Cu 空間フラックス分布



Cu 基板へのフラックス分布

表面科学系シミュレータ概要

表面科学系シミュレータ

- 材料表面で生じる物理現象
 - スパッタリング現象、イオン注入
 - SASAMAL, SPUTSM
 - スパッタリング率やDepth Profile を求める。
 - イオン注入
 - シースを通過して表面に達する荷電粒子
 - SMCSM(シース内モンテカルロシミュレーションモジュール)
 - シース内の荷電粒子の運動を追跡してエネルギー分布関数等を求める。

についてシミュレーションを行うモジュール群

SASAMAL、SPUTSM

- 2体衝突モデルに基づき、入射イオンとターゲットを構成する原子がどのように運動していくかを追跡し、スパッタリング率やDepth Profileをシミュレーションにより求めるモジュール
 - 入力
 - 基板へのイオンのフラックスやエネルギー
 - ターゲットの組成の初期の深さ分布
 - 出力
 - スパッタリング率
 - ターゲット組成の分布の変化
 - 入射イオンのDepth Profile

動的モンテカルロシミュレーションソフトウェア

dynamic-SASAMAL

Simulation of Atomic Scattering in Amorphous MAterials
based on Liquid model

宮川佳子・宮川草児

産業技術総合研究所 中部センター（名古屋）
基礎素材研究部門

プラズマと固体表面との相互作用

成膜:ラジカル付着、イオン衝撃

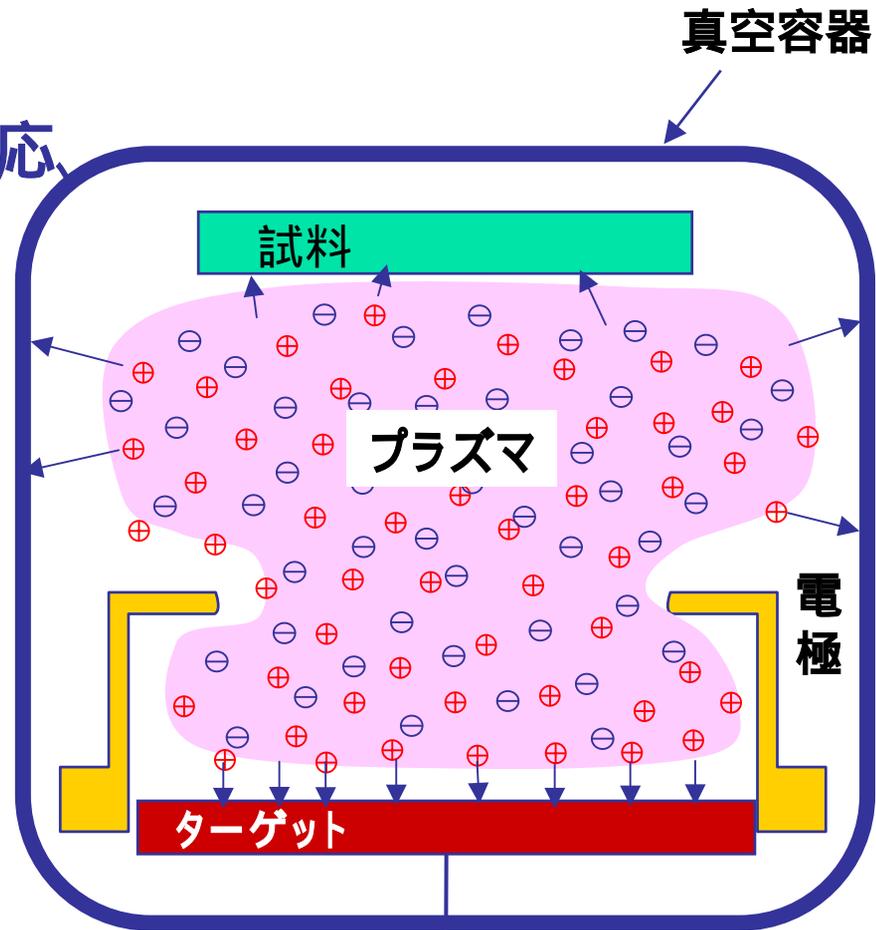
スパッタリング:イオン衝撃

エッチング:エッチングガスの化学反応、
イオン衝撃

表面改質:イオン衝撃、電子衝撃

壁からの不純物混入:
スパッタリング

PECVD装置
エッチング装置
マグネトロンスパッタ装置
イオン注入装置 等



イオン・固体相互作用シミュレーション・コードの分類

2体衝突近似法

非結晶
モンテカルロ法

結晶

TRIM
ACAT
SASAMAL

MARLOWE
Crystal-TRIM
ACOCOT
COSIPO
XTOPS

動的モンテカルロ法

EVOLVE
TRIDYN
ACAT-DIFFUSE
dynamic-SASAMAL

分子動力学法

PARASOL, MD-TOPS
MODYSEM, SPUT3
MOLDYCASK, MOLDY

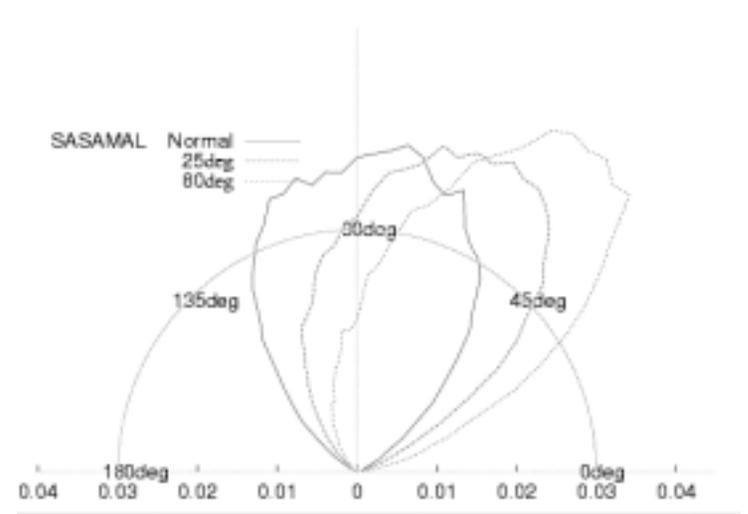
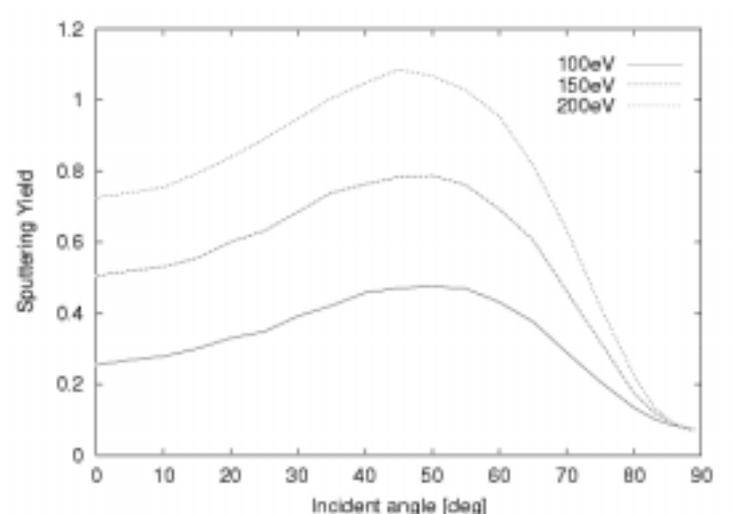
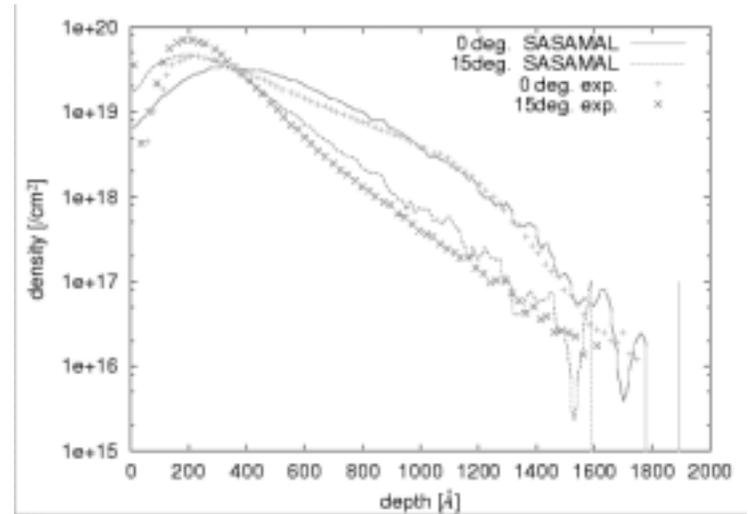
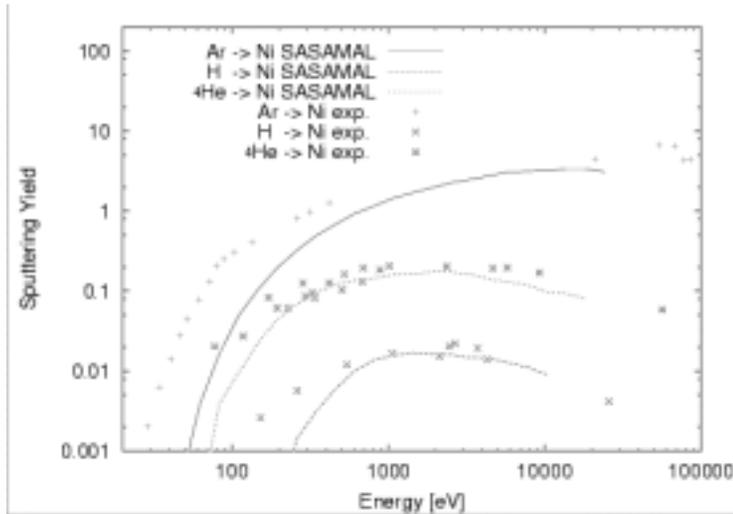
2体衝突近似法 (BCA) は、イオンと固体との相互作用を再現する適切な物理的モデルを導入することによって、計算時間を短縮している。これにより、BCA コードは、イオン注入、放射線損傷、スパッタリング、表面散乱などのシミュレーションに使われ、成功してきた。

モンテカルロ法 : 非結晶ターゲットを取扱う2体衝突近似コードでは、ターゲット原子の位置、衝突係数、あるいは、散乱角の決定に確率論的な手法を用いているので、モンテカルロ法と呼ばれている。

動的モンテカルロ法 : 線量依存性を予測する。

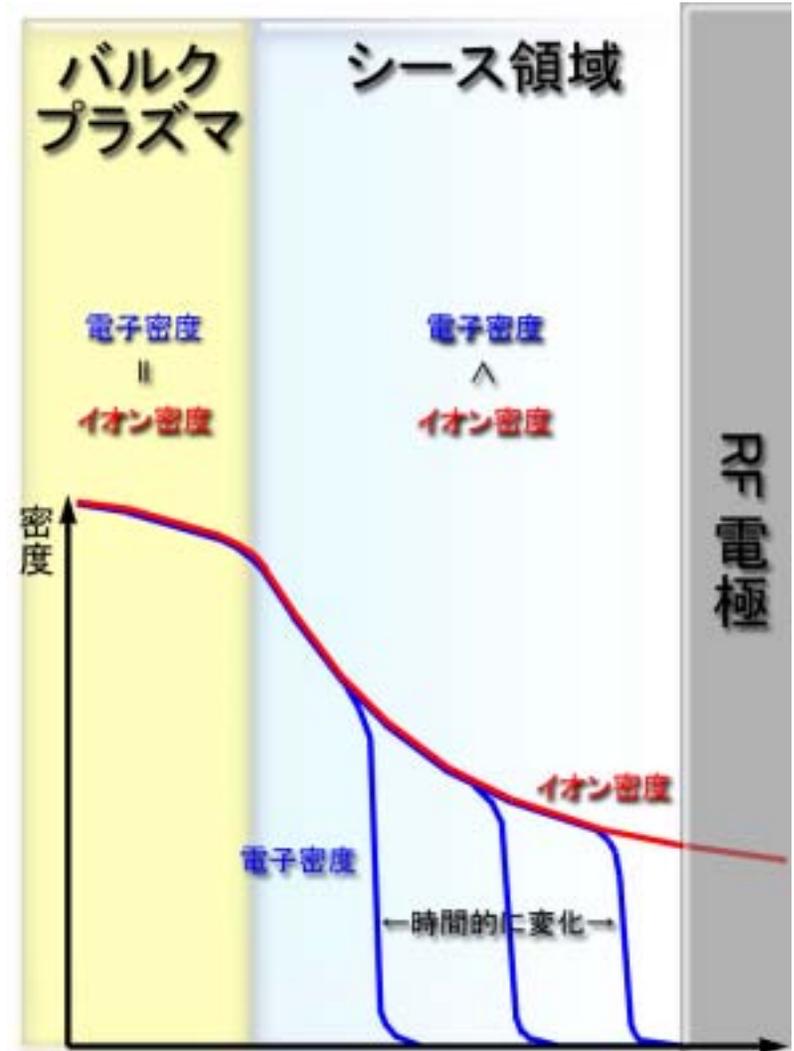
元素組成の深さ分布、損傷の深さ分布、薄膜形成
選択スパッタリング等

SASAMAL (出力例)

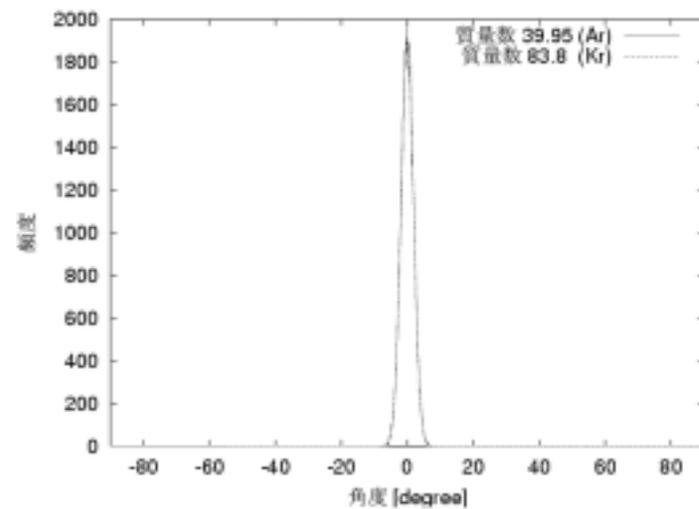
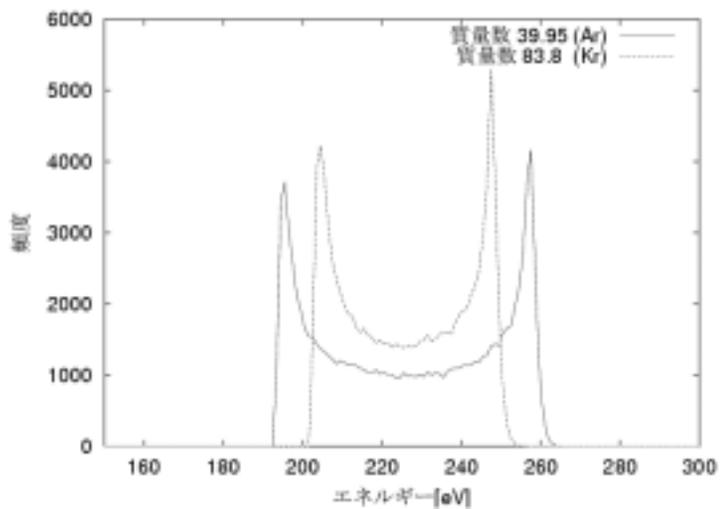
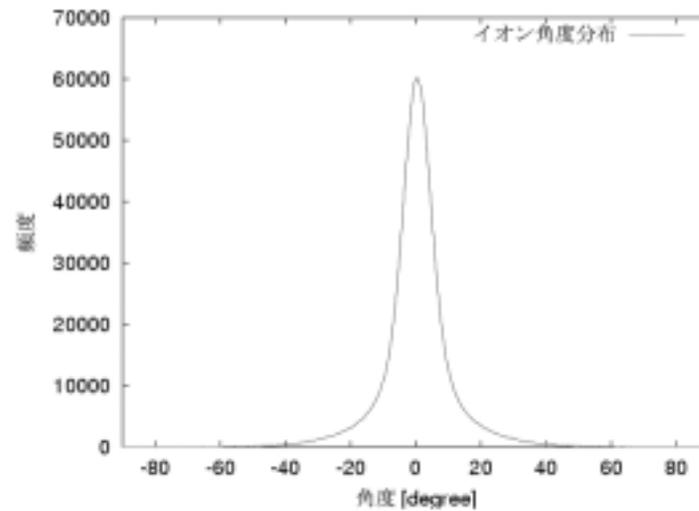
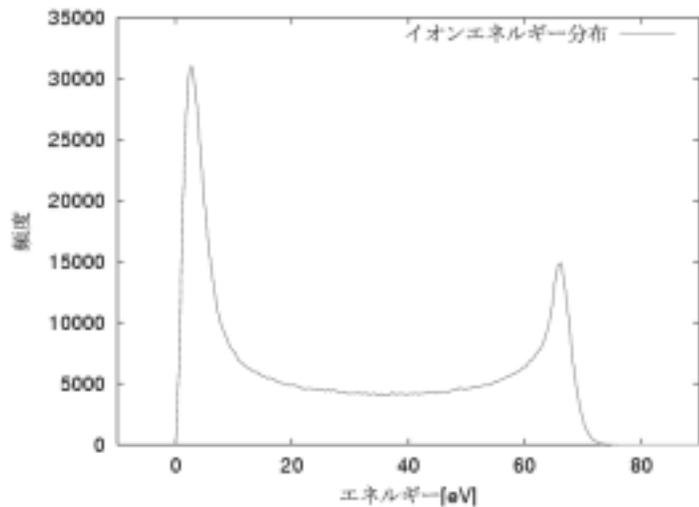


SMCSM

- 予め計算により求められた時間的に変化するシース内の電子、イオンの運動を追跡し、ターゲット上でのエネルギー分布や角度分布を求めるモジュール
 - 入力
 - シースの厚さや電界の時間変化
 - シース端でのイオン、電子フラックス等
 - 出力
 - ターゲット上での EEDF, IEDF, IADF
- Liebermannモデル(あるいはPHM)により、1次元の時間依存のシース内の電界を計算する。
- プラズマシース境界から荷電粒子(電子あるいはイオン)を入れる。
- プラズマシース境界から壁面に達するまで、時間変化する電界の中での荷電粒子の運動を追跡する。
- 壁面に到達した荷電粒子のエネルギー等をサンプリングして出力する。



SMCSM (出力例)



PEGASUS動作環境ほか

■ GUI機能 / プレポスト機能

- 付属のGUIツール(GUIM)を使用
- 任意の断面グラフ表示、GIFデータ出力、印字出力、テキストデータ入出力、画面表示の任意拡大機能ほか

■ オペレーティングシステム

- Intel系CPU
WindowsNT/2000/XP、Linux
- EWS
Tru64 UNIX、Digital UNIX v4.0D以上

■ メモリー容量

512MB以上推奨

■ ハードディスク容量

20GB以上推奨
主に作業領域、プログラムは200MB

■ その他

Java実行環境

3次元希薄気体挙動解析ソフトウェア

RGS3D

RGS3Dの概要

- 希薄気体となる条件下で、
気体分子運動論の支配方程式をDSMC法により数値的に解く
シミュレーションソフトウェア (計算手法はDSMCMと同様)
- 適用分野
 - 各種真空容器、装置内の流れ解析
 - 真空ポンプ内の流れ解析
 - 真空蒸着シミュレーション
- 特長
 - Weight Algorithm により、密度差が大きい多種粒子種の計算が可能
 - 分子流領域のとき、高速なモンテカルロ法計算機能

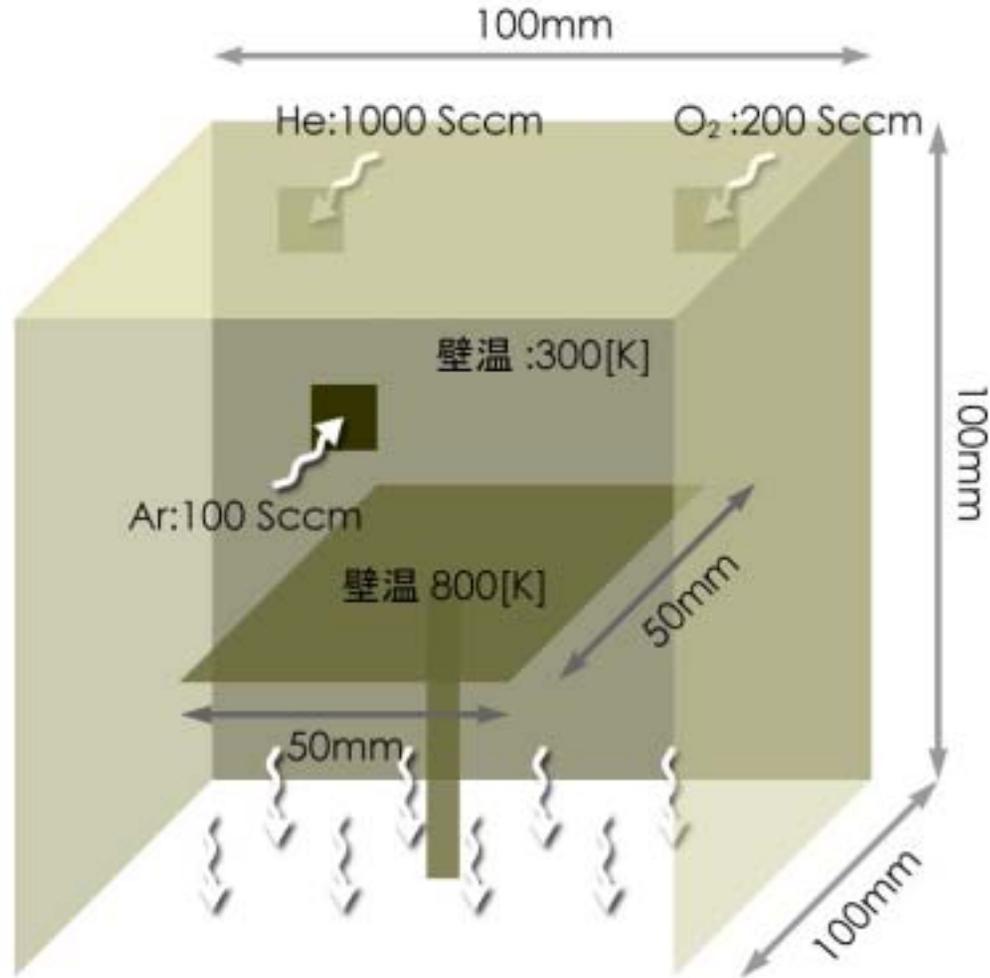
機能

- 空間分割メッシュ形状
 - 2次元3次元任意形状
- 分子間衝突(最大衝突数法)
- 分子模型(剛体球モデル)
- 反応(カスタマイズ機能)
 - 壁面上での定義
 - 解離/結合などの分子間衝突時での定義
- 入力項目
 - 粒子種毎質量、直径(剛体球モデル)、流入/流出境界条件(流入量、流入速度分布、境界反射条件など)
 - プレによる入力
 - メッシュ分割、流入/流出境界、壁温
- 出力項目
 - サンプル粒子数時刻歴、各粒子種に対する温度 / 圧力 / 密度 / 速度分布、境界壁への入射粒子束、エネルギー分布

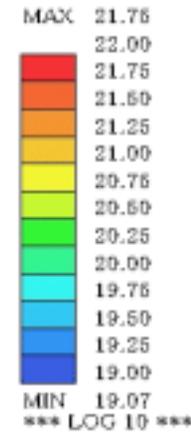
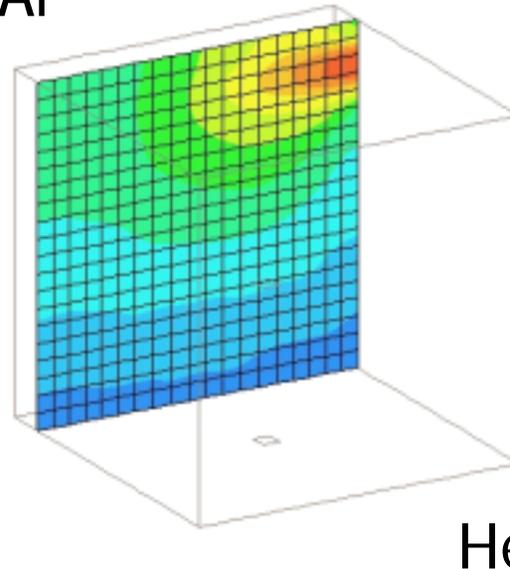
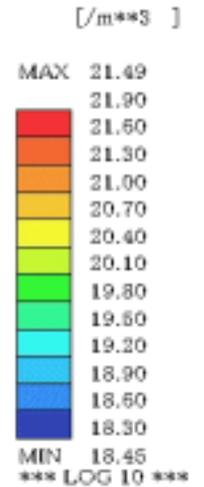
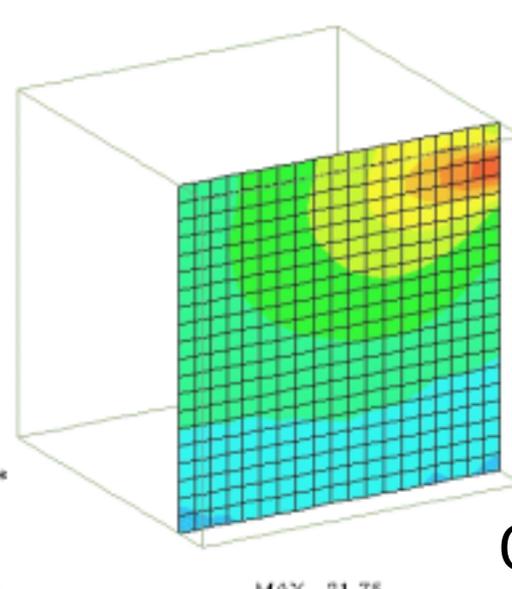
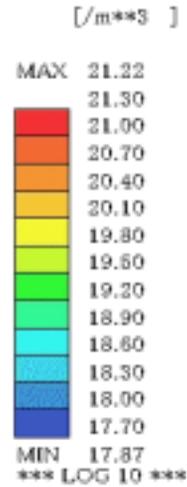
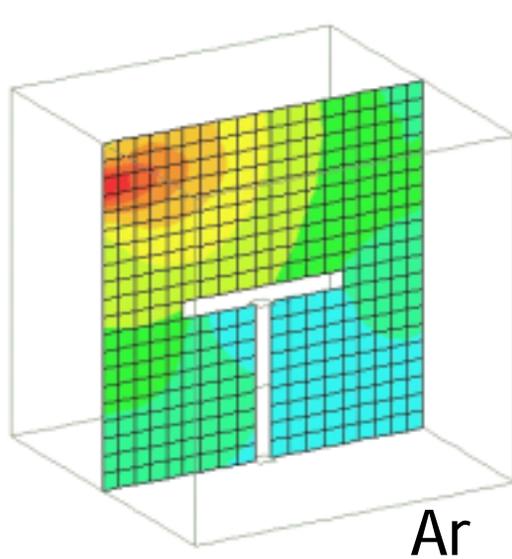
RGS3D 解析例

- 混合ガス希薄気体解析 ▶
- 真空蒸着における膜厚分布の検証例 ▶
- 真空蒸着(実験との比較) ▶

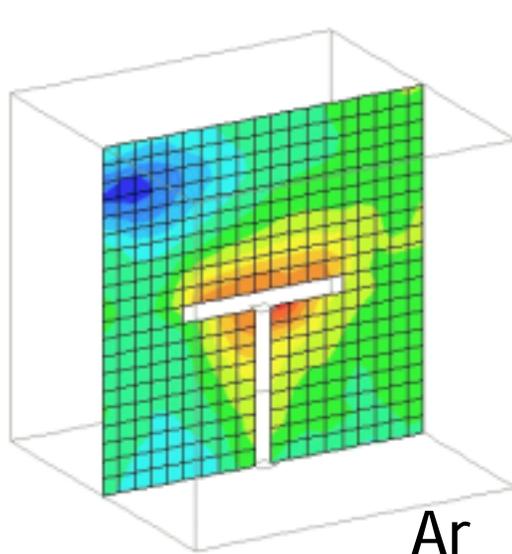
混合ガス希薄気体解析 解析モデル



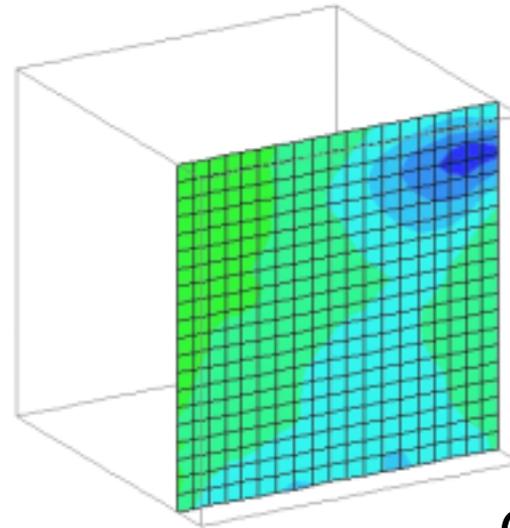
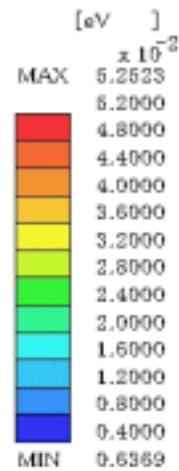
混合ガス希薄気体解析 密度分布



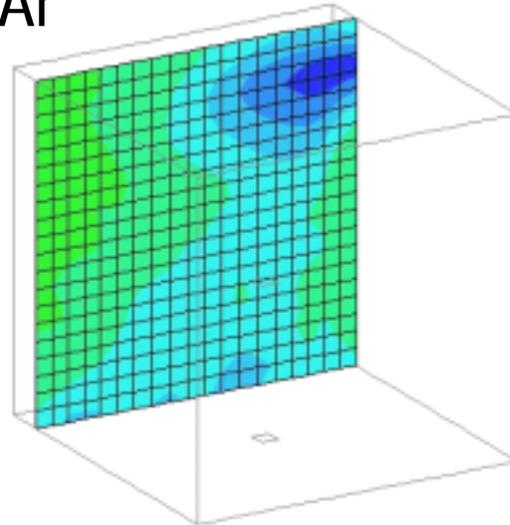
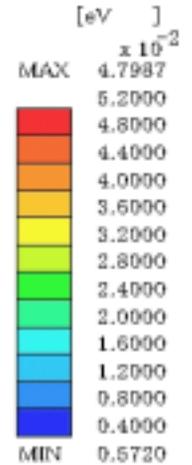
混合ガス希薄気体解析 温度分布



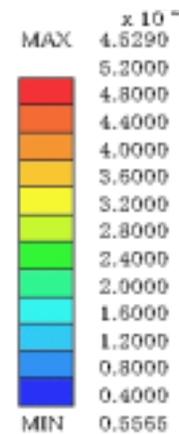
Ar



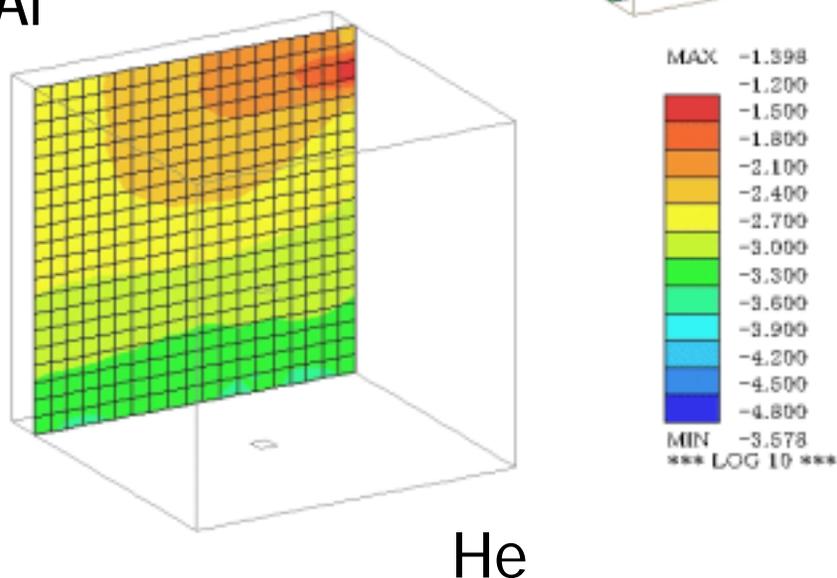
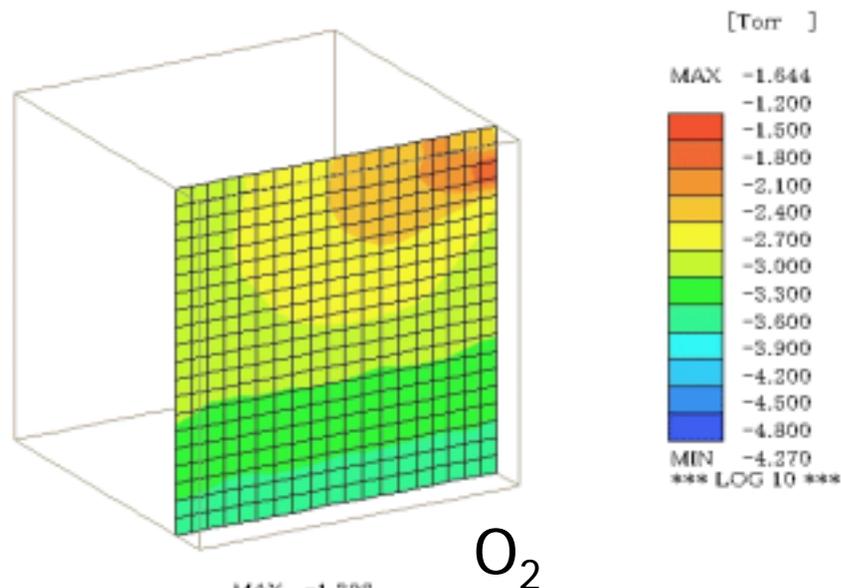
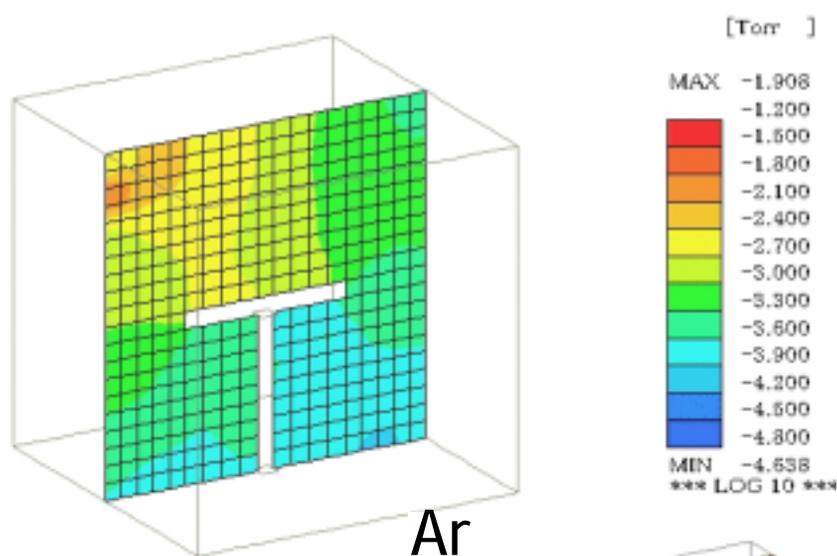
O_2



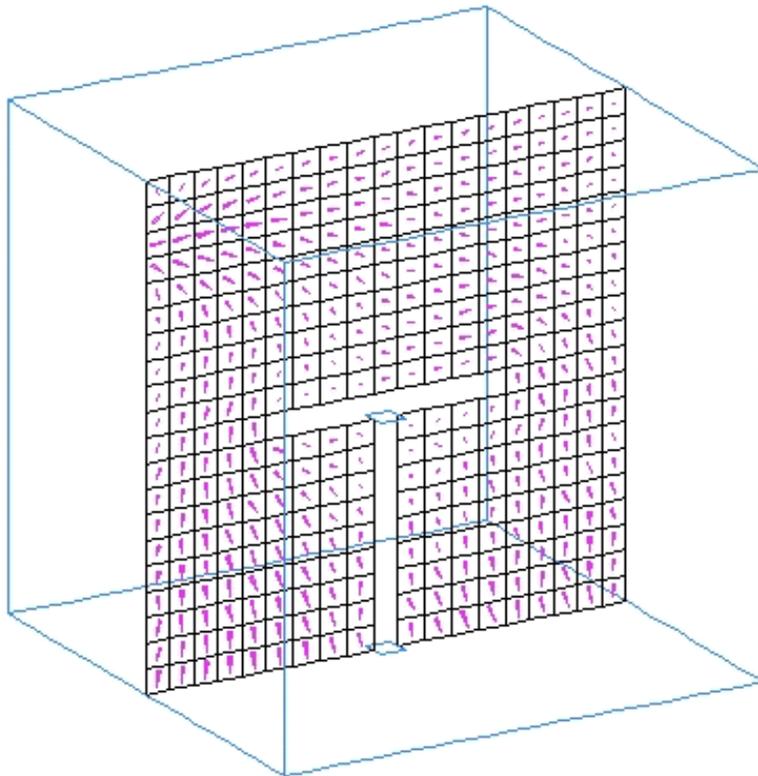
He



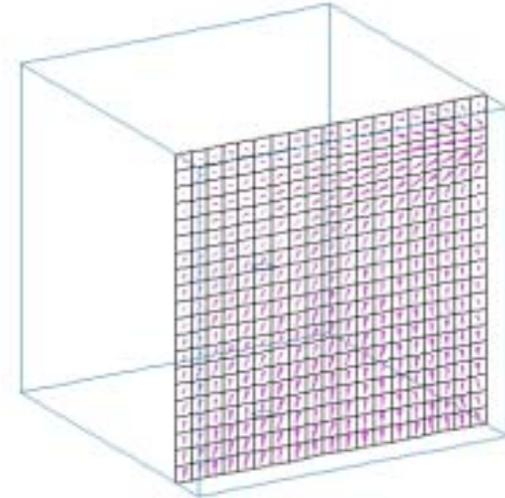
混合ガス希薄気体解析 圧力分布



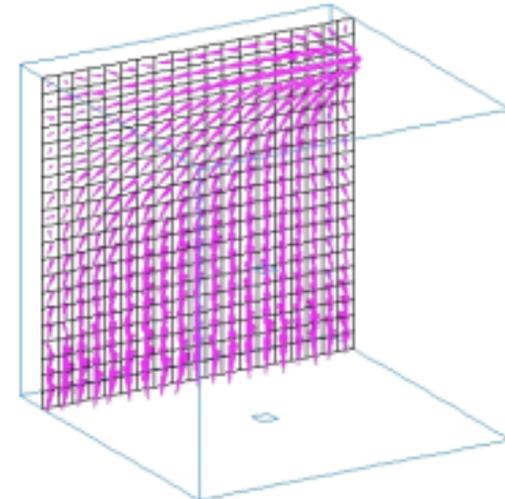
混合ガス希薄気体解析 速度分布



Ar



O₂



He

真空蒸着における膜厚分布の検証例

解析モデル

蒸発物質 : Al

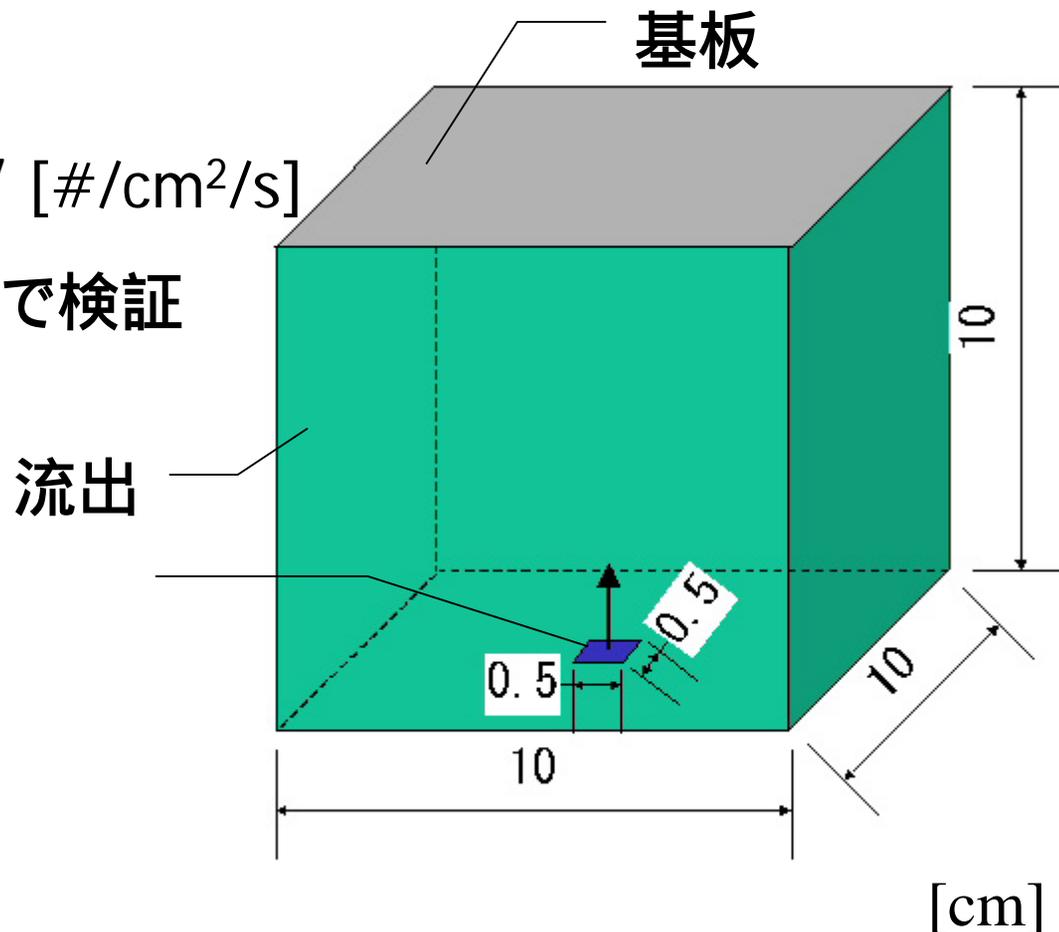
蒸発温度 : 1000 [K]

蒸発速度 : 1.8×10^{17} [# / cm² / s]

基板上での膜厚分布で検証

蒸発源

- 1) 点蒸発
- 2) 面蒸発 (5mm角)



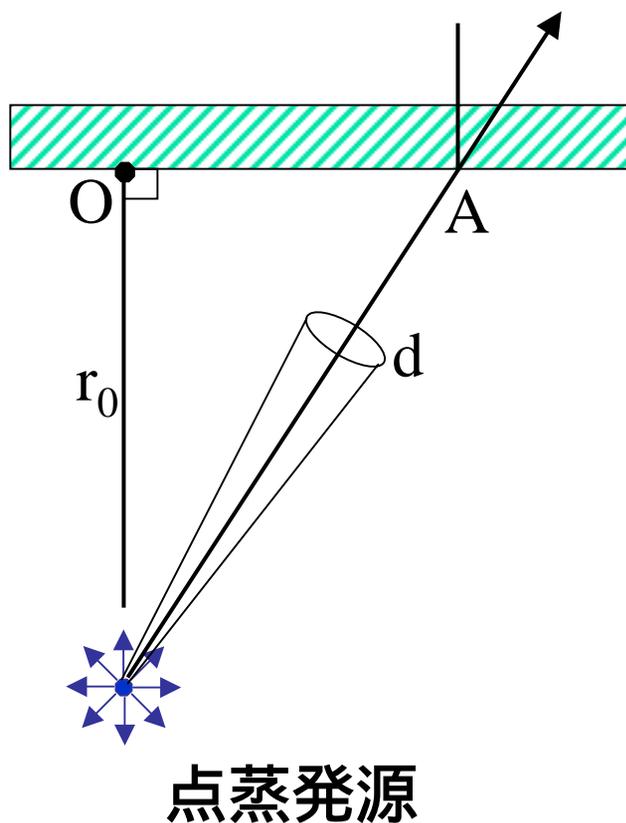
真空蒸着における膜厚分布の検証例

膜圧分布 (参考文献: “薄膜工学”、2003、丸善)

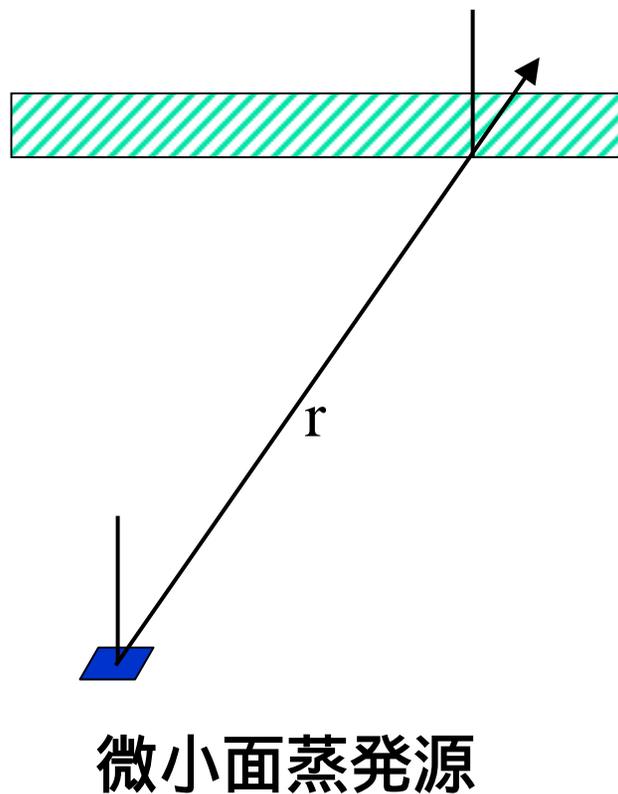
\cos^3

膜圧分布

\cos^4 (=)



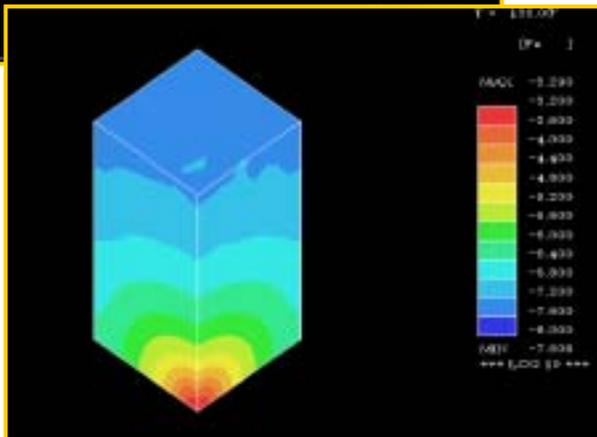
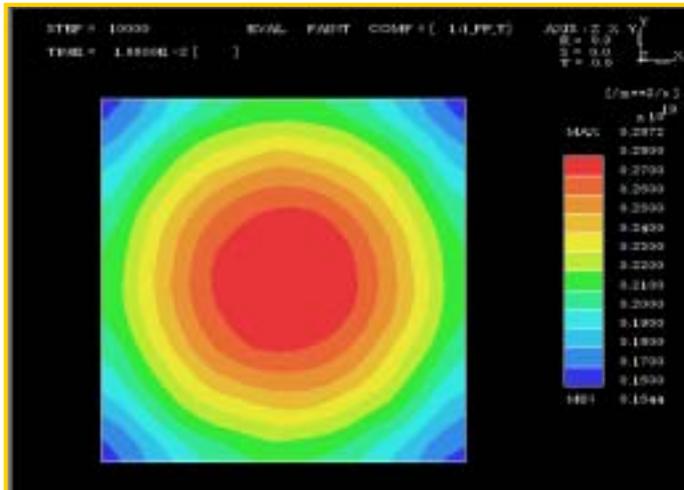
基板面



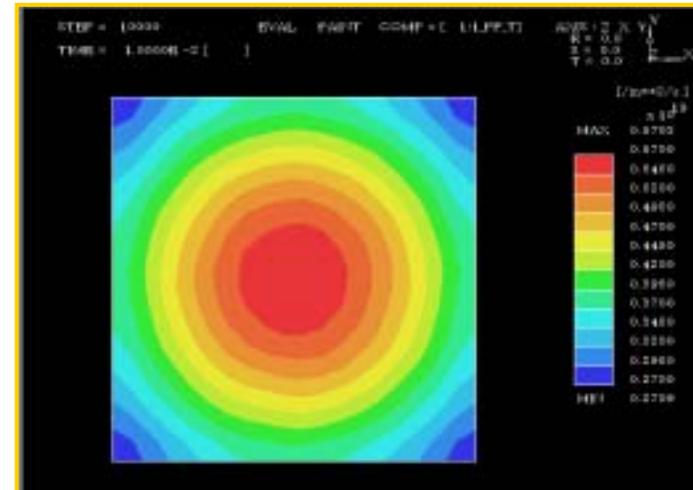
真空蒸着における膜厚分布の検証例

粒子フラックス分布、圧力分布

点蒸発源

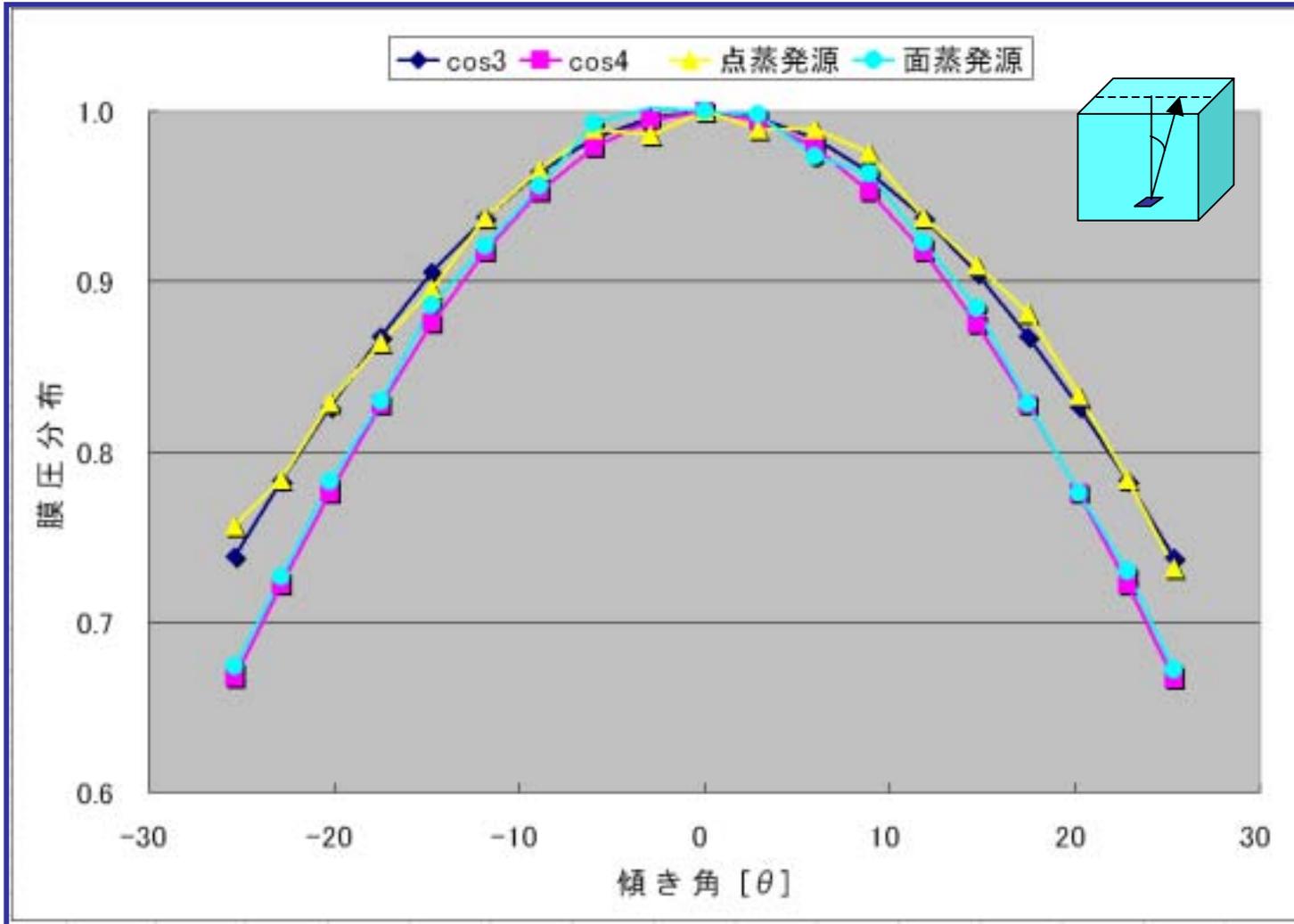


面蒸発源



真空蒸着における膜厚分布の検証例

粒子フラックス分布



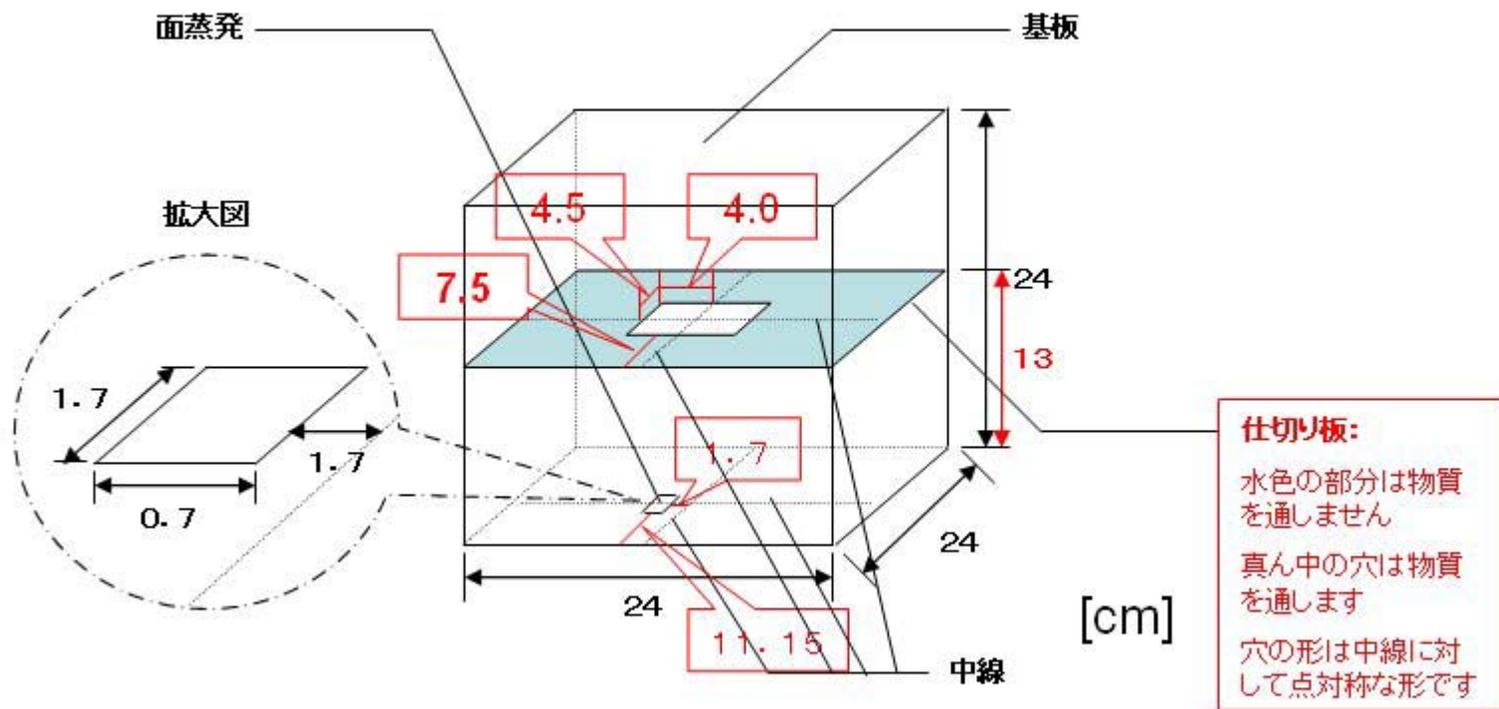
真空蒸着 (実験との比較)

実験結果のご提供

千葉大学 工学部 電子機械工学科
分子機能デバイス教育研究分野

中村 雅一 助教授

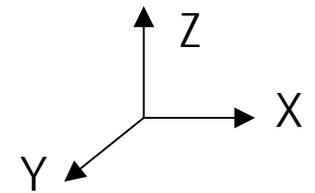
真空蒸着 (実験との比較) 装置図



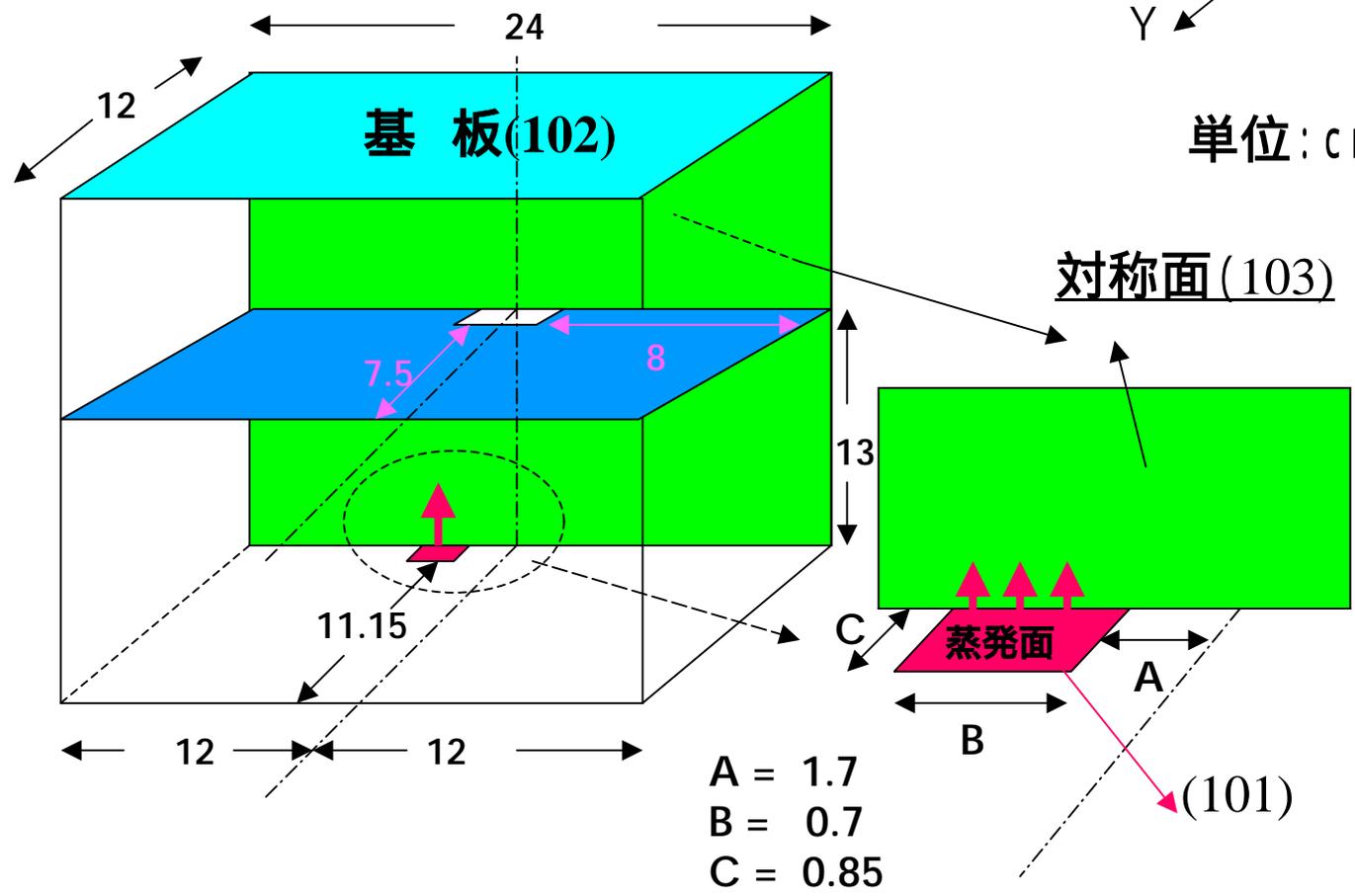
真空蒸着 (実験との比較) モデル図

Y方向1/2モデル

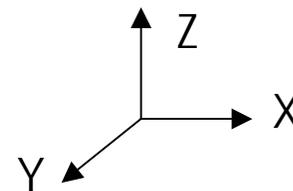
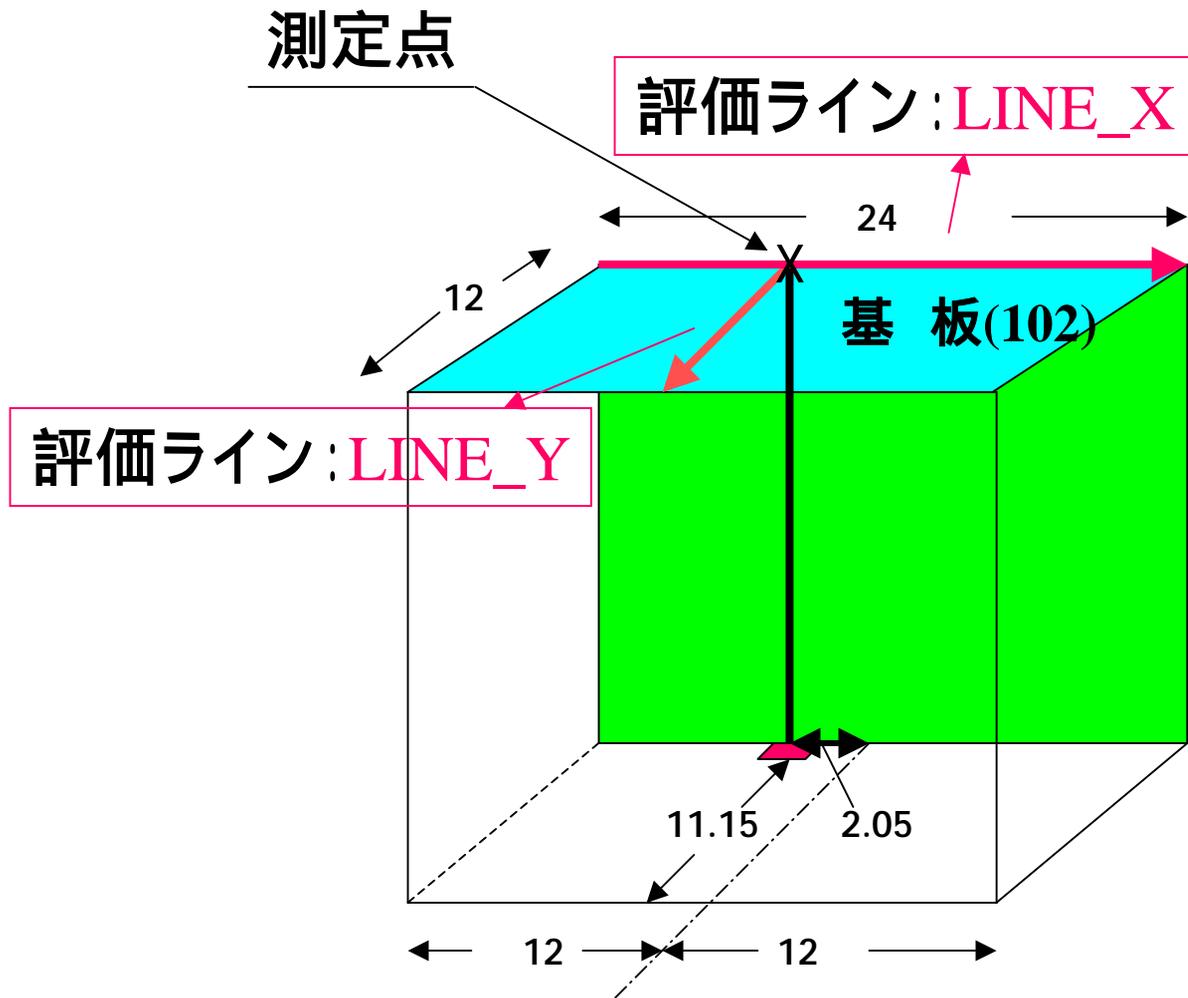
対称境界、流入境界を除いて、すべて吸着壁



単位: cm



真空蒸着 (実験との比較) 測定点と評価ライン

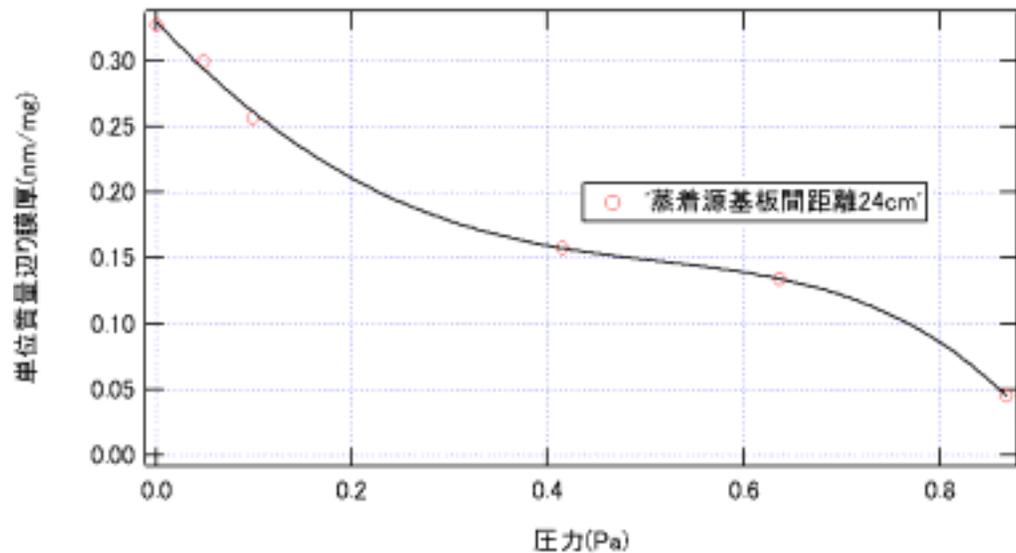


単位: cm

真空蒸着 (実験との比較) 実測値

蒸着源基板間距離

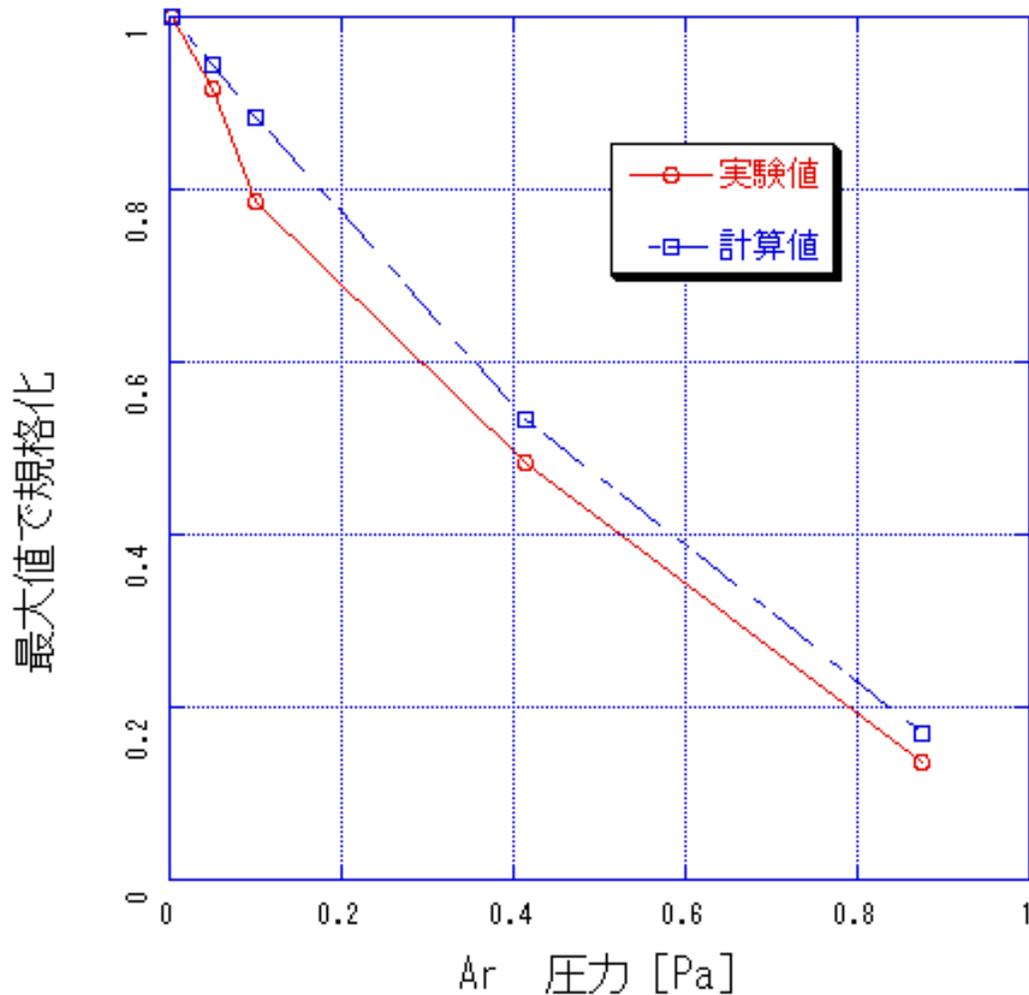
24cm



素子番号	材料単位質量辺りの膜厚(nm/mg)	実測膜厚(nm)	水晶振動子膜厚(nm)	Arガス流量 (sccm)	チャンバ内圧力(Pa) (Ar補正済み)	Au質量 (mg)	蒸着時間(sec)
041119_1	0.327	65.0	95.0	0.00	1.80E-03	199	450
041119_3	0.300	60.0	85.0	2.00	5.00E-02	200	320
041119_5	0.257	52.0	78.0	4.75	1.00E-01	202	315
041120_1	0.158	32.0	42.0	0.50	4.15E-01	202	210
041120_3	0.134	26.8	30.0	1.25	6.36E-01	200	200
041120_5	0.045	9.0	22.0	2.00	8.67E-01	201	185

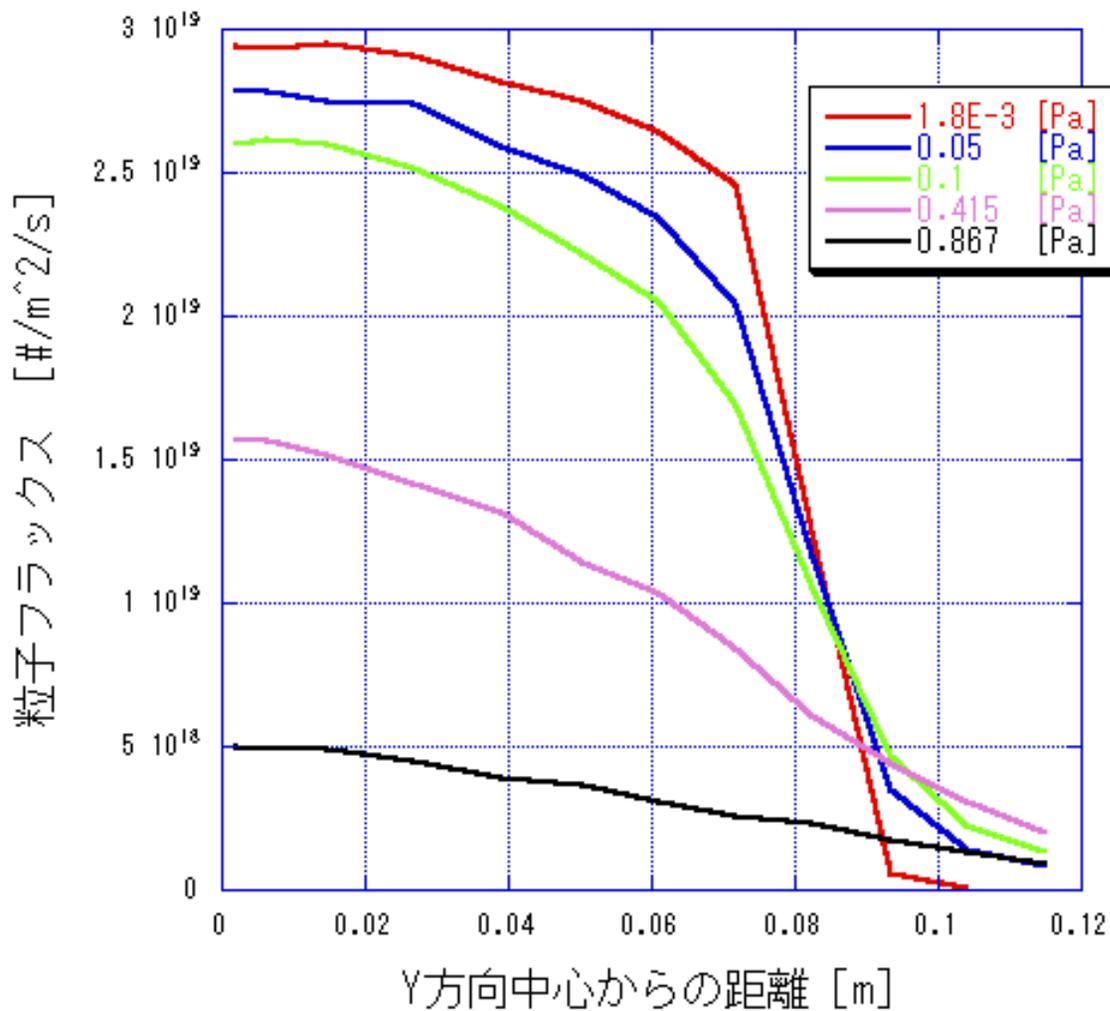
真空蒸着 (実験との比較) 膜厚の比較

Ar 圧力依存性



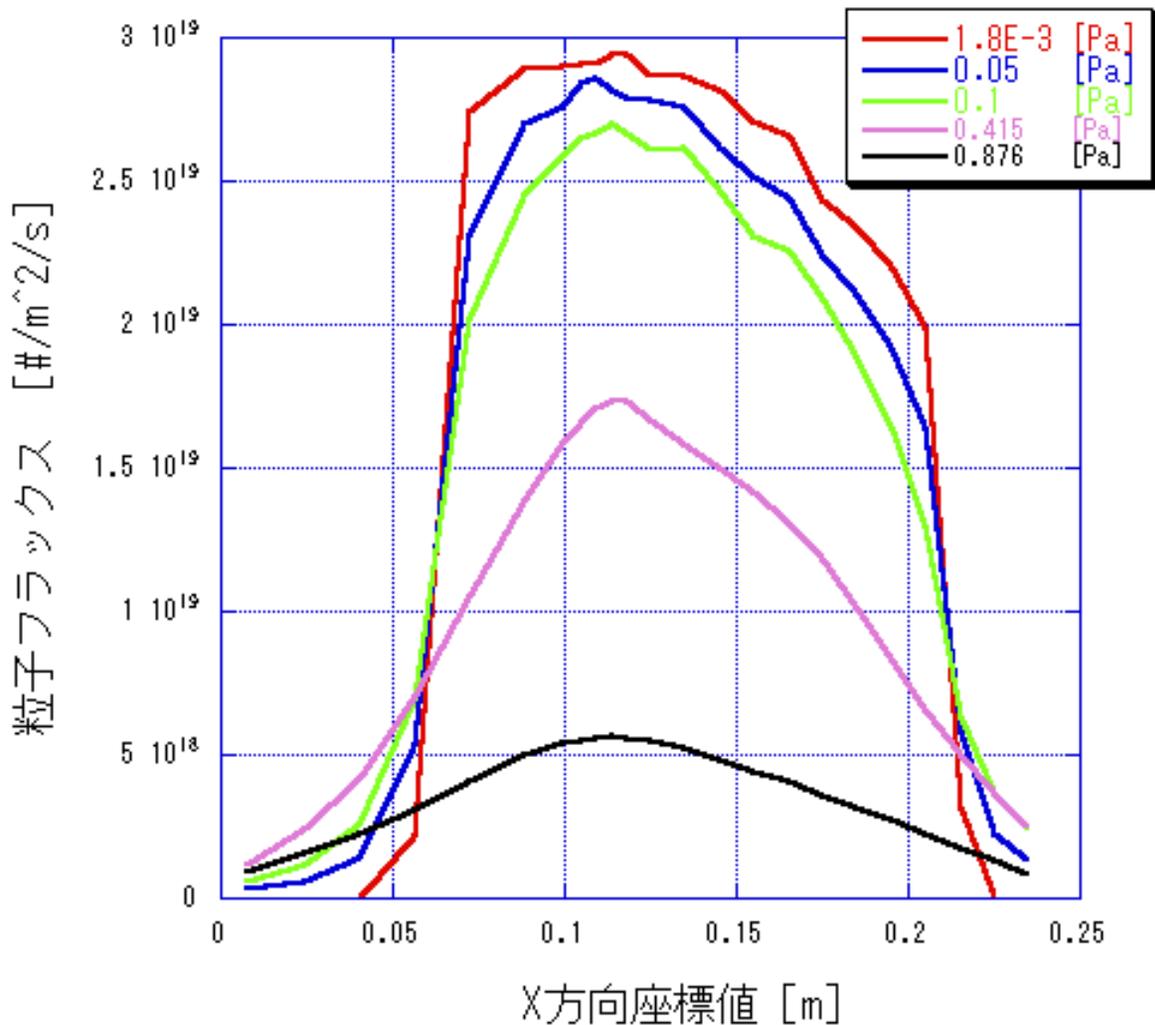
真空蒸着 (実験との比較) 膜厚分布

Y方向粒子フラックス分布



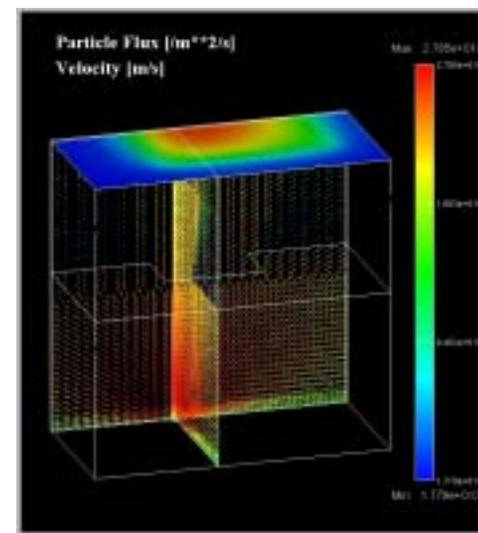
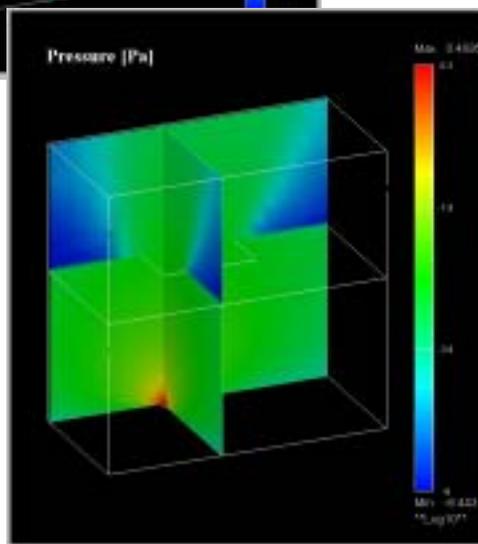
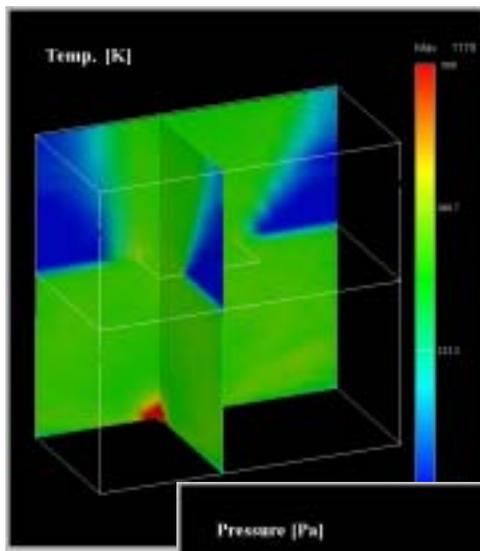
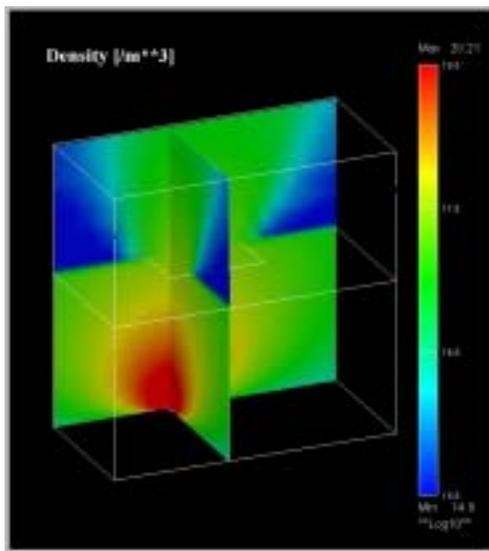
真空蒸着 (実験との比較) 膜厚分布

X方向粒子フラックス分布



真空蒸着(実験との比較)

密度、温度、圧力分布と、粒子フラックス、速度分布



動作環境ほか

■ プレポスト

- PEGASUSのGUIMおよび内蔵のプレポスト
- モデル形状入力、メッシュ作成、出力結果の表示など
 - 入力: 節点、要素、境界条件
 - 出力: 節点ごとの物理量、要素ごとの物理量

■ インターフェイス

- NASTRANフォーマットでの入力をサポート
- ユニバーサルファイル、ニュートラルファイルの解析結果の出力をサポート

■ 動作環境

- OS: UNIX, Linux, Windows98/NT/2000/XP
- メモリー容量 512MB以上推奨
- ディスク容量 1GB以上推奨