

# 半導体装置メーカーにおける 原子・分子データの必要性(後半)

日本半導体製造装置協会(SEAJ)\*<sup>1</sup>での成果より

J.Vac.Soc.Jpn 51 (2008) 807-(旧「真空」誌)に掲載の内容の紹介

( \* 1 : SEAJのHomePageは、<http://www.seaj.or.jp/> )

無断転載禁止

# 日本半導体製造装置協会 (SEAJ)

## (1) プラズマシミュレーションと実測の比較

目的: 実測との比較から、技術的課題を抽出

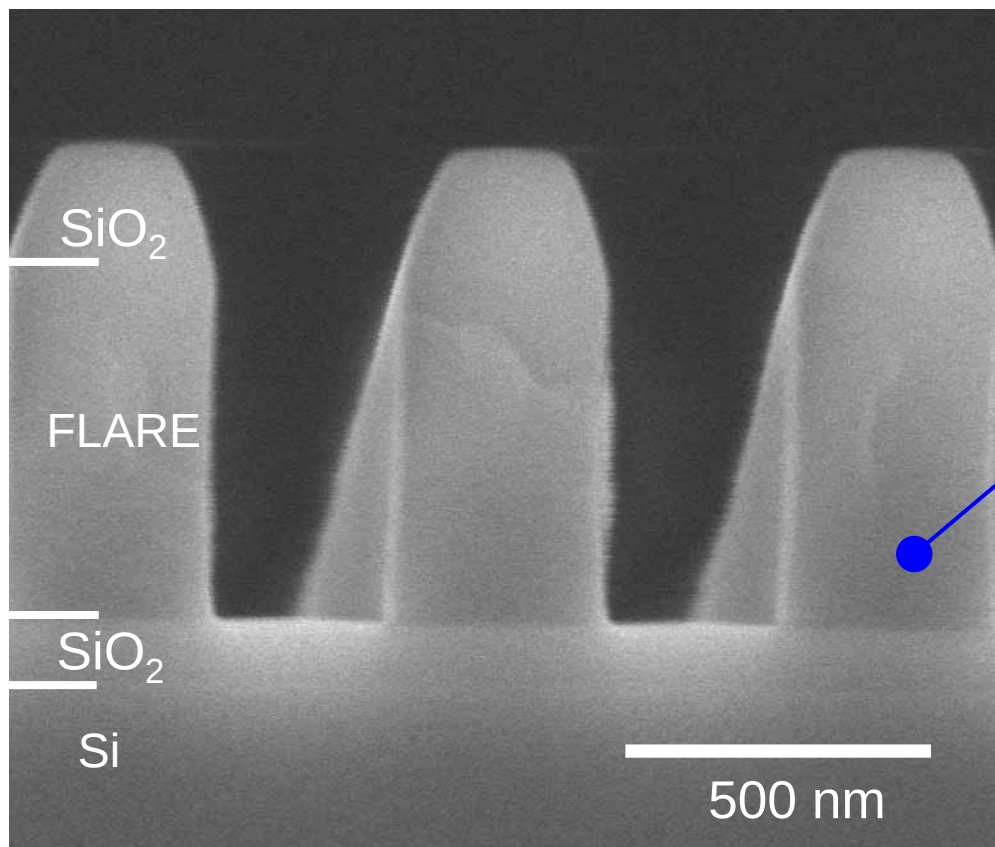
平成16年度より開始しましたが、今年度は以下を行いました。

- i. 名古屋大学堀研究室の見学
- ii. 計算、実験条件の摺り合わせ
- iii. 基礎データ、反応モデルの調査と検討

|          |               |          |
|----------|---------------|----------|
| シミュレーション | ペガサスソフトウェア(株) | PEGASUS  |
|          | (株)ウェーブフロント   | CFD-ACE+ |
| 実測       | 名古屋大学 堀研究室    |          |
| 資料準備     | SEAJ          |          |

SEAJのHome-Page  
「2006年度成果報告」より

# N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>混合プラズマによる、エッチング

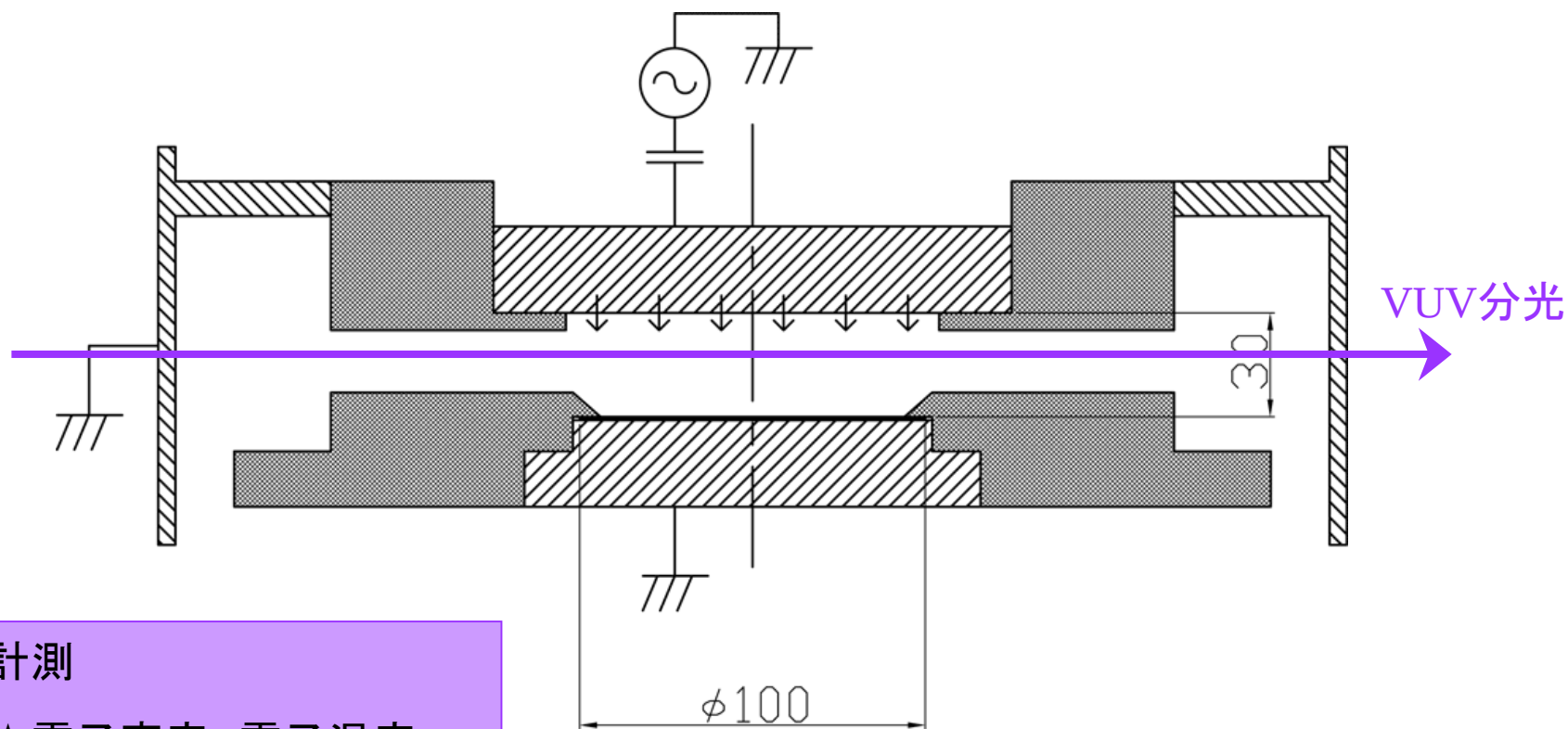


有機低誘電率材

|     |         |     |
|-----|---------|-----|
| H   | Etching | 等方的 |
| N   | 保護膜     | 等方的 |
| Ion | 保護膜破壊   | 指向性 |

SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# エッチング装置(名大・堀研究室)

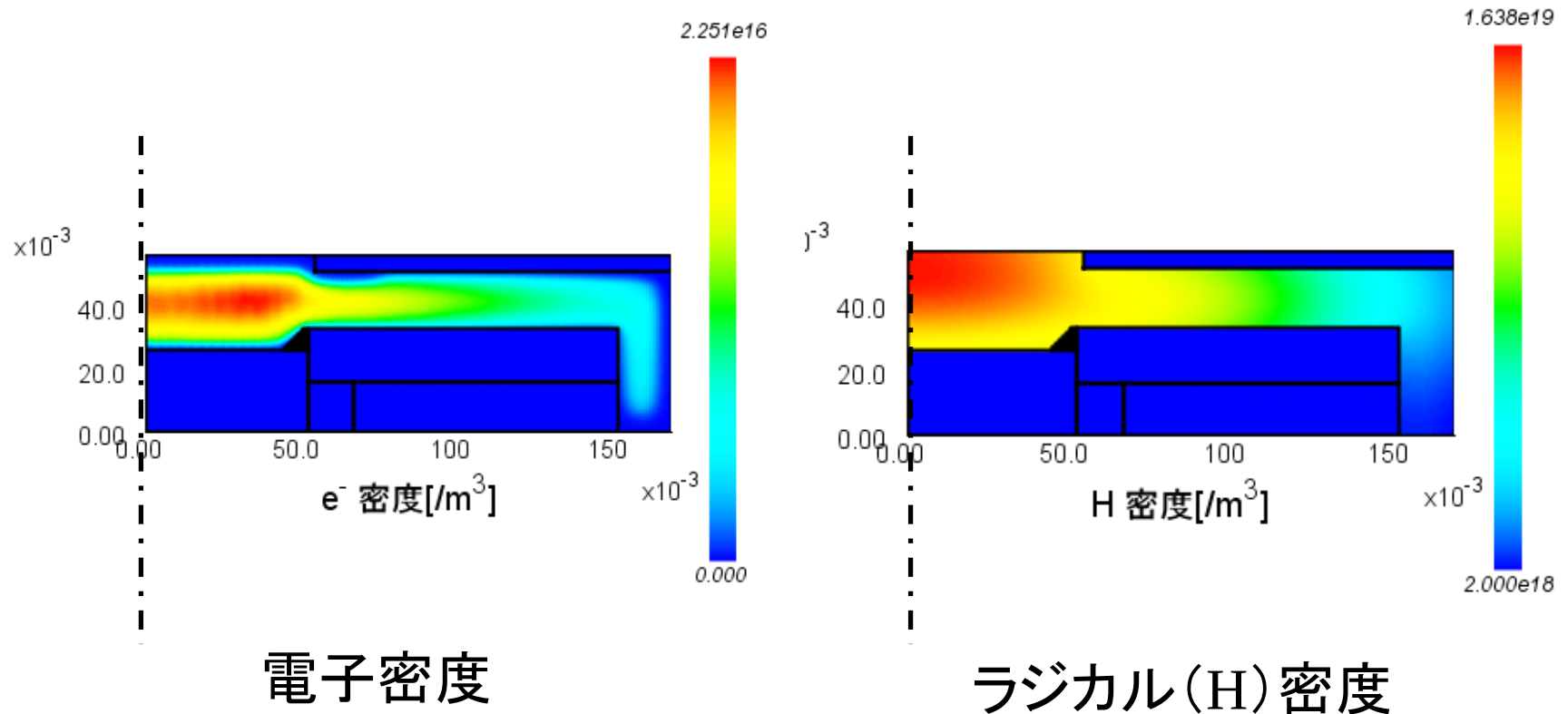


## 計測

- ☆電子密度、電子温度
- ☆ラジカル密度(H、N)

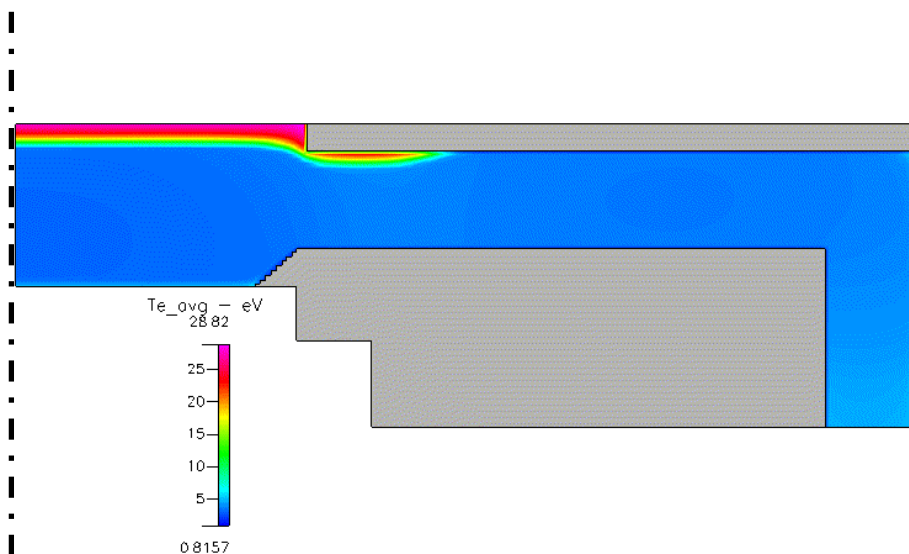
SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# Simulation (PEGASUS)

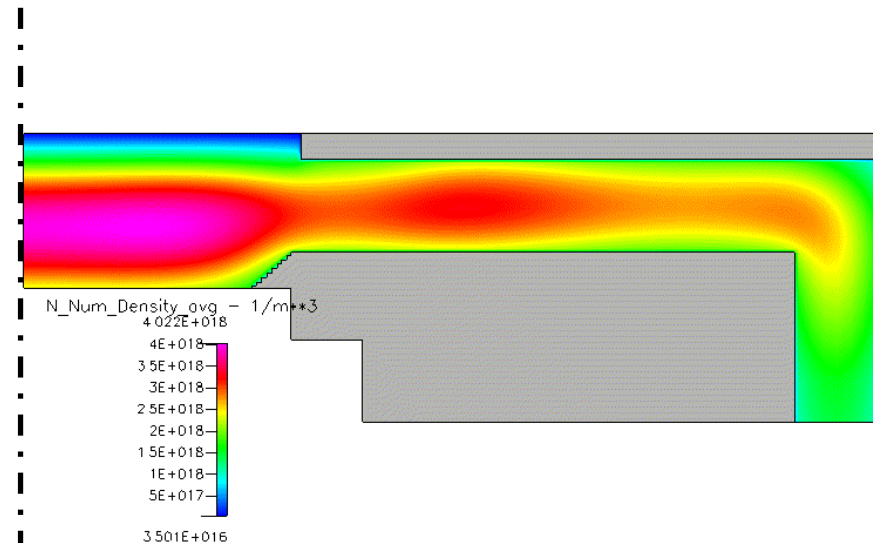


SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# Simulation (CFD-ACE+)



電子温度



ラジカル(N)密度

SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# 仮定したモデル(気相反応)

| Process                                 | Rate* / C.S. | Reference     |
|-----------------------------------------|--------------|---------------|
| $e + H_2 \rightarrow 2e + H_2^+$        | C.S.         | 24),29)       |
| $e + H \rightarrow 2e + H^+$            | 6.00e-10     | 18),27)       |
| $e + H^- \rightarrow 2e + H$            | 1.40e-7      | 18),30)       |
| $e + H_2 \rightarrow H^- + H$           | 6.00e-14     | 18),31)       |
| $e + H_2^+ \rightarrow 2H$              | 2.79e-9      | 17),18)       |
| $e + H_2^+ \rightarrow e + H^+ + H$     | 1.00e-8      | 18),30)       |
| $e + H_2^+ \rightarrow H^+ + H^-$       | 3.00e-10     | 18),30)       |
| $e + H_3^+ \rightarrow H_2 + H$         | 1.54e-10     | 17),32)       |
| $e + H_3^+ \rightarrow e + H^+ + 2H$    | 2.20e-9      | 18),30)       |
| $e + H_2 \rightarrow e + 2H$            | C.S.         | 22),28),29) † |
| $H^+ + H^- \rightarrow 2H$              | 5.00e-8      | 18),33)       |
| $H_2^+ + H^- \rightarrow H_2 + H$       | 5.00e-6      | 18),33)       |
| $H_2^+ + H_2 \rightarrow H_3^+ + H$     | 2.10e-9      | 17),18)       |
| $H_2^+ + H_2 \rightarrow H^+ + H + H_2$ | 8.21e-11     | 18),31)       |
| $H_3^+ + H^- \rightarrow H_2 + 2H$      | 5.00e-8      | 18),32)       |
| $H^- + H \rightarrow e + H_2$           | 1.00e-9      | 18),31)       |
| $H^- + H_2 \rightarrow e + H + H_2$     | 4.94e-10     | 18),31)       |

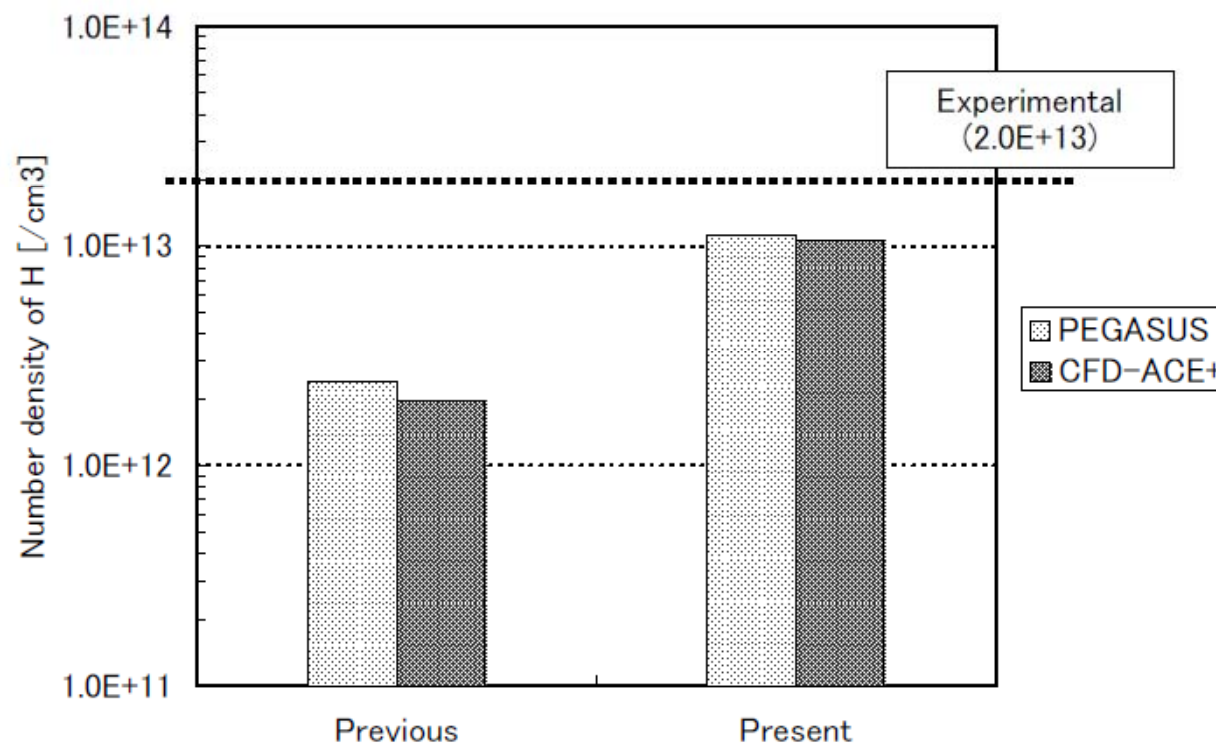
\* Rate Const. in [cm<sup>3</sup>/sec.]

| Process                                            | Rate* / C.S. | Reference |
|----------------------------------------------------|--------------|-----------|
| $e + N_2(X) \rightarrow 2e + N_2^+$                | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + N_2(A)$                | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + N_2(B)$                | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + N_2(a)$                | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + N_2(a')$               | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + N_2(C)$                | C.S.         | 22),25)   |
| $e + N \rightarrow 2e + N^+$                       | 1.48e-9      | 18),34)   |
| $e + N_2(X) \rightarrow e + 2N$                    | C.S.         | 22),25) † |
| $e + N_2(A) \rightarrow e + N_2(X)$                | 2.50e-12     | 16),18)   |
| $e + N_2(B) \rightarrow 2e + N_2^+$                | 4.80e-11     | 16),18)   |
| $e + N_2(a) \rightarrow 2e + N_2^+$                | 4.80e-11     | 16),18)   |
| $N^+ + N_2(X) \rightarrow N_2^+ + N$               | C.S.         | 26)       |
| $N_2^+ + N_2(X) \rightarrow N^+ + N + N_2(X)$      | C.S.         | 26)       |
| $N_2(A) + N \rightarrow N_2(X) + N$                | 2.00e-12     | 17),18)   |
| $N_2(A) + N_2(X) \rightarrow 2N_2(X)$              | 3.00e-16     | 17),18)   |
| $N_2(A) + N_2(A) \rightarrow N_2(X) + N_2(B)$      | 7.00e-11     | 17),18)   |
| $N_2(A) + N_2(A) \rightarrow N_2(X) + N_2(C)$      | 1.50e-10     | 17),18)   |
| $N_2(A) + N_2(A) \rightarrow N_2(X) + 2N$          | 3.00e-11     | 17),18)   |
| $N_2(B) + N_2(X) \rightarrow N_2(A) + N_2(X)$      | 2.85e-11     | 17),18)   |
| $N_2(B) + N_2(X) \rightarrow 2N_2(X)$              | 2.00e-12     | 17),18)   |
| $N_2(a') + N_2(X) \rightarrow N_2(B) + N_2(X)$     | 1.90e-11     | 17),18)   |
| $N_2(a') + N_2(a') \rightarrow e + N_2^+ + N_2(X)$ | 1.90e-11     | 17),18)   |
| $N_2(C) + N_2(X) \rightarrow N_2(a') + N_2(X)$     | 1.00e-11     | 17),18)   |

\* Rate Const. in [cm<sup>3</sup>/sec.]

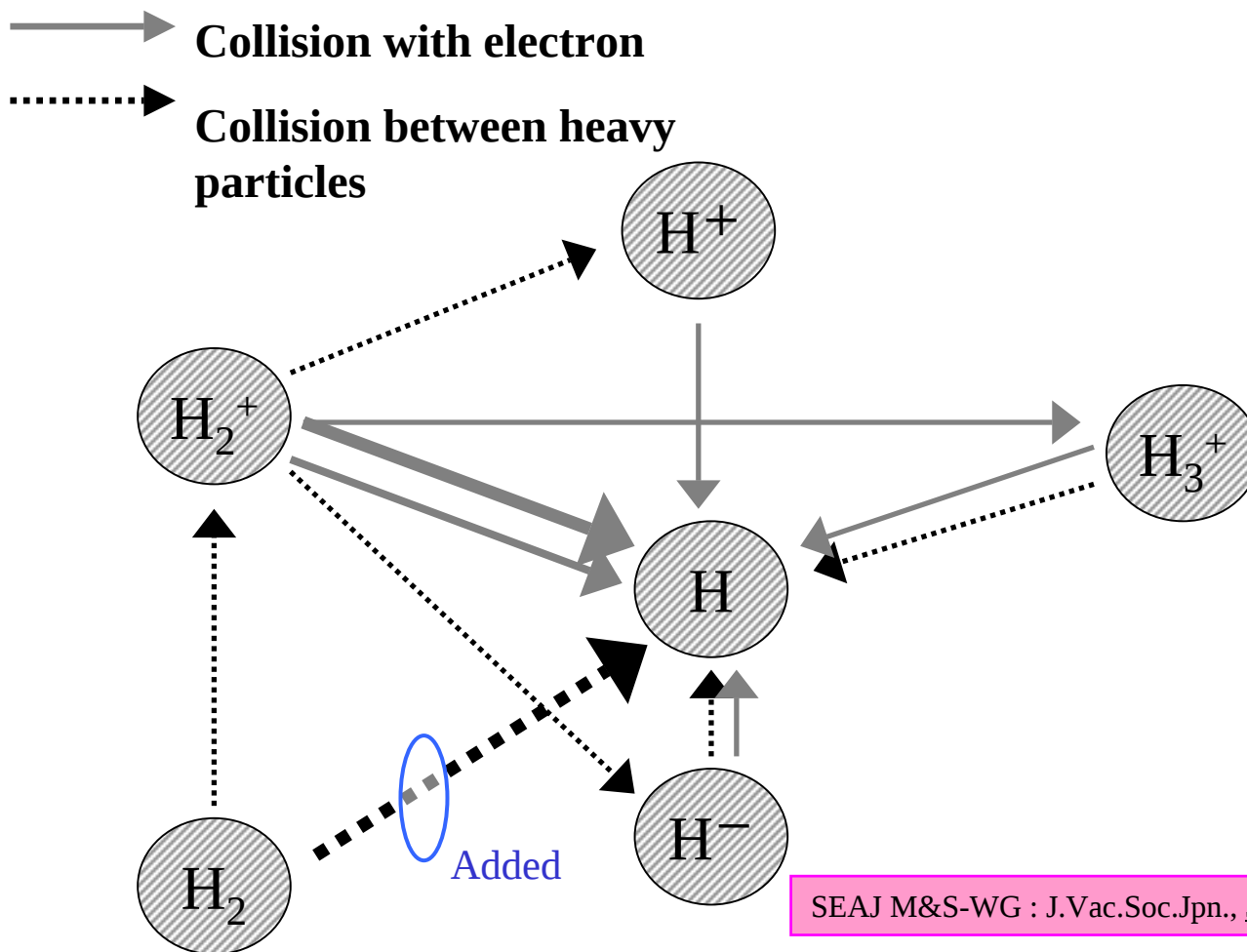
SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# 成果-1(反応モデルの重要性)



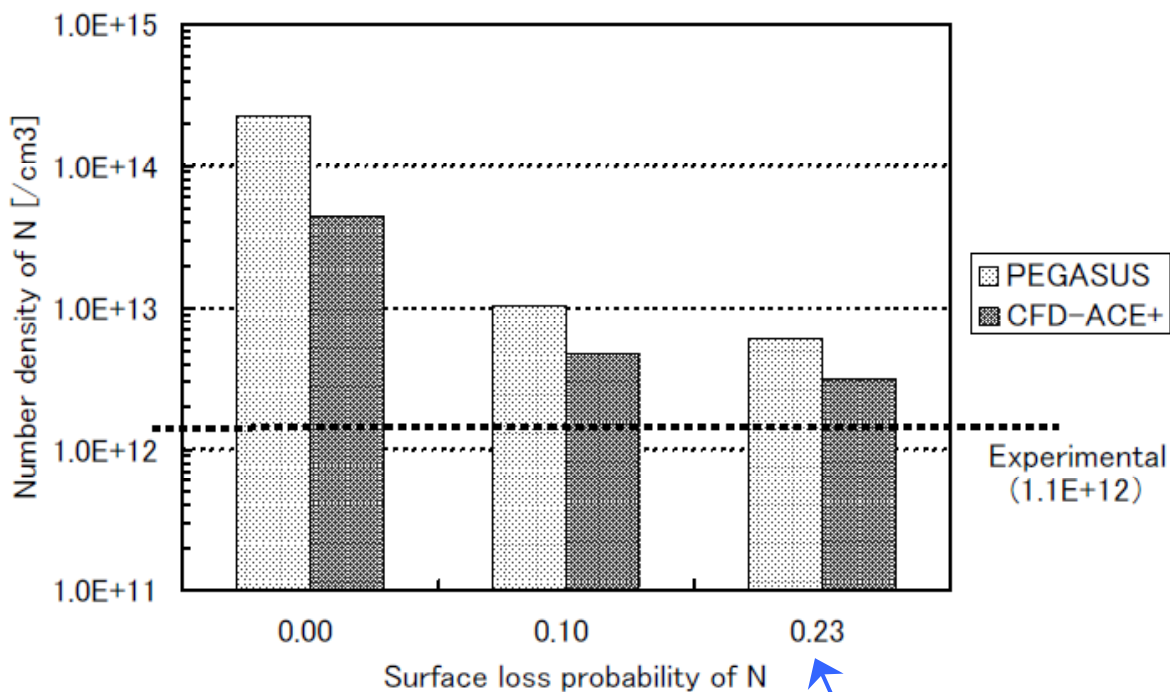
SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# 成果-1(反応モデルの重要性)



SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

## 成果-2(表面反応の重要性)



名大での実測結果

SEAJ M&S-WG : J.Vac.Soc.Jpn., 51(2008) 807- より引用

# まとめ

## 0. 技術課題は計算Algorithmよりも、「反応モデル」

### 1. 従来の反応モデル

- (1) 電子密度、電子温度に対しては比較的に正確
- (2) 中性活性種(Radical)については未開拓
- (3) 表面反応については、もっと未開拓

### 2. 計測

荷電粒子だけの計測では、不十分



弱電離プラズマにおける  
基礎data(反応モデル)の構築には、  
目的指向のCollaborationが有効！！

縦割りではなく、「横割り研究開発」