

半導体装置メーカーにおける 原子・分子データの必要性（前半）

(株)アルバック 技術開発部 小方誠司

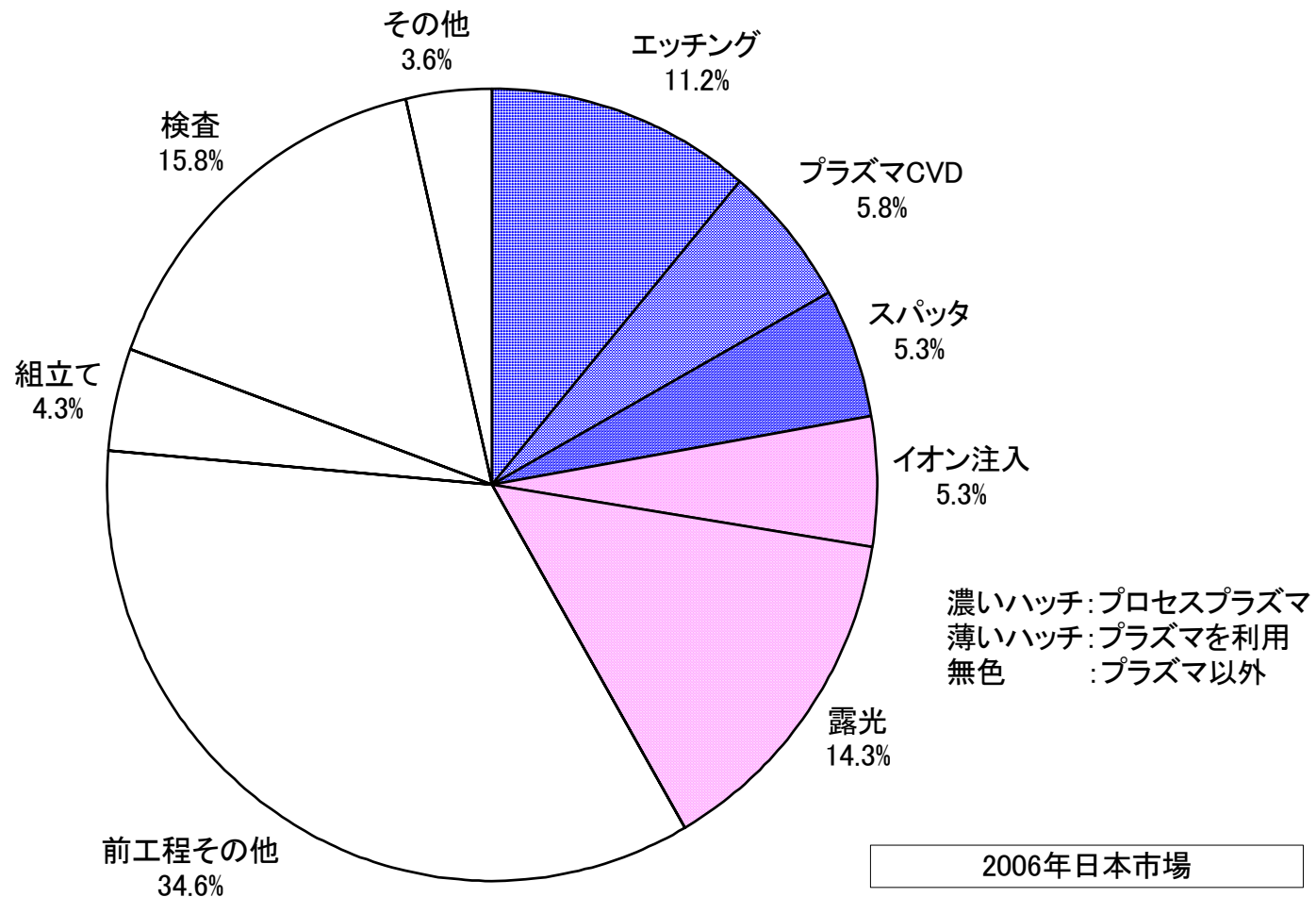
----- 紹介する内容 -----

I. 半導体プロセスと弱電離プラズマ

II. エッチング開発の実際

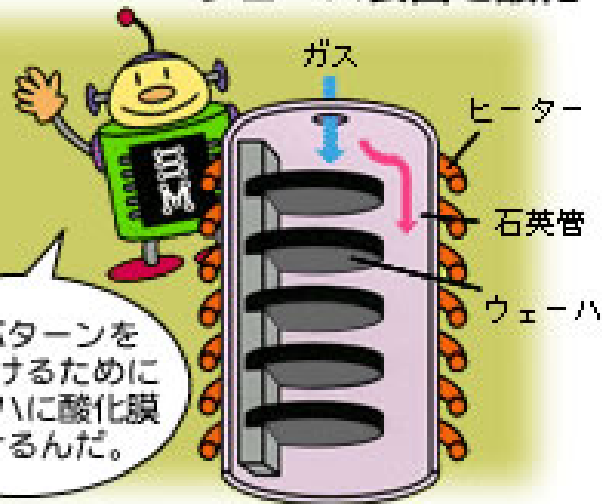
無断転載禁止

I-1. 半導体製造装置の市場



I-2. 半導体製造の工程(1)

ウェーハ表面を酸化



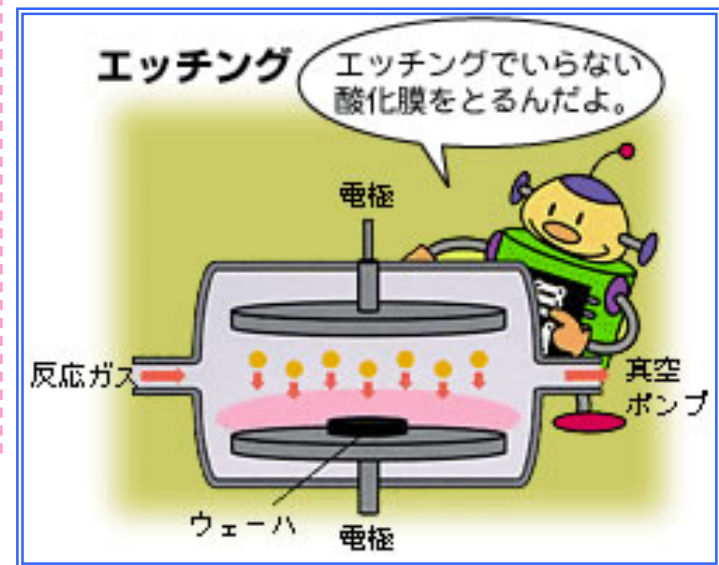
ウェーハ表面にパターン形成



フォトレジスト塗布

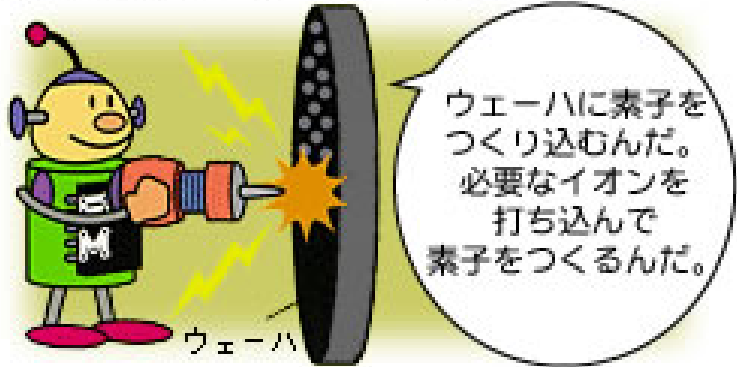


エッチング



I-3. 半導体製造の工程(2)

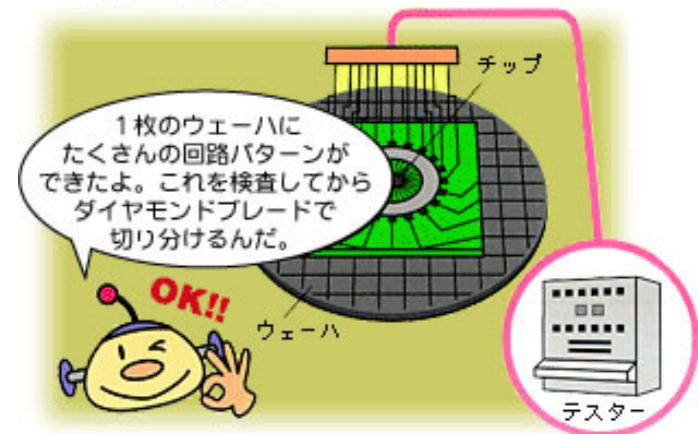
酸化・拡散・CVD・イオン注入



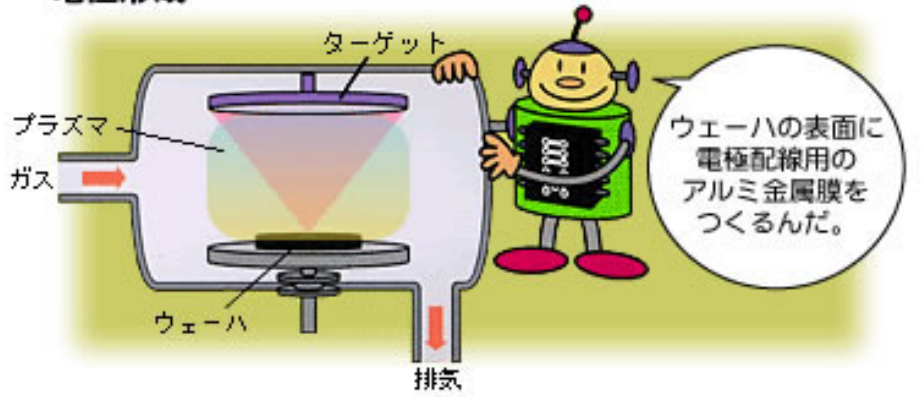
平坦化 (CMP)



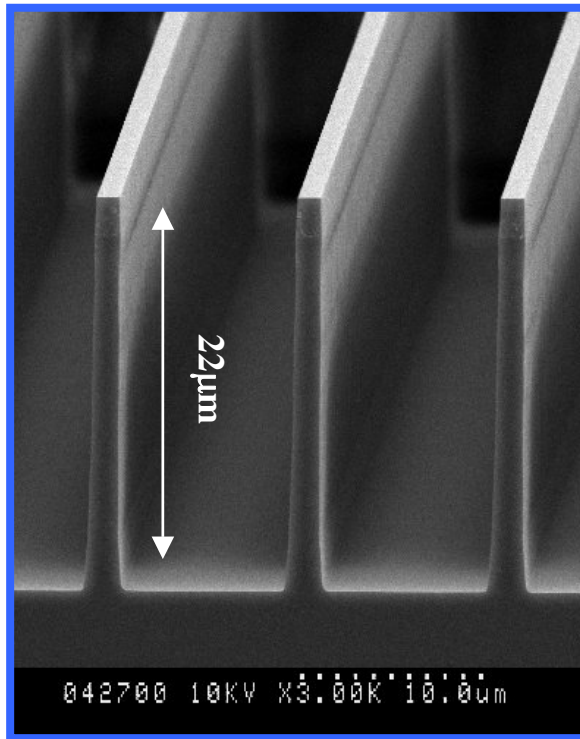
ウェーハ検査



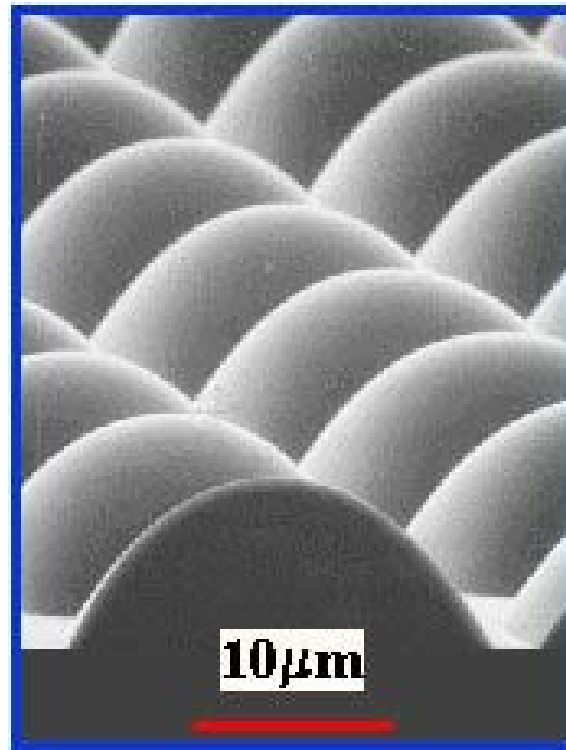
電極形成



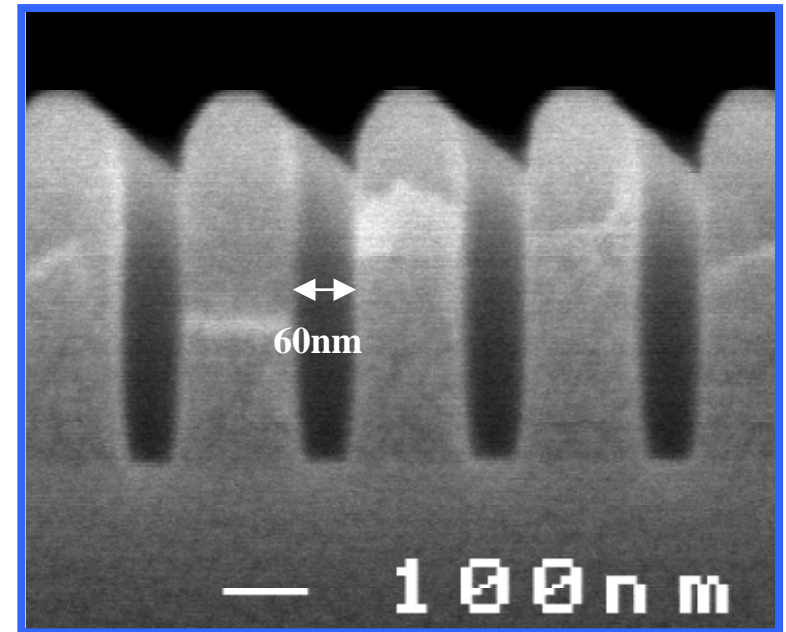
I-4. エッチング (Etching)



光デバイス

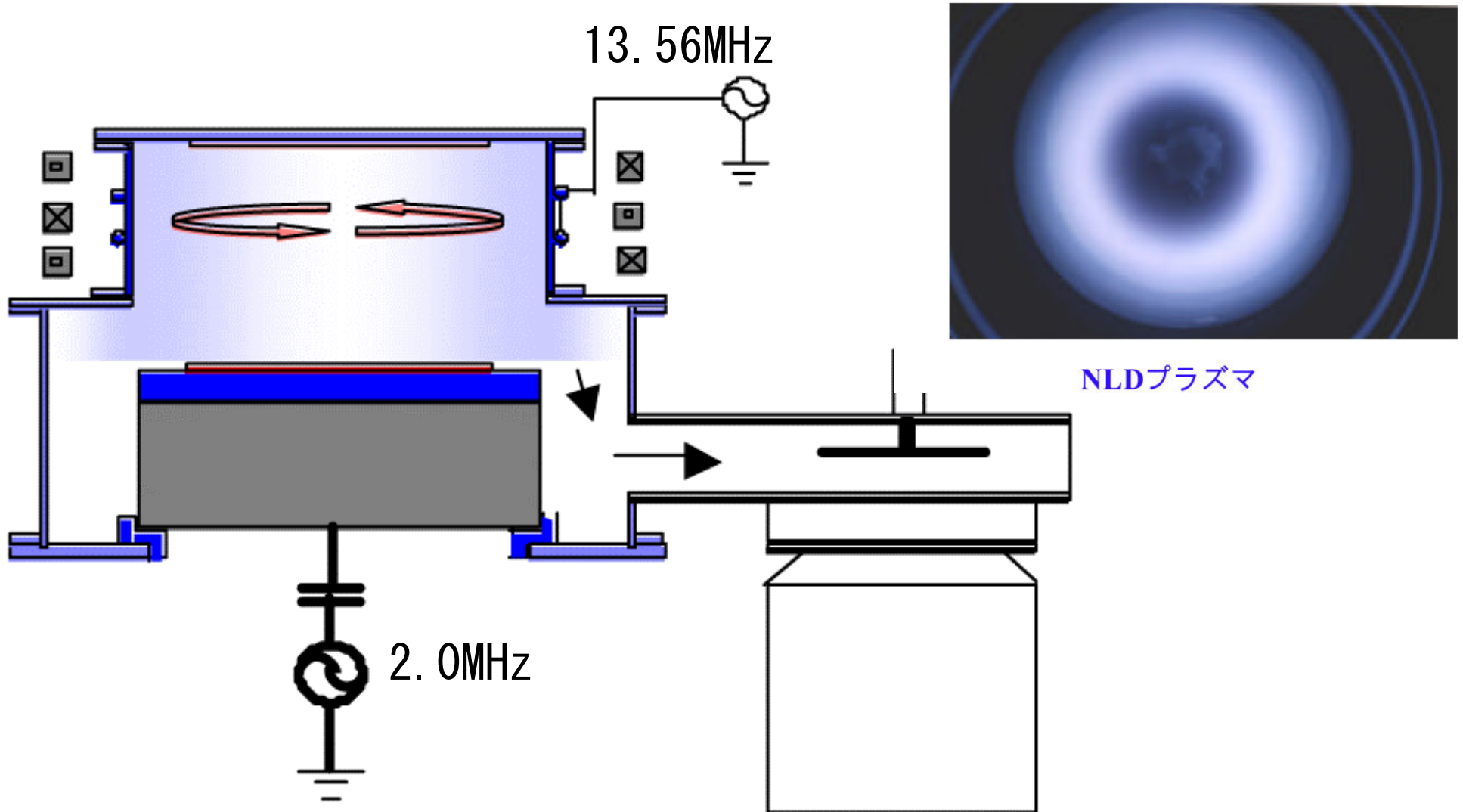


μレンズ



有機Low-k

I-5. エッチング装置

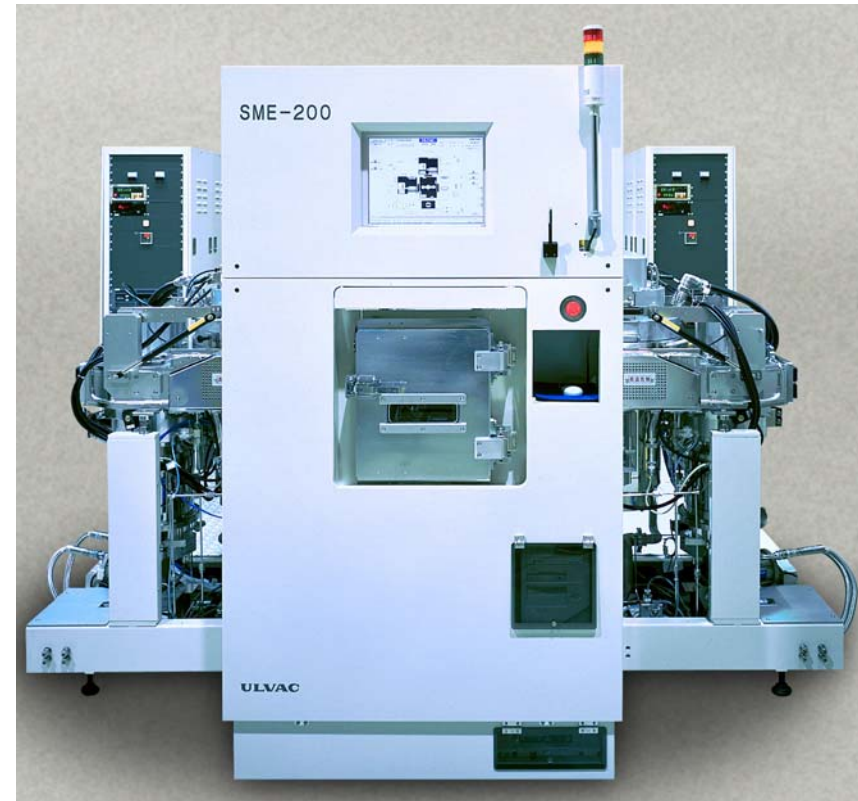


NLDチャンバー模式図

I-6. 装置の外観

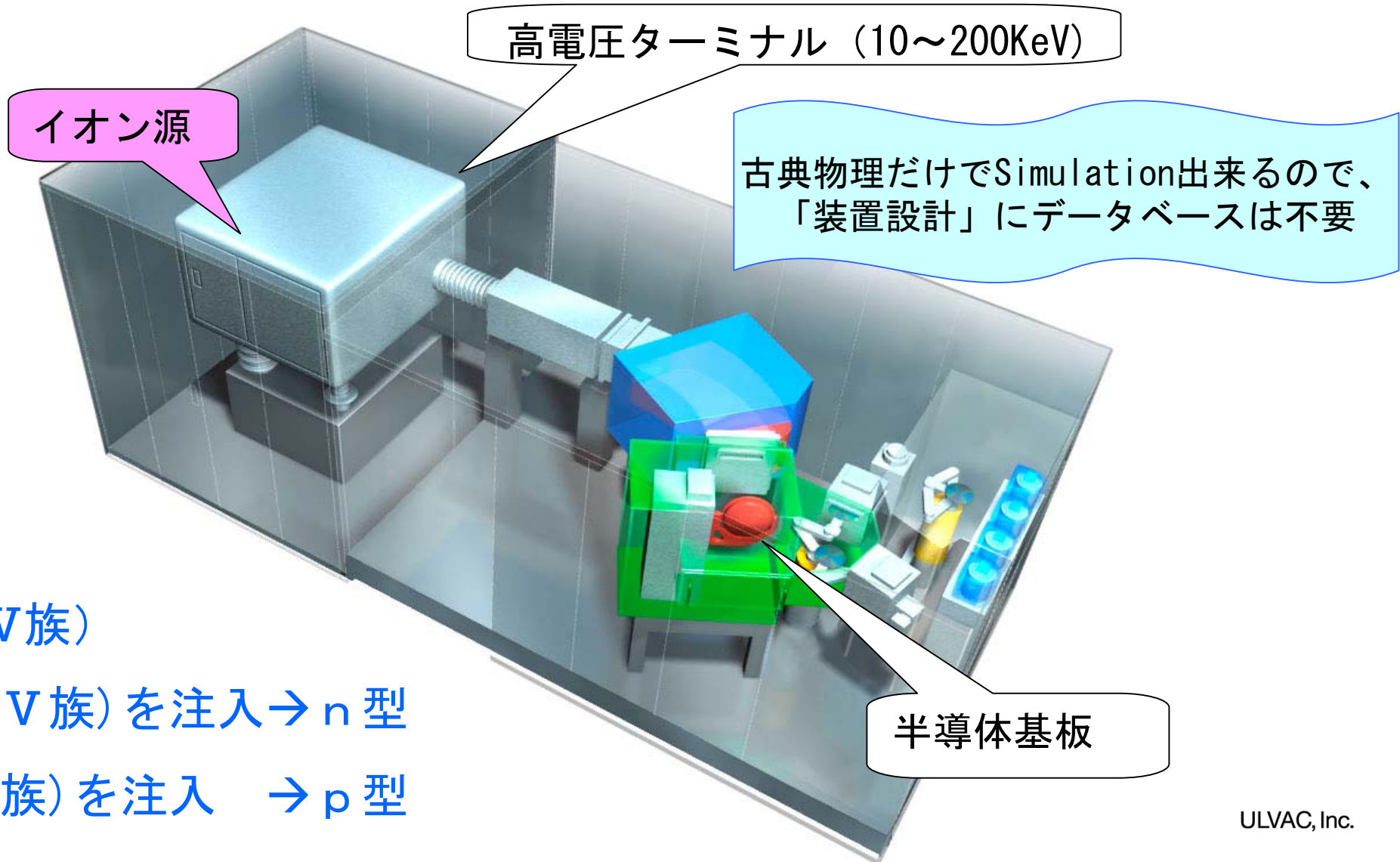


エッチング装置



スパッタ装置

I-7. イオン注入装置



Si (IV族)

P, As (V族) を注入 → n型

B (III族) を注入 → p型

II-1. エッチング開発の実際

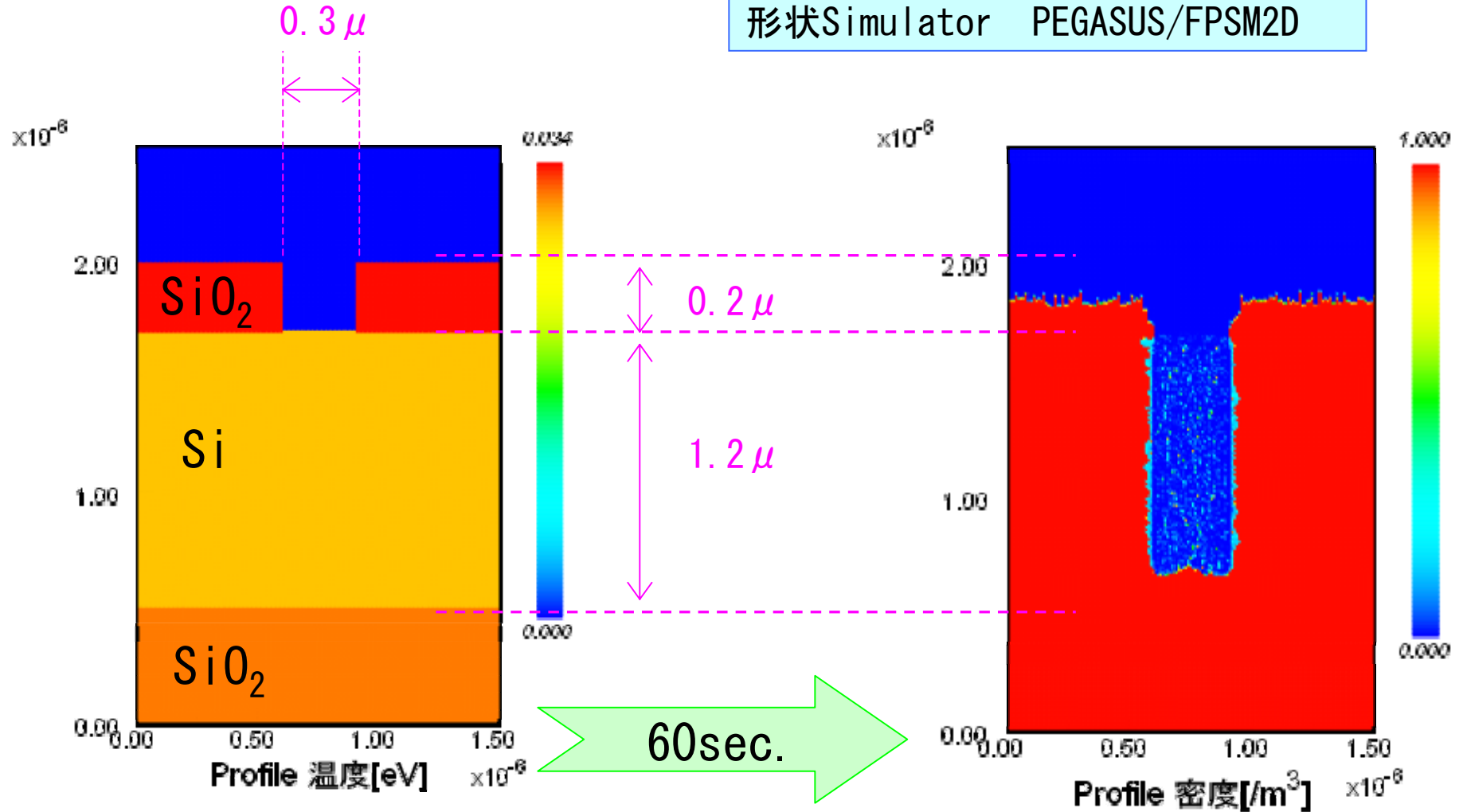
具体例：SF₆/O₂プラズマによる、Siエッチング

- (1) Etching形状のSimulation
- (2) 気相反応のSimulation

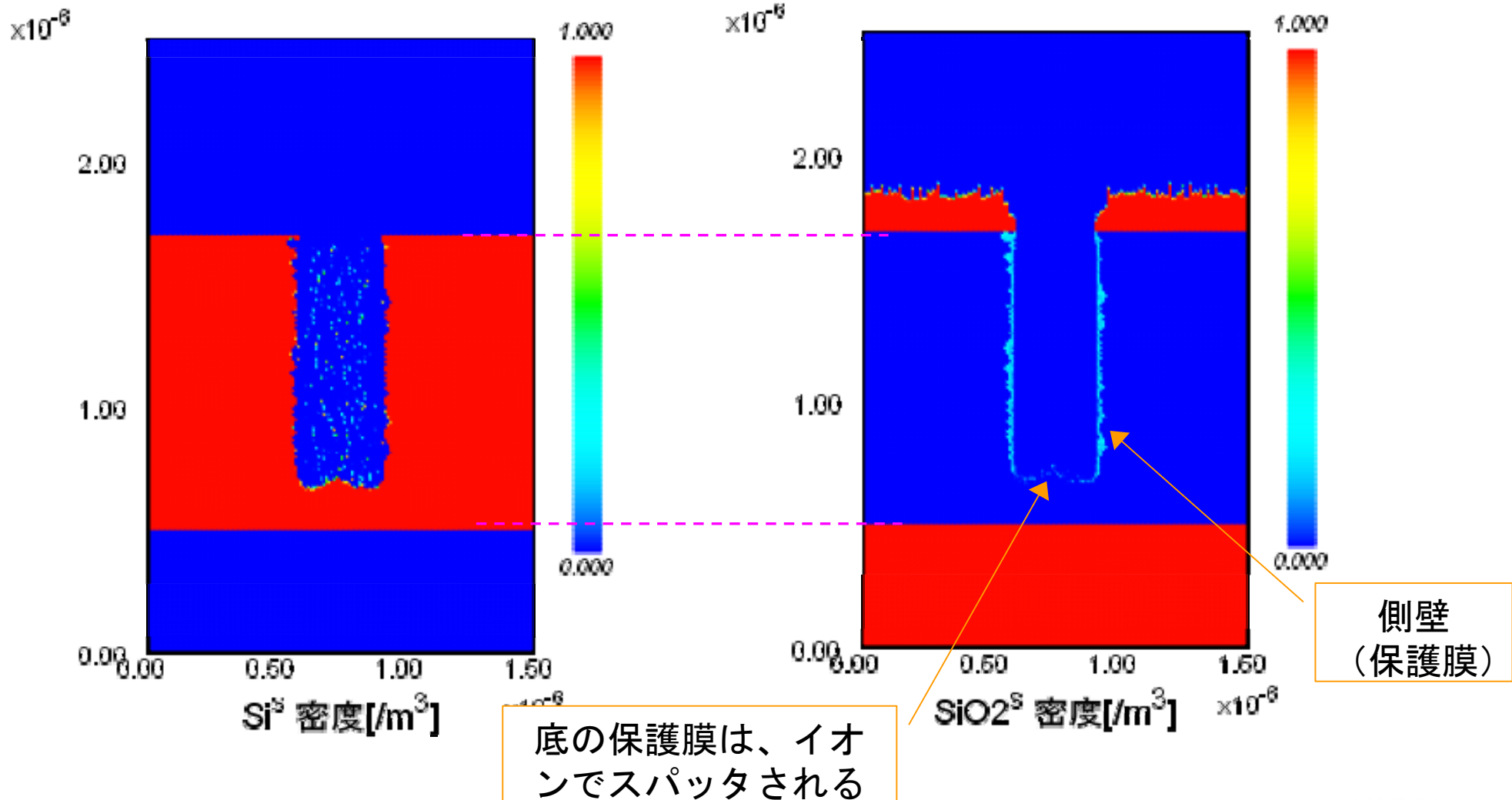
	目的	反応	入射の方向性
F	Siを削る	化学反応 $Si + F \rightarrow SiF_x \text{ (Gas)}$	等方的
O	保護膜を作り、Etchingを阻止	化学反応 $Si + O \rightarrow SiO_2 \text{ (Solid)}$	等方的
Ion	保護膜を破壊	高い運動エネルギーによる、物理的スパッタ	指向性

II-2. 形状Simulation

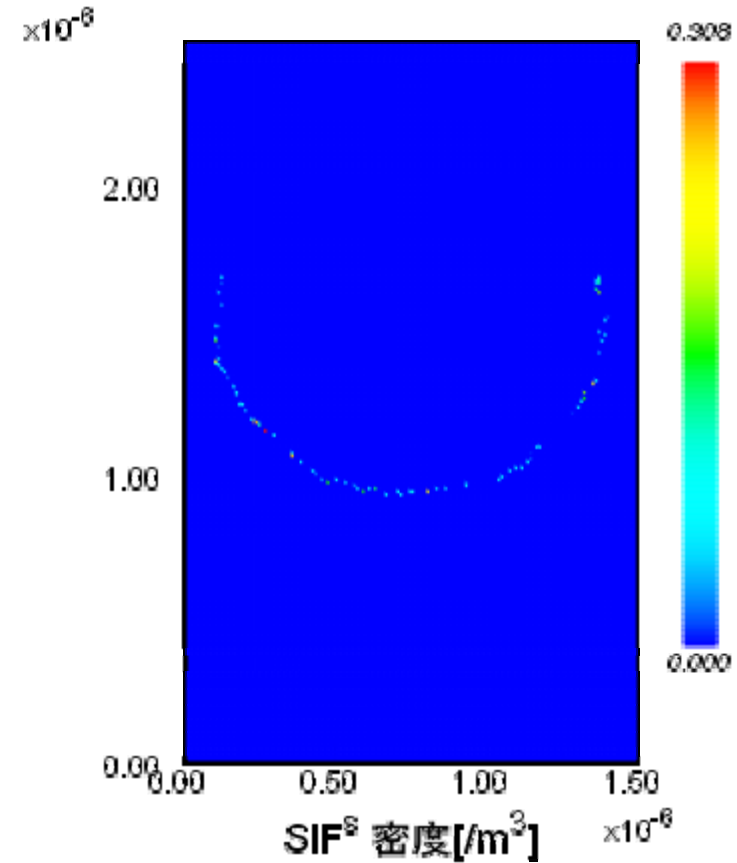
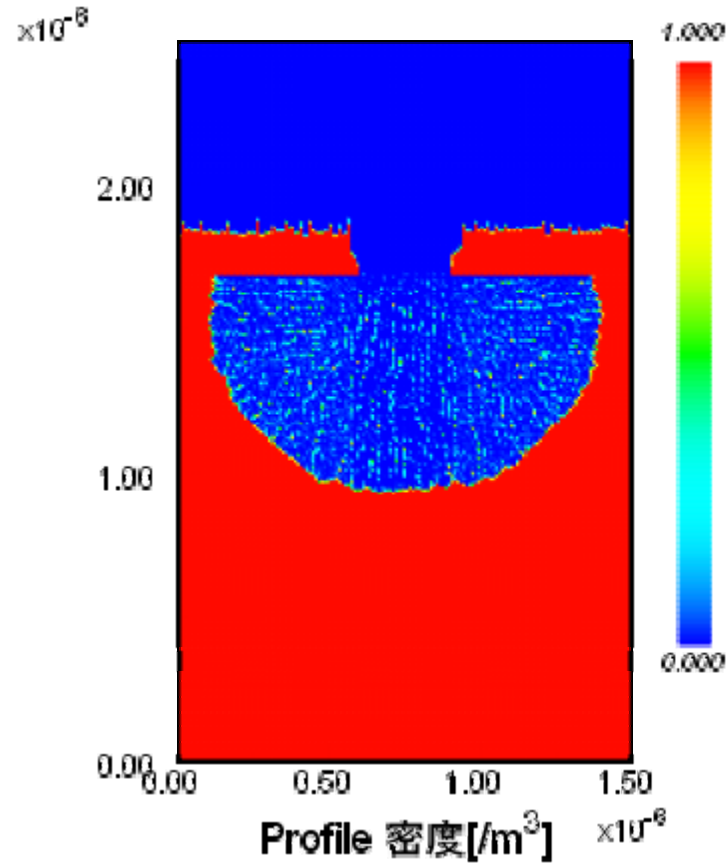
形状Simulator PEGASUS/FPSM2D



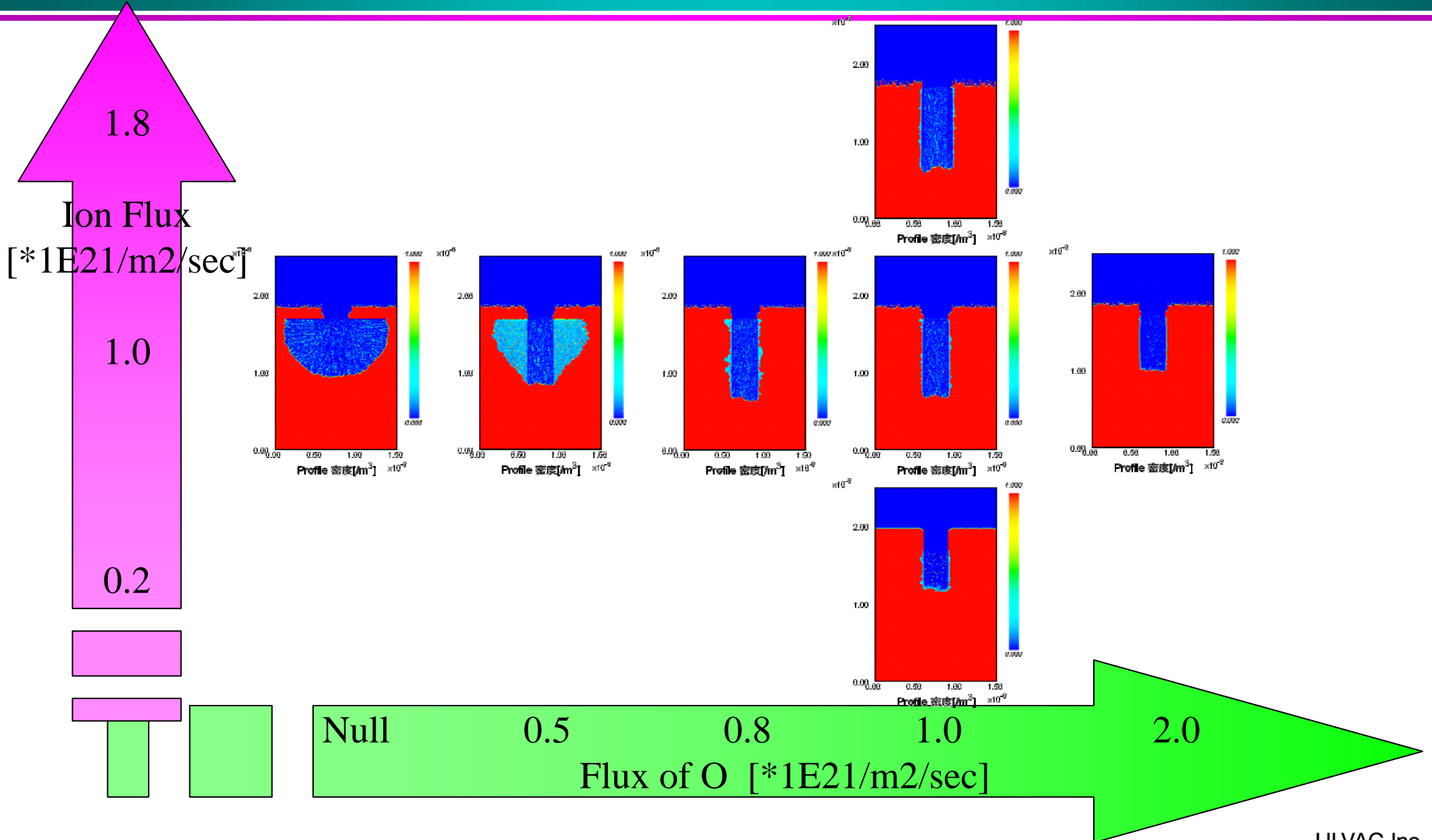
II-3. 計算例



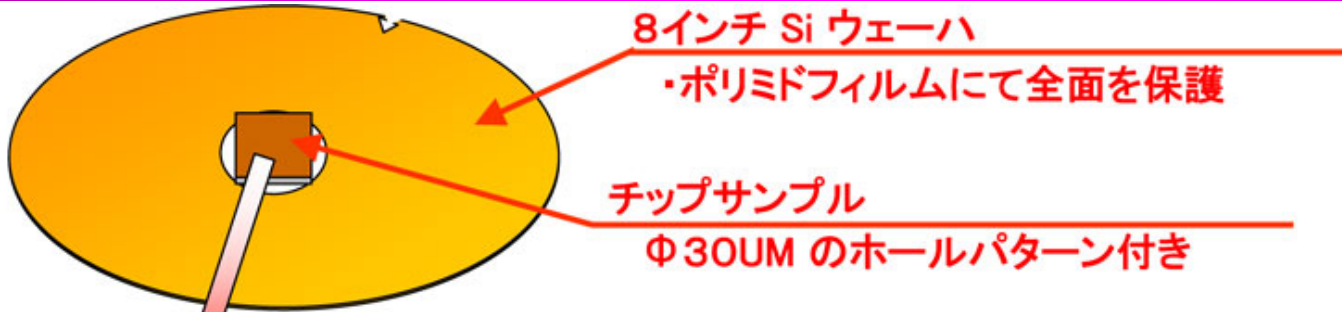
II-4 SF₆のみ(O₂無し)だと...



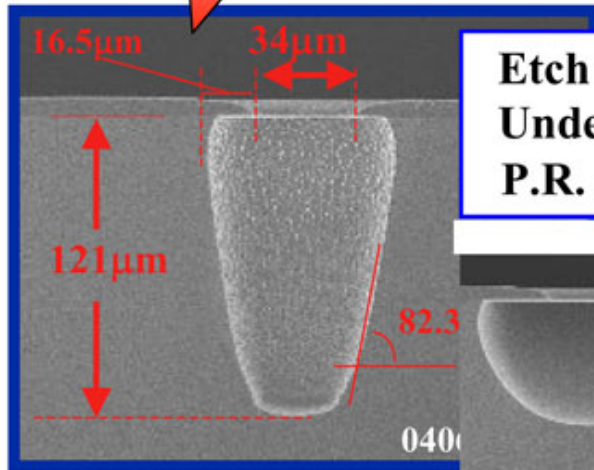
II-5. Fluxの変化 (F=1.0E22に固定)



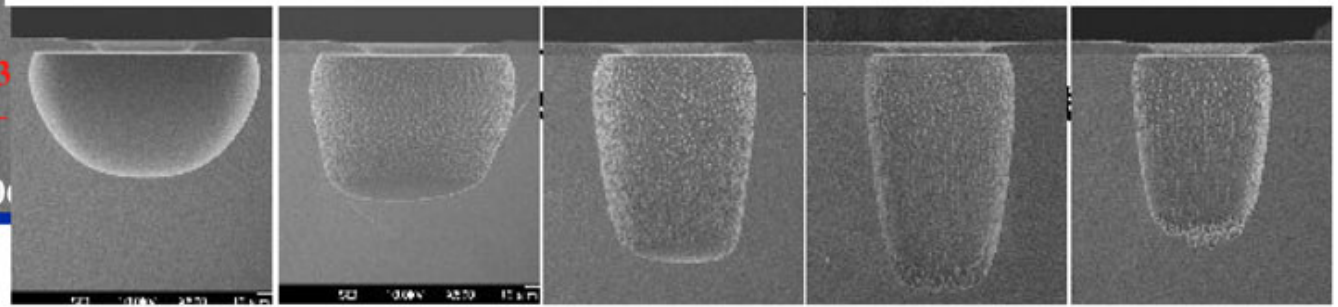
II-6. 実際のEtching形状



SF6/O2



Etch rate = 22.3µm / min
Under cut rate = 4.6µm / min
P.R. etch rate = 0.92µm / min



O2=10

O2=30

O2=50

O2=70

O2=80

ULVAC Confidential



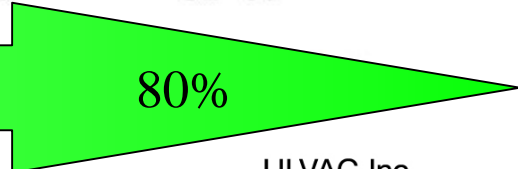
Ratio of O₂/SF₆ 10%

30%

50%

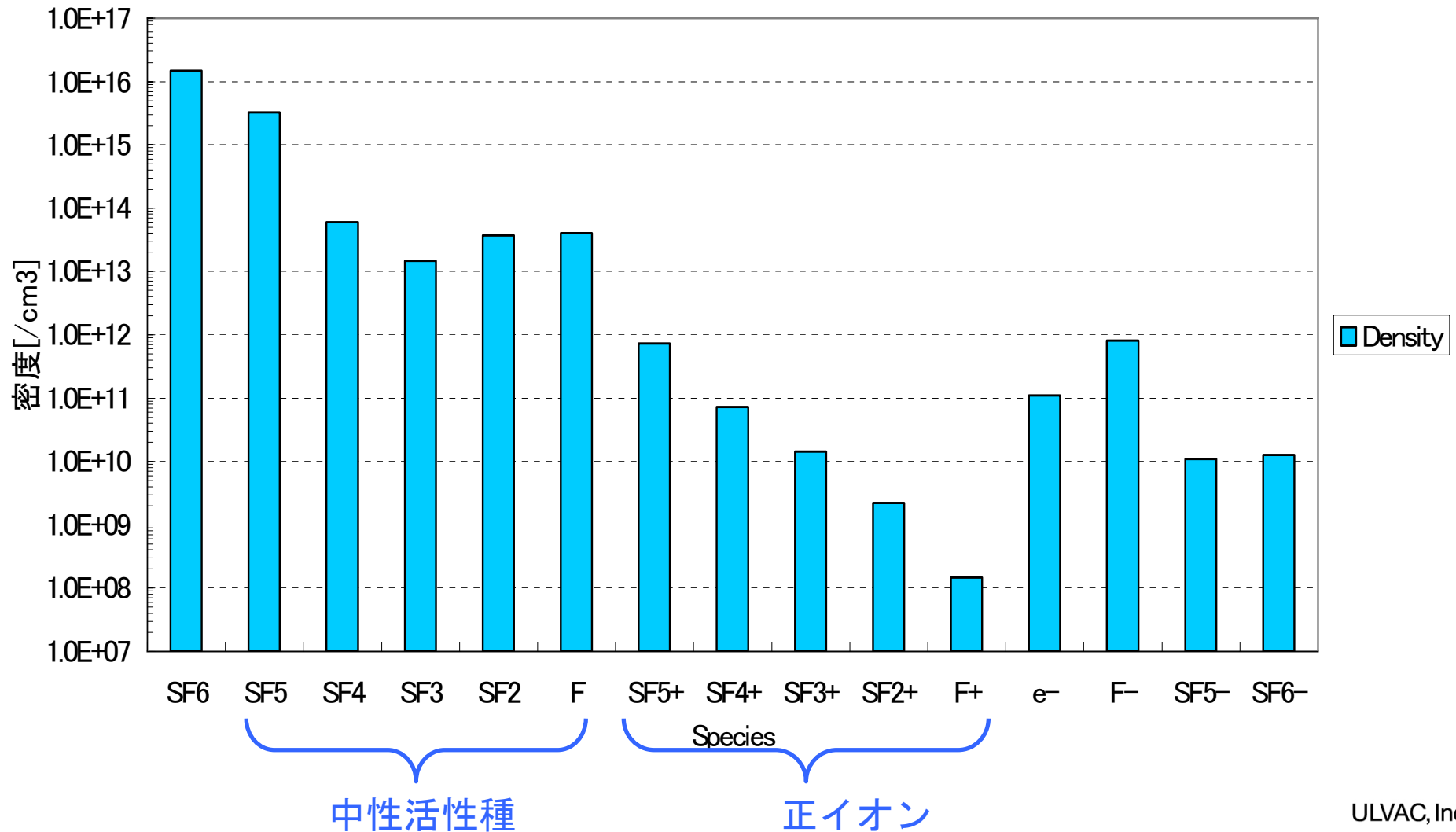
70%

80%



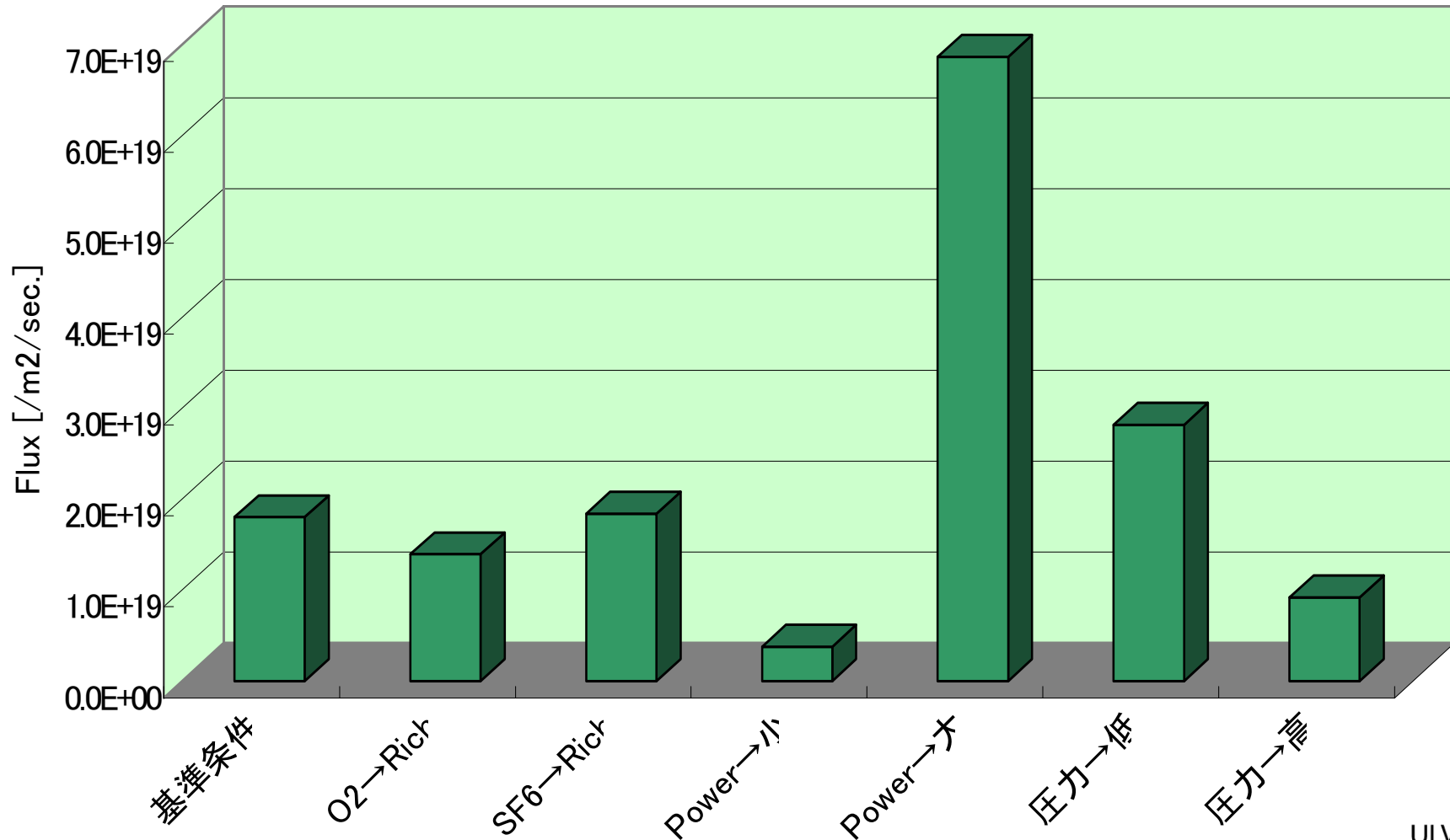
II-7. 気相Simulationの例

SF6プラズマの解析例



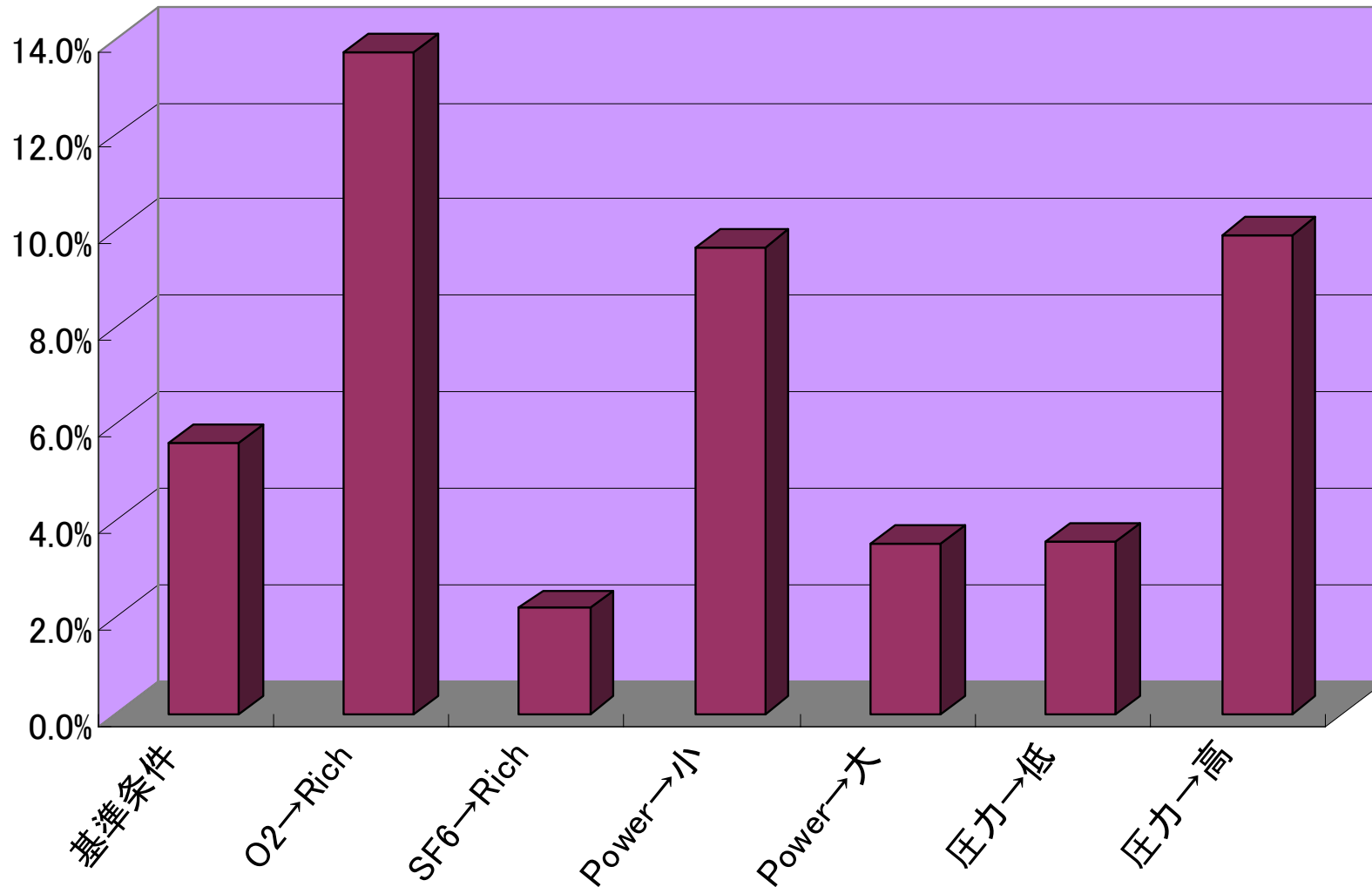
II-8. Flux F^+ (Ion)

Flux of F^+



II-9. Flux Ratio of O(atom)/F(atom)

Flux ratio of O/F



II-10. 考慮したSF₆関係の反応

Electron Collision (Ionization)							T.E.[eV]				
e	+	SF6	→	2e	+	SF5+	+	F	○	Rejoub 2001	16.0
						SF4+	+	2F ?	△	"	18.7
						SF3+	+	3F ?	△	"	20.1
e	+	SF5	→	2e	+	SF5+			○	Tarnovsky 1998	11.2
						SF4+	+	F	○	"	14.5
e	+	SF4	→	2e	+	SF4+			○	" (Theo.)	12.0
e	+	SF3	→	2e	+	SF3+			○	"	11.0
e	+	SF2	→	2e	+	SF2+			○	" (Theo.)	12.8
e	+	F	→	2e	+	F+			△	NIFS	17.4
Electron Collision (Dissociation)											
e	+	SF6	→	e	+	SF3	+	3F ?	△	Iio 1995	16.0
						SF2	+	4F ?	△	"	17.0
Electron Attachment											
e	+	SF6	→	SF6-					◎	Christophorou 2000	
				SF5-	+	F			○	"	
				SF5	+	F-			x	"	
Detachment and CID											
e	+	F-	→	2e	+	F			○	NIFS	3.9
SF6	+	F-	→	SF6	+	e	+	F	○	Wang 1989	RCに変換
		SF6-	→	SF6	+	SF5	+	F-	◎	"	RCに変換
		SF5-	→	SF6	+	SF4	+	F-	◎	"	RCに変換
Recombination											
F	+	SF5	→	SF6						Herron 1987	RC
		SF4	→	SF5						"	RC
		SF3	→	SF4						未調査	
		SF2	→	SF3						未調査	
Bohm Current at the Sheath (Recombination on the Wall)											
e	+	SF5+	→	SF5							
		SF4+	→	SF4							
		SF3+	→	SF3							
		F+	→	F							

◎ > 1E-16
 ○ > 1E-17
 △ > 1E-18

II-11. 考慮したO₂関係の反応

【酸素プラズマで仮定する反応モデル】

PKAG							出典	ファイル名
46	e	O2(X)	→	e	O2(X,v)			
47	e	O2(X)	→	e	O2(a)	電気	CS O2-a	
48	e	O2(X)	→	e	O2(b)	電気	CS O2-b	
49	e	O2(a)	→	e	O2(b)	データ不詳		
50	e	O2(X)	→	2e	O2+	Straub 1996	CS O2-Ion	
51	e	O2+	→	O	O	PKAG P141	2.7e-7*(300/Te)^0.7	
52	e	O2(X)	→	O-	O	LB 5-82	CS O2-O-	
53	e	O2(a)	→	O-	O	データ不詳		
54	O2(a)	O-	→	e	O3	PKAG P182-R37	3.00E-10	
55	e	O2(X)	→	e	O	LB 6-152	CS O2-cAA	
56	e	O2(a)	→	e	O	データ不詳		
57	e	O3	→	e	O2	取寄せ中	O2-の自動電離	
58	O2 + O + M		→	O3 + M		三体衝突		
59	O3	O*	→	O2(X)	O2(X)	PKAG P161-R7,21	RC	
60	O3	O	→	O2(X)	O2(a)	PKAG P160-R8	1.0e-11*exp(-2300/T)	
61	O3	O2(a)	→	O2(X)	O2(X)	PKAG P160-R6	5.2e-11*exp(-2840/T)	
62	O3	O2(b)	→	O2(X)	O2(X)	PKAG P160-R14	2.20E-11	
63	2O2(a) + O2		→	2O3		三体衝突		
Add-1	e	O	→	2e	O+	LaHer 1990	CS O-Ion	
Add-2	e	O2(X)	→	2e	O+	Straub 1996	CS O2-IonO+	
Add-3	e	O3	→	O-	O2	LB 5-104	CS O3-O-	
Add-4	e	O3	→	O	O2-	LB 5-104	CS O3-O2-	

1	e		Dis.
2	O2(X)		5.116
3	O2(a)	0.977	
4	O2(b)	1.627	
5	O2+	12.07	
6	O2-		
7	O		
8	O+	13.614	
9	O-		
10	O3		

電気 電気学会技術報告
 PKAG Plasma Kinetics in Atomospheric Gases
 LB Landolt-Bornstein

1. エッチング（微細加工）は
 - （1）中性活性種による化学反応
 - （2）イオンによる物理的スパッタ
2. Fluxの量では、イオン < 中性活性種
3. Plasmaとは言っても、中性活性種を忘れてはいけない！

企業では・・・

- （1）Te、Neの測定すら余裕が無い
- （2）中性活性種の測定は困難

⇒ 次に、SEAJでの取組みを紹介します