

ウェーハ環境汚染制御

- 信頼性と歩留まりを制するもの、
それは「汚染制御」

1. ITRSでのWECC (Wafer Environmental Contamination Control)への取り組み
2. 日本の問題意識
3. 日本の取り組み

WG11 日立製作所 津金 賢

WG11メンバ (:WECCサブWG:8名)	
リーダー	池野(日立ハイテク)
サブリーダー	山崎(東芝)
	河村(富士通)
	津金(日立) サブWGリーダー
	山口(日立)
	藤井(松下)
	桑原(NECEL)
	白水(NECEL)
	清田(ソニー)
	岡本(ソニー)
	小澤(ローム)
	三浦(セイコーエプソン)
	宮崎(アクレーテク)
特別委員	水野(明星大)
特別委員	市川(東京大)
特別委員	小島(産総研)
特別委員	西萩(SEAJ/テクノス)
特別委員	一安(SEAJ/日立ハイテク)
特別委員	杉本(日立ハイテク)

WG11（計測/歩留向上）の活動内容

ITRS 2005年改訂作業 4極分担

- ◆ 歩留モデルと装置許容欠陥数(YMDB) --- 日本 (STRJ-WG11)
- ◆ 欠陥検出、解析(DDC) --- 欧州 + 米国
- ◆ 歩留習熟 (YL) --- 台湾
- ◆ **ウェーハ環境汚染制御(WECC)** --- 米国 + 欧州 + 日本 (WG11)

STRJ-WG11活動概要

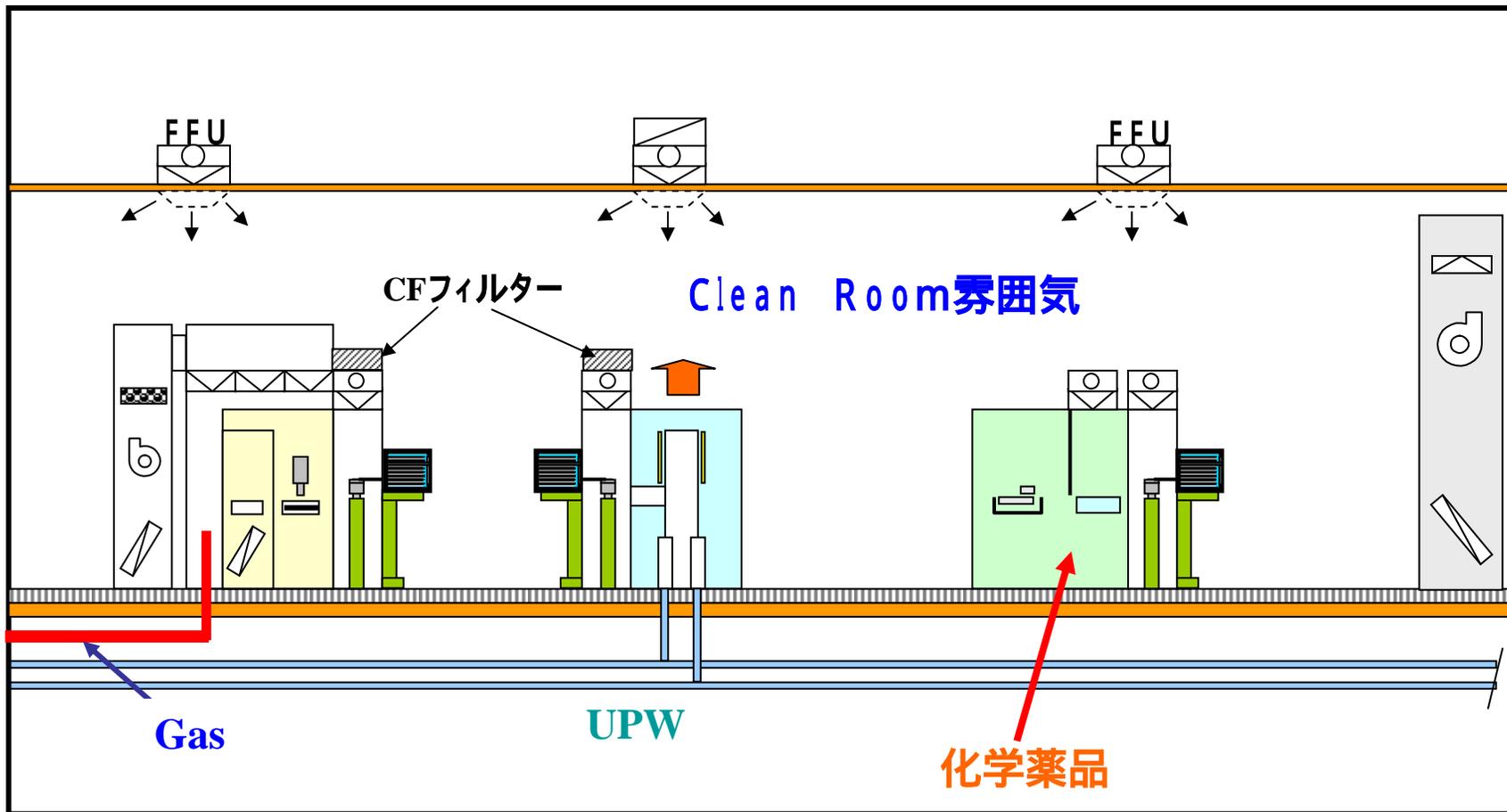
- ◆ Met: LER/LWR測定標準化 今年度の重点テーマ
Litho、PIDS、配線とのクロスカットを実施
- ◆ **YE: WG11内にWECCサブWGを発足し、取り組み開始**
- ◆ YE: YMDBテーブルの改訂
WWでのDefect Budget Surveyの実施と解析
- ◆ Met / YE: 技術方向性再検討と解決策探求
ITRSにないDifficult Challenge項目の洗い出し、解決策探求

YMDB: Yield Model & Defect Budget

WECC: Wafer Environmental Contamination Control

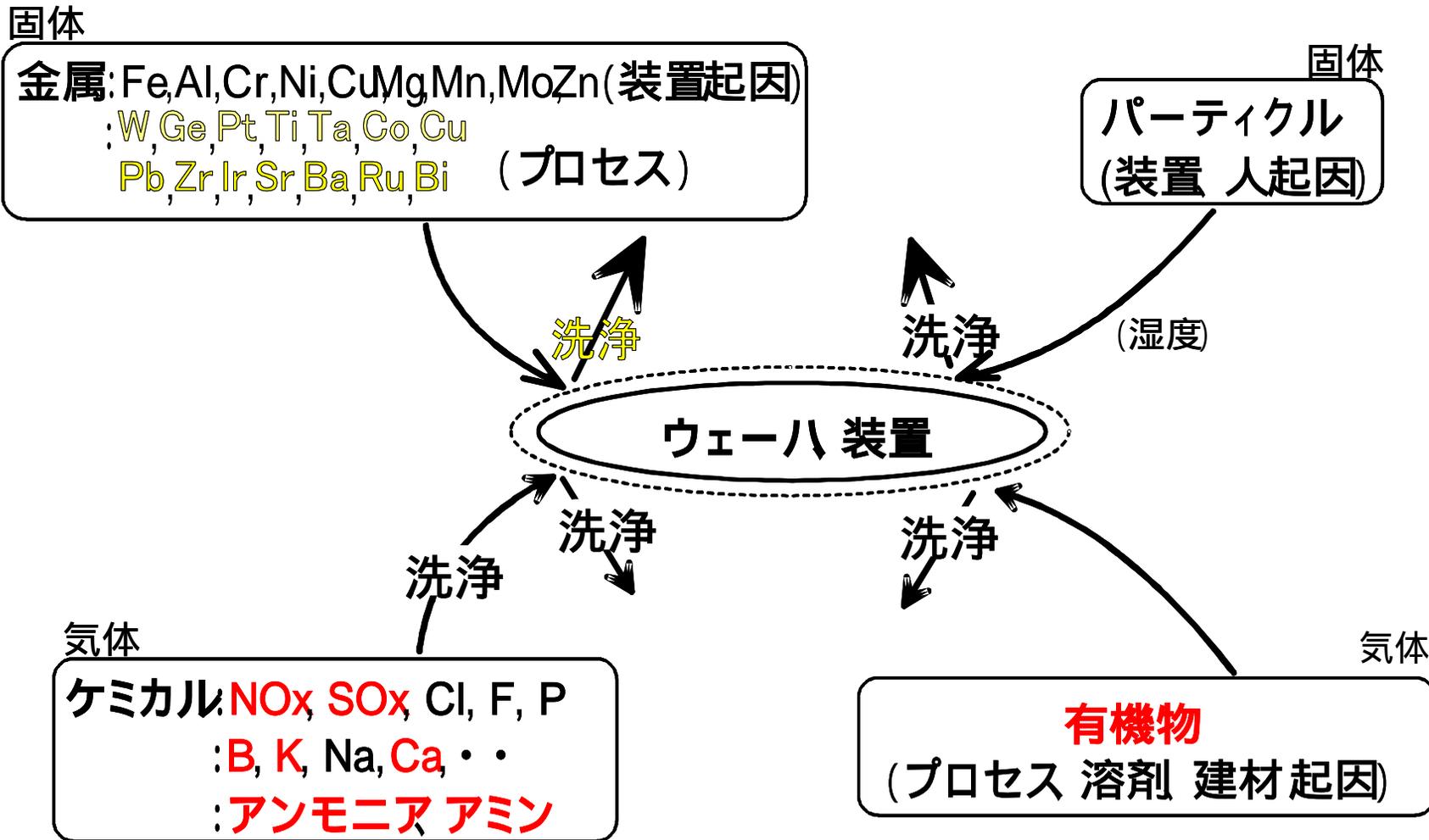
WECCとは？

歩留まり向上や信頼性維持を目的とし、ウェーハのクリーン度を保つために、製造環境 (cleanroom/UPW/chemicals/gas) を制御する活動



WECCとは？

歩留まり向上や信頼性維持を目的とし、ウェーハのクリーン度を保つために、製造環境 (cleanroom/UPW/chemicals/gas) を制御する活動



ITRS WECC sub-WG (4つのサブチーム)

ITRS YE-TWG WECC sub-WG

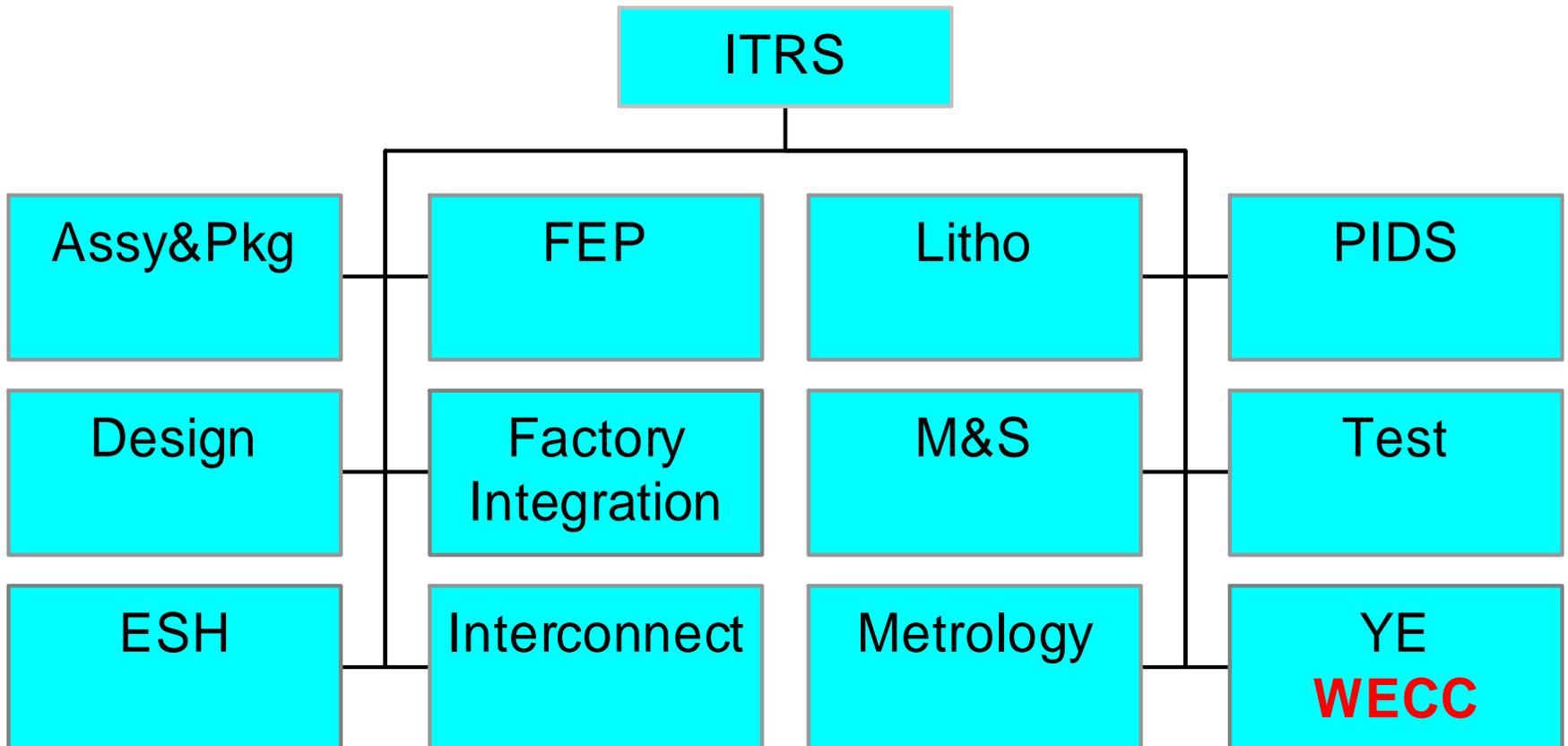
YE-TWGの中でも独自の活動色が強い
4つのサブチームによる詳細に亘った取り組み

- ◆ WECC サブWG リーダ: 米国 (Intel)
 - ◆ クリーンルーム/気中有機汚染サブチーム リーダ: 米国 (TI)
 - ◆ 超純水サブチーム リーダ: 米国 (IBM)
 - ◆ バルクガスサブチーム リーダ: 米国 (Air Products)
 - ◆ 薬液サブチーム リーダ: 米国 (Intel)

- ◆ **参加企業 (米欧)**: Intel, IBM, Texas Instruments, Motorola, Infineon, Sematech, Air Liquide, Arch, Chemtrace, Air Products, Metara, Balazs, M + W Zander, etc.

- ◆ **活動状況**
2003-2004年にかけて改定作業 (内容充実) で活発な議論を展開
サブチーム毎に電話会議を頻繁に開催 (多い時は毎週)
既に2005年改定に向けた議論を開始

欧米に於けるWECCの位置付け



WECC Road Mapの変遷

YEAR OF PRODUCTION		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Airbone Molecular Contaminants										
Organics (as CH4)(ppt)	2001	750	750	750	750	750	<750	<750		
Organics normalized to hexadecane equivqlent (pptM)	2003			5000	4500	4000	3500	3000	3000	<2500
Salicidation contact-acid (as Cl-)	2003			10	10	10	<10	<10	<10	<10
Salicidation contact-acid (as Cl-)	2004			100	100	100	10	10	10	10
Salicidation contact-bases (as NH3)	2003			12	10	8	4	<4	<4	<4
Salicidation contact-bases (as NH3)	2004			1000	1000	1000	100	100	100	100
Ultrapure Water										
Total silica (ppb)	2001	0.1	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05	0.05		
Total silica (ppb) as SiO2	2003			1	1	0.75	0.75	0.5	0.5	0.5
Total silica (ppb) as SiO2	2004			0.5	0.5	0.5	0.5	-	-	-
Reactive Silica (ppb) as SiO2	2003			0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Reactive Silica (ppb) as SiO2	2004			0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Critical cation, anion, metals (ppt)	2001	<20	<20	<20	10	10	10	10		
Critical metals (ppt)	2003			1	1	1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Critical anions (ppt)	2003			50	50	50	50	50	50	50

要求値変更の背景、根拠を掴みにくい

WECC Road Mapの変遷

YEAR OF PRODUCTION		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Liquid Chemicals										
Particles-critical size (ml)	2001	<10	<10	<10	<10	<1	<1	<1		
49%HF, 37%HCl:number of particles>critical size (/ml)	2003			-	-	<10	<10	<10	<10	<10
30%H2O2, 29%NH4OH, 100%IPA:number of particles>critical size (/ml)	2003			<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000
HF, H2O2, NH4OH: Fe,Cu	2001	<150	<135	<110	<100	<90	<50	<50		
Critical cation, anion, metals (ppt)	2001	<10	<10	<10	<5	<5	<5	<1		
49%HF, 30%H2O2, 29%NH4OH, 100%IPA:Na,K,Fe,Ni,Cu,Cr,Co,Pt,Ca,Al,Zn (ppt)	2003			<150	<150	<150	<150	<150	<150	<150
49%HF, 30%H2O2, 29%NH4OH, 100%IPA:all other metals	2003			<500	<500	<500	<500	<500	<500	<500
HF-only, TOC (ppb)	2001	<30	<30	<25	<20	<15	<10	<10		
49%HF, 29%NH4OH, 37%HCl, 30%H2O2: TOC (ppb)	2003			TBD						
Bulk Gases										
N2, O2, Ar, H2: H2O, O2, CO2, CH4 (ppt)	2001	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000	<1000		
N2(O2, H2, H2O, CO, CO2, THC) (ppbv)	2003			<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
O2(N2X5, ArX5, H2, H2O, CO, CO2, THC) (ppbv)	2003			<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

情報収集、議論の必要性 → WECC sub WG設立

WECCロードマップ

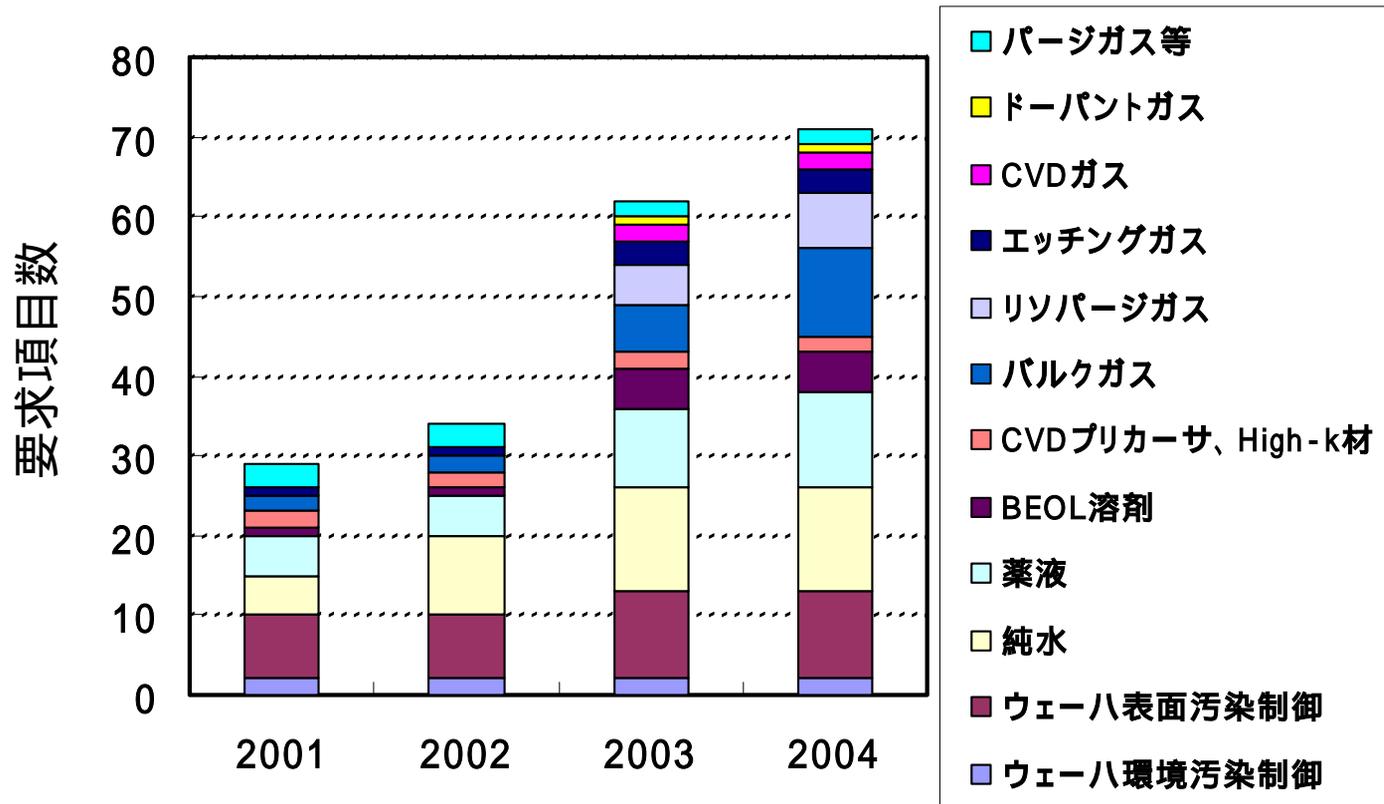
2003年(2004年up date)版の問題点

1. 要求項目が大幅に増加したが、TBDも増え、数値根拠が不明
薬液純度、メタルの3分類
2. FEPのウェーハ表面汚染制御の要求値と不一致
気中Cu濃度/Siウェーハ上Cu濃度が不一致
3. プロセスパラメータが純度要求項目になっている
UPW中の溶存窒素濃度(MS)
4. 実力値との乖離：バルクガス中不純物
H₂中のN₂濃度：1ppbに対し、実力値は<0.01ppb
H₂O₂中のメタル濃度：150pptに対し、実力値は<0.1ppt

ITRS2004東京meetingから議論開始

問題点 1

- ✧ 要求項目が大幅に増加したが、TBDも増え数値根拠が不明
 - × 薬液でTBD(今後決定が必要なデータ)が多い
 - × 追加項目に対してデバイス要求がハッキリしていない

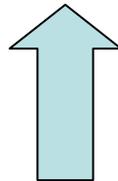


問題点 2

- FEPのウェーハ表面汚染制御の要求値と不一致
 × 気中Cu濃度/Siウェーハ上Cu濃度が不一致

FEP要求値

<i>Year of Production</i>	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Technology Node</i>		hp90			hp65		
Critical GOI surface metals (10^{10} atoms/cm ²) [F]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Critical other surface metals (10^{10} atoms/cm ²) [F]	1	1	1	1	1	1	1



単純計算で $\sim 10^7$ atoms/cm²レベルとなる

WECC要求値

<i>Year of Production</i>	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Technology Node</i>		hp90			hp65		
Gate—metals (as Cu, $E=2 \times 10^{-5}$) [I] (ppt)	0.15	0.1	0.1	0.07	<0.07	<0.07	<0.07

FEPとWECCで整合性をとる

問題点 3

- プロセスパラメータが純度要求項目になっている
× UPW中の溶存窒素濃度 (MS)

<i>Year of Production</i>	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Technology node</i>		hp90			hp65		
Dissolved Nitrogen (ppm)	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12	8-12

効率的なmega-sonic洗浄可能な溶存窒素濃度を規定

日本側でWECCでの考え方を提案する

問題点 4

- 実力値との乖離：バルクガス中不純物
 - × H₂O₂中のメタル濃度 150 pptに対し、実力値は < 0.1 ppt
 - × H₂中のN₂濃度：50ppbに対し、実力値は < 0.01 ppb

<i>Year of Production</i>		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<i>Technology Node</i>		.	hp90	.	.	hp65	.	.
<i>DRAM ½ Pitch (nm)</i>		100	90	80	70	65	57	50
<i>Liquid Chemicals [F]</i>								
IS	49% HF, 30% H ₂ O ₂ , 29% NH ₄ OH, 100% IPA: Na, K, Fe, Ni, Cu, Cr, Co, Pt Ca, Al Zn (ppt, each)	<u>150</u>						
<i>Bulk Gases (Contaminants, ppbv)</i>								
IS	H ₂ (<u>N₂</u> , <u>Ar</u>)	<u><50</u>						

要求値と実力値の整合性をとる

日本におけるWECCの取り組み

1. 日本版Requirement Tableの作成
 - ・WECC関連メーカーとの議論
2. Difficult Challengeの設定
 - ・クロスコンタミネーション
 - ・ウェーハ持込汚染

WECC関連メーカーベンチマーク

WECC関連メーカーと現状、今後の見通し等の議論を開始する

	アンモニア	塩酸	過酸化水素	硫酸	硝酸	燐酸	フッ酸	B-フッ酸
薬液メーカーA								
薬液メーカーB								
薬液メーカーC								
薬液メーカーD								
薬液メーカーE								
薬液メーカーF								
薬液メーカーG								

日本としての要求値を纏める

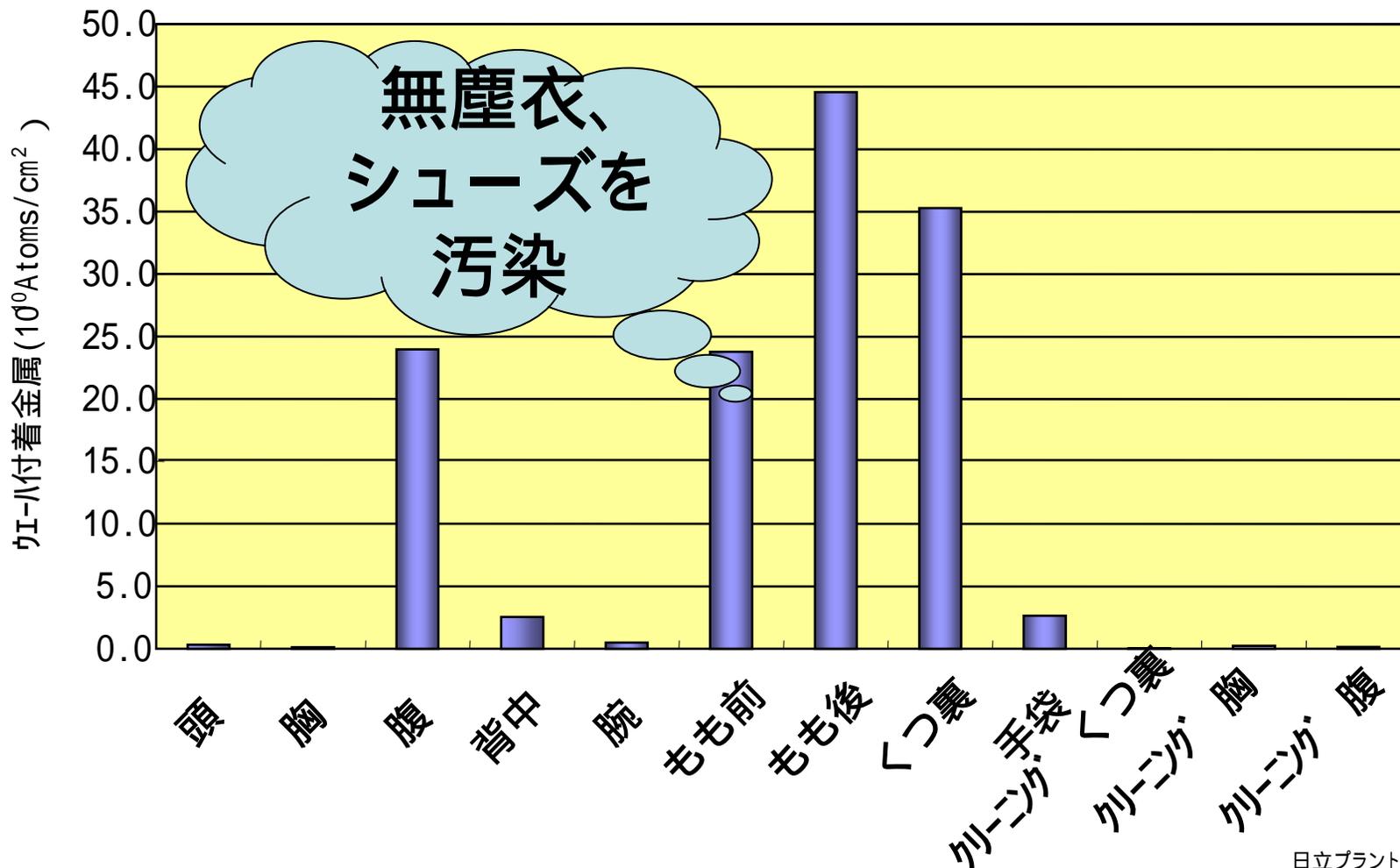
LSI に使用される材料の変化

	<i>Generation</i>	Present		Future
FEOL	<i>Technology Node</i>	0.35 ~ 0.25 μ m	130 ~ 90nm	65nm and beyond
	<i>Starting Materials</i>	CZ, EPI	CZ, EPI, HAI	CZ, EPI, HAI, SOI, SiGe.....Ge
	<i>Gate Insulator (GOI)</i>	SiON/SiO ₂	SiO ₂ /Si(O)N	SiO ₂ /High- (HfSiON, ...) <10
	<i>Gate Electrode</i>	Poly-Si/WSix	Poly-Si/CoSix	Poly-Si/NiSix, Metal
	<i>Salicidation Contact</i>	Ti, W	Ti, W, Co	Ti, W, Ni
	<i>Capacitor Insulator</i>	SiO ₂ /SiN/SiO ₂	SiO ₂ /SiN/SiO ₂	New Material (BST)
	<i>Capacitor Electrode</i>	Poly-Si	Poly-Si	Poly-Si, Metal (Ti, TiN, W, Pt, Ru, RuO ₂ , ...)
BEOL	<i>Interlevel Metal Insulator</i>	SiOF	SiOC, FSG	Low- , ULK, ... Gas Gap ?)
		=3.7	=2.9, 3.4	=2.7, <2
	<i>Wiring Material</i>	Al-Cu	Cu, Al-Cu	Cu

ウェーハ製造プロセス自体が汚染源

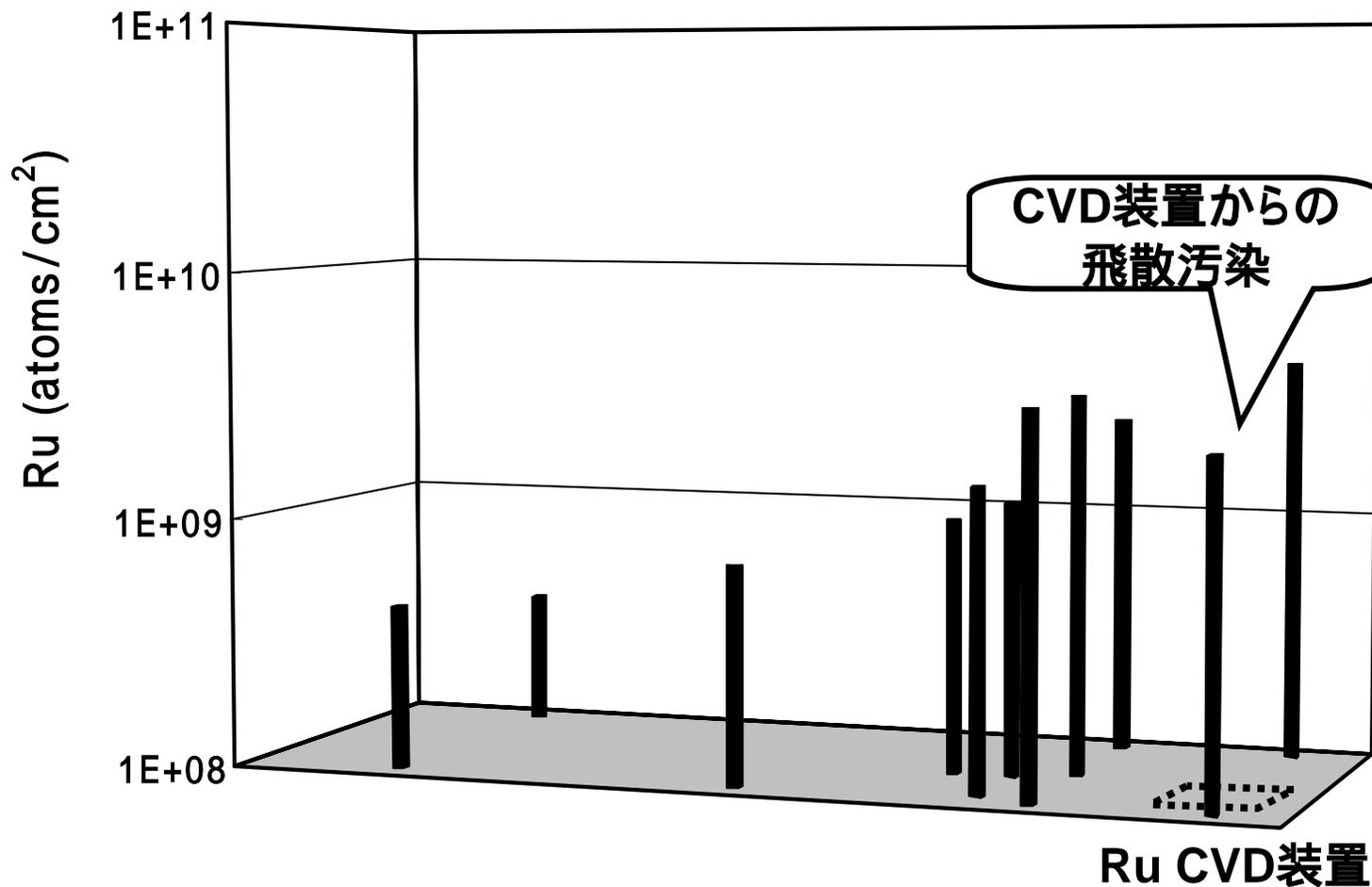
Cuクロスコンタミネーション

～ Cu装置メンテナンスがCRを汚染～



日立プラント 平田氏データ

Ruクロスコンタミネーション



東芝 嶋崎氏データ

まとめ

- 微細化が更に進むにつれ、ウェーハ自身の汚染管理だけでなく、WECCの重要性が認識されつつある。
- WECCはYEのサブWGとして、活動を開始した。
- 2001年度、2003年度、2004年度のUpdate版の中から、問題点を抽出した。
- WECCについてのプロセスサイドからのRequirement Tableの作成を開始した。
- 日本サイドの Difficult Challenges を採択、検討を行う。特にクロスコンタミや、ウェーハへの持ち込み汚染について検討を行う予定。
- 平成17年度の実際の活動としては、WECC関連メーカーとのヒアリング及び、クロスコンタミやウェーハへの持ち込み汚染に付いての情報収集を主に行う。