

# ITRS 2011年版の概要

半導体技術ロードマップ専門委員会 (STRJ) 委員長

石内秀美 (東芝)

本講演は、ITRSとSTRJでまとめた技術ロードマップについて説明したもので、ITRS参加企業・団体、JEITA会員企業の個別の製品や技術開発の方向について説明したものではありません。

# 主要略語一覧(アルファベット順)

- ERD: Emerging Research Devices 新探究デバイス
- ERM: Emerging Research Materials 新探究材料
- EUV: Extreme Ultra Violet
- FEP: Front End Process (ITRSの章の名前でもある)
- High-k: 高誘電率(比誘電率の記号としてkを使うことから)絶縁膜。MOSFET用のゲート絶縁膜
- ITRS: International Technology Roadmap for Semiconductors 国際半導体技術ロードマップ
- JEITA: 社団法人 電子情報技術産業協会 (Japan Electronics and Information Technology Industries Association)
- Low-k: 低誘電率(比誘電率の記号としてkを使うから)絶縁膜。多層金属配線用絶縁膜
- M1: Metal-1 最下層(第1)の金属配線層
- MEMS: Micro-Electro-Mechanical Systems
- MPU: Micro Processor Unit マイクロプロセッサ
- NTRS: National Technology Roadmap for Semiconductors 米国のSIAが編集した半導体技術ロードマップ
- PIDS: Process Integration, Devices and Structures (ITRSの章の名前)
- SIA: Semiconductor Industry Association 米国半導体工業会
- STRJ: Semiconductor Technology Roadmap committee of Japan 半導体技術ロードマップ専門委員会。JEITA半導体部会 半導体技術委員会 の専門委員会

# 内容

- ITRSの歴史
- STRJトピックス
  - STRJの組織構成
  - 3ワーキンググループ活動休止
- ITRS 2011年版と今後の改訂方針
  - MEMS章の新規書き下ろし
  - 全般的なトレンド (OTRC: Overall Roadmap Technology Characteristics)
- まとめと参考文献

# 13th Anniversary of ITRS



<http://www.itrs.net>

1991  
Micro Tech 2000  
Workshop Report

1992NTRS

1994NTRS

1997NTRS

Europe

Japan

Korea

Taiwan

USA

1998 ITRS  
Update

1999 ITRS

2000 ITRS  
Update

2001 ITRS

2002 ITRS  
Update

2003 ITRS

2004 ITRS  
Update

2005 ITRS

2006 ITRS  
Update

2007 ITRS

2008 ITRS  
Update

2009 ITRS

2010 ITRS  
Update

2011 ITRS

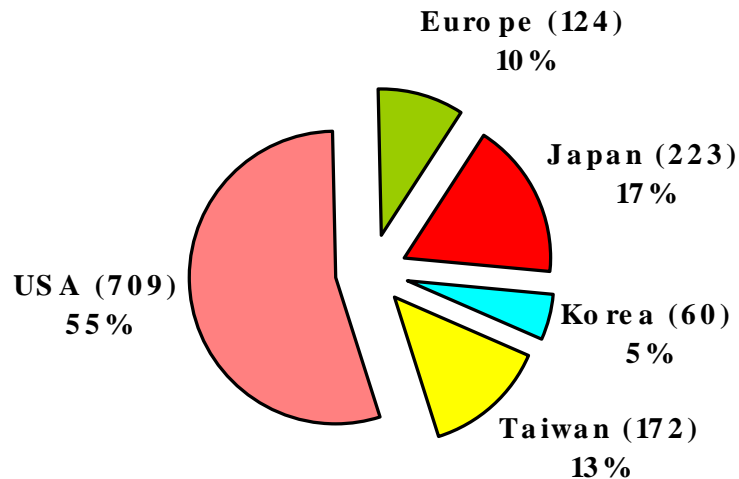
# ITRS編集の基本的考え方

- ムーアの法則
  - 1チップ当たりの素子数(トランジスタ数)は1.5年から2年ごとに2倍になる
- ムーアの法則を維持するために何が必要か
  - 重要な技術課題を選定
  - それぞれの技術課題ごとに定量的な表を作成
  - 表を毎年更新
- More than Moore(多様化)と Beyond CMOS
- ITRSが与えた影響
  - 半導体業界(チップメーカー、装置メーカー、材料メーカー)、大学や公的研究機関、行政機関が技術のペースメーカーとして利用。

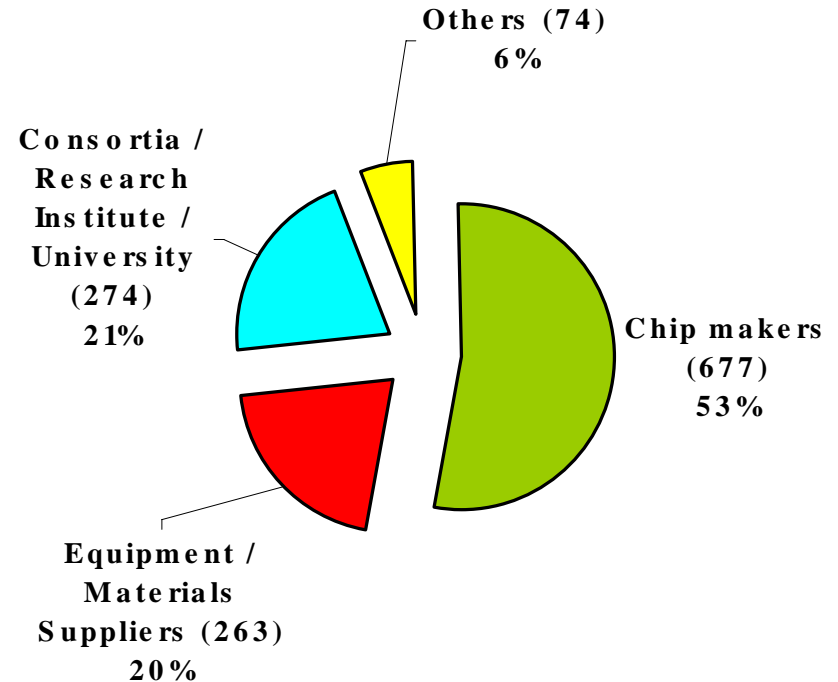
# ITRSの委員(地域別・所属別)

出典: ITRS 2005

## 2005 ITRS Members by Region



## 2005 ITRS Members by Affiliation



# ITRS 2011年版の章構成と、STRJのWG



1. Executive Summary	
2. System Drivers	WG1 設計
3. Design	WG1 設計
4. Test & Test Equipment	WG2 テスト
5. Process Integration, Devices & Structures	WG6 PIDS
6. RF and A/MS Technologies for <del>Wireless</del> Communications	WG6 RF SWG
7. <b>Micro-Electro-Mechanical Systems (MEMS)</b>	<b>WG6 MEMS SWG</b>
8. Emerging Research Devices	WG12 ERD
9. Emerging Research Materials	WG13 ERM
10. Front End Processes	WG3 フロントエンドプロセス
11. Lithography	WG5 リソグラフィー
12. Interconnect	WG4 配線
13. Factory Integration	<b>WG8 ファクトリインテグレーション</b>
14. Assembly & Packaging	WG7 実装
15. Environment, Safety & Health	<b>WG9 ES&amp;H</b>
16. Yield Enhancement	WG11 歩留向上
17. Metrology	WG14 メトロロジ
18. Modeling & Simulation	<b>WG10 モデリング／シミュレーション</b>

青字: ITRSの章の新設・名称変更

赤字: STRJで活動休止中のWorking Group

# STRJの主な活動状況 (1)

## (1) ITRS (国際半導体技術ロードマップ)活動:

- ITRSの作成を分担(奇数年は全面改訂、偶数年は主にTableのみを改訂  
ITRSの各WGに日本から参加。分担範囲は、WG毎に異なる。

## (2) 半導体技術ロードマップ専門委員会(STRJ)の独自活動

- 日本国内で専門家からなるWGを組織。各々分野の技術動向を調査
- ITRSの日本語訳の作成。STRJのホームページで公開。公開直後は、3~5万件/月のアクセス。
- STRJワークショップを毎年3月に開催。STRJの各ワーキンググループからの当該年度の活動報告。例年、2件の特別講演。



## (3) ITRS 国際会議とPublic Conferenceの開催

- 欧州会議： 毎年4月にITRS国際会議を開催。場所は毎年異なる。
- 米国会議： 毎年7月に米国サンフランシスコにてSEMICON WESTに合わせて、ITRS国際会議とPublic Conferenceを開催。
- アジア会議： 毎年12月に、日本、韓国、台湾の回り持ちで、ITRS国際会議とPublic Conferenceを開催。次の日本開催は2014年の12月の予定

## (4) STRJ の4WG (ワーキンググループ)の活動休止

- STRJの予算削減に対応するため、下記の3WGの活動を、2010年4月から休止中。
  - WG8 FI (Factory Integration)
  - WG9 ES&H (Environment, Safety, and Health)
  - WG10 Modeling and Simulation

(注) WG11 YEについては 2010年度にいったん活動を休止したものの、  
2011年度から活動を再開

# ITRS 2011年版のトピックス： MEMS章



- MEMSのWGを新設し、MEMS章を書き下ろし
- “Mobile Internet Device”に搭載されるMEMSにフォーカス
  - *The MEMS TWG chose to align its effort towards MEMS technologies associated with “mobile internet devices.”*(ITRSのMEMS章より引用)
- **MEMS章に取り上げられた技術**
  - Accelerometers
  - Gyroscopes
  - Microphones
  - RF MEMS
  - Emerging MEMS
    - Optical Filters / Picoprojector / Electronic Nose / Micro Speakers /
    - Ultrasound Devices

# MEMS章: Mobile Internet Deviceとは



Source: 2011 ITRS Winter Meeting, Dec. 2011, Incheon, Korea

# ITRS 2011年版の概要と今後の編集方針(1)

- MPUの微細化トレンドについては、変更なし。MPUのクロック周波数のトレンドについては、2010年の3.6GHzを基点として年率4%のペースで向上。
- 2009年版と比べて、DRAMのM1(最下層の金属配線層)の微細化トレンドを約1年前倒し。
- 2009年版と比べて、NAND Flashの微細化トレンドを約2年前倒し。次の改訂版(2012年Update)では更に1年の前倒しの可能性あり。
- フォトマスク数のトレンドを改訂。MPUのマスク数は2014年に54枚で、2015年にEUVを導入。DRAMとNAND Flashメモリのマスク数は、2012年に、それぞれ、41枚、43枚で、両者とも2013年にEUVを導入。EUV導入の前年にマスク数が最大となる。
- 450mmウェーハの導入時期については、変更なし。必要があれば、2012年Updateで見直し

# ITRS 2011年版の概要と今後の編集方針(2)

- MEMSの章を新設。
- Radio Frequency and Analog/Mixed-signal Technologies for Communicationsの章を増補改訂する。従来、Wireless技術に限っていたが、今後は、アナログ集積回路全般を扱う。
- PIDS (Process Integration and Device Structures) 章では、高性能 (High Performance) ロジック用のMOSFETの新チャンネル材料候補として、III-V族の化合物 (n-ch MOSFET用) とGe (p-ch MOSFET用) を取り上げる。
- ERD (Emerging Research Devices) 章では、新探究アーキテクチャの節を拡充する。また、メモリデバイスの節では、“Storage Class Memory” とメモリの“Select Device” のsubsectionを新たに追加する。

# 微細化トレンド (2009年版と2011年版との比較)

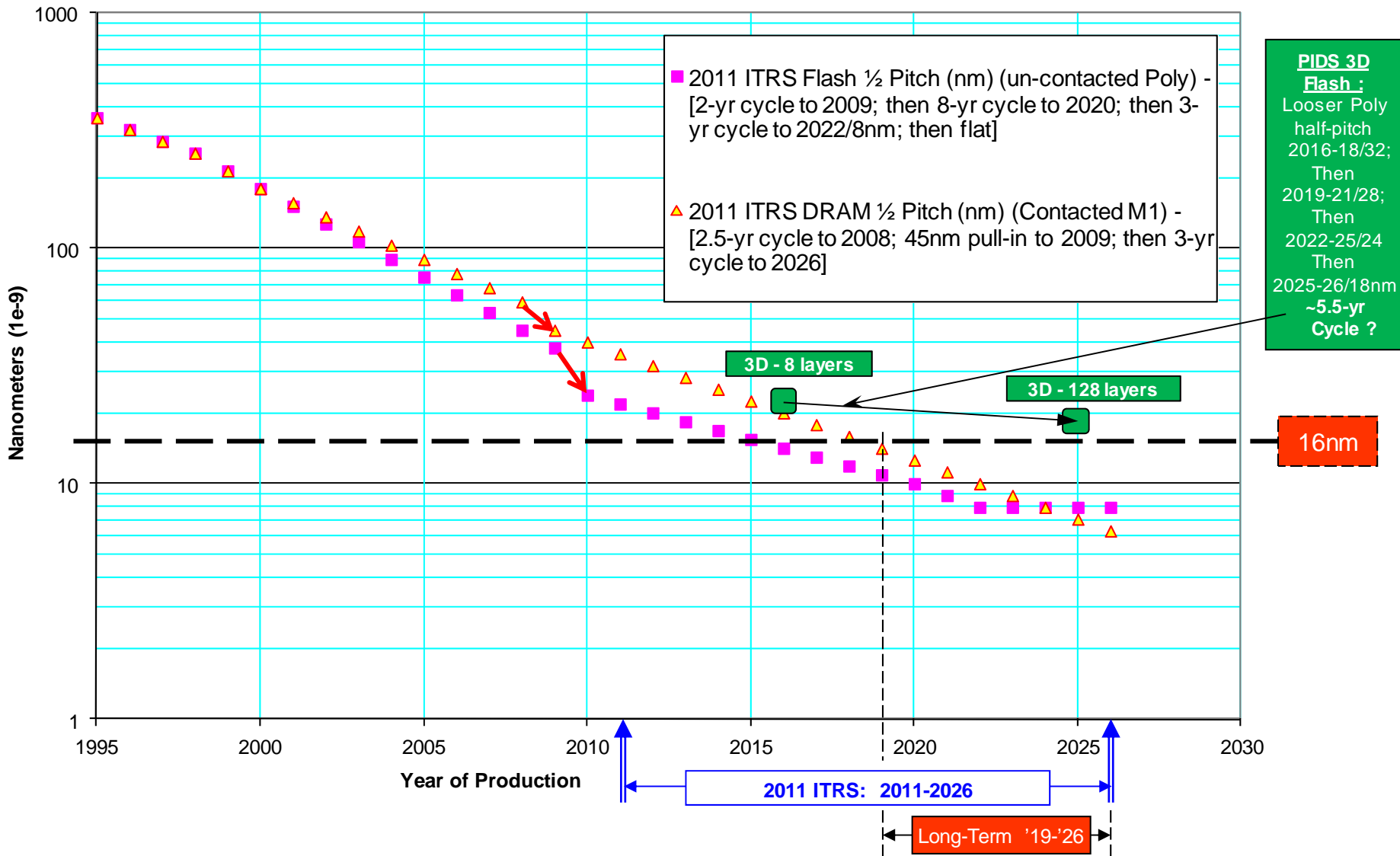


出典: ITRS 2009 Edition / ITRS 2011 Edition

<i>YEAR of Production</i>	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Flash Uncontacted Poly Si ½ Pitch (nm)</i> 2009 Edition	38	32	28	25	23	20	18	15.9
<i>Flash Uncontacted Poly Si ½ Pitch (nm)</i> 2011 Edition	N/A	N/A	22	20	18	17	15	14.2
<i>DRAM stagger-contacted Metal 1 (M1) ½ Pitch (nm)</i> 2009 Edition	52	45	40	36	32	28	25	22.5
<i>DRAM stagger-contacted Metal 1 (M1) ½ Pitch (nm)</i> 2011 Edition	N/A	N/A	36	32	27	25	23	20

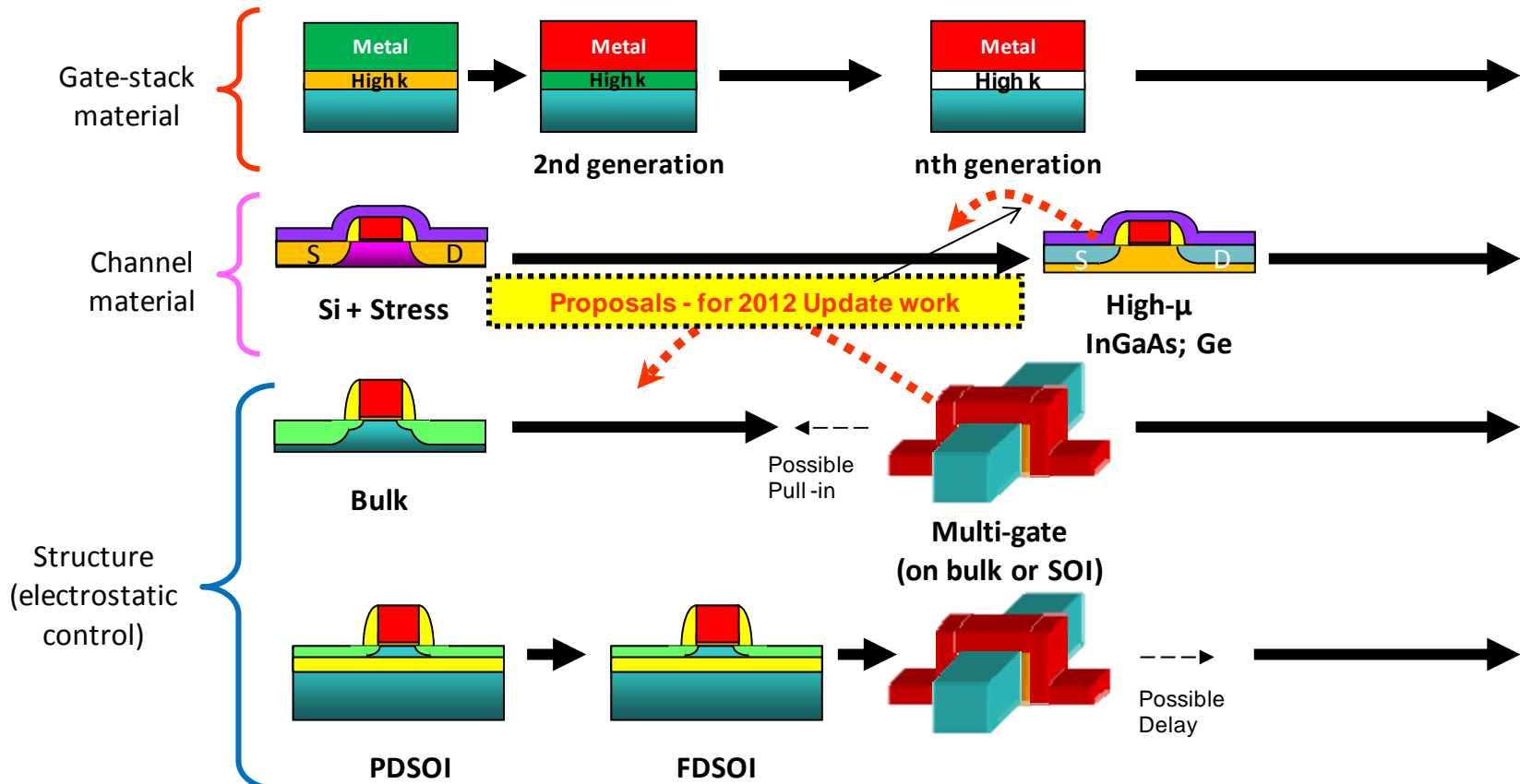
<i>year of Production</i>	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<i>Flash Uncontacted Poly Si ½ Pitch (nm)</i> 2009 Edition	14.2	12.6	11.3	10.0	8.9	8.0	7.1	6.3
<i>Flash Uncontacted Poly Si ½ Pitch (nm)</i> 2011 Edition	13	11.9	10.9	10.0	8.9	8.0	8.0	8.0
<i>DRAM stagger-contacted Metal 1 (M1) ½ Pitch (nm)</i> 2009 Edition	20.0	17.9	15.9	14.2	12.6	11.3	10.0	8.9
<i>DRAM stagger-contacted Metal 1 (M1) ½ Pitch (nm)</i> 2011 Edition	17.9	15.9	14.2	12.6	11.3	10.0	8.9	8.0

# 微細化トレンド



Source: 2011 ITRS - Executive Summary Fig. ORTC3

# MOSTランジスタの構造



2011 ITWG Table Timing:	2007	2009	2010	2012	2013	2015	2016	2018	2019	2021	2021	2024
2011 ITRS Flash Poly :	54nm	45nm	32nm	22nm	15nm	11nm	8nm	8nm	8nm	8nm	8nm	8nm
2011 ITRS DRAM M1 :	68nm	45nm	32nm	22nm	15nm	11nm	8nm	8nm	8nm	8nm	8nm	8nm
MPU/hpASIC "Node":	"45nm"	"32nm"	"22nm"	"16nm"	"11nm"	"8nm"	"8nm"	"8nm"	"8nm"	"8nm"	"8nm"	"8nm"
2011 ITRS MPU/hpASIC M1 :	76nm	65nm	54nm	45nm	38nm	32nm	27nm	19nm	13nm	13nm	13nm	13nm
2011 ITRS hi-perf GLpr :	54nm	47nm	47nm	41nm	35nm	31nm	28nm	20nm	14nm	14nm	14nm	14nm
2011 ITRS hi-perf GLph :	32nm	29nm	29nm	27nm	24nm	22nm	20nm	15nm	12nm	12nm	12nm	12nm

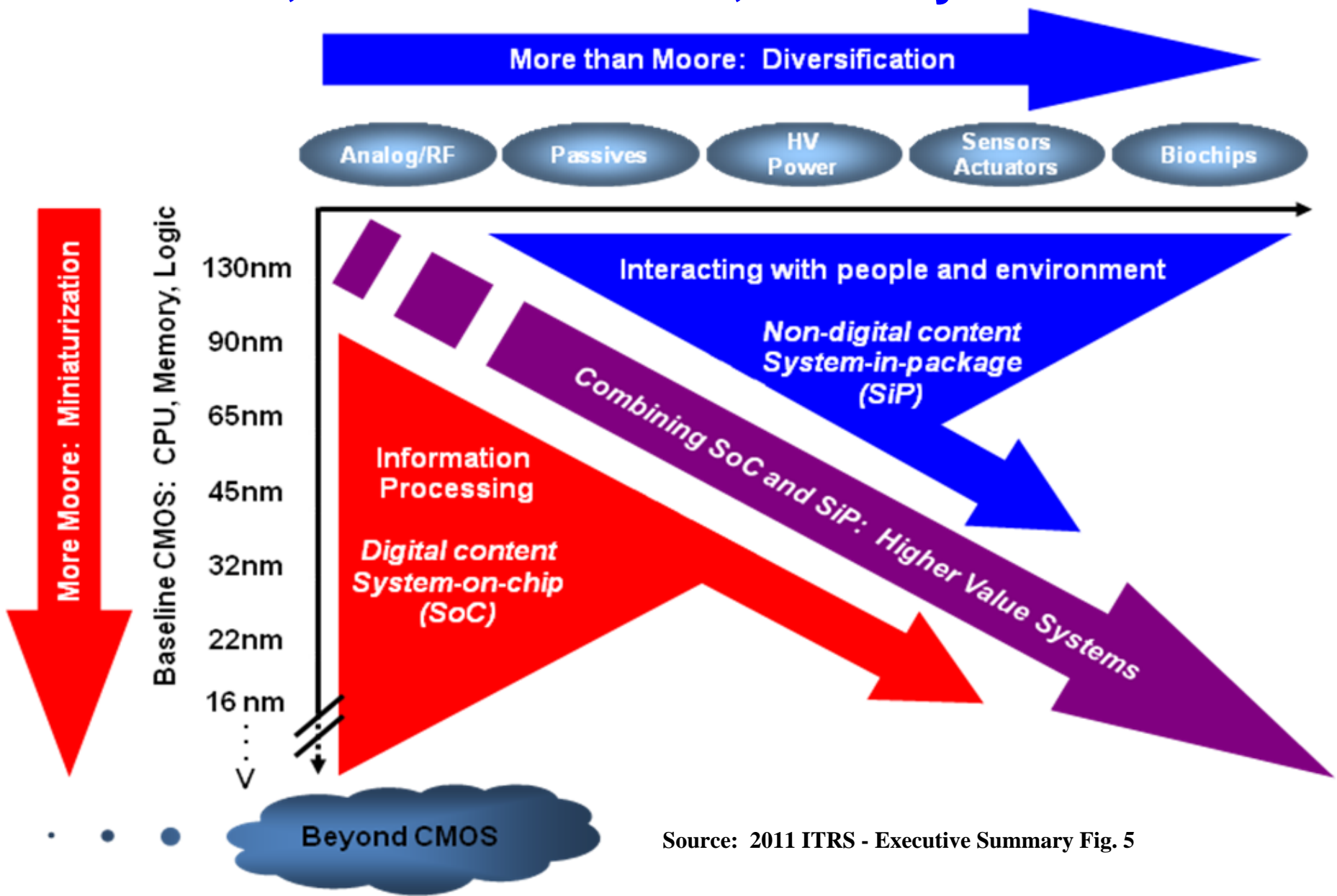
Source: 2011 ITRS - Executive Summary Fig. ORTC5



# More Moore と More than Moore

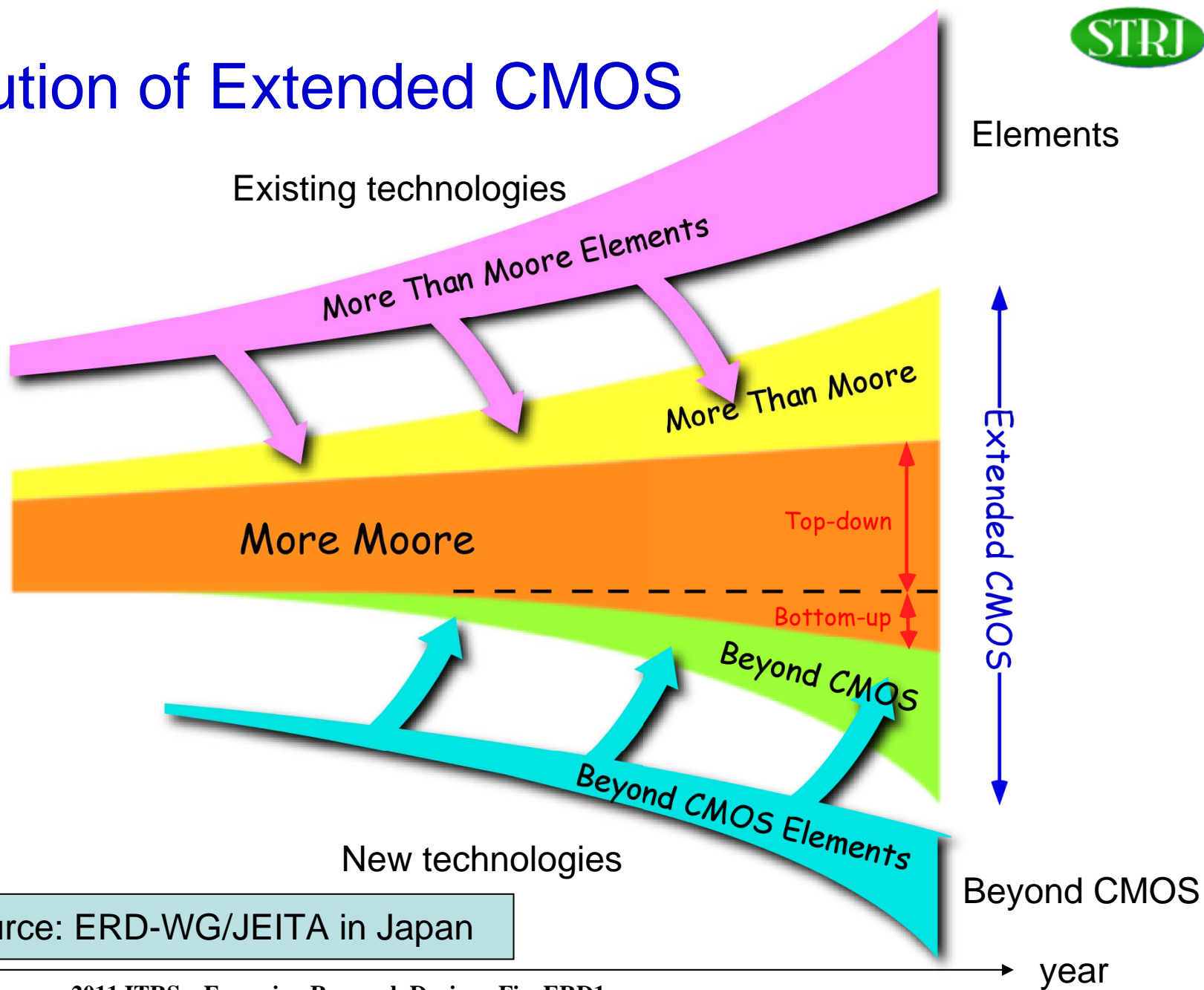
- More Moore
  - Geometrical Scaling: 幾何学的(寸法の)スケーリング
  - Equivalent Scaling: 等価的(実効的)スケーリング
  - Design Equivalent Scaling: 設計による等価的微細化
- More than Moore
  - 必ずしも微細化のみによらない多様化
  - SiP(System in Package)技術による異種のチップの集積化
- Beyond CMOS
  - シリコンCMOS技術に代わる新技術

# More Moore, More than Moore, and Beyond CMOS



Source: 2011 ITRS - Executive Summary Fig. 5

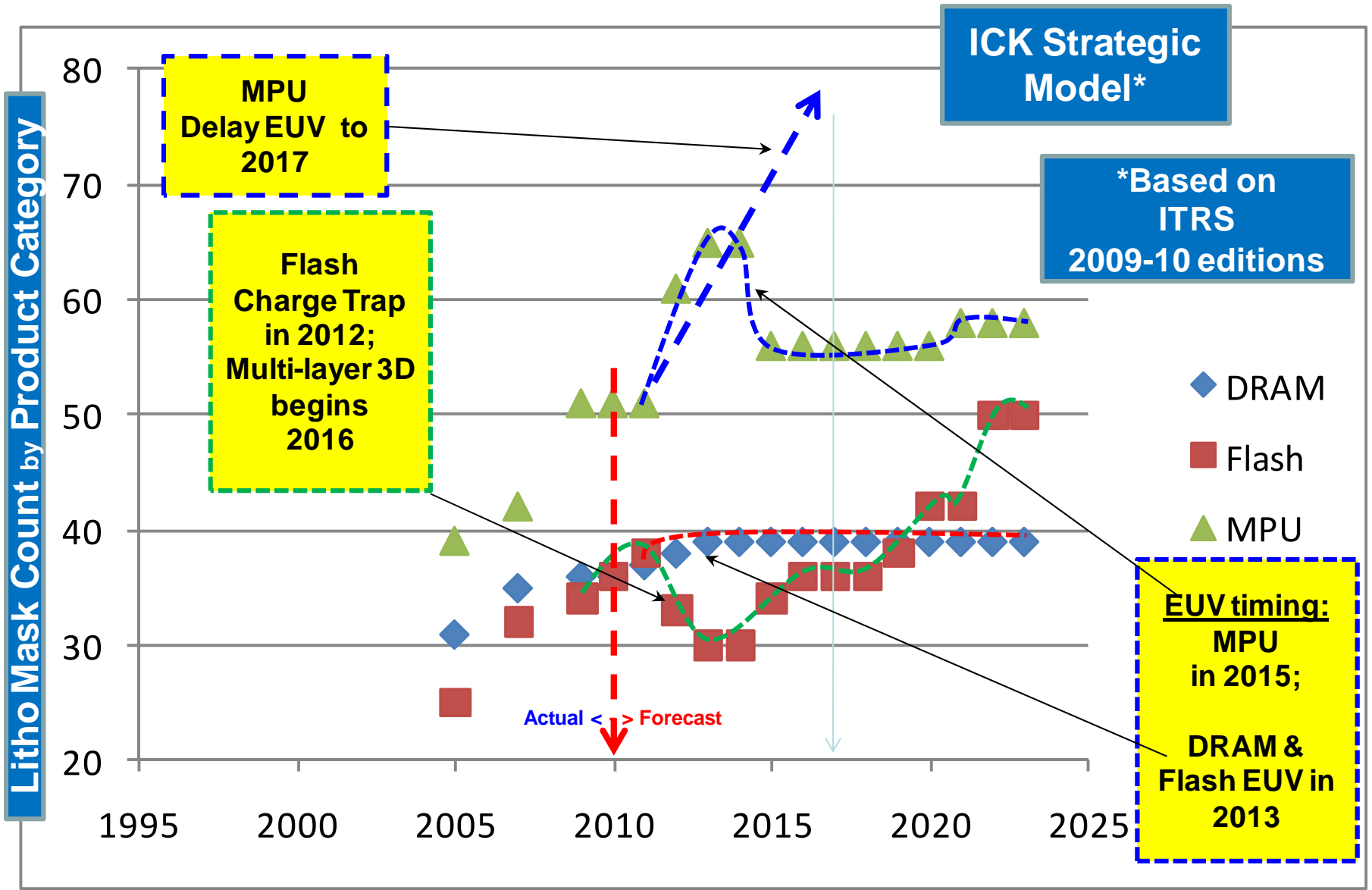
# Evolution of Extended CMOS



Source: ERD-WG/JEITA in Japan

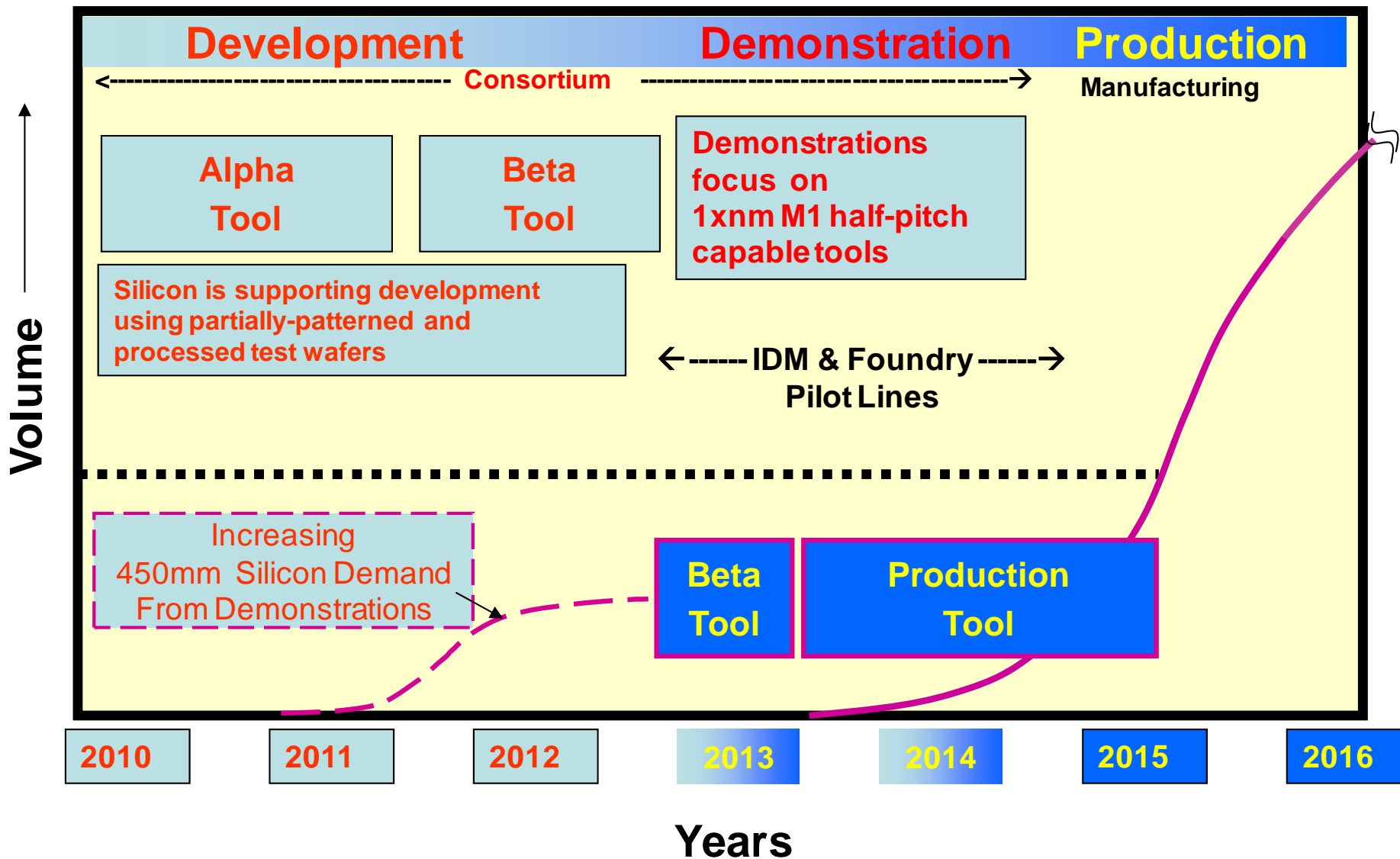
Source: 2011 ITRS – Emerging Research Devices, Fig. ERD1

# MPUとFlashメモリのフォトマスク数の推移



Source: 2011 ITRS - Executive Summary Fig. 8

# 450 mm シリコンウェーハの導入時期



Source: 2011 ITRS - Executive Summary Fig. 6

さらに詳しい資料については下記を参照願います

- ・ ITRSの公式ホームページ
  - <http://www.itrs.net/>
  - ITRS 2011年版 はじめ、ITRSの最新情報
  - ITRS 発行の白書
  - ITRS主催のConferenceなどの資料
- ・ JEITAのロードマップのホームページ
  - <http://strj-jeita.elisasp.net/strj/index.htm>
  - ITRS 2011年版の日本語訳は2011年7月ごろ公開予定
  - ITRS 2009年版の日本語訳(過去の版の和訳もあり)
  - ITRSの過去の版(英文)へのリンク
  - STRJ(半導体技術ロードマップ専門委員会)の活動情報