

新しい時代の始まり : スピードこそが勝負の時代

ビジネス分野・ビジネスターゲットの大転換

- パソコンからデジタルネットワーク対応情報家電・モバイル個人情報端末へ —
- システムの長期信頼性が再び重要となる時代 —
- 総合力を有する我が国に極めて有利な時代 —

顧客の好みの変化が極めて速いため、半導体LSIの価格下落率は15%/月を越えている。スピードこそが勝負の時代。顧客ニーズ瞬時製品化を可能とする①超短時間 ②超多品種 ③可変量 ④高信頼 ⑤超低価格 開発・生産方式(“ハイスピード開発・生産方式”)の創出こそが、わが国を新しい時代の覇者にする。

例: 下記対応半導体製品の創出

- ① 大型平板デジタルディスプレイ(30インチ~100インチ)
- ② 一週間無充電携帯端末
- ③ 著作権補償コンテンツ配信技術
- ④ DVD、デジタルカメラ
- ⑤ 完全環境対応IT自動車
- ⑥ 超低価格高効率太陽電池発電システム

わが国半導体産業の国際競争力強化策

新しい時代の始まり : スピードこそが勝負の時代

開発・生産方式の大転換

- 少品種超大量長時間開発・生産方式 から “ハイスピード開発・生産方式” へ —
(顧客ニーズ瞬時製品化対応新開発・生産方式)

パソコン用マイクロプロセッサ(MPU)、DRAM及び電氣的に機能が書き込めるFPGA(Field Programmable Gate Array)等、ごく限られた製品のみが従来通りの生産を続けられる(インテル、三星、ザイリンクス)。
デジタルネットワーク情報家電・モバイル個人情報端末用システムLSIの生産量は大きく変動し、生涯生産量100万個を下回るものも極めて多い。それに対応した開発・生産方式の創出が必須。

わが国半導体産業の国際競争力強化策

新しい時代の始まり : 実用化・市場化後も連続して、日々機能向上のための開発・生産をハイスピードに繰り返す時代

新開発・生産方式 : “ハイスピード開発・生産方式”

- **300mmウェハ完全枚葉生産方式**、分子反応ベースの生産方式に替わる**ラジカル反応ベースの生産方式**、**超短時間超低価格マスク生産方式**、**超短時間LSI設計方式**の創出と組み合わせ —
- **総合力が勝負の時代** : 我が国に極めて有利な時代 —

現状の分子反応ベースの生産方式では、シリコンの(100)面上にしかLSIが製造できない。**新しい日本発のラジカル反応ベースの生産方式**では、すべての方位のシリコン基板上にLSI製造可。現状では全く不可能な(110)面窒化膜ゲート絶縁膜CMOS(フロロカーボン低誘電率層間絶縁膜:1.7)を導入すれば動作速度が約10倍となり世界に完全に勝てる。これに**超短時間マスク生産**、**超短時間LSI設計**、**300mmウェハ完全枚葉生産**を組み合わせればスピードが最優先の時代の覇者になれる。

わが国半導体産業の国際競争力強化策

新しい時代の始まり : 高周波・アナログ・デジタル混載システムLSIの時代

開発・生産方式の大転換

— ラジカル反応ベース開発・生産方式 —

(現状の分子反応ベース開発・生産方式に替わって)

全てのシリコンの面方位にトランジスタ(LSI)製造可(現状の2次元平面形状トランジスタに替わる**3次元立体構造トランジスタ**の導入可:集積度は容易に倍増)。(110)面窒化膜ゲート絶縁膜CMOS(現状のUnbalanced CMOSに替わるBalanced CMOS:アナログのダイナミックレンジ20倍以上向上)の導入で動作速度10倍増。更に、90nm世代以降に大問題となるしきい値電圧のばらつきや低周波(1/f)雑音を圧倒的に小さく抑え込めることから、マイクロ波帯高周波・アナログ・デジタル混載LSIが初めて可能。

わが国半導体産業の国際競争力強化策

新しい時代の始まり : 実用化・市場化後も連続して、日々機能向上のための開発・生産をハイスピードに繰り返す時代

開発・生産方式の大転換

— **超短時間超低価格マスク生産方式** : 縮小光学方式瞬時マスク製造技術 —

90nm世代以降になるとマスク1枚の価格が1,000万円を超え(LSI製造には30枚程度のマスクが必要:1チップあたりのマスク費用が数百円になりマスク生産不可能)、製造に10日間近い時間を必要とする。電子ビームなど直接描画では時間がかかり過ぎて超短時間生産には全く適さない。“ハイスピード開発・生産方式”の実現には、1枚100万円以下で半日程度に必要なマスクを生産する技術開発が絶対に必要。

付録資料① 半導体LSIの価格下落率

“ハイスピード開発・生産方式”

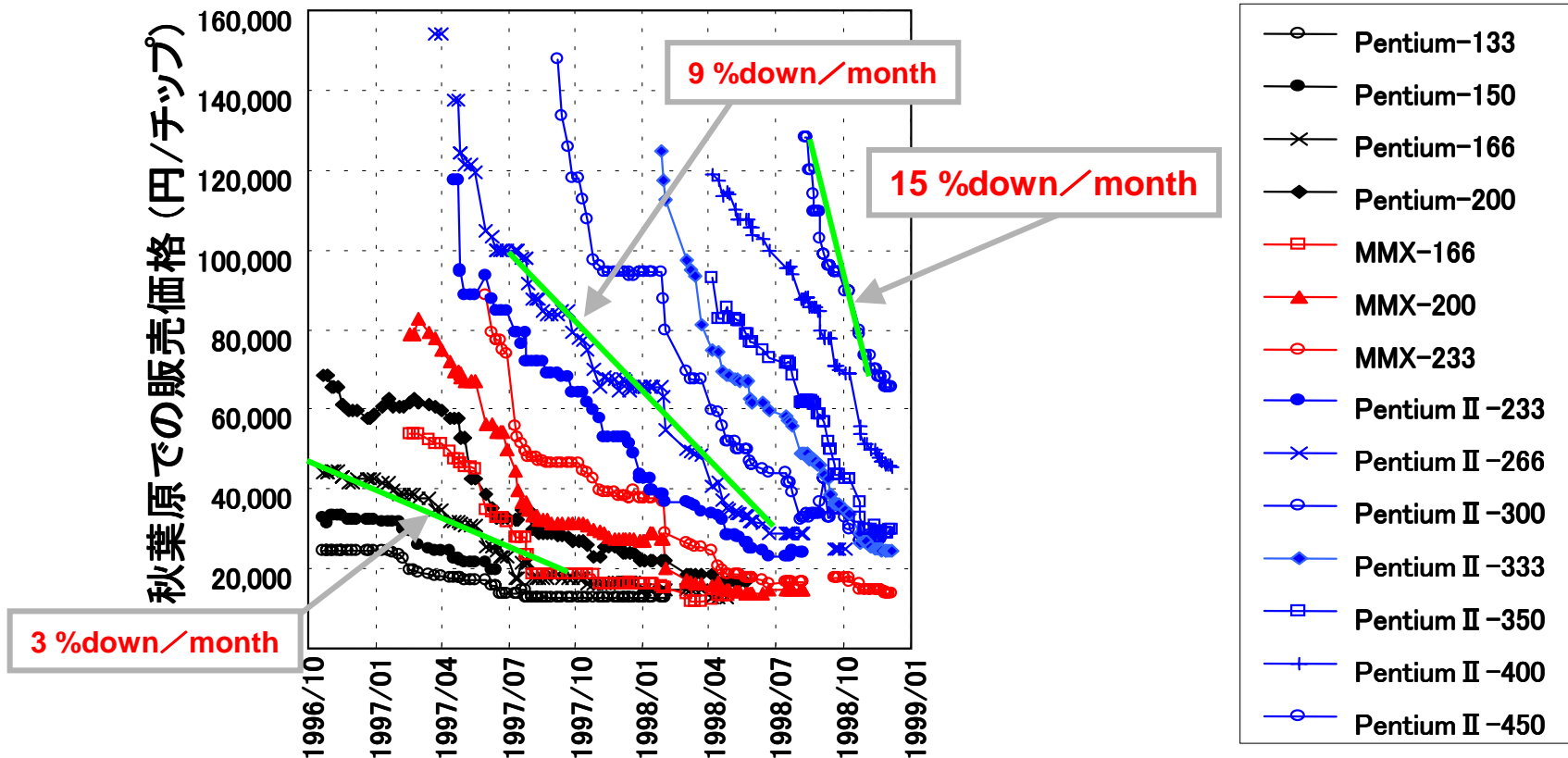


図1 半導体LSIの価格下落率 (Intel社CPU店頭小売価格@秋葉原)

価格低下が加速 → ・チップ開発期間の短縮が必須
・チップ製造コストの低減が必須

付録資料② 完全枚葉生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

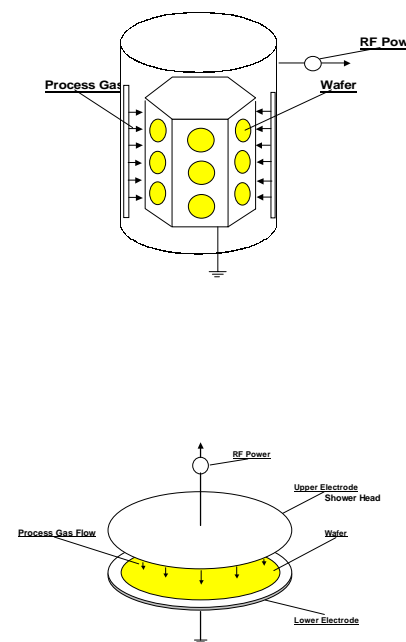
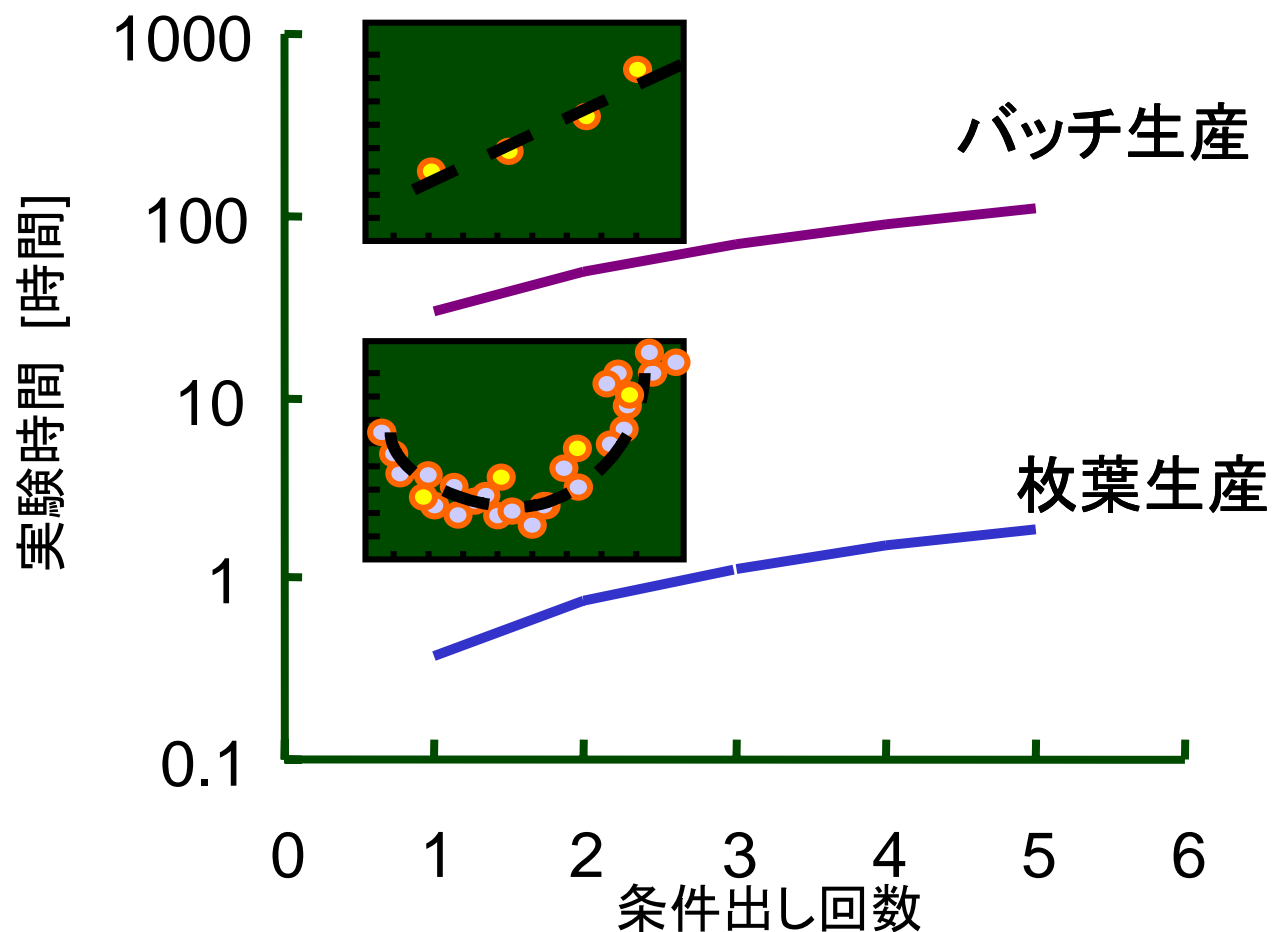


図2 枚葉生産とバッチ生産の比較

枚葉装置の条件出しはバッチ装置に比べて2桁速い

付録資料③ 完全枚葉生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

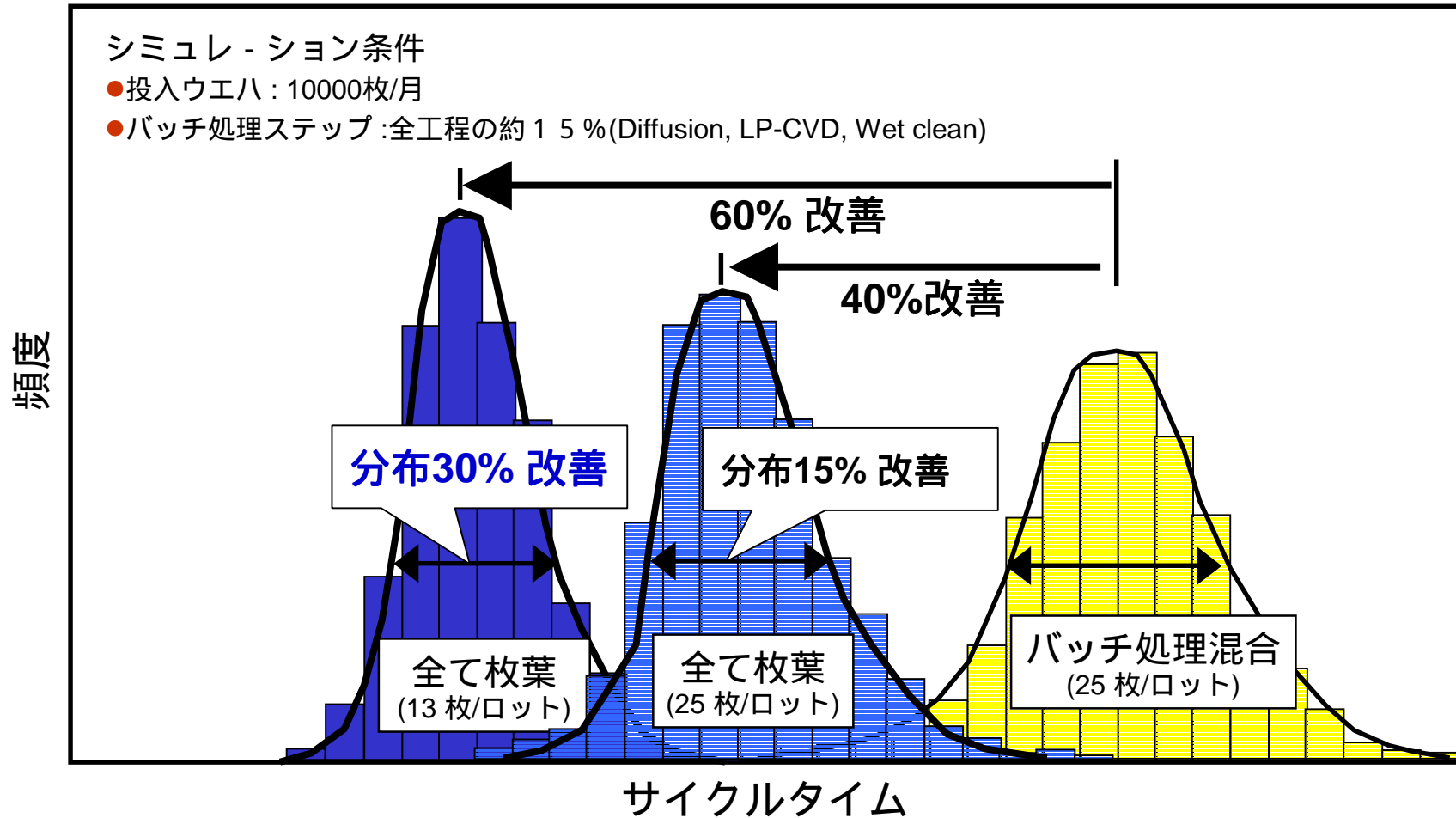
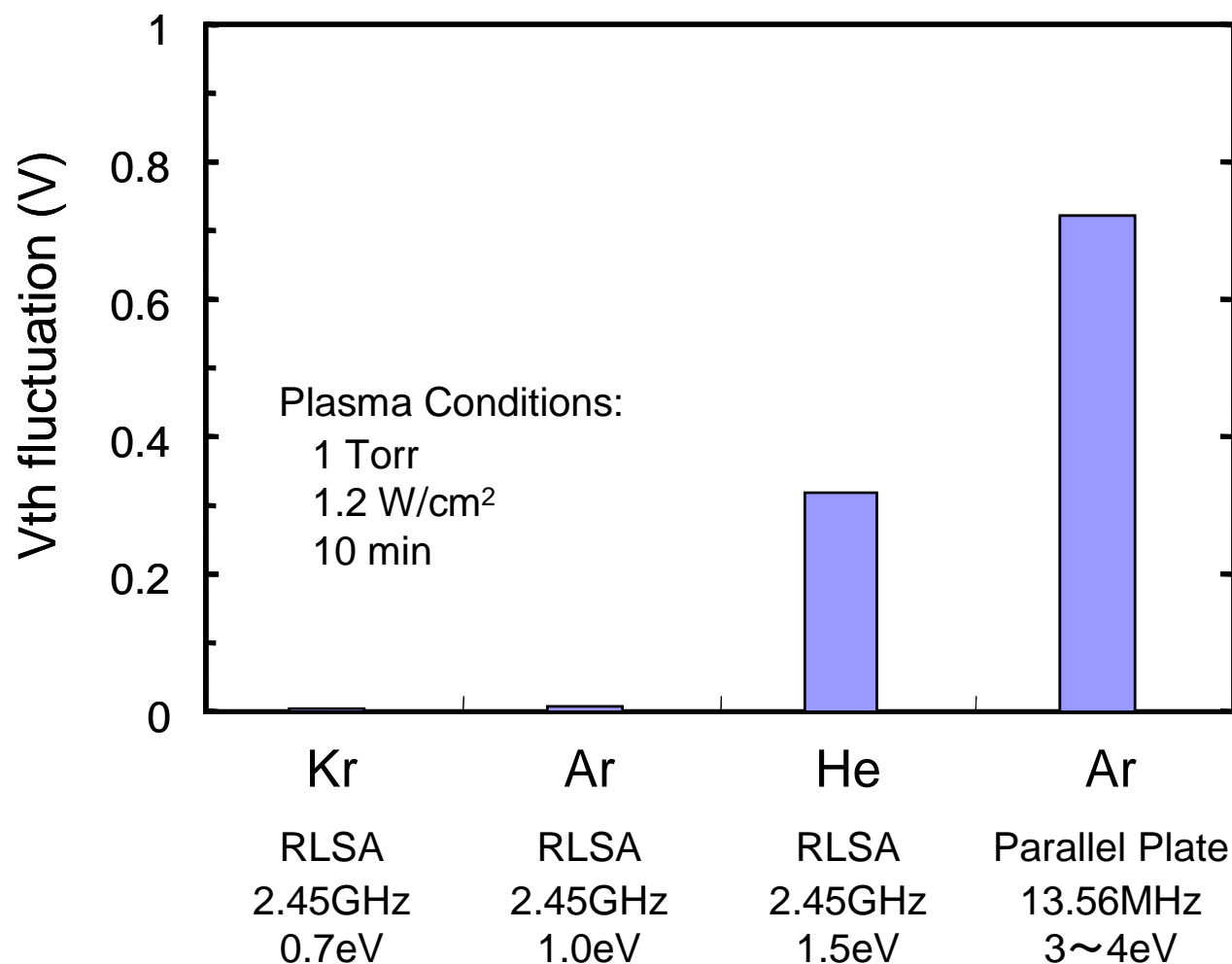


図3 完全枚葉生産方式の生産時間

完全枚葉生産方式の生産時間はバッチ・枚葉混在方式に比べて60%以上短い

付録資料④ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”



現状のプラズマ装置をプロセスに一度でも用いると、しきい値電圧のバラツキが大きくデバイスが動作しなくなる!!



マイクロ波励起高密度プラズマで、**Kr, Xe**ベースプラズマはV_{th}を全くゆらがせない

図4 MOSFETに励起方法が異なるプラズマを照射した時のしきい値電圧ばらつきの比較

付録資料⑤ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

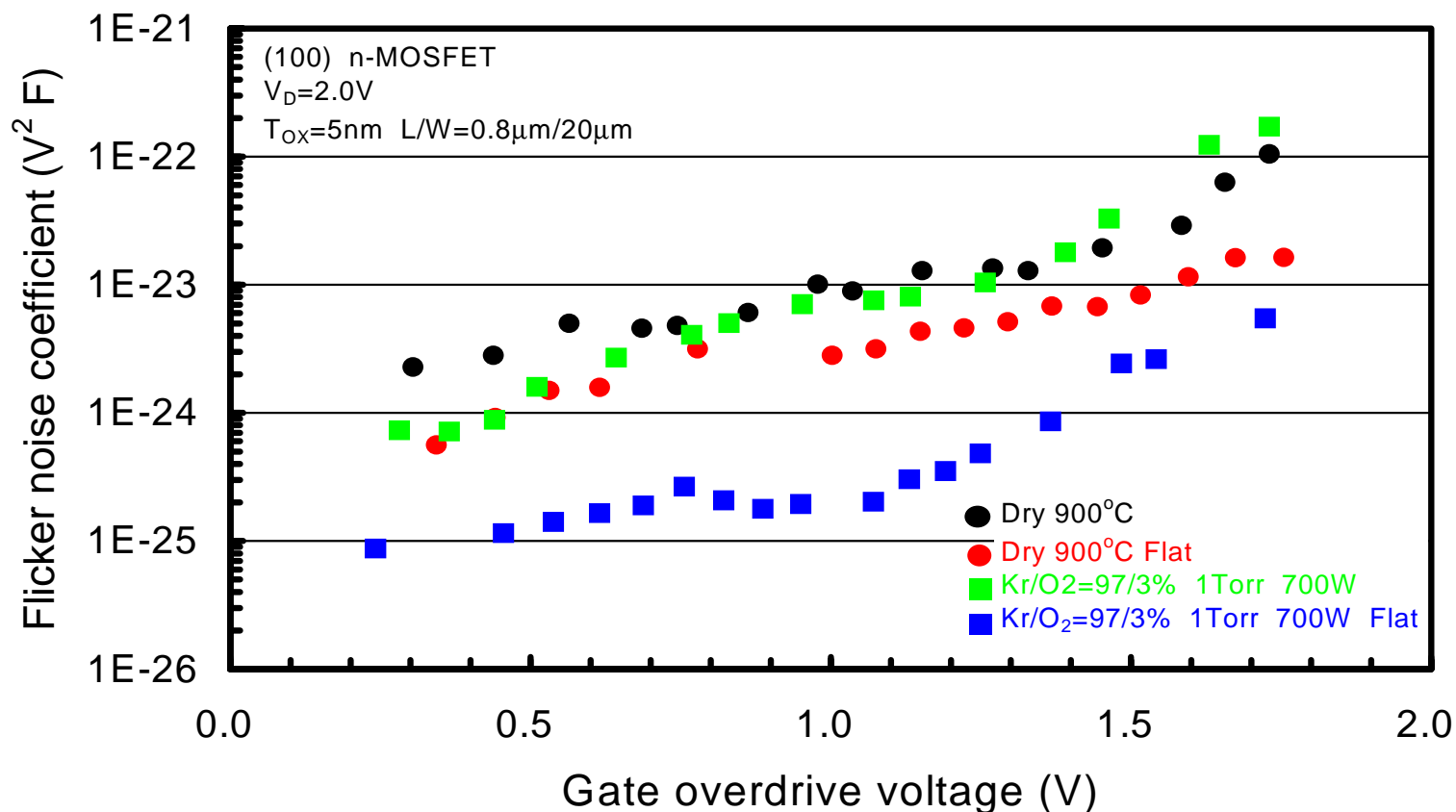


図5 ゲート絶縁膜形成プロセスのフリッカーノイズ係数への影響

完全平坦化表面上にマイクロ波励起高密度プラズマでゲート絶縁膜を形成すると
1/f雑音が1~2桁減少する

付録資料⑥ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

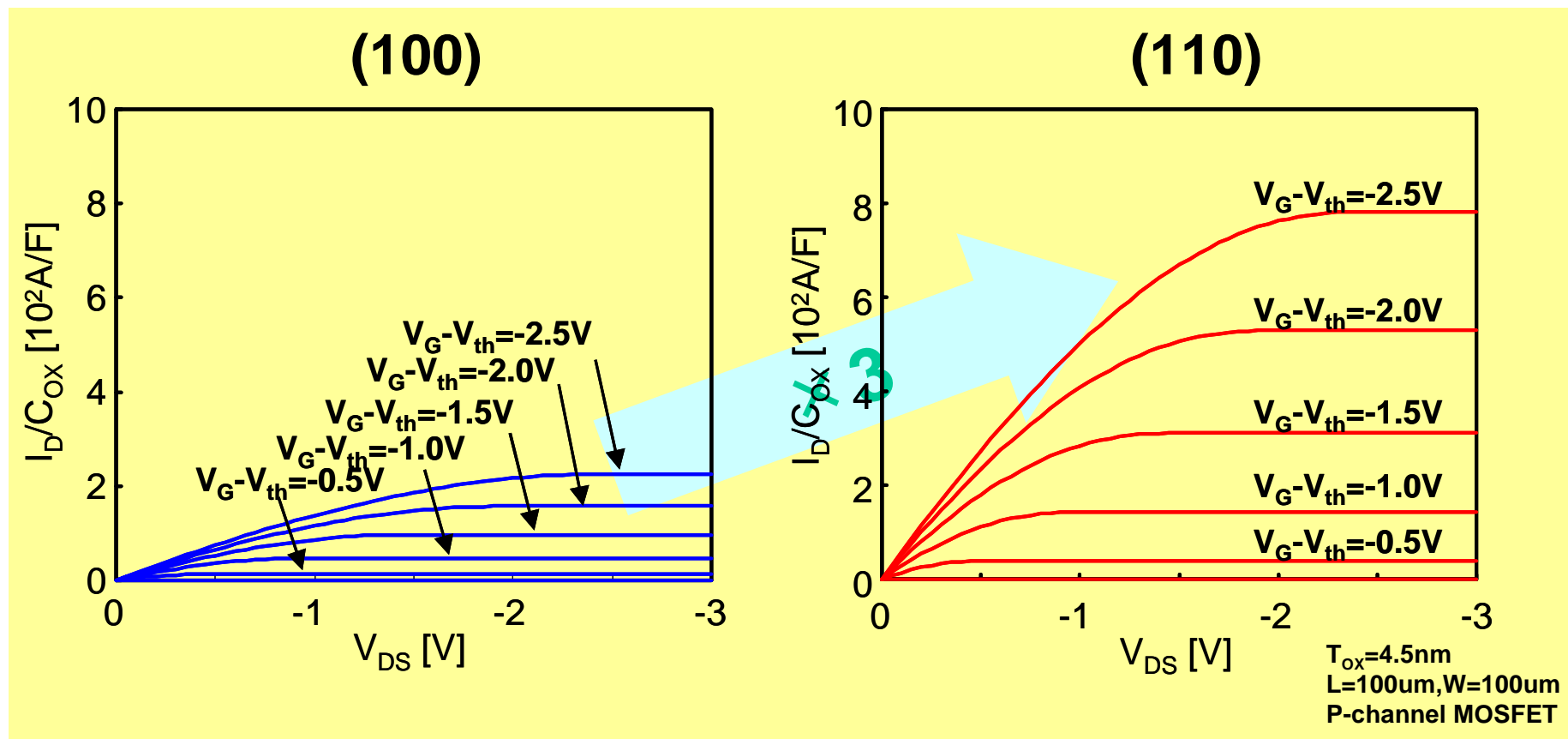


図6 (100)表面上と(111)表面上のPMOSのトランジスタ特性

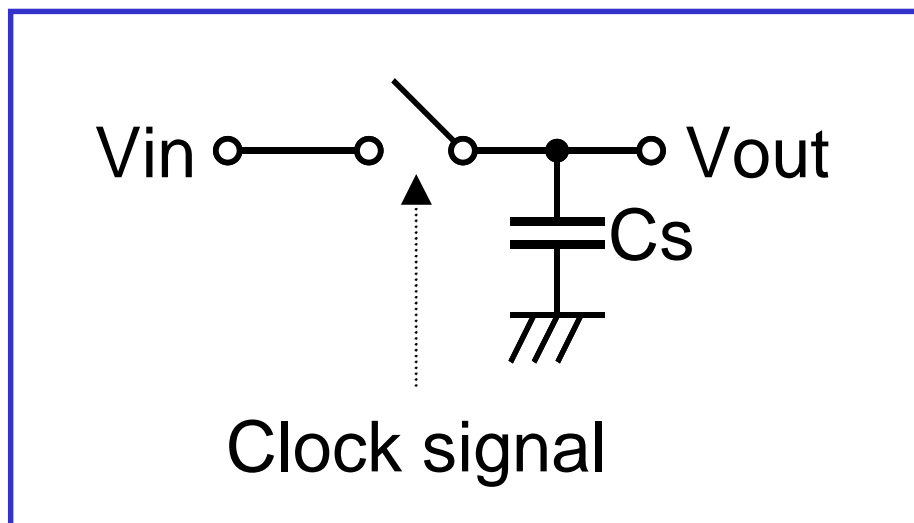
(111)表面では、PMOSの動作速度が3倍になる

→NMOSとPMOSの動作速度が一致する ⇒ **Balanced CMOS**の実現

付録資料⑦ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

CMOS switch



Balanced CMOSを用いるとCMOSスイッチのS/N比が20dB以上向上する ⇒ データ制度4bitの向上

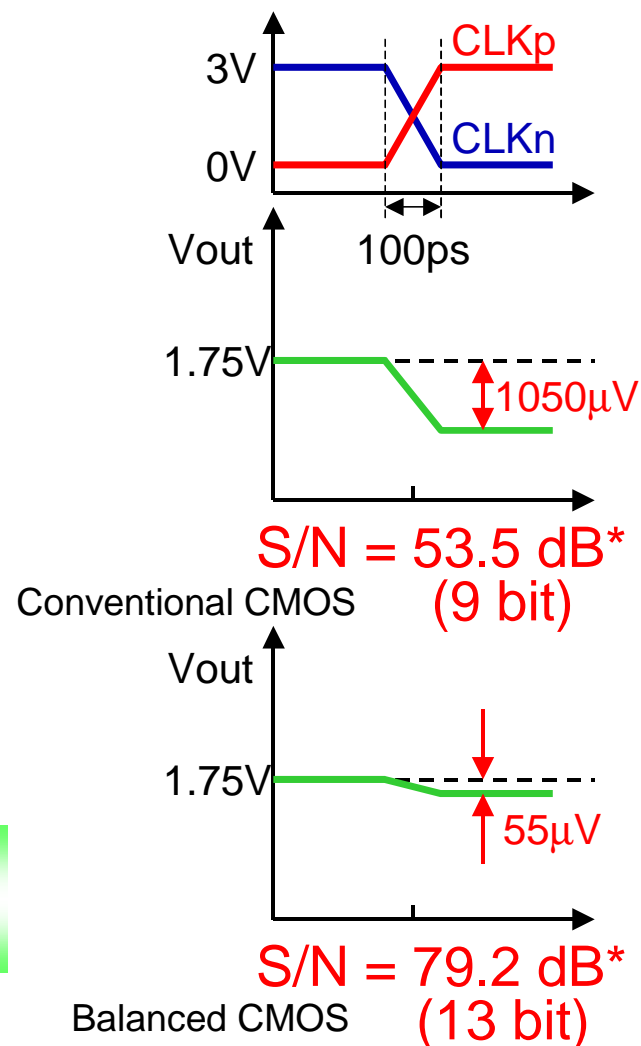


図7 従来のCMOSとBalanced CMOSを用いた場合のCMOSスイッチの特性

付録資料⑧ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

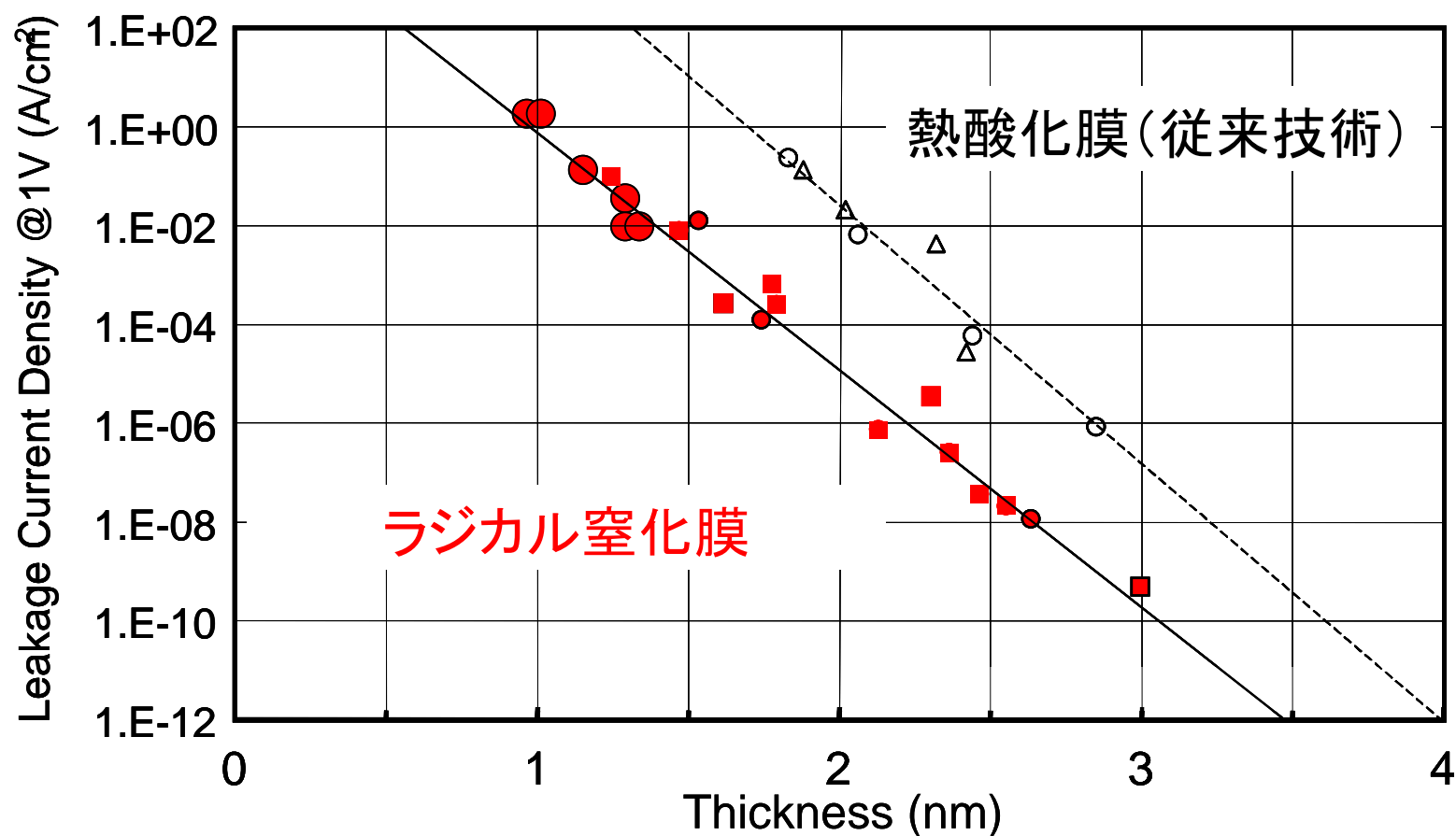


図8 従来の酸化膜とラジカル窒化膜のリーク電流の膜厚依存性

ラジカルを用いて形成した窒化膜は従来の酸化膜に比べてリーク電流が3桁以上低減する

付録資料⑨ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

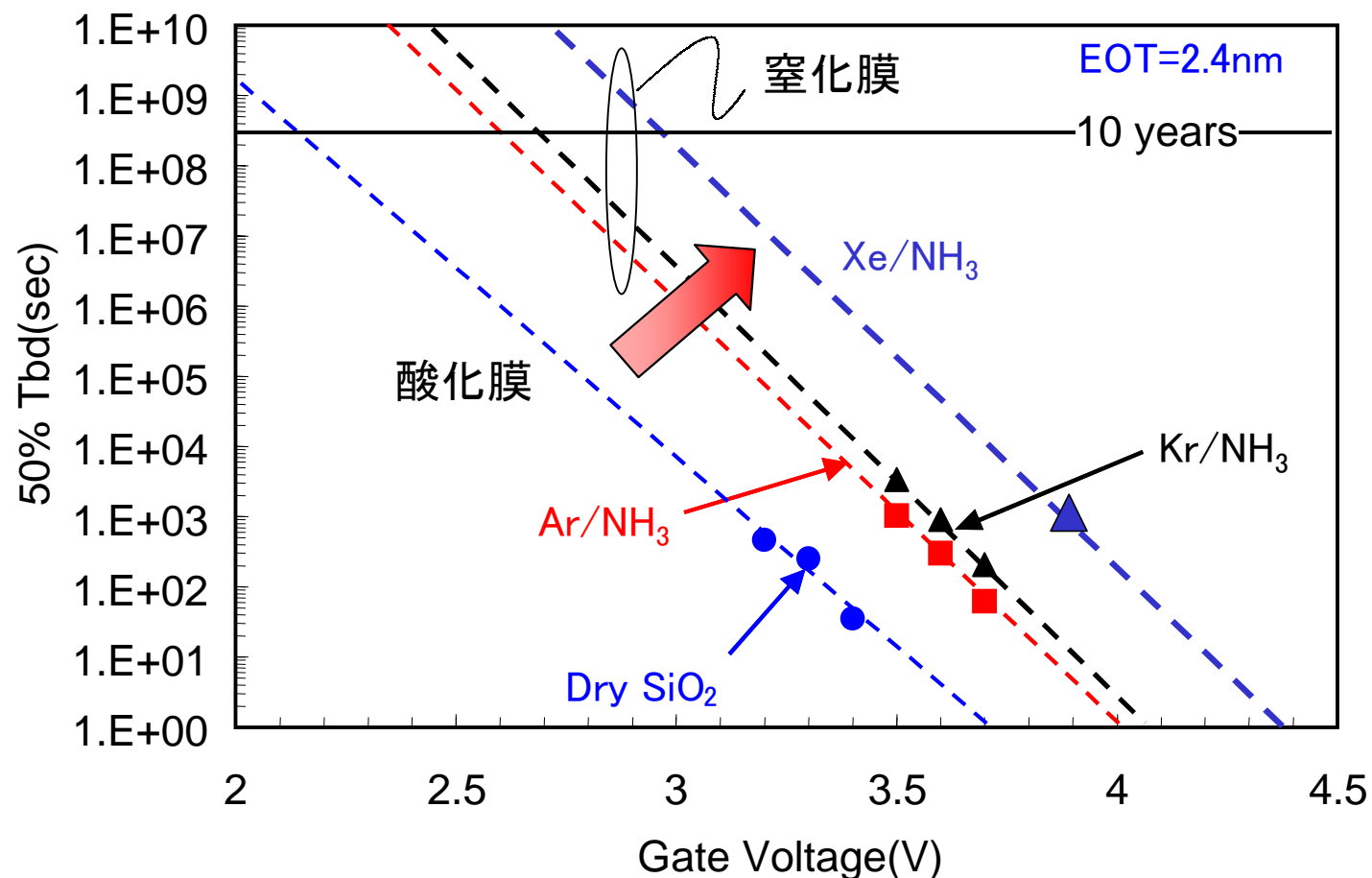


図9 従来の酸化膜とラジカル窒化膜のTDDDB寿命比較

ラジカルを用いて形成した窒化膜は従来の酸化膜に比べて寿命が30,000倍になる

付録資料⑩ ラジカル反応ベースの開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

low-k膜の現状

膜種	比誘電率	特徴
SiO ₂	3.9	従来技術(>250nm世代)
SiOF	3.7	さらなる低誘電率化困難 (吸湿性,密着性)
SOD(有機膜)	2.7	密着性、耐熱性の問題により デバイス適用不可
SiOC (多孔質)	2.5	空孔への吸湿,膜強度低下、 洗浄困難の問題(実用化不可)
フロロカー ボン膜	2.2 (環状C ₅ F ₈) 1.7 (直鎖C ₅ F ₈)	良好な絶縁性、耐熱性、 密着性、空孔無き緻密な 膜質を確認。

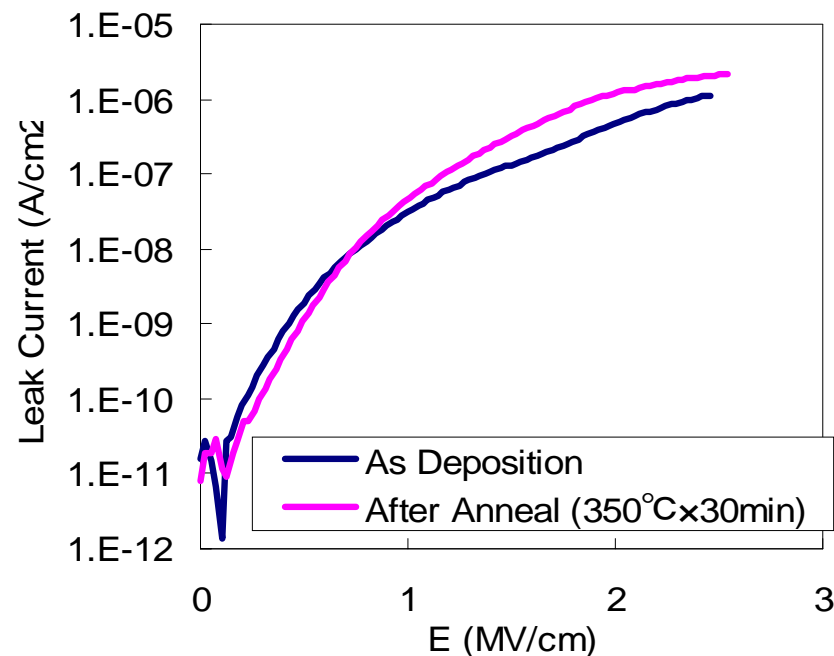
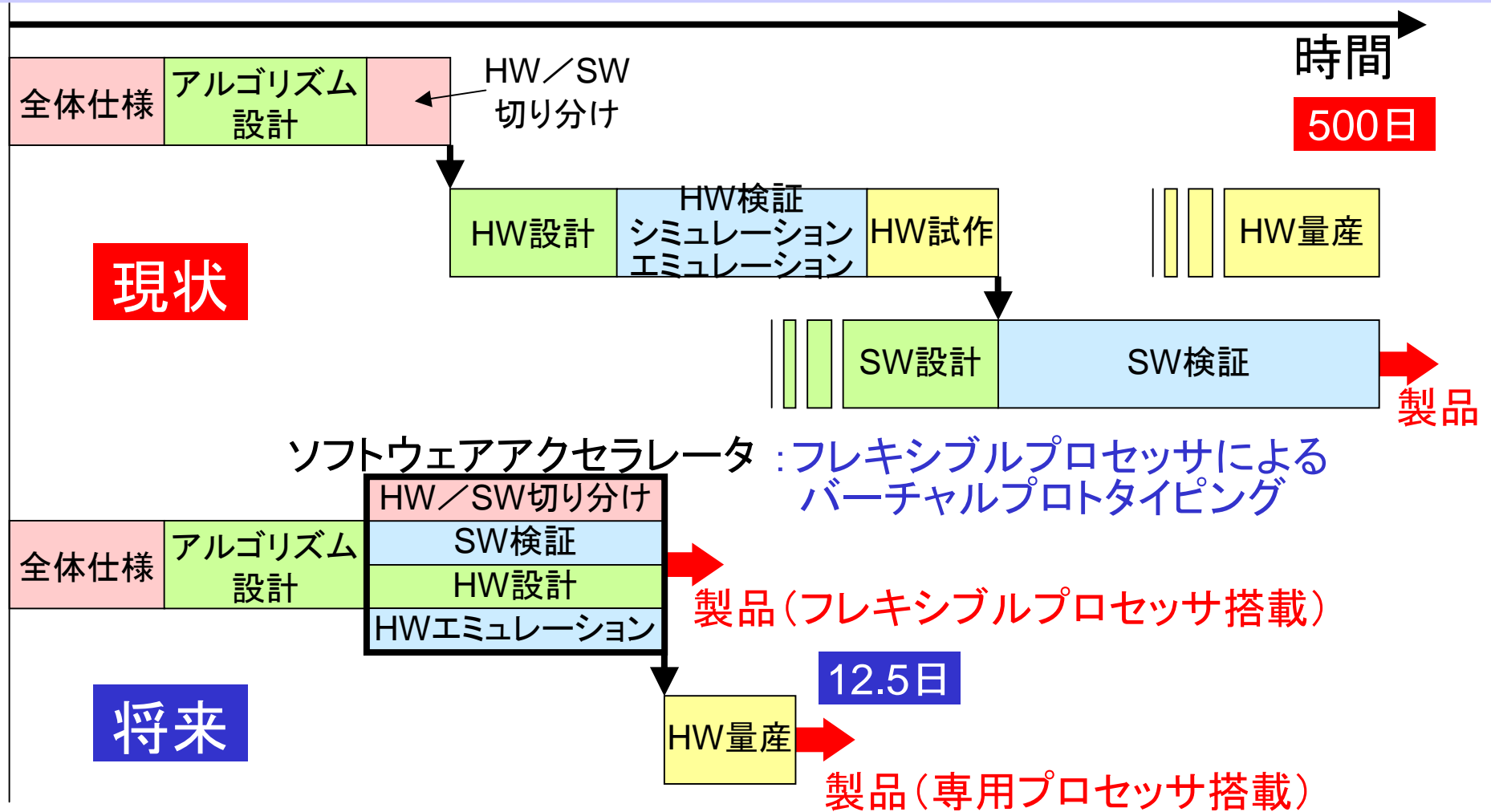


図10 フロロカーボンを用いた低誘電率膜の特性

マイクロ波励起高密度プラズマプロセスを用いて、空孔がない誘電率が
2.2(環状C₅F₈)、1.7(直鎖C₅F₈)を低リーク電流で実現できる

付録資料⑪ ソフトウェアアクセラレータによる製品設計開発短期間化

“ハイスピード開発・生産方式”



ソフトウェア・アクセラレータにより設計開発期間を1/40に短期間化

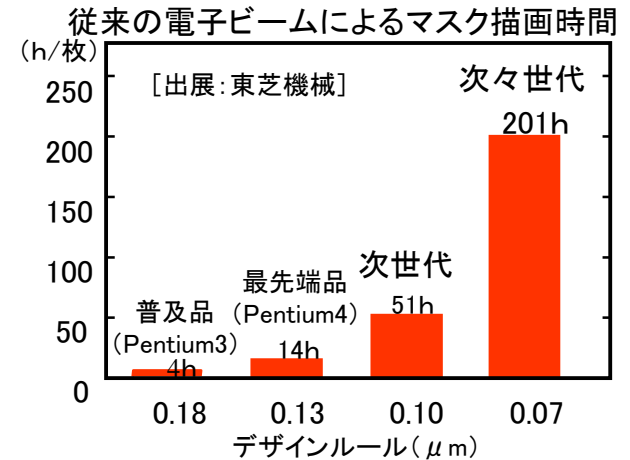
付録資料⑫ 瞬時マスク製造技術による開発・生産方式

“ハイスピード開発・生産方式”

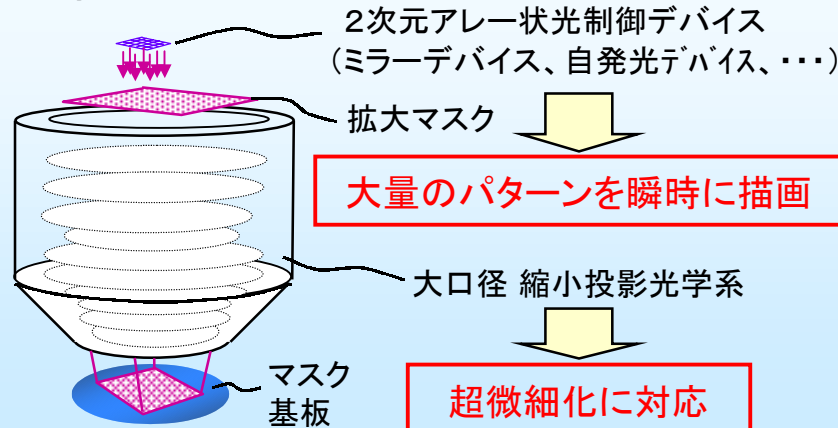
- ☆100nm世代以降のマスク費用：1,000万円/枚を超える。
- ☆LSI製造には25枚前後のマスク必要：計2.5億円
- ☆情報家電用システムLSIでは全チップ数100万個以下。

生産チップ数	1チップのコストに占めるマスク費用
1,000万個	25円 → マスク生産で対応可能
100万個	250円! → マスク生産は不可能

マスク(25枚)の作成期間: 30~100日 ⇒ 高価格要因



[新技術のコンセプト]



大量のパターンを瞬時に描画

超微細化に対応

デジタル
ミラーデバイス



(1024x768個の
マイクロミラー)

2次元アレー状光制御デバイスにより、
大量の拡大パターン(16~64倍)を形成し、
縮小投影によって瞬時に描画する。

マスク描画時間~約30分/枚
(電子ビーム描画装置の1/100以下)

マスクを1枚100万円以下、1セット25枚を半日で生産可能に!