

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)

「無充電で長期間使用できる
究極のエコIT機器の実現」

プログラムマネージャー
佐橋 政司

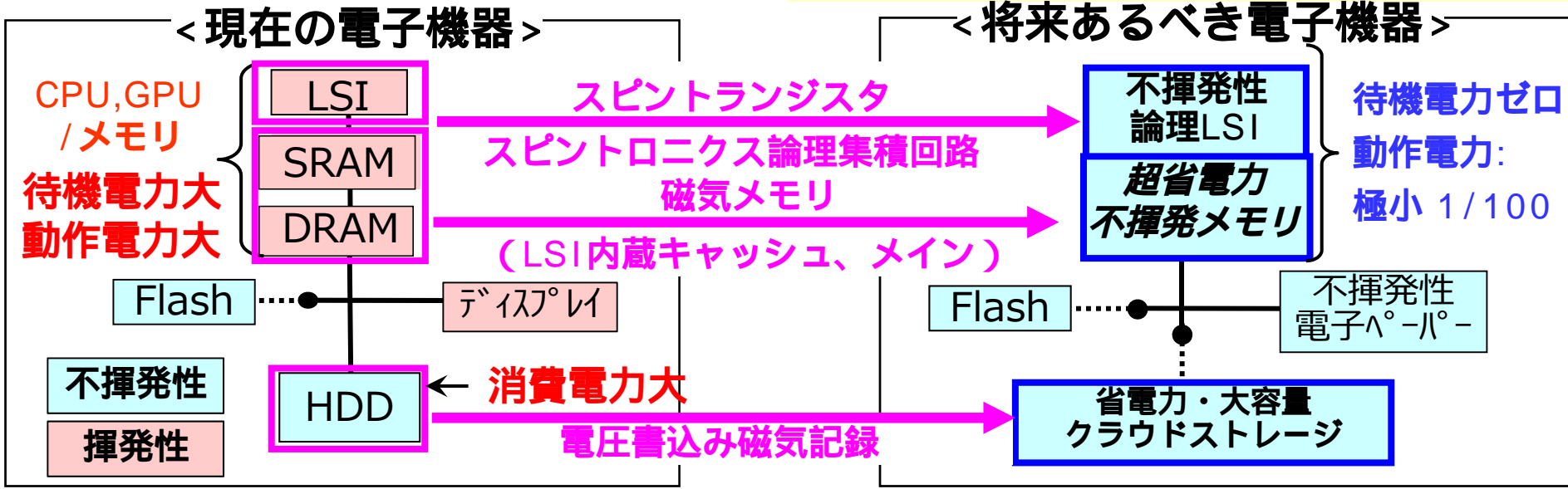
無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現

現在のエレクトロニクスは“**揮発性**”
 (電源オフで、記憶情報が消失)
待機電力・動作電力ともに大きい

ImPACTが目指す未来
 究極の“**不揮発性**”エコIT機器
 (オフ時記憶保持、動作時消費電力1/100)
モバイルITは無充電で1ヶ月以上使用
センサーネットワークの電池交換を一掃



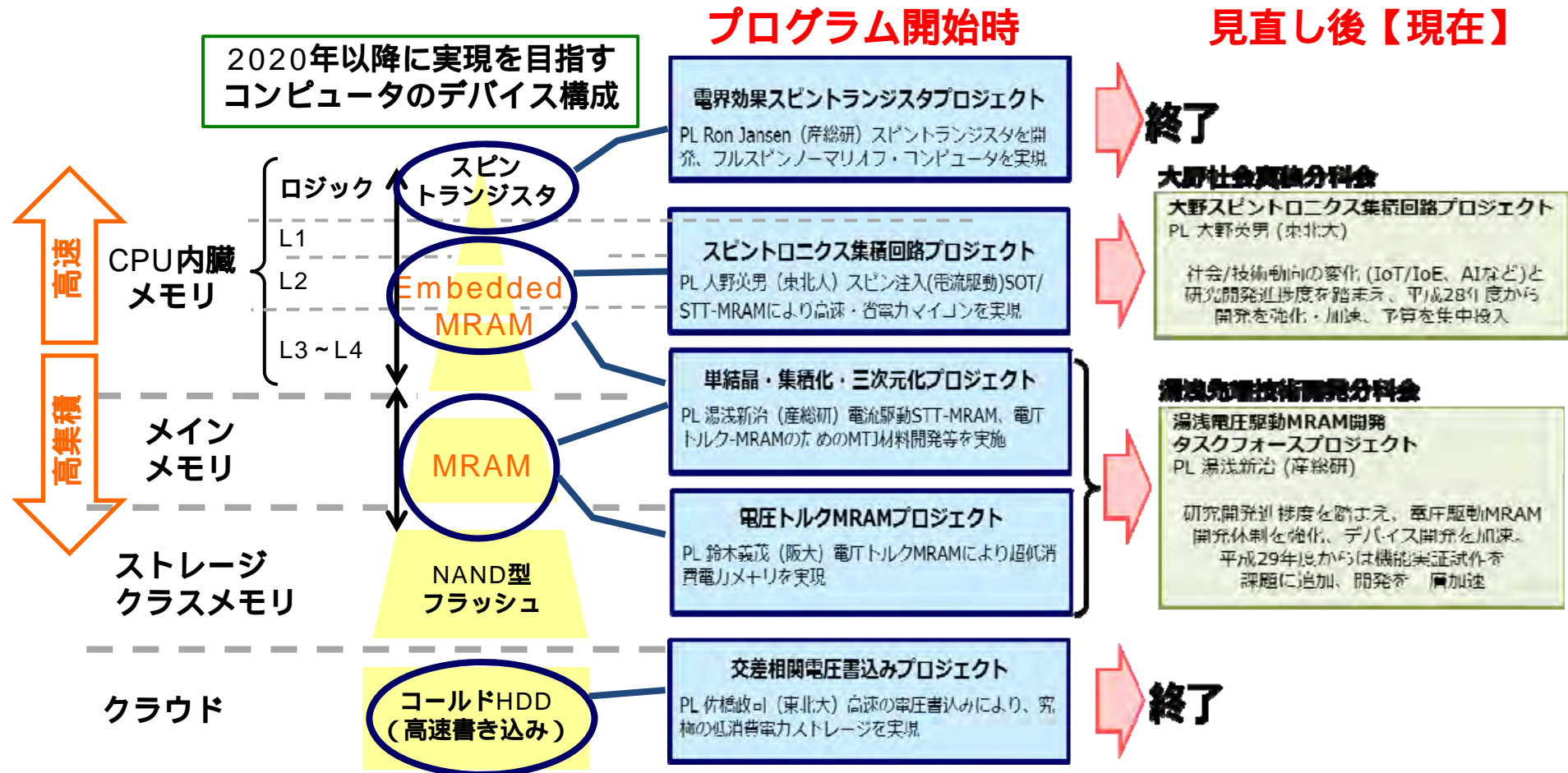
- 充電不要モバイル 無充電分散ITシステム
- ・ 繋ぎっぱなしのコンセントを一掃
 - ・ 災害時でもアクセス可能な安全・安心社会
 - ・ 非連続イノベーションで電子産業を再興



エレクトロニクスと磁気工学を融合した【スピントロニクス】で実現

研究開発プロジェクト（プログラム開始時と現在の比較）

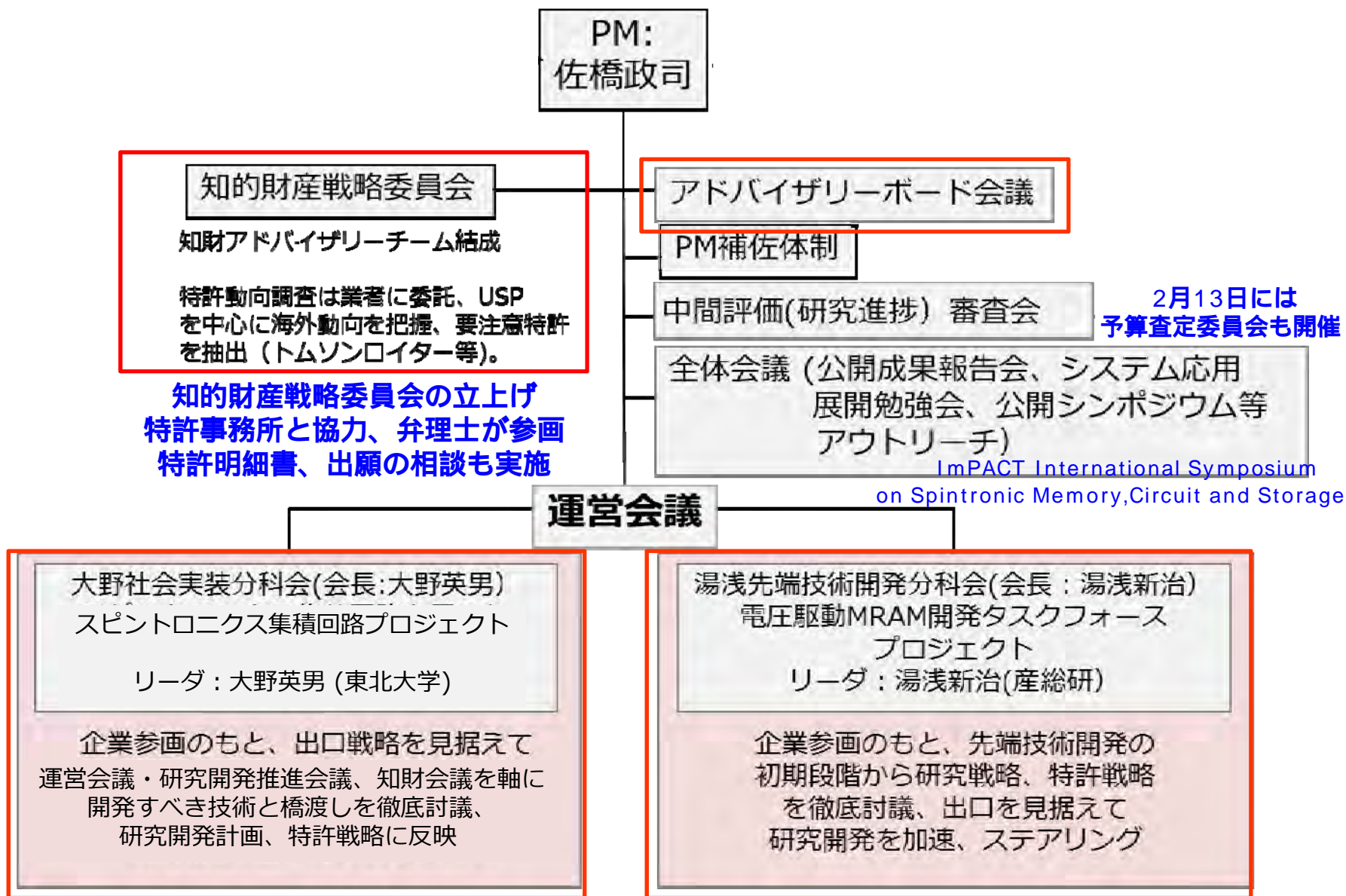
いち早く社会実装するため、ステージゲートによりプロジェクトを統廃合(平成28年度)



※MTJ(磁気トンネル接合)はすべてのMRAMの基本構成要素

世界で最も低消費電力な“独自の磁気メモリ (MRAM)”の開発に注力。
日本が世界と戦える分野である社会情報インフラ関連技術の技術革新を行う。

研究開発実施体制



分科会：出口企業との連携により、出口の課題を明確にし、実証評価を早期に実現

出口目標とImPACT期間終了時の達成目標

プログラム承認時	平成28年度以降	変更理由
<ul style="list-style-type: none"> ✓ メモリ事業やマイコン事業など五つの各プロジェクトが指向するマーケットで、先導的かつ圧倒的差別化技術の創成により市場を席卷し、生活様式を一変し得る起爆剤的研究開発成果を創出、その組み合わせで究極のエコIT機器実現への道筋をつける。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 世界初の省電力マイコンを目指して、300mmウエハ試作による「1nsを切る高速動作スピン軌道トルク(SOT)-MRAMの機能実証」とその不揮発マイコンへの展開 ✓ 選択的雙方向制御を含む電圧駆動MRAM集積回路設計開発の完了とそのメモリ/ストレージへの展開 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 市場動向、技術開発動向の洞察に基づき、出口目標を省電力不揮発マイコンと不揮発メモリ/ストレージ産業分野に絞り込み、リソースを重点特化。

○大野社会実装分科会・スピントロニクス集積回路プロジェクト

情報の高速書き込み/読み書きが可能な**独自の電流駆動MRAM (SOT-MRAM)を、LSI内部メモリに適用**

- ✓ **200MHz高速動作のマイコンの実現**に向け、Embedded SOT/STT-MRAMマイコンの機能実証を行う

○湯浅先端技術開発分科会・電圧駆動MRAM開発タスクフォースプロジェクト

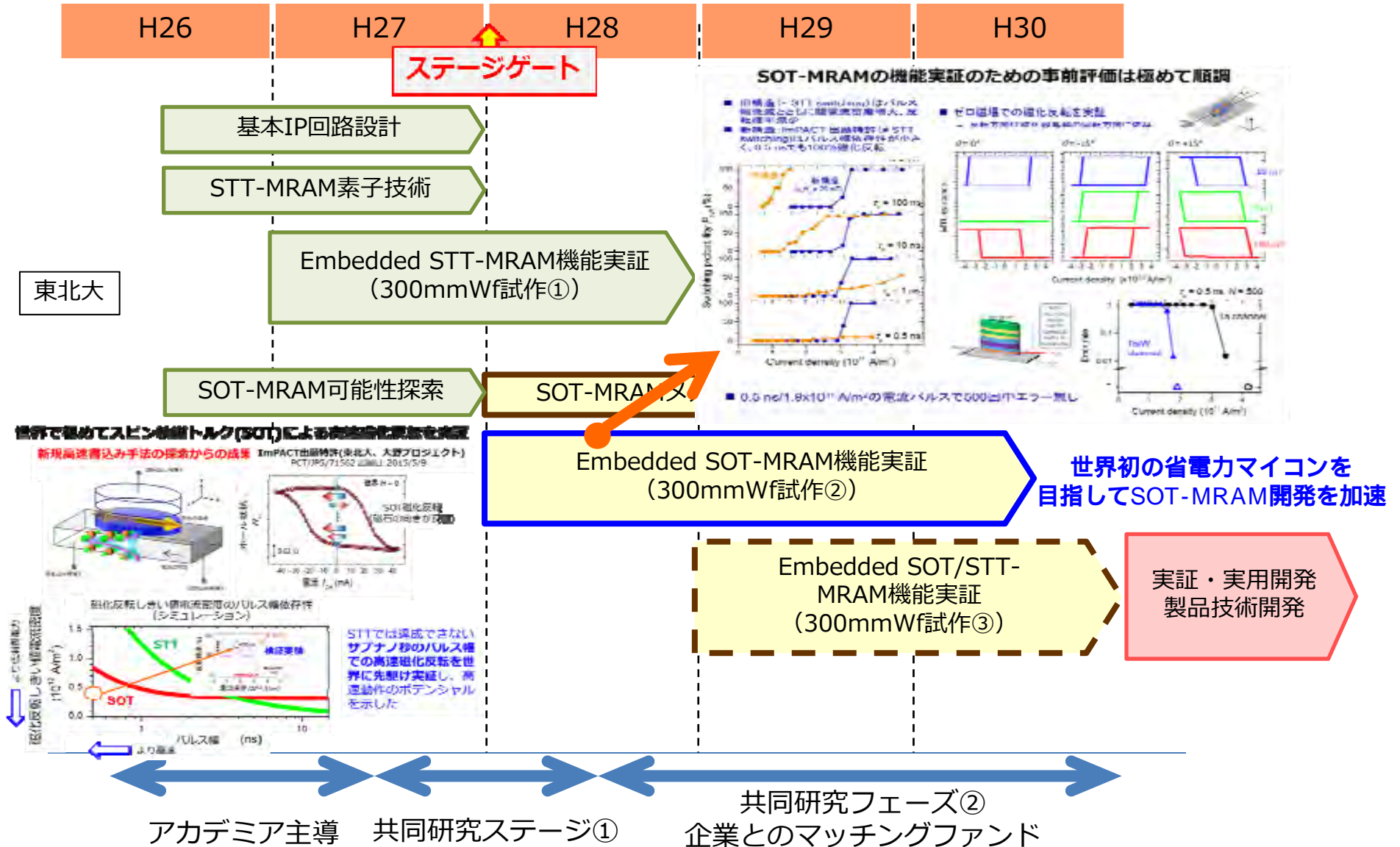
更なる低消費電力化、大容量化を目指し、**独自の電圧駆動MRAMを、大容量キャッシュ/メインメモリやストレージに適用**

- ✓ **電圧駆動MRAMの実現につながる要素技術を開発**し、日本発の次世代メモリ技術の実現に向けた**機能実証等インパクトのある成果**（低消費電力化、小面積化、高速化）を発信

平成28年度の取り組み、進捗及び成果

大野社会実装分科会のロードマップ及び成果

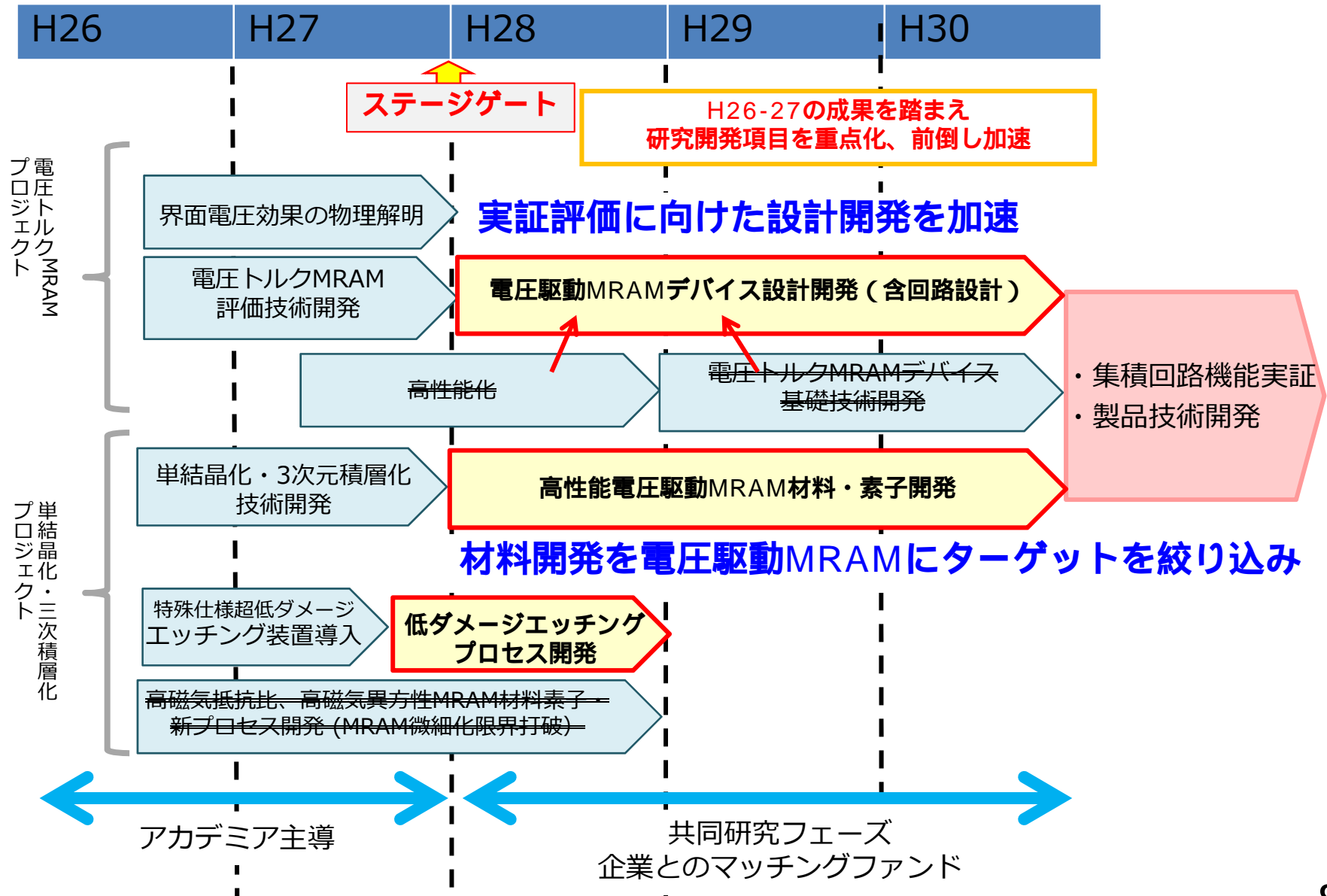
ロードマップ（見直し後）



湯浅先端技術開発分科会のロードマップ

ロードマップ (統合・再編・見直し後)

平成28年3月末にデバイス開発主導型に見直したロードマップ



湯浅先端技術開発分科会の成果

ロードマップ (統合・再編・見直し後)

H26

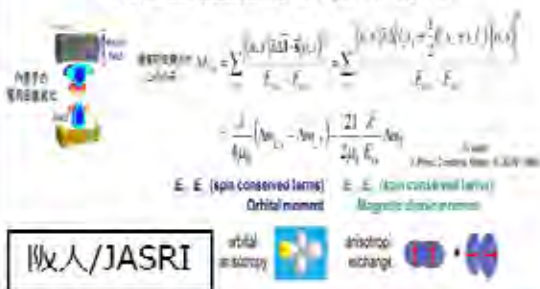
H27

H28

H29

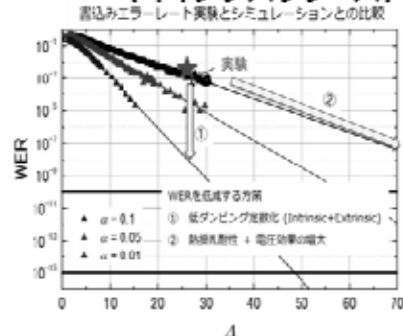
H30

界面磁気異方性の電圧効果には、
d電子のスピンの軌道相互作用
だけでなく、sp電子が絡む
電気四重極が大きく寄与



産総研

ダイナミクス制御による
成立性を世界に先駆けて確認
(昨年プレスリリース)



ステージゲート

電圧駆動MRAMデバイス設計開発：実証評価に向けて開発を加速

産総研/東芝

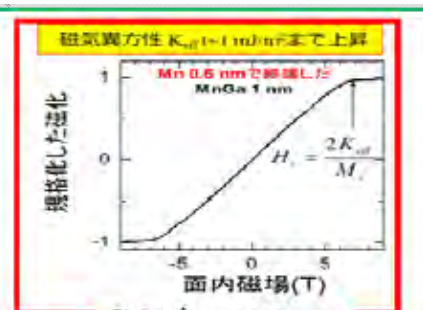
電圧駆動MRAM
課題克服
のための
新規高速Write/Read
回路設計開発

選択書込み
(一括処理)方式の実験検証

上記いずれもがIEDM2016(12月)に採択・発表

MnGaの第1報は昨年プレスリリース

MnGaや単結晶MTなどの材料研究成果を反映



非公開成果

実証
評価
開発

材料開発を電圧駆動MRAMにターゲットを絞り込み

アカデミア主導

共同研究フェーズ
企業とのマッチングファンド

特筆すべき進捗及び成果

超省電力かつ高速性に特長を持つ電圧駆動MRAM

	STT-MRAM	SOT-MRAM	電圧駆動MRAM
書込み速度	3~10 ns	<~ 1 ns	1~3 ns
集積度(面積)	~6 F ²	12~18 F ²	4~6 F ²
消費電力	書込み時 10~100 fJ/bit 待機時の電力消費なし	書込み時 3~30 fJ/bit 待機時の電力消費なし	書込み時 1~10 fJ/bit 待機時の電力消費なし
プログラム開始時の状況	素子基本性能の確認段階	アイデア段階	基本動作の原理確認 (日本発のアイデア)

電圧駆動MRAMの特長：

- ◆ 磁化ダイナミクス(1ns以下)のタイミング制御のため高速Write可能
- ◆ 電圧駆動のため、Write電流が小さい (<1μA)
- ◆ Unipolar型Writeのため、完全Read Disturb Free回路を構成できる
* 現状のエラーレートは~10⁻⁴と改善して行く必要があるが、ダイナミクス制御による成立性は世界に先駆けて確認済み (昨年プレスリリース)



実現するための取組み：
高速で読み書き可能な回路設計の確立



実現するための取組み：
高集積化が可能なデバイス構造・方式の実現

電圧駆動MRAMの開発アプローチと現時点での到達度

回路設計からのアプローチ



電圧トルク(VT)MRAM

磁気異方性の電圧効果と、磁化の歳差運動制御により磁化反転、データ書き換えを行う。
STT-MRAM、SOT-MRAMと比較して低消費電力が期待される。2端子のためセル面積が小さく、スケールングに優れるため高集積化に有利。

電圧ダイナミクス制御を回路設計からブレークスルー
高速性をどこまで活かせるかに挑戦

電圧トルクMRAM開発

界面磁気異方性のユニポーラ効果
と磁化ダイナミクス(歳差運動)のタイミング制御

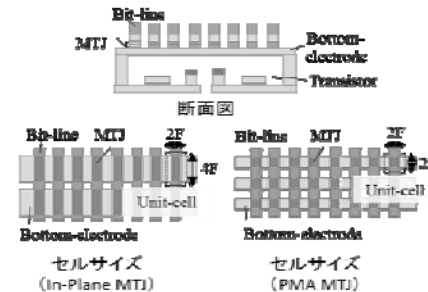
新規高速書き込み・
読み出し回路設計開発

成立性の実験検証

高性能化・
インテグレーション

高速・大容量メモリ
(ラストレベルキャッシュ狙い)

デバイス構造・方式からのアプローチ



書き込み方式からのブレークスルー
で高集積化に道筋
超省電力・大容量メモリに挑戦

電圧印加選択書き込み方式の開発

(一括処理 コンセプトの検証・開発)

超省電力・大容量化のための
新規一括書き込みコンセプトの検証

高性能化・エラーレート検証

微細化検証・
インテグレーション

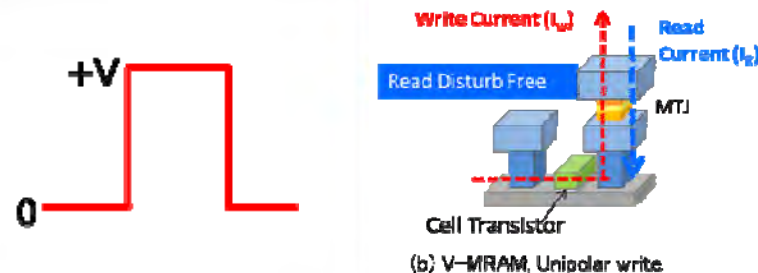
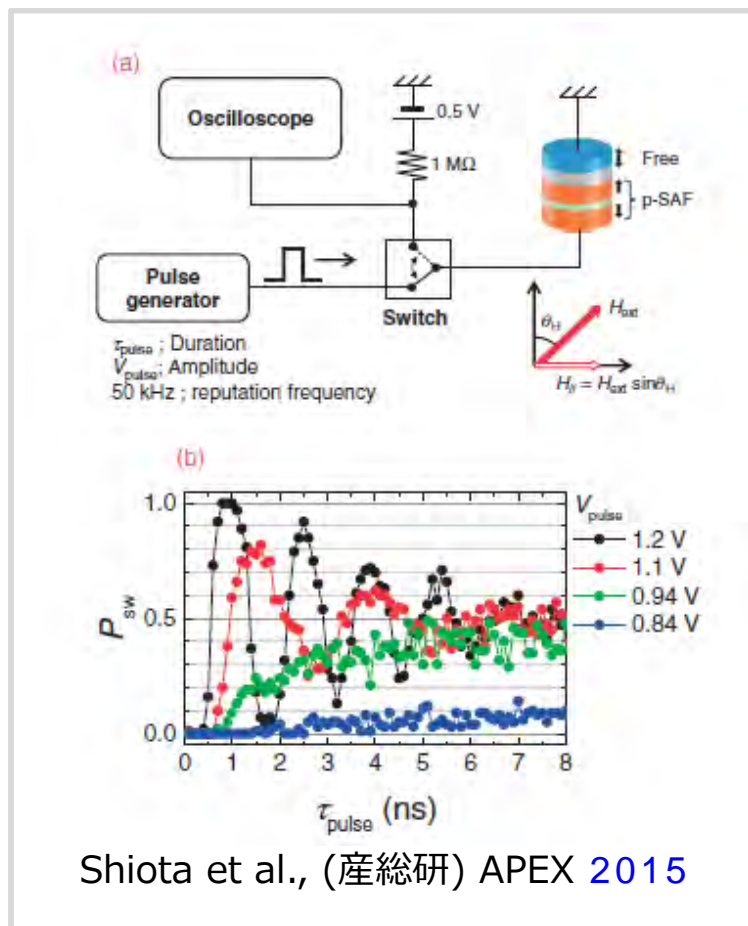
統合検証・設計開発完

超省電力・大容量メモリ
(ストレージ/メモリ狙い)

現時点での到達度

要素技術開発が
大きく進展、
実験検証を完了

電圧駆動MRAMの特長(Unipolar型Write)を利用したナノ秒オーダーの高速Write/Read回路設計を完了



【高速Write回路】

Verify (Read)-Sandwiched-Write回路を開発

- ・書き換え不要の場合、Writeスキップ
- ・Writeの前後に逆パルス電圧印加でエラー低減

【高速Read回路】

Read Disturb FreeのVoltage-Controlled Differential Resistance (VC-DR-Read)回路を開発

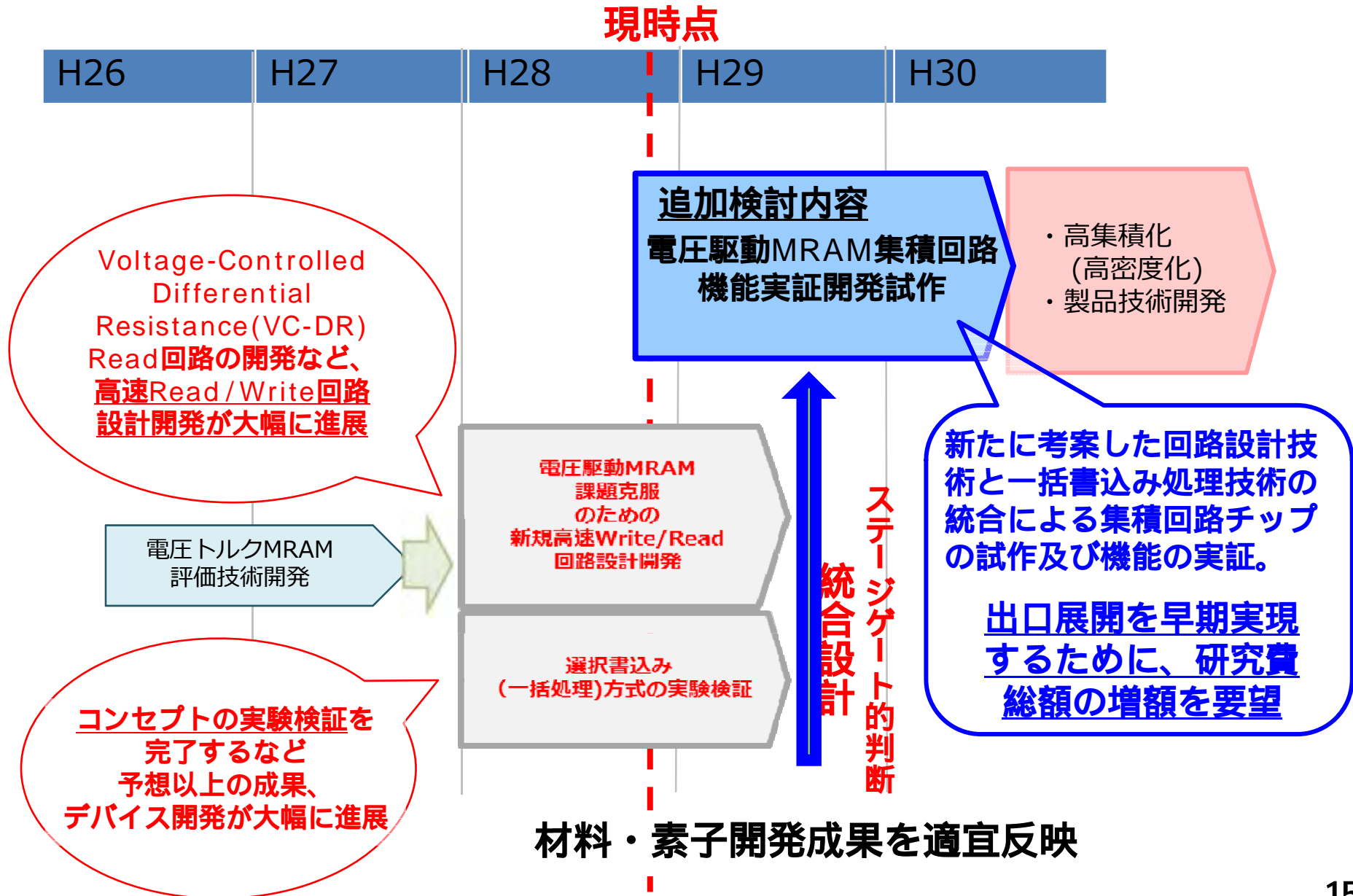
産総研-東芝共同出願

上記開発をまとめて、IEDM2016で発表
併せて、プレスリリース

課題：
磁化ダイナミクスのタイミング制御がポイント

研究費総額の増額を伴う研究開発プログラムの
見直しをお願い

研究開発プログラムの見直しについて



まとめ

- ✓ **PMマネージメント**としては、
「出口戦略の具現化、企業への橋渡しの完遂」、「IT端末でのプログラム
題目の検証/実証デモ準備」、新たな仕組みの仕掛けとしての「先進不揮
発性半導体・社会経済フォーラム（仮称）の立ち上げ」、「若手研究者
教育」が残す課題
- ✓ **プロジェクト研究開発**については、
電圧駆動MRAMの研究開発加速できれば、IoT/CPS時代のエレクトロニク
ス社会基盤技術の構築に向けて、「大野社会実装分科会・スピントロニク
ス集積回路プロジェクト」、「湯浅先端技術開発分科会・電圧駆動MRAM
開発タスクフォースプロジェクト」ともに、出口企業との連携(マッチン
グファンド)で、機能実証のための開発試作フェーズへと踏み込むことが
出来る。
- ✓ 今後は、PM業務の重心を、「出口戦略の具現化、企業への橋渡しの完
遂」に移したい。橋渡しにはベンチャー展開も厭わない覚悟で臨む。