

第1回産学連携シンポジウム
『グリーンIT』が切り拓く未来社会創造シンポジウム@東工大
2009年3月25日

クールな情報社会の実現に向けた
産総研のグリーンIT研究

独立行政法人
産業技術総合研究所 - AIST
研究コーディネータ (情報通信・エレクトロニクス分野)
松井俊浩

独立行政法人 産業技術総合研究所

産業技術総合研究所とは

- つくば、東京(お台場、秋葉原)の他、7つの地域センター
- 常勤研究職員3,000人
- ライフ、情報エレクトロニクス、ナノテク・材料、環境・エネルギー、地質、計測・計量の6つの分野
- 経済産業省と5年間の中期計画による契約
- 年間予算、約1,000億円



独立行政法人 産業技術総合研究所

地球温暖化対策

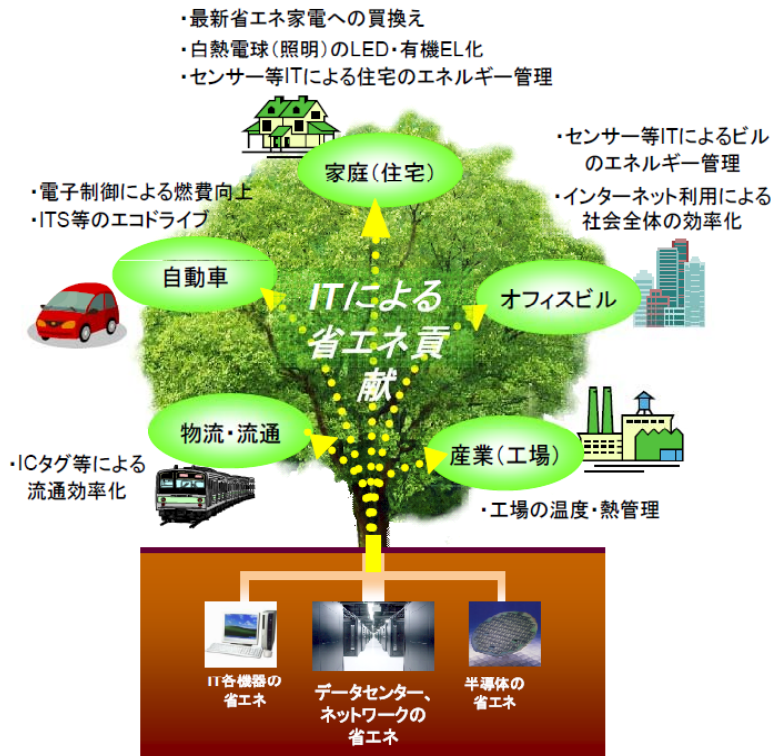
- 高効率化
- 代替エネルギー
 - 再生可能(自然)エネルギー
 - 原子力
- CCS (CO₂ Capture and Sequestration)
- 人口抑制

(図1) 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術



「グリーンIT」による低炭素化社会の実現

経済産業省資料



【グリーンITのCO2削減効果】

グリーンITによるCO2削減総量
1.3億トンCO2/年(2030年)

||

ITによる社会の省エネ
1.1億トンCO2/年

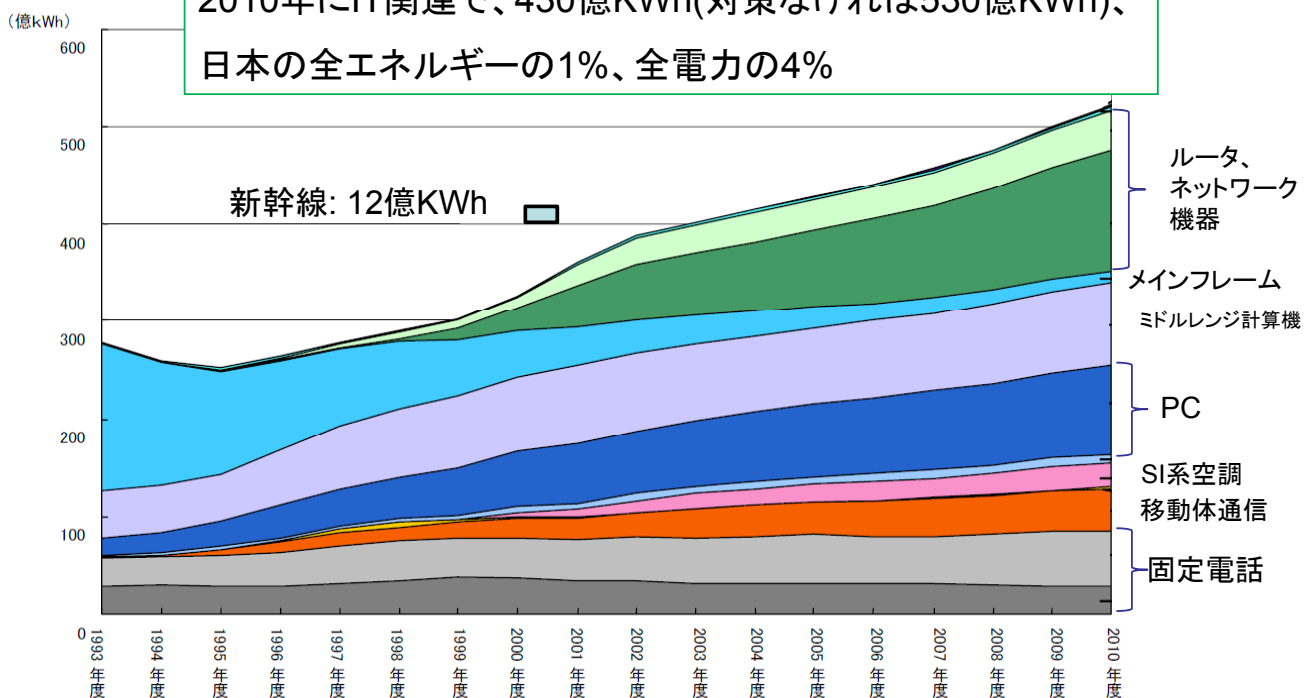
+

IT機器・システムの省エネ
0.2億トンCO2/年

独立行政法人 産業技術総合研究所

ICTのエネルギー需要

2010年にIT関連で、430億KWh(対策なければ530億KWh)、
日本の全エネルギーの1%、全電力の4%



(BaUケース、環境負荷低減に資するICTシステム及びネットワークの調査研究会報告)

独立行政法人 産業技術総合研究所

産総研の省エネIT関連研究

■ 持続的发展可能な社会の実現

- ・ 労働生産性向上から資源生産性の向上へ
- ・ 高性能追求から対環境配慮性への産業の重心移動

1. ネットワーク

- ・ 光パス・ネットワーク

70年代の石油ショックと公害規制から、機器の効率化で再生した
80年代日本産業

2. 電源・空調

- ・ 電力変換損失の低減のためのワイドギャップ半導体

3. ストレージ、コンピュータ

- ・ 不揮発メモリ、高密度磁気ヘッド、XMOS、微細化

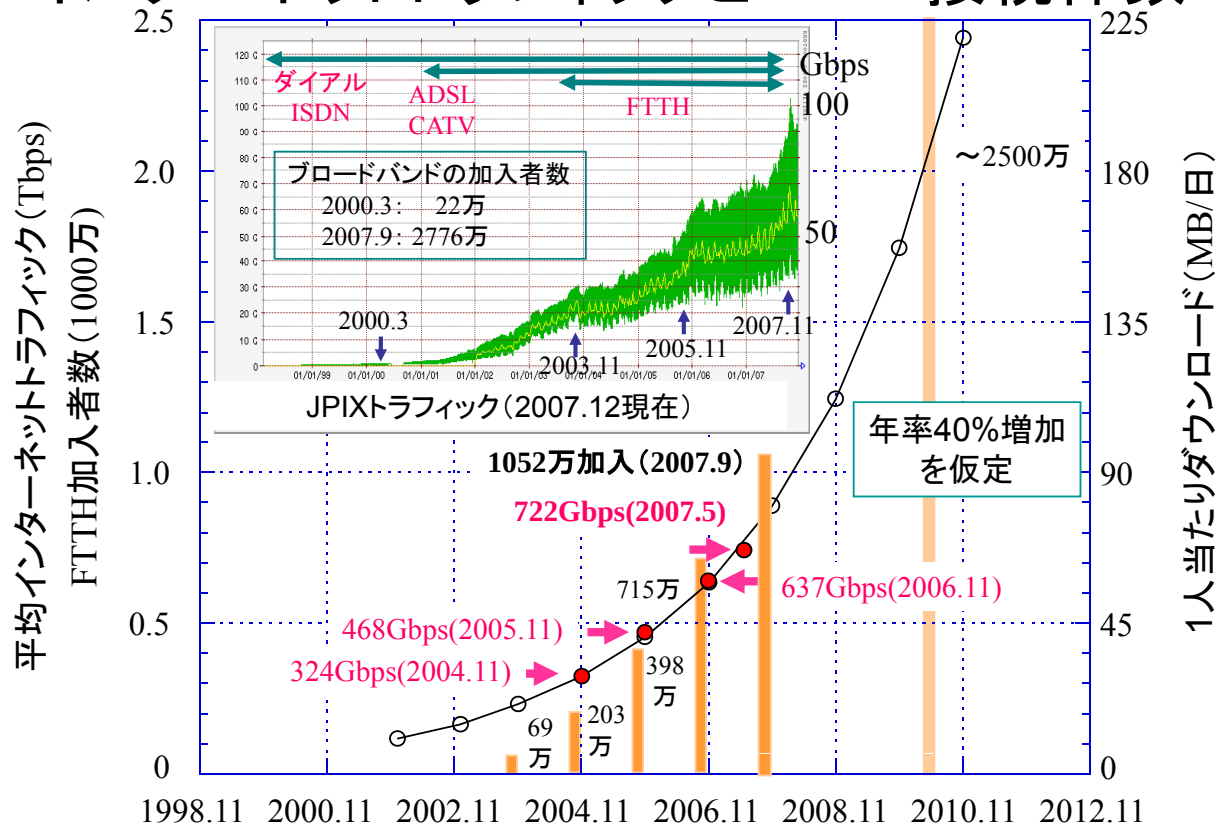
1. 光パス・ネットワーク

産業技術総合研究所

ネットワークフォトニクス研究センター

光技術研究部門

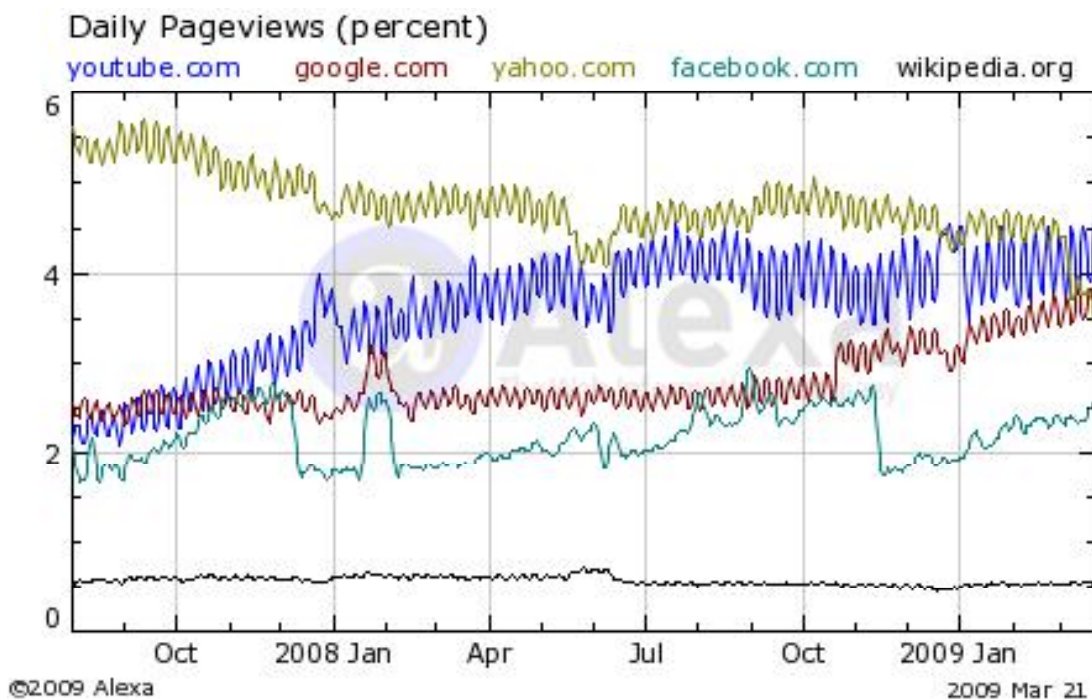
インターネットトラフィックとFTTH接続件数



独立行政法人 産業技術総合研究所

9

世界のWWWサーバアクセス



独立行政法人 産業技術総合研究所

10

高精細化する映像フォーマット NHKのスーパーハイビジョン技術



アナログNTSC: 340 × 525, S-VHS: 430 × 525



DVD-Video: 720 × 486、2-9.6Mbps



ハイビジョン: 1920 × 1080、200万画素、52Mbps



4Kデジタルシネマ4096 × 2160
800万画素

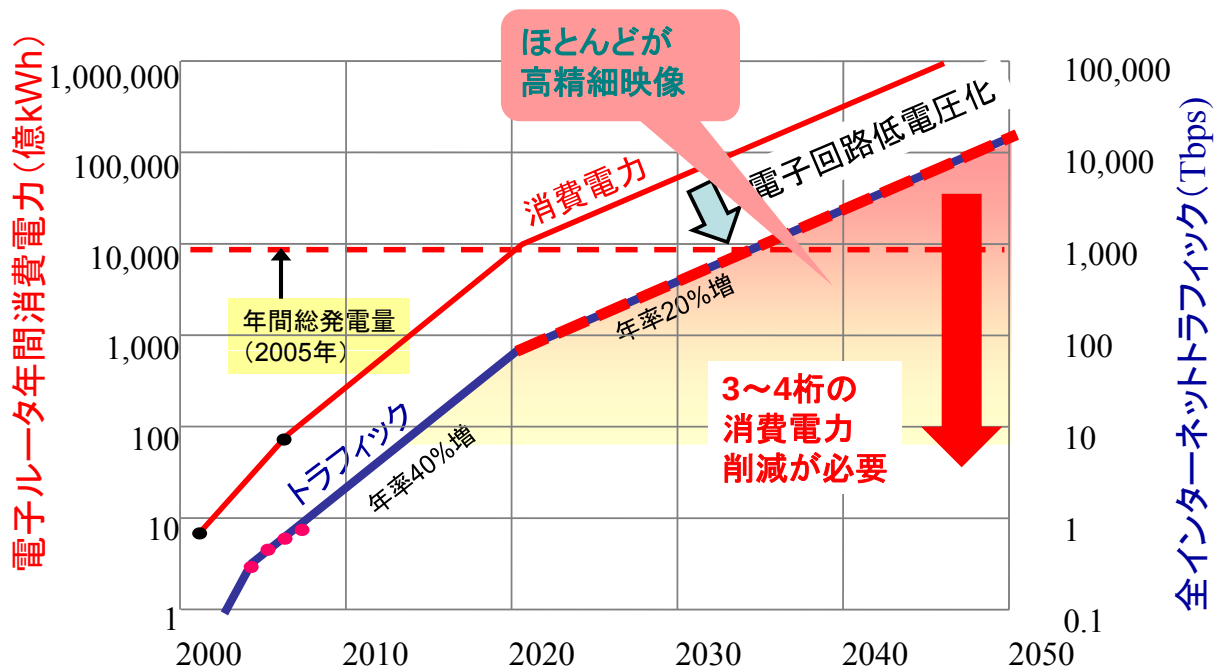


スーパーハイビジョン
7680 × 4320
3200万画素
2007年11月暫定標準化
2015年試験放送
2025年一般放送

~72Gb/s

独立行政法人 産業技術総合研究所

インターネットトラフィックとルータ消費電力の増加



- 現在のネットワークアーキテクチャのままではトラフィック要求をサポートできない
- 3~4ケタの消費電力削減 ⇒ ネットワークの“**つくりかた**”を変える必要

電子ルータの消費電力

A社

ネットIF速度:400Gbps

消費電力:4kW

(カタログ値)

消費電力:1kW/100Gbps



CISCO CARRIER ROUTING S1

システム要素

40Gbps×1152スロット
ラインカードシェルフ72台
ファブリックシェルフ8台



Cisco Systems

CRS-1 4スロットシステム320Gbps(全二重)

消費電力:4.75kW

CRS-1 92Tbpsシステム(架台72+8台)

消費電力:~1MW(空調分を除く)

消費電力:1 ~ 1.5kW/100Gbps

Super-HVを1000配信
程度が限界

参考資料: http://www.cisco.com/web/JP/product/hs/routers/crs1/prodlit/pdf/crs1_ds.pdf

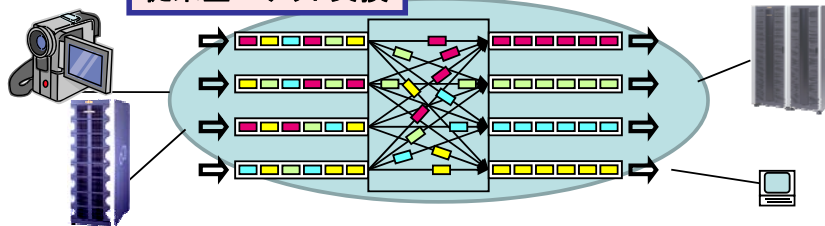
独立行政法人産業技術総合研究所

13

光パス・ネットワーク

従来型パケット交換

光-電子変換、蓄積型

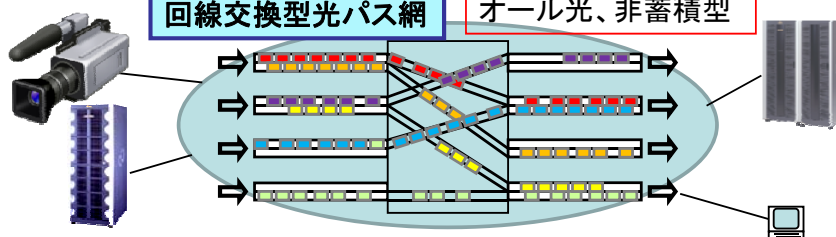


- ・柔軟な制御が可能
メール,webなどに適する
- ・消費電力大
(処理・構造が複雑、光・電気変換)

>20kW/Tbps

回線交換型光パス網

オール光、非蓄積型



- ・低消費電力
(データを光のまま通す)
- ・今後需要が急拡大する
映像配信に好適

0.2W/Tbps

スーパーハイビジョン

大規模光パス・ネットワーク

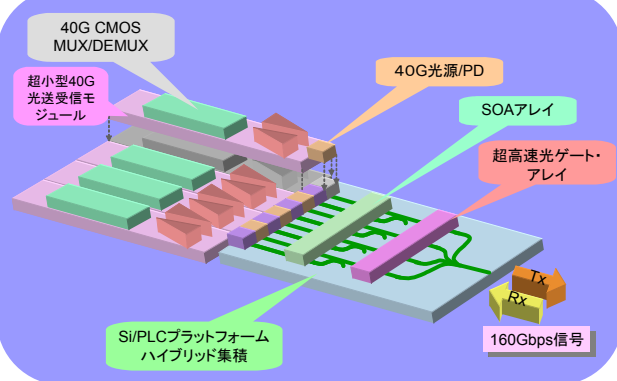
映像関連サービス

パケット・ネットワーク

ユビキタス・サービス

次世代高効率ネットワークデバイス 超高速光LAN-SAN

光ネットワークインターフェースカード(NIC)



放送と通信の融合へ向けた取り組み

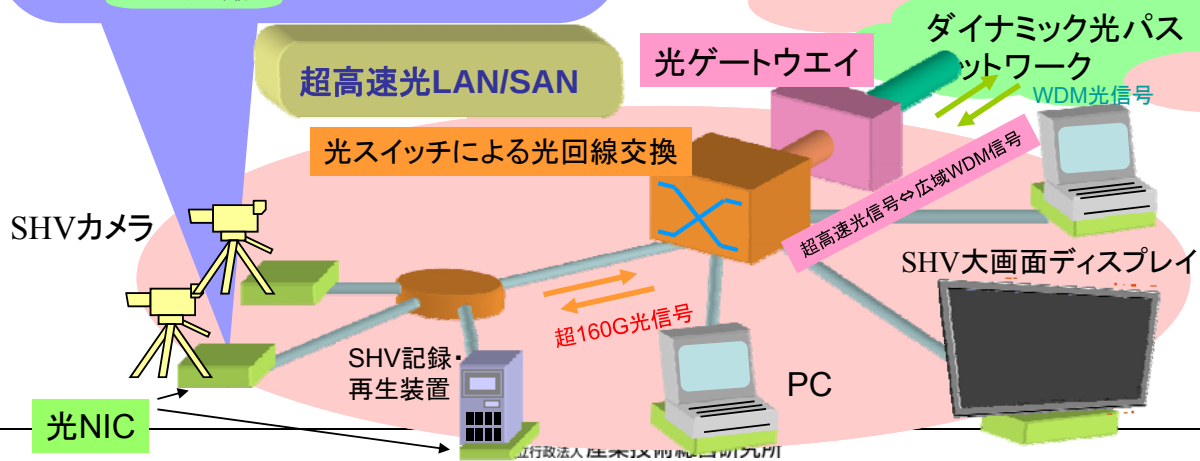
集積型超高速光デバイス技術を開発

● 超160G省電力光NIC等

● 光スイッチングハブおよび

光ゲートウェイ用集積型波長変換素子

3年後に、局舎内スーパーハイビジョン
伝送実験の予定



15

光パス・ネットワークの要素技術

(1) 光パス・インターフェース技術

集積型ネットワーク・インターフェース・カード (Tx/Rx)

- － 波長分割多重による大容量化 (WDM)
- － 光時間分割多重による大容量化 (OTDM)
- － 多値光コヒーレント技術による大容量化

(2) 光パス・プロセッシング

大規模光スイッチと大規模光ファイバインフラ

- － スケーラブルなマトリックススイッチおよび 波長選択スイッチ
- － 大規模な光ファイバケーブルの低コスト敷設技術

(3) 光パス・コンディショニング

光信号再生

- － 光分散補償器
- － 波長変換器
- － O3R再生器
- － 全光フォーマット変換器

光信号モニタ

- － 高度な光信号波形観測技術

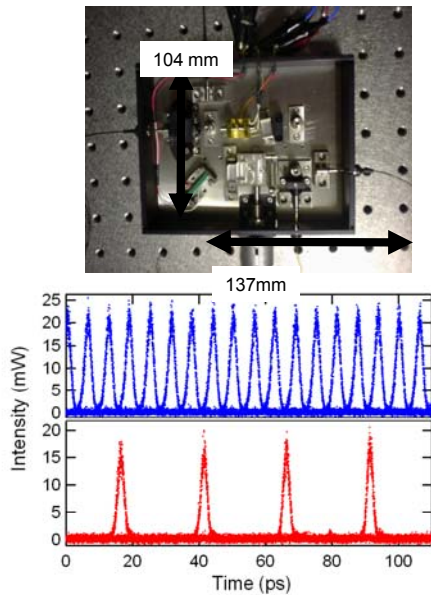
制御プロトコル

アプリケーション
と移行パス

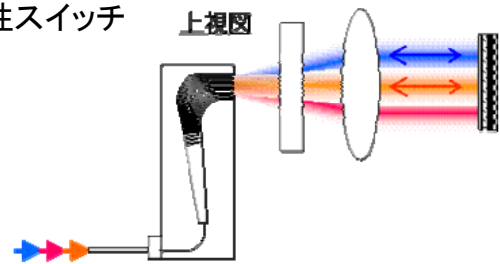
光パスネットワークのデバイス研究

光MUX/DEMUX

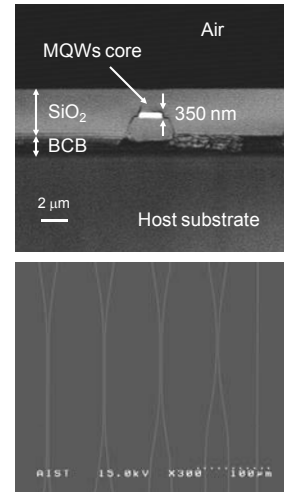
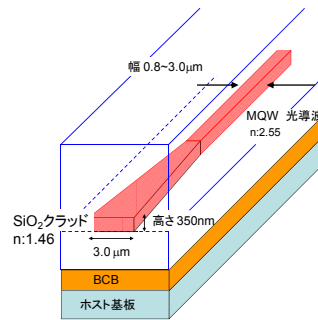
160Gb/sに重畳した40Gb/s信号を分離



波長選択性スイッチ



シリコン導波路



高閉じ込め光導波路構造

2. ワイドギャップ半導体 パワー・エレクトロニクス

産業技術総合研究所
エネルギー半導体エレクトロニクス・ラボ

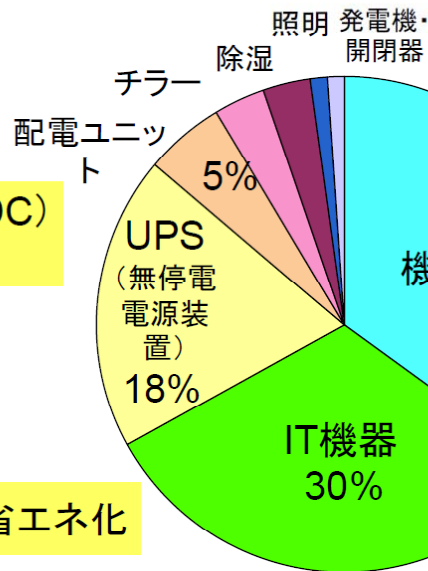
データセンターの省エネ化



変換 (AC/DC)
効率化

サーバの省エネ化

ストレージの省エネ化



冷却の効率化

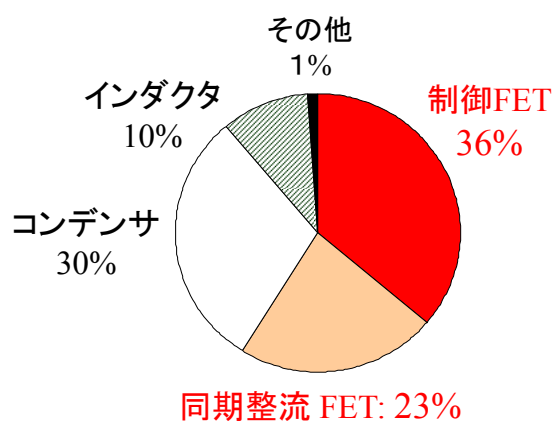
モジュール化

半導体の
低消費電力化
(発熱抑制)

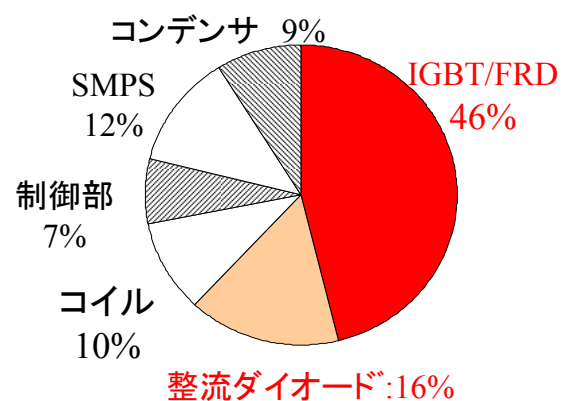
(出所) グリーングリッド

独立行政法人 産業技術総合研究所

電力変換器の損失



(a) スイッチング電源



(b) モータドライブ用インバータ

損失内訳

パワーデバイス: 受動部品他 = 60% : 40%

Lidow, et.al, Proc. of IEEE, 89, 803 (2001)

ワイドギャップ半導体とは

	III	IV	V	VI	
2		B	C	N	O
3	Mg	Al	Si	P	S
4	Zn	Ga	Ge	As	Se
5	Cd	In	Sn	Sb	Te

軽元素

元素及びIV-IV族
III-V族化合物
II-V族化合物

C : 炭化物: (SiC)

IV-IV族
ポリタイプ
MOS構造
間接遷移型

N : 窒化物: (GaN)

III-V族
ヘテロ構造が可能
混晶の存在
直接遷移型

O : 酸化物

II-VI族
絶縁体から
超伝導体まで

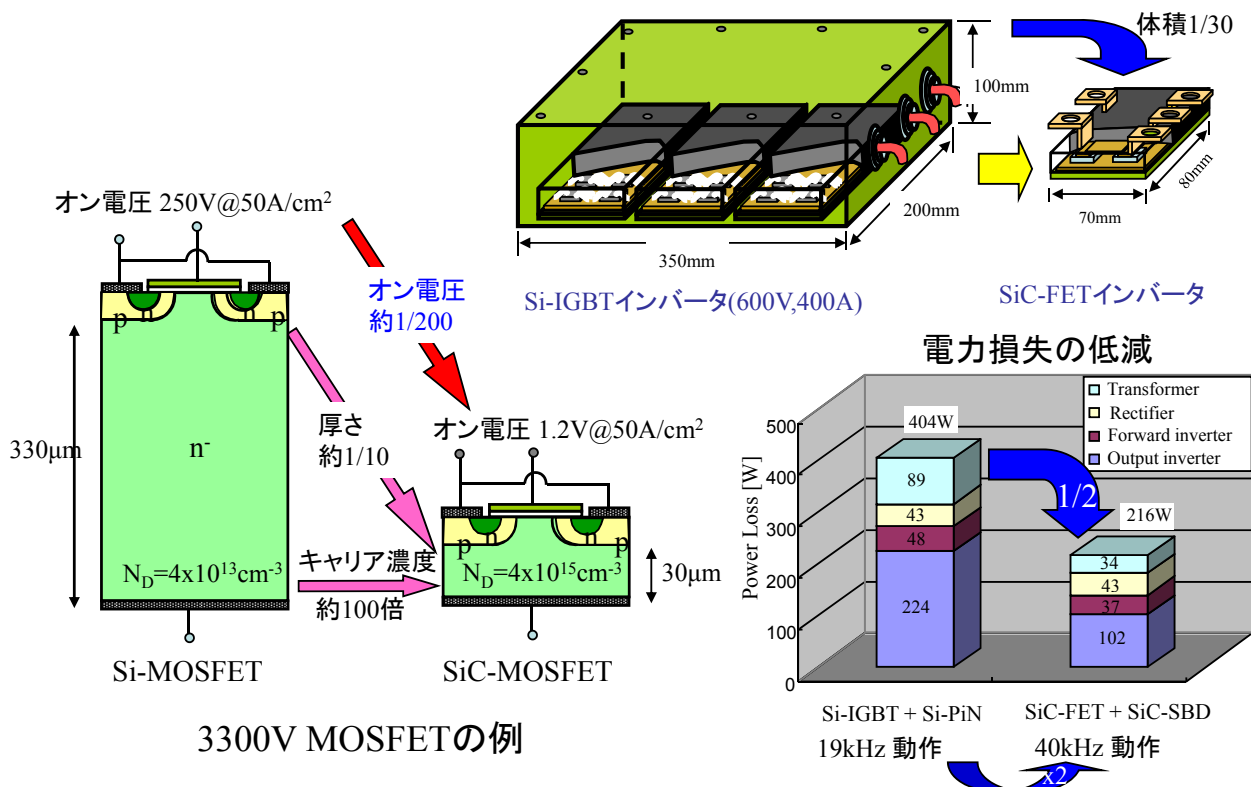
軽元素半導体
結合エネルギー大
高融点
格子定数が小

大きな
バンドギャップ
熱伝導度
絶縁破壊電界
飽和ドリフト速度
高温・化学的安定性

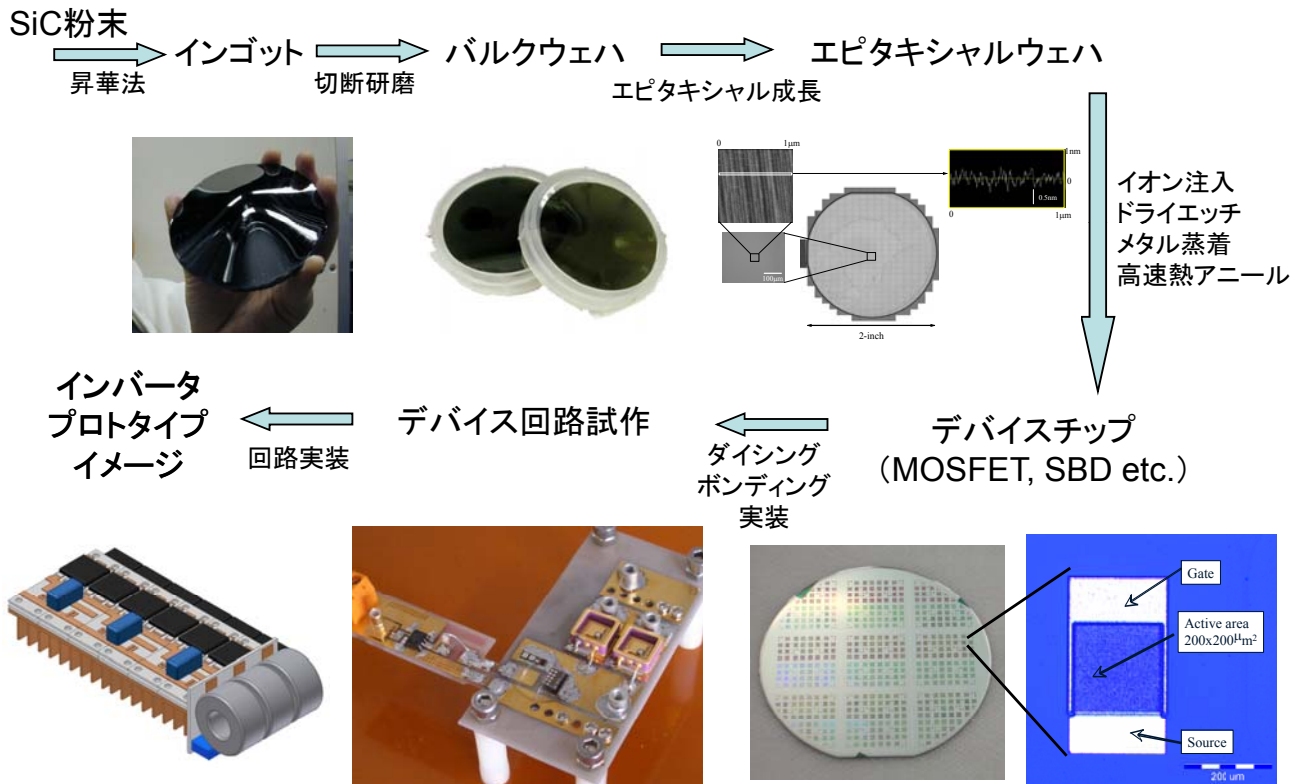
ハードエレクトロニクス
・高温動作素子
・高パワー素子
・高周波パワー素子
・短波長光素子

高出力
省エネデバイス
として最有力

SiデバイスとSiCデバイスの比較



結晶から応用システムまで



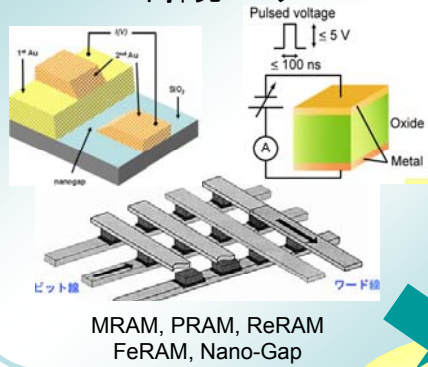
独立行政法人 産業技術総合研究所

IMFEDK2008 Osaka

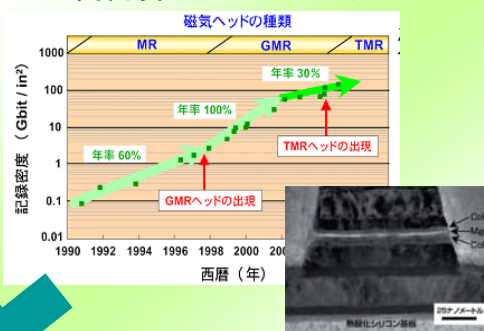
3. 不揮発メモリ、磁気ヘッド、 XMOS、微細化

産業技術総合研究所
エレクトロニクス研究部門
ナノ電子デバイス研究センター

不揮発メモリ

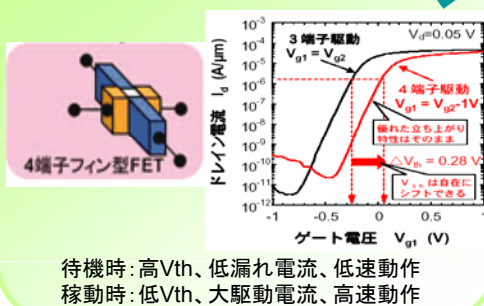


高密度HDD TMR磁気ヘッド

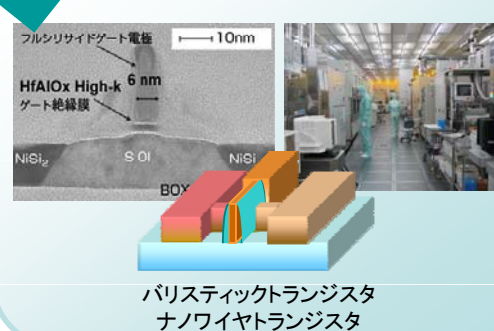


IT機器の 低消費電力化

しきい値可変4端子FET "XMOS"



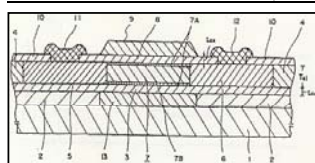
CMOS極限微細化



XMOSFET = Double Gate MOSFET

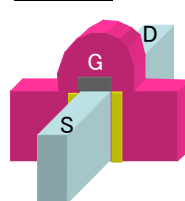
1980

Double Gate MOS (XMOS)



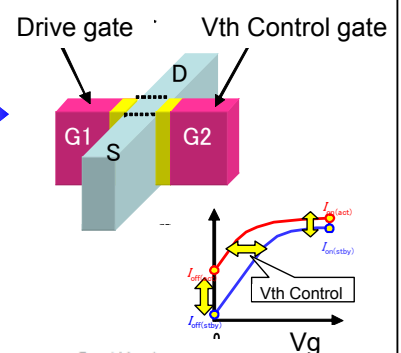
2001

FinFET



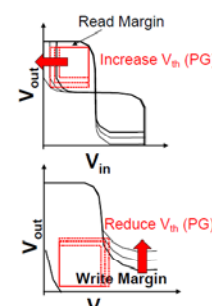
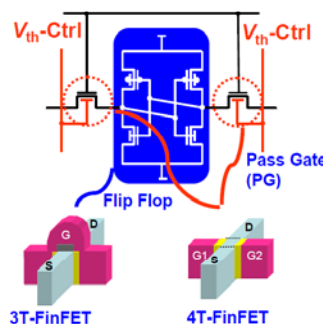
2003~

4 terminal FinFET



ITRS2007

		2005	2010	2015	2020		
MPU/ASIC	M1 1/2 Pitch (nm)	90	68	45	32	22	16
Gate Stack	HP	PolySi SiON	Metal gate / High-k				
	LSTP	PolySi SiON	Metal gate / High-k				
Transistor Structure	HP	Planar Bulk	UTB-FDSOI	Double Gate (FinFET)			
	LSTP	Planar Bulk	UTB-FDSOI	Double Gate (FinFET)			



【目的】

スピン流を利用した新機能デバイスの実現

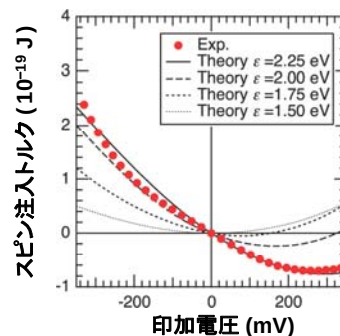
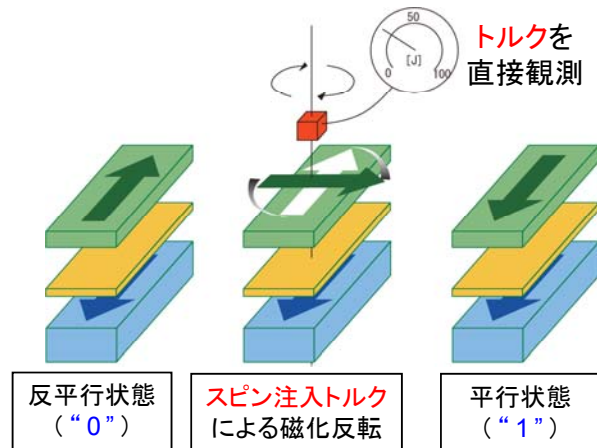
- ・大容量スピンRAM
- ・スピントランジスタ
- ・マイクロ波発振・検波素子

【研究内容】

- ・巨大TMR効果を示すナノサイズMgO-TMR素子を開発
- ・スピントルク・ダイオード効果の発見
- ・スピン注入トルクの直接観測に初めて成功
→スピンRAMの基本動作を確認

【今後の研究展開】

- ・垂直磁化型トンネル磁気抵抗素子（TMR素子）の開発
- ・スピン注入書き込みの低電流化と熱安定性の両立の可能性探求



スピン注入トルクの
印加電圧依存性

低環境負荷型の 革新的ものづくり技術の実現

製造装置の小型化や、「必要なものを必要なときに必要なだけ作る」オンデマンド型の技術は、設備投資や消費エネルギーの大幅削減に効果があります。産総研では、**オンデマンド型技術**である**省エネルギー成膜技術**(エアロゾルデポジション法)や、**省資源パターンニング技術**(スーパーインクジェット法)などを開発しており、これらを自由に組み合わせることで、製品ごとに最適な製造工程の組めるシステムの開発を目指しています。



個別ユニットの実装と
それに併せたシステ
ム改修・増加が可能

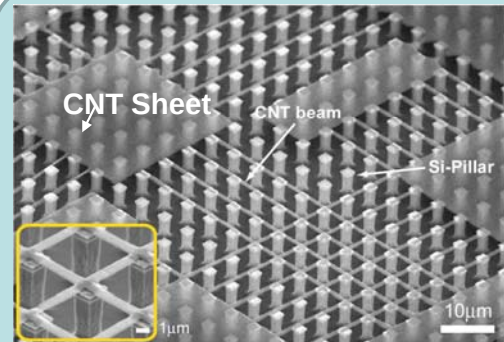
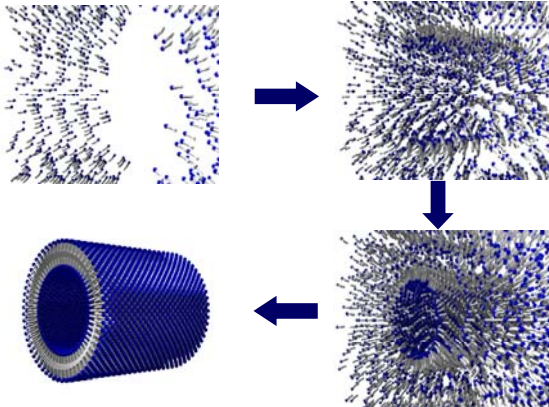
エアロゾルデポジション法などの加工モジュールをフレキシブルに組み合わせることのできるオンデマンド加工装置のプロトタイプ

ナノ現象に基づく高機能発現を利用した デバイス技術の創出

カーボンナノチューブの大量
合成法とスーパージョース
法による成長



自己組織化によるナノ
チューブ生成過程の計算
機シミュレーション



カーボンナノチューブの構造形成



有機ナノチューブ

機能部材の開発による 輸送機器や住居から発生するCO₂の削減

輸送機器(とくに自動車)や
建造物のエネルギー効率を
上げて、CO₂の排出量を削
減することは、社会的に大き
な要請となっています。産総
研では、自動車の軽量化に
よる燃費向上を目指した**マグ
ネシウム合金とその加工技
術の研究**や、建造物への熱
エネルギーの出入りを制御
するための**調光ガラス窓材
料の開発**に取り組んでいます。



わずかなガスの注入によって反射率を大きく
変えることのできる調光ガラス窓
(左: 鏡状態、右: 透明状態)

西事業所SCR



極限CMOS微細化の追求

東事業所MEMSファウンドリ



ナノ材料実験棟



4端子Fin FET “XMOS”の開発 マイクロデバイス開発

設計製造
支援
デバイス
評価
人材育成

NPF



産業基盤整備と産業技術人材育成

独立行政法人産業技術総合研究所

31

産総研 オープンラボ

http://www.aist.go.jp/aist_j/openlab/2008/program/contents.html

世界最高品質の通信波長帯量子もつれ光子発生と光ファイバ伝送

量子もつれ光子発生装置の120kmに達するファイバ伝送
量子もつれ光子発生装置の120kmに達するファイバ伝送
量子もつれ光子発生装置の120kmに達するファイバ伝送

全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす

全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす
全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす
全方向ステレオカメラを搭載したインテリジェント電動車いす

使いやすいマン・マシンインタフェースを設計・評価するための操作者シミュレータ

使いやすいマン・マシンインタフェースを設計・評価するための操作者シミュレータ
使いやすいマン・マシンインタフェースを設計・評価するための操作者シミュレータ
使いやすいマン・マシンインタフェースを設計・評価するための操作者シミュレータ

ナノ構造半導体

ナノ構造半導体
ナノ構造半導体
ナノ構造半導体

研究のポイント

研究のポイント
研究のポイント
研究のポイント

研究の狙い

研究の狙い
研究の狙い
研究の狙い

研究内容

研究内容
研究内容
研究内容

音声による家電操作とマルチメディアコンテンツ検索

音声による家電操作とマルチメディアコンテンツ検索
音声による家電操作とマルチメディアコンテンツ検索
音声による家電操作とマルチメディアコンテンツ検索

研究のポイント

研究のポイント
研究のポイント
研究のポイント

研究の狙い

研究の狙い
研究の狙い
研究の狙い

研究内容

研究内容
研究内容
研究内容

印刷で作製する柔軟な電子素子

印刷で作製する柔軟な電子素子
印刷で作製する柔軟な電子素子
印刷で作製する柔軟な電子素子

研究のポイント

研究のポイント
研究のポイント
研究のポイント

研究の狙い

研究の狙い
研究の狙い
研究の狙い

研究内容

研究内容
研究内容
研究内容

3次元積層LSIの装載基盤技術と筐体内光装載技術

3次元積層LSIの装載基盤技術と筐体内光装載技術
3次元積層LSIの装載基盤技術と筐体内光装載技術
3次元積層LSIの装載基盤技術と筐体内光装載技術

研究のポイント

研究のポイント
研究のポイント
研究のポイント

研究の狙い

研究の狙い
研究の狙い
研究の狙い

研究内容

研究内容
研究内容
研究内容

マルメディア会議支援システム

マルメディア会議支援システム
マルメディア会議支援システム
マルメディア会議支援システム

産業技術総合研究所