

課題名：スピントロニクス技術を用いた超省電力不揮発性トランジスタ技術の開拓

氏名：齋藤秀和

機関名：独立行政法人産業技術総合研究所

### 1. 研究の背景

近年、コンピュータに代表されるハイテクIT機器の出荷台数が急激に増大しており、それに伴う消費電力の増大が深刻な問題となりつつあります。例えば、2020年には全IT機器の消費電力はCO<sub>2</sub>換算で2億トンを超えると予想されており、その省電力化は緊急の課題となっています。

### 2. 研究の目標

現行のIT機器は主に揮発性(電源を切れれば情報が失われる)の半導体により構成されており、そのため消費電力の約9割は待機中に消費してしまっています。本研究では、スピントロニクスと呼ばれる新技術を用いて、不揮発性(電源を切っても情報を保持する)の超省電力トランジスタ技術を開拓します。

### 3. 研究の特色

スピントロニクスは電子の持つ磁石の性質(スピン)を積極的に利用して新機能を生み出す新しい技術分野です。本研究では、この新技術を電子の電荷のみが利用されてきた半導体デバイスに大胆に導入することにより、従来技術では困難であった消費電力の劇的な削減に繋がります。

### 4. 将来的に期待される効果や応用分野

本研究によりスピンを利用した不揮発性トランジスタの実現が見込まれ、将来的には待機電力がほぼ零である「ノーマリー・オフ・コンピュータ」に繋がることが期待されます。

# ① 研究動機

## 増大するコンピュータの消費電力

x 100GkWh



- ・ 原発100基分 (1基当たり百万kW)
- ・ CO<sub>2</sub>換算2.4億トン (化石燃料換算)

全世界で40億台

参考:  
国内CO<sub>2</sub>排出 -25%  
→ 約3.5億トン

\*ガートナー調査より、全世界コンピュータ台数は年率12%の伸び。

このままではコンピュータは主要CO<sub>2</sub>排出源の一つとなる！

# ② どうやって解決するか？

## Point

現行のコンピュータの消費電力は待機電力が8~9割を占める

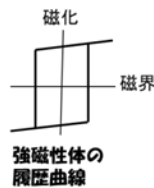
CPUやメモリ(SRAM, DRAM)が揮発性\*であることが根本原因

\*電源を切ると情報が失われる性質

これを削減できないか？



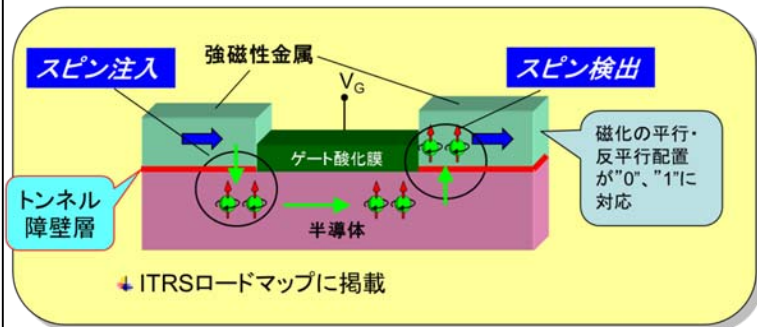
電子のスピン自由度(スピントロニクス技術)を用いて「不揮発性エレクトロニクス」へのパラダイムシフト



不揮発性トランジスタ

# ③ 不揮発性トランジスタ(スピンFET)

S. Datta and B. Das, APL (1990).  
S. Sugahara and M. Tanaka, APL (2004).



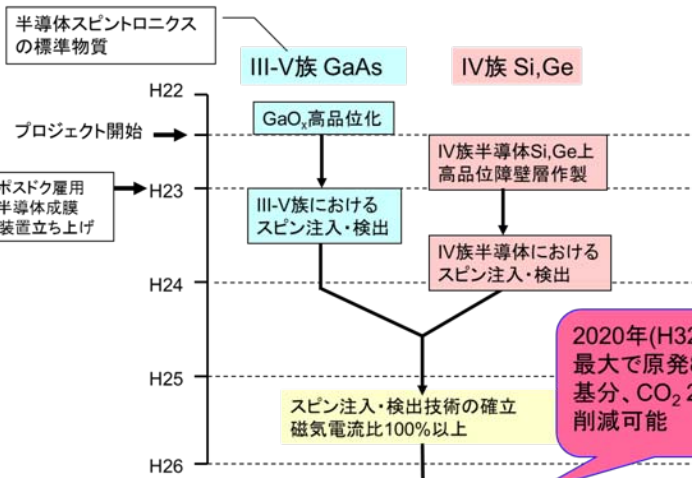
↓ ITRSロードマップに掲載

■ 磁気電流比(素子の性能指数) =  $(I_{AP} - I_P) / I_{AP} \sim 0$

このままでは夢物語

高効率のスピン注入とスピン検出技術が必要

# ④ 研究スケジュールと波及効果



2020年(H32)以降、最大で原発80~90基分、CO<sub>2</sub>2億トン削減可能