

# トランジスタモデルの開発と 国際標準化の実現

2009年5月26日

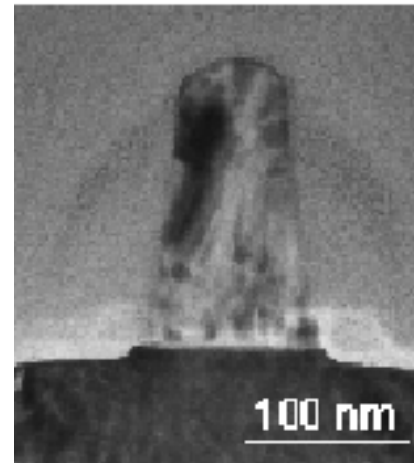
広島大学先端物質科学研究科  
三浦道子

# トランジスタの誕生

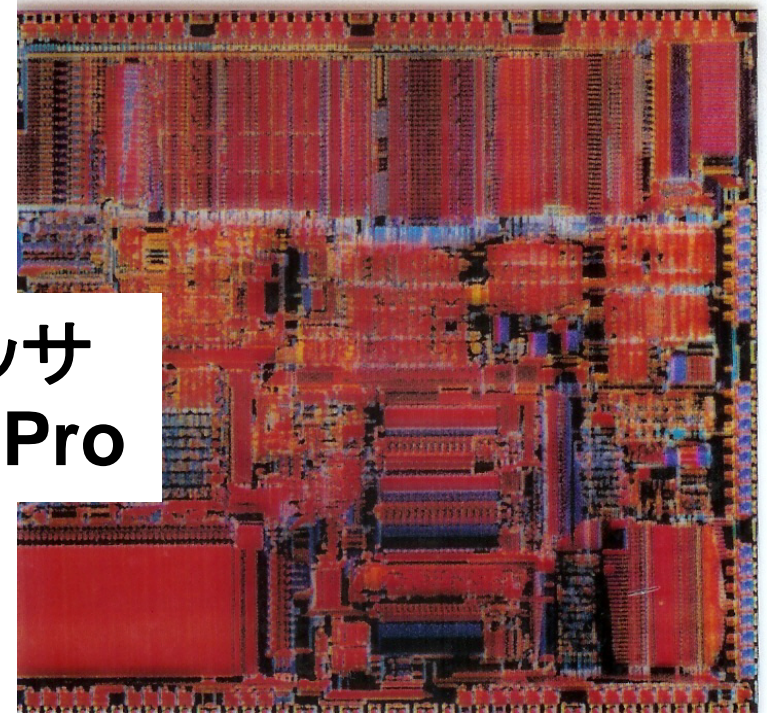
約60年前



## 先端トランジスタ



## マイクロプロセッサ Intel Pentium Pro

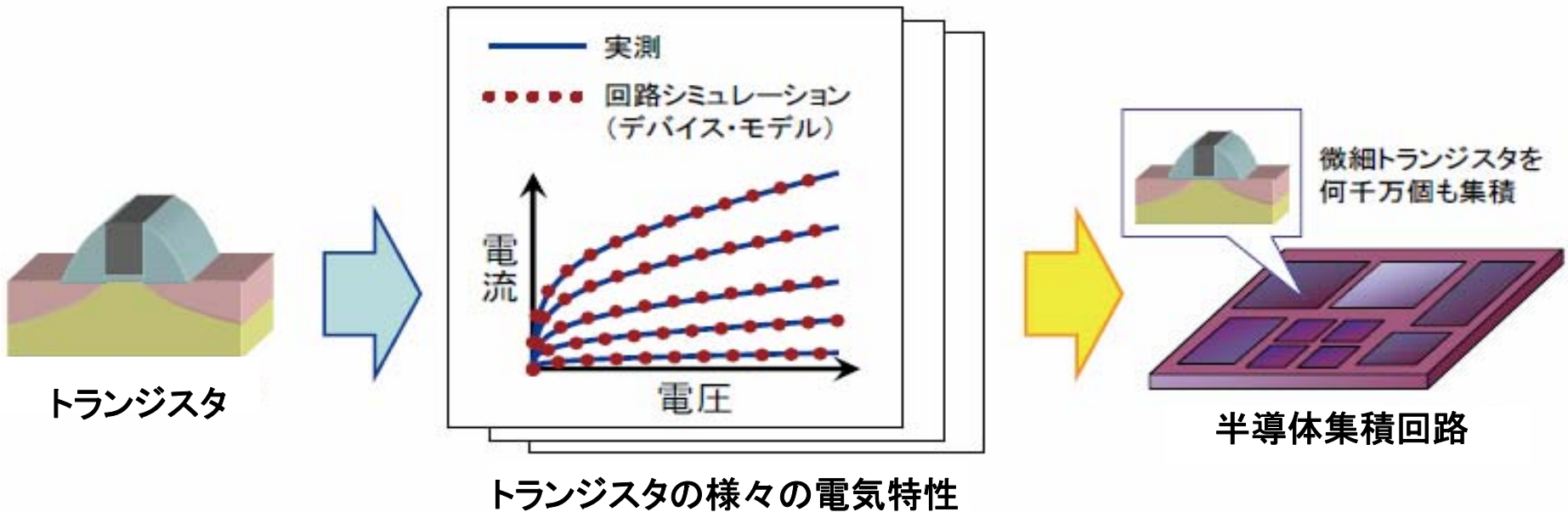


トランジスタモデルを用いて設計される

# トランジスタモデルとは

電気特性(電流、キャパシタンスなど)を原理に基づいて解析的に記述したもの

$$\text{たとえば: } I_{ds} = \mu \frac{W}{L} C_{ox} \left[ (V_{gs} - V_{th}) V_{ds} - \frac{1}{2} V_{ds}^2 \right]$$



- モデル精度が回路予測精度を決定
- 世界標準モデルの選定・サポート:

Compact Model Council (1996年発足)

# HiSIMの開発

(Hiroshima-university STARC IGFET Model)



## [トランジスタの基本方程式]

**-Poisson:** 
$$\nabla^2 \phi = -\frac{q}{\epsilon_{si}}(N_D - N_A + p - n)$$
$$n = n_i \exp \frac{q(\phi - \phi_{fn})}{kT}$$
$$p = n_i \exp \frac{q(\phi_{fp} - \phi)}{kT}$$

**-Current Density:** 
$$j_n = q\mu_n n \frac{\phi}{y} + qD_n \nabla n$$
$$j_p = q\mu_p p \frac{\phi}{y} - qD_p \nabla p$$

**-Continuity:** 
$$\frac{\partial n}{\partial t} = G_n - R_n + \frac{1}{q} \nabla \cdot j_n$$
$$\frac{\partial p}{\partial t} = G_p - R_p + \frac{1}{q} \nabla \cdot j_p$$

## [HiSIMのコンセプト]

原理式に忠実に解く

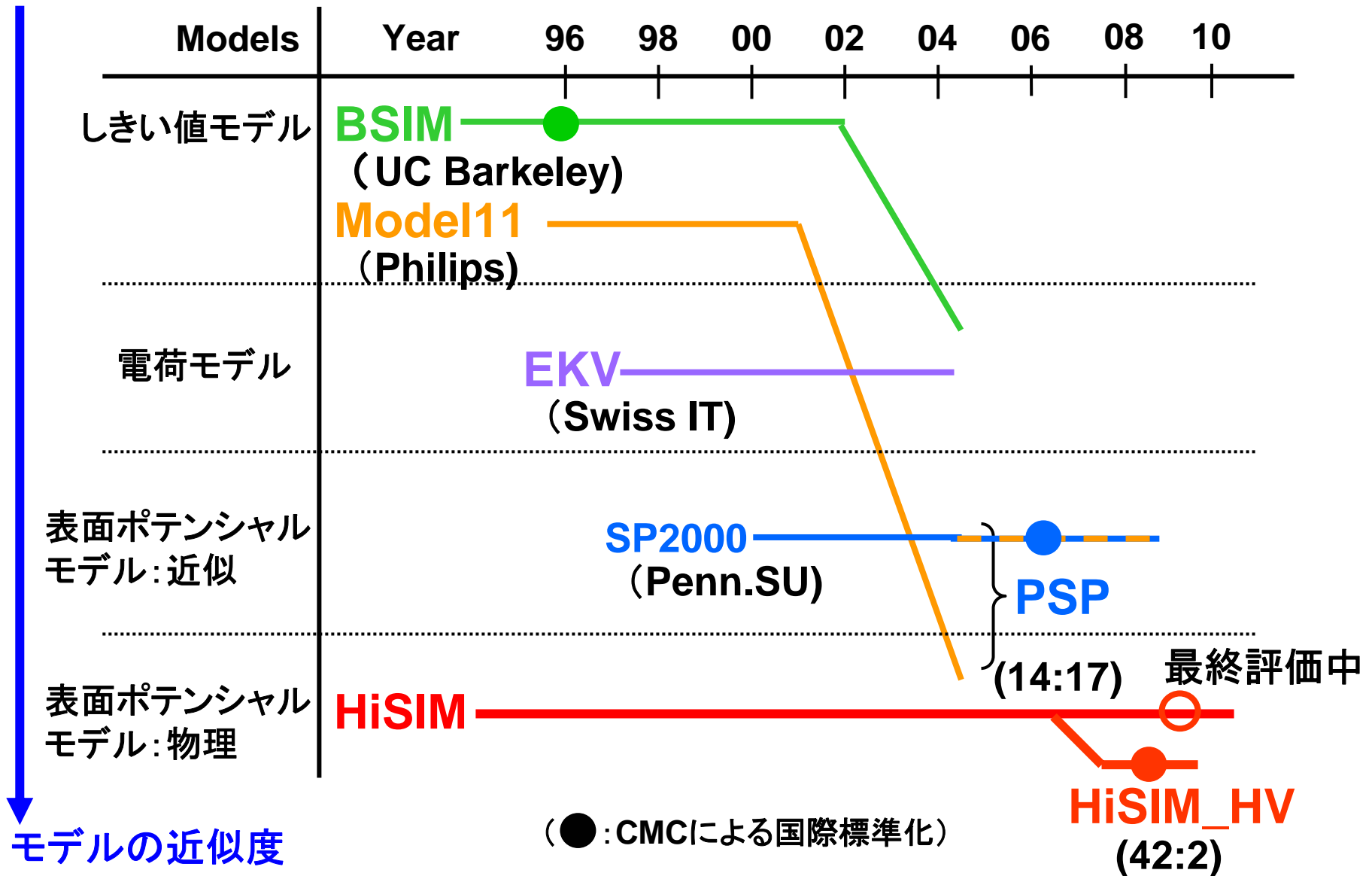


解くことを工夫する

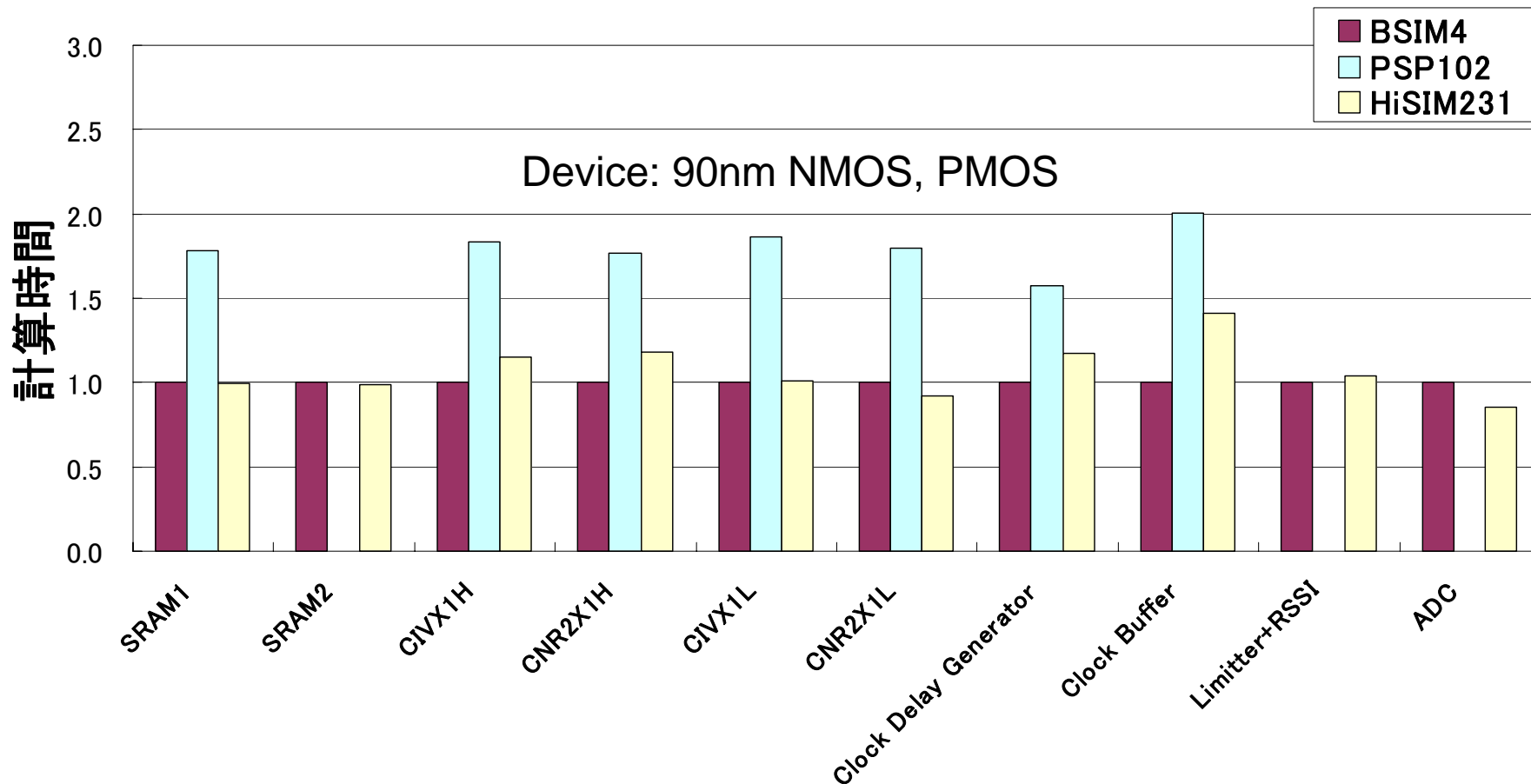


現象の本質を抽出

# 様々なトランジスタモデル



# HiSIMの優位性: 計算時間の比較



忠実に解く方が速かった

# HiSIM\_HVの世界標準実現

## 高耐圧MOS

送信モジュール  
LCDドライバ  
充電回路



モバイル機器

電源モジュール  
LCDドライバ



家電機器

電源制御ユニット  
充電回路  
モーター・ドライバ



車載機器

ISM (Industrial  
scientific, and  
medical)市場

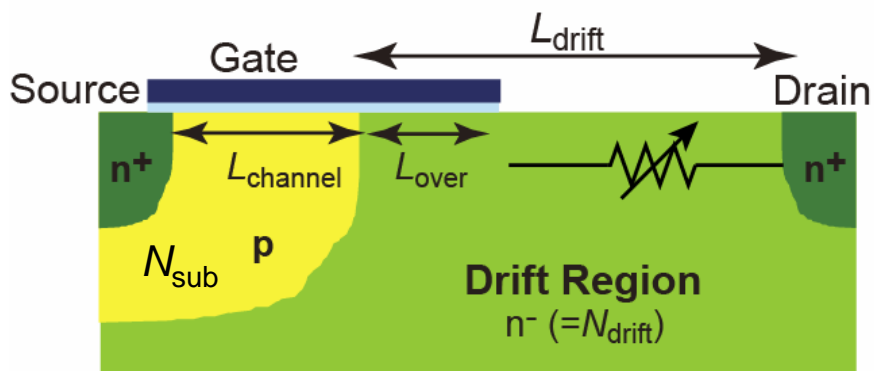


医療機器

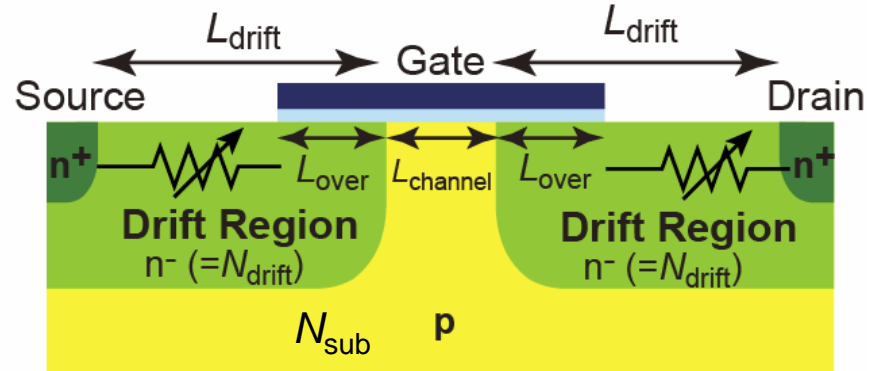
応用範囲(2V-200V)が広い

# 高耐圧MOSのモデル化

応用範囲が広い  $\Rightarrow$  様々な構造が可能



LDMOS



HV\_MOS

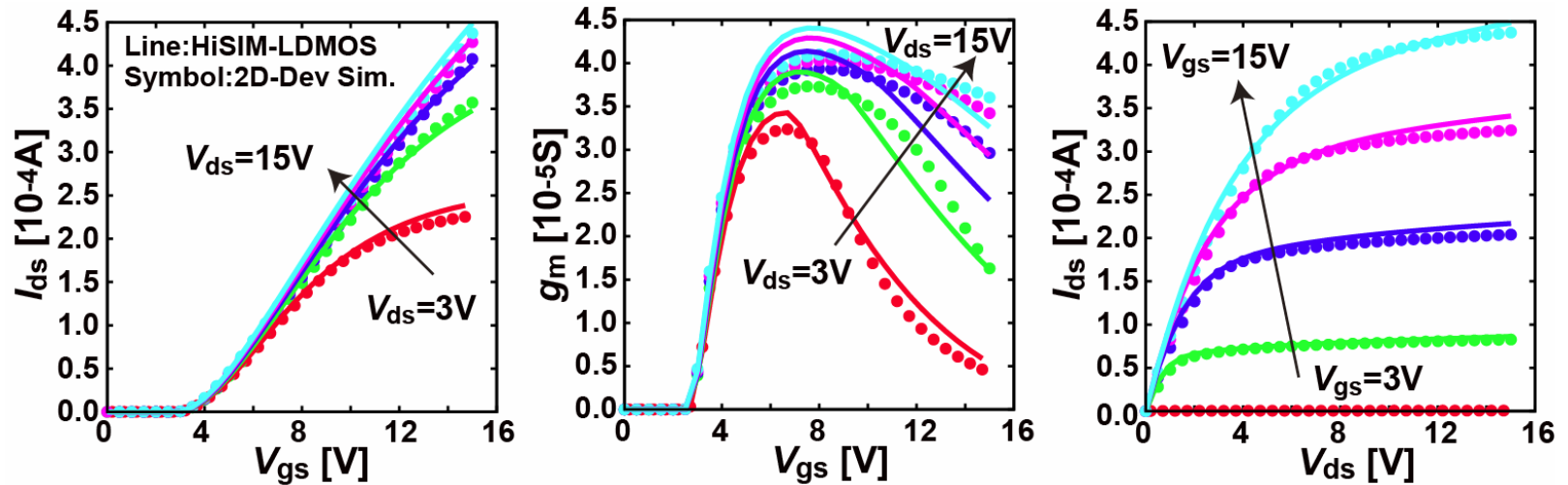
課題: 抵抗領域 (  $\text{---}\text{---}\text{---}$  ) の記述

これまでのHiSIM開発の延長線上で実現

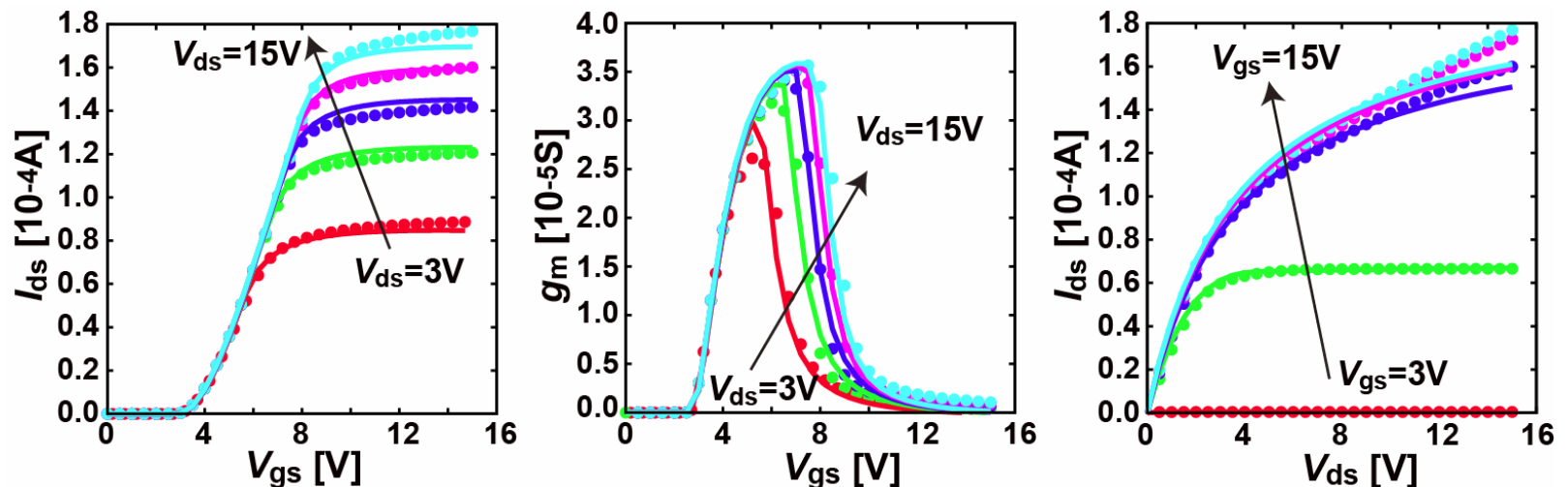


# HiSIM\_HVの電流特性

## 低抵抗トランジスタ(耐圧が低め)

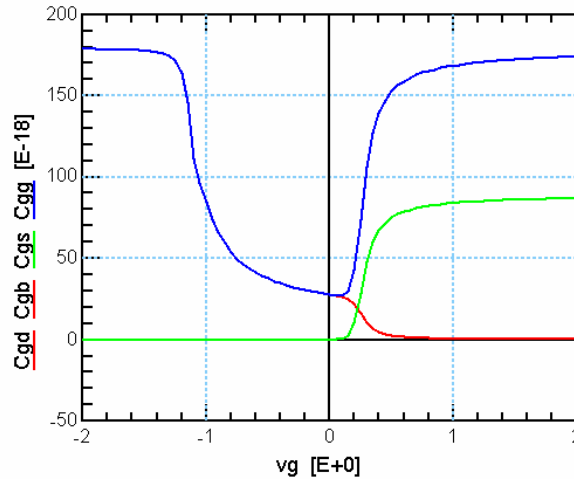


## 高抵抗トランジスタ(耐圧が高い)

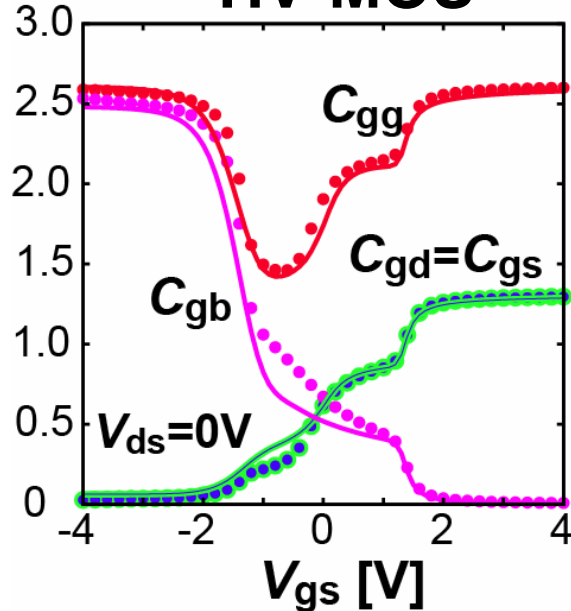


# HiSIM\_HVのキャパシタンス特性

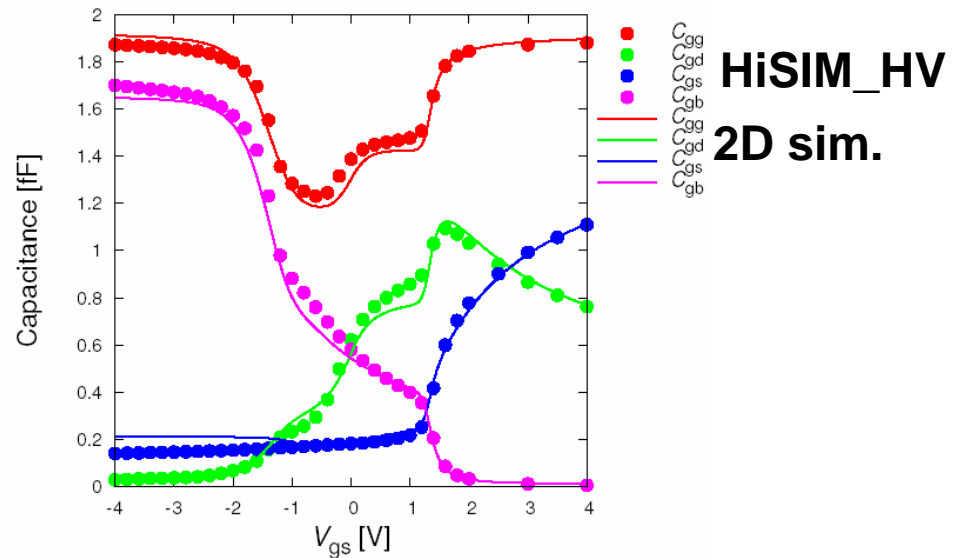
通常のMOSFET



HV-MOS

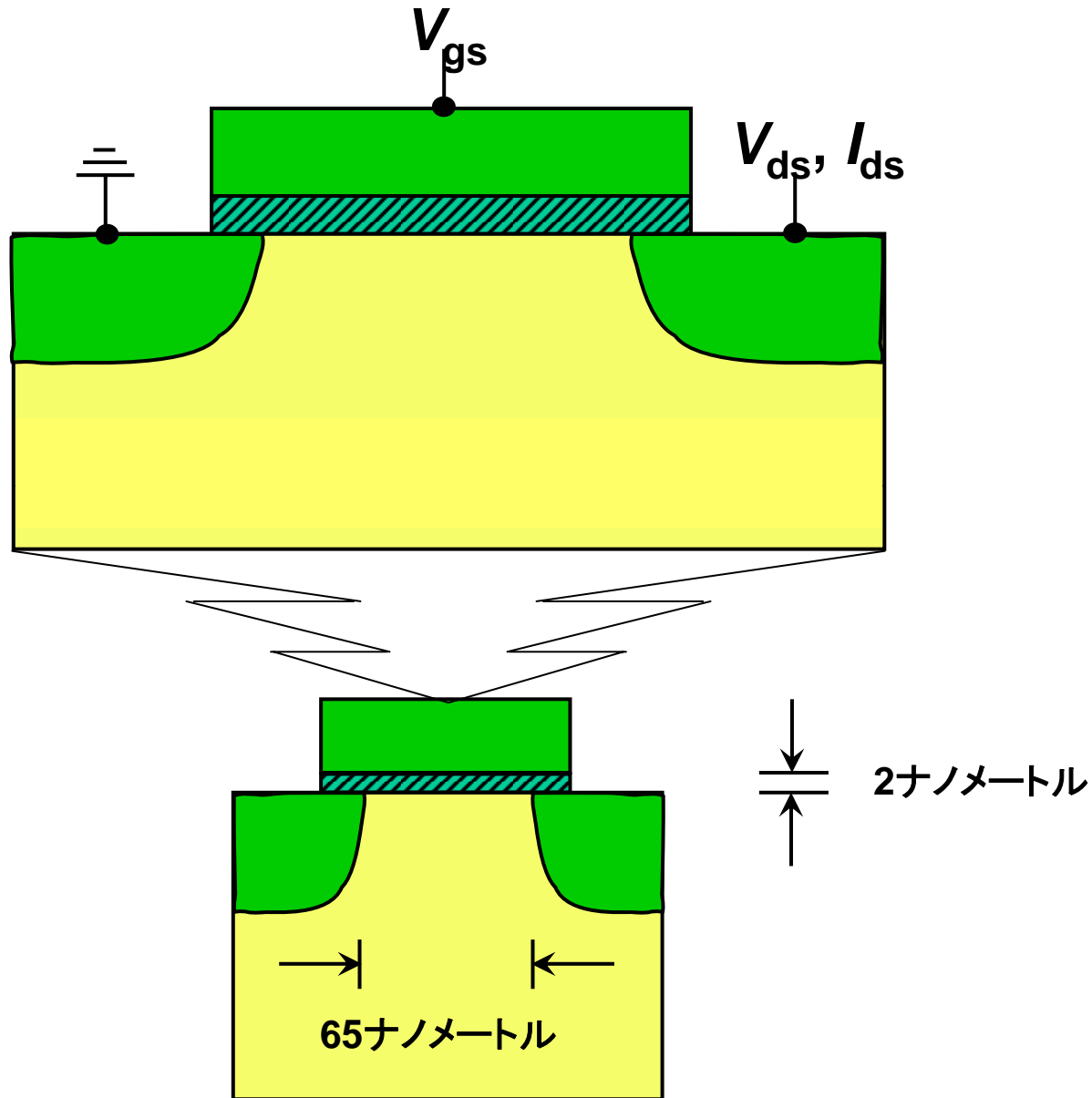


LDMOS

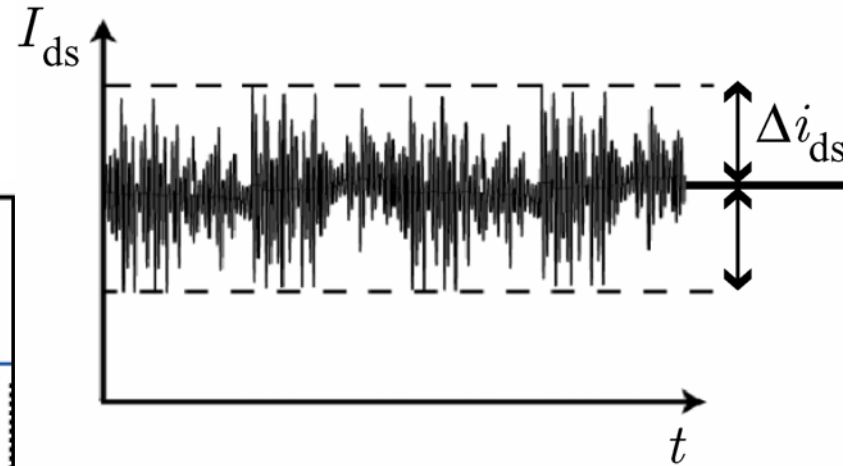
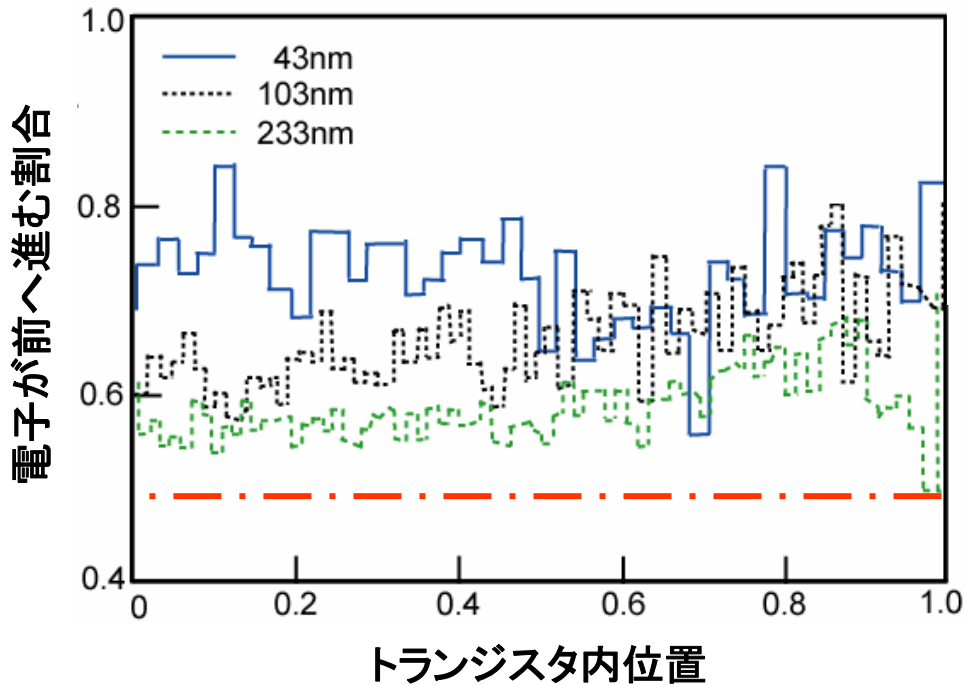
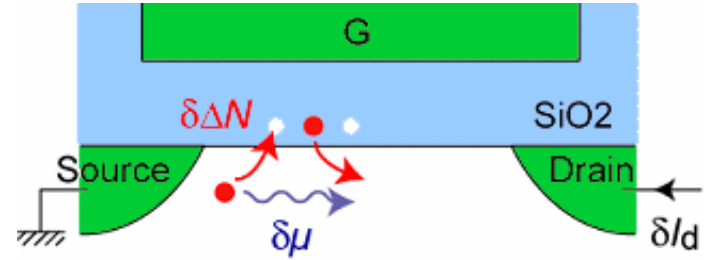


モデルの正確さが評価された

# 技術の進歩:微細化



# 電子の動きが見える: 電流ゆらぎ



物理原理が重要になってきた

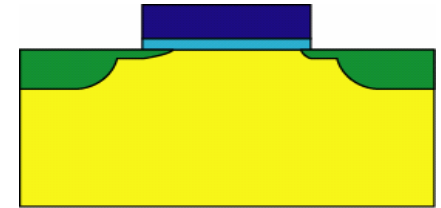
# HiSIM ファミリー

[トランジスタの進化]

● HiSIM\_HV : 高耐圧

○ HiSIM2: Bulk MOSFET : 高集積, 高速

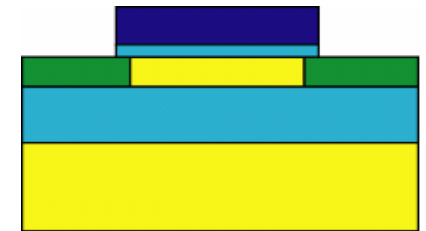
MOSFET



▲ HiSIM-SOI : 高速、低電圧

HiSIM-TFT : 液晶、太陽電池

SOI-MOSFET

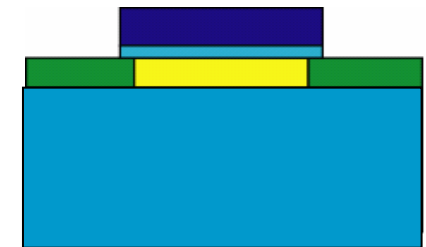


HiSIM-IGBT : 車載トランジスタ

HiSIM-PD : 光通信

HiSIM-Varactor : 無線通信

TFT



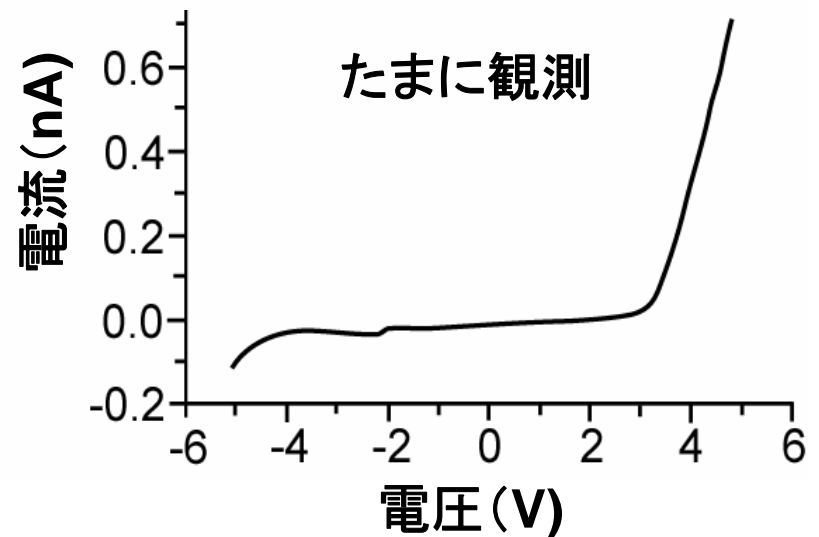
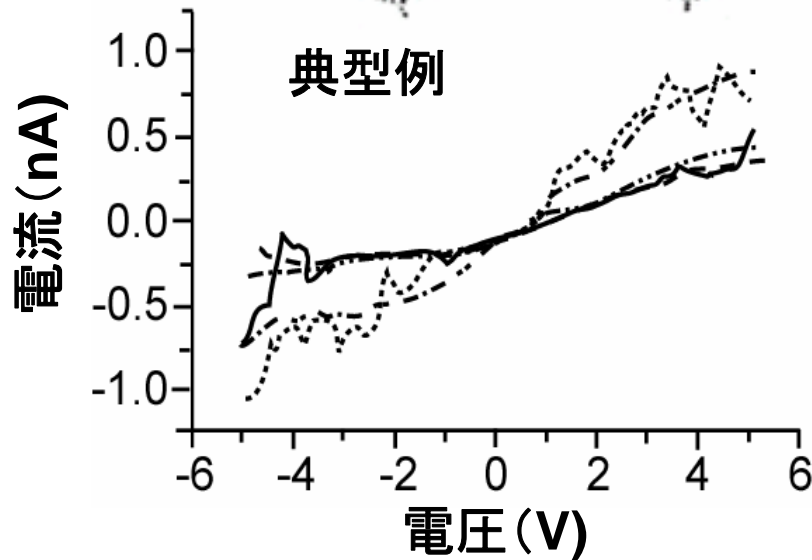
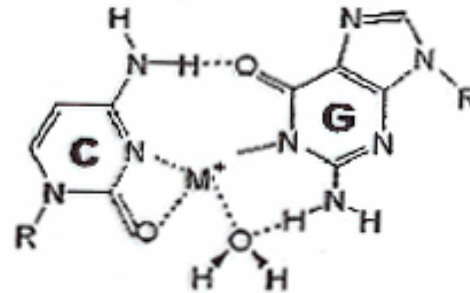
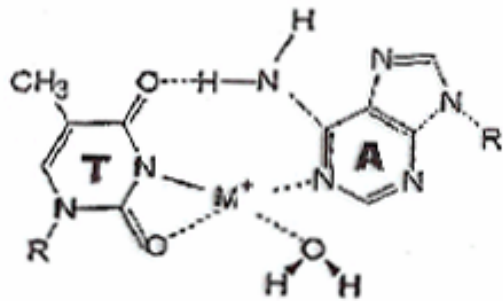
HiSIM-MG : 立体構造

MG-MOSFET



膨大な知の蓄積

# 新しい型のトランジスタ: DNAトランジスタ



# HiSIM Team

