

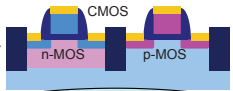
次世代Siナノエレクトロニクスに向けた新材料探索、新構造提案およびプロセス技術の開発

ULSIの基本素子：相補型MOSトランジスタ(CMOS)

理想的な低消費電力スイッチ：
ONとOFFの状態遷移時のみに電力消費

ULSIの持続的発展のための技術開発

新たな付加価値を
実現するための
異種機能融合



シリコンCMOSの性能を凌駕する
ための新材料・新構造

高集積化を持續する
ための三次元集積化

これまでのMOS型
トランジスタ



これまでのスケールン則に頼らずに
SiやSiO₂の物性を越えた性能向上を実現
→ 新材料・構造の導入

物理膜厚の維持
高誘電率・低リーク絶縁膜
HfSiON, Al₂O₃, Pr₂O₃...

$$I_{Dsat} \approx \frac{Z}{2L} \mu_{eff} \frac{C_{ox}}{d_{ox}} (V_G - V_T)^2$$

チャネル移動度の向上
高移動度材料
歪Si, 歪Ge, SiGe, III-V族...

ゲート空乏化の抑止；容量維持
仕事関数制御・低揺らぎ金属ゲート
NiSi, TaSiN, TiSiN, ...

寄生抵抗の低減
低抵抗コンタクト材料
NiSi, Pd₂Si, ErSi₂, ...

ショートチャネル効果抑止
SOI (Silicon on Insulator) 構造

様々な材料の複雑な多層構造からなる新しいトランジスタ構造

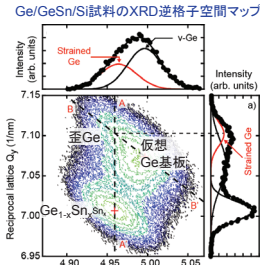
次世代トランジスタのためのエピタキシャル成長技術 ~ ひずみ・転位構造制御による高キャリア移動度チャネルの創成

伸張ひずみGe/GeSn構造の作製と結晶物性評価

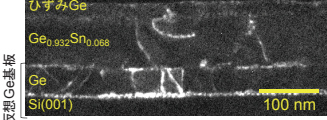
微細加工による局所ひずみ構造形成

Sn添加による(110)基板上Ge成長制御

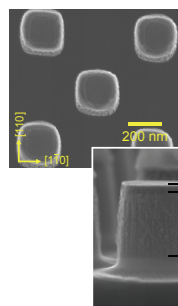
Ge/Sn/Si試料のXRD逆格子空間マップ



Ge/Sn/Si試料の断面TEM像

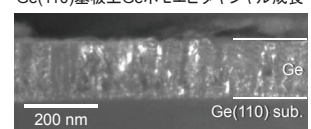


ひずみGe
Ge_{0.932}Sn_{0.068}
Ge
Si(001)
100 nm



極微細加工と局所ひずみ緩和制御による
新しいひずみ構造形成技術の提案と実証

Ge(110)基板上Geホモエピタキシャル成長



Sn添加したGe(Sn)エピタキシャル成長



Ge(110)基板上における低温成長Geエピタキシャル層
の結晶品質を劇的に改善

世界最高水準の高Sn組成歪緩和Ge_{1-x}Sn_x層 (Sn組成6.8%、歪緩和率81%) 上に
高伸張歪Ge層 (伸張歪量0.71%) を実現
→ 高キャリア移動度伸張歪Ge
(正孔 5500cm²/Vs (バルクSiの13倍)、電子 4300cm²/Vs (バルクSiの3倍))

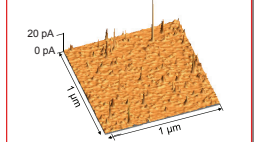
Si系ナノエレクトロニクスのための各種薄膜/表面・界面のナノスケール分析および結晶・電子物性制御技術

金属・絶縁膜・半導体薄膜の表面・界面ナノスケール分析

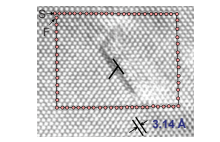
絶縁膜/Ge界面：界面構造・電子物性制御

金属/Si界面：低抵抗・超平坦接合

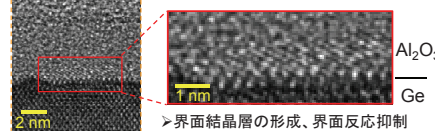
CAFMによる高誘電率金属酸化膜の
ナノスケール局所電流マップ



高分解能TEMにより観察された
SiGe/Si界面転位の原子分解像

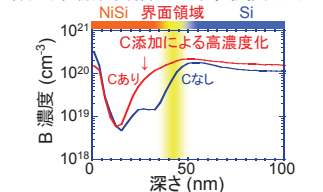


酸素熱処理後のAl₂O₃/Ge界面構造

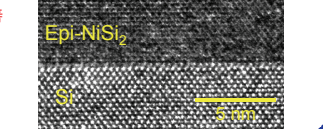


界面結晶層の形成、界面反応抑制

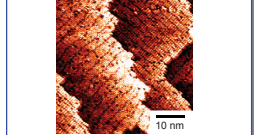
界面不純物分布制御による低抵抗接合形成



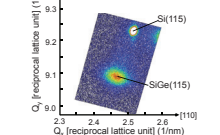
エピタキシャルシリサイド/Si界面形成
~ 原子尺度の均一平坦界面構造



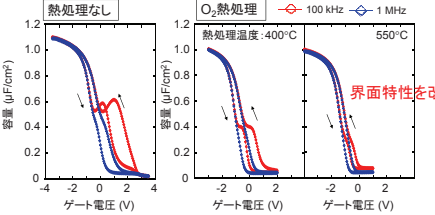
STMにより観察したSi_{1-x}Ge_x薄膜の
表面原子構造



XRD 2DRSMCによる歪構造解析



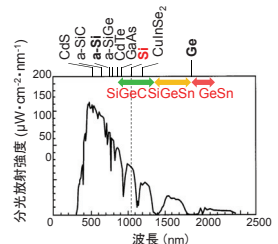
Al₂O₃/Geキャパシタの容量-電圧(C-V)特性



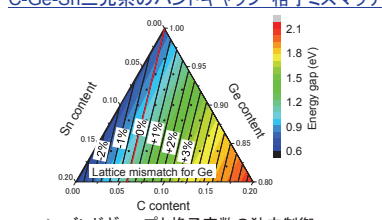
エピタキシャルシリサイド/Si界面形成
~ 原子尺度の均一平坦界面構造

太陽電池・光学デバイス応用に向けたIV族混晶半導体薄膜の結晶成長と物性制御

太陽光スペクトルと主要な太陽電池材料



C-Ge-Sn三元系のバンドギャップ・格子ミスマッチ



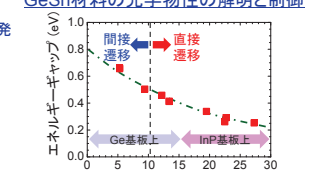
バンドギャップと格子定数の独立制御

超高Sn組成GeSn薄膜材料の創成



平衡固溶限界を超える超高Sn組成(Sn27%)
GeSnエピタキシャル層形成を実現

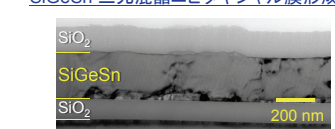
GeSn材料の光学物性の解明と制御



赤外線検出器・太陽電池・THz波デバイス
などへの応用に期待

多接合化による広い吸収波長域(E_g)と
高い吸収効率の実現
✓ Siセル技術に立脚しながらの性能向上

SiGeSn 三元混晶エピタキシャル膜形成



Ge中へのSn導入による結晶欠陥制御

