

光電融合デバイスと量子デバイス技術

集積化光インタコネクションのための光機能素子（横山G）

- ・屈折率電界変調型リング共振器光スイッチで速度リミットを解決
- ・電気光学(EO) 材料, 磁気光学 (MO) 材料を用いてSiに集積化
- ・光電融合プロトタイプを試作, 実証

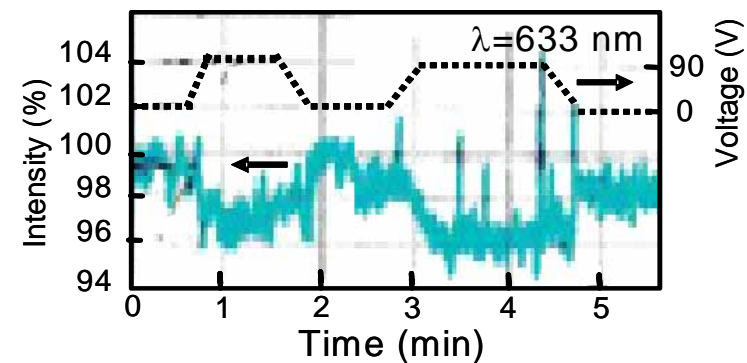
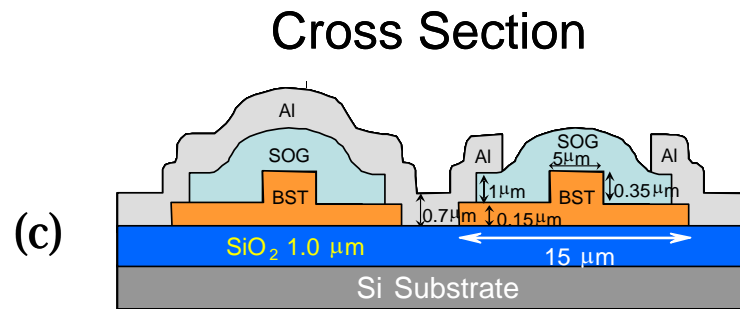
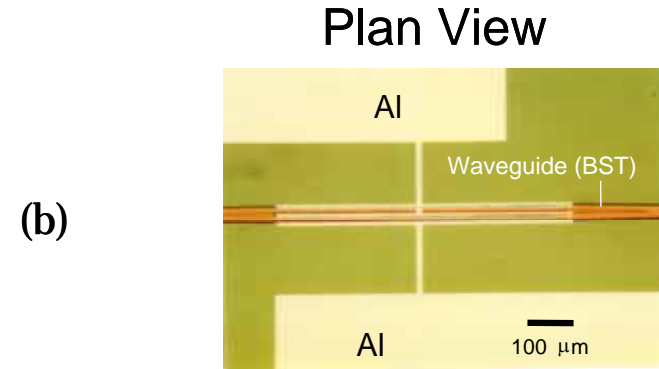
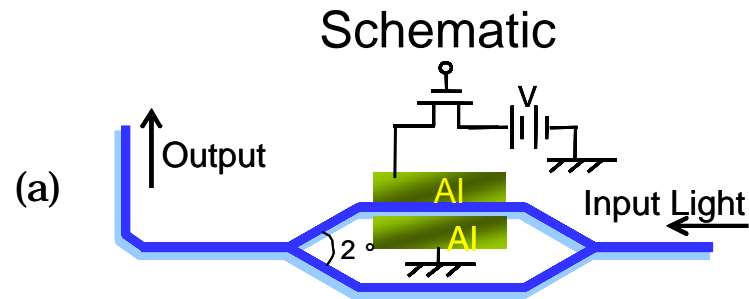
量子ドットを有する浮遊ゲート機能デバイス

- ・超高感度光センサー(小数フォトンの検出と小数電子の輸送)
- ・光入力多値メモリ、スイッチの室温動作
- ・量子ドットのサイズ制御性, ドットの電子状態の制御

光応答によるスイッチ・メモリ動作の基礎研究

- ・C-V 特性の測定 光照射による変位電流の測定
- ・電子注入および放出による電圧電流特性のヒステリシス

初めて電気光学材料(Ba,Sr)TiO₃を用いた モノリシックマッハツェンダー光スイッチの動作に成功



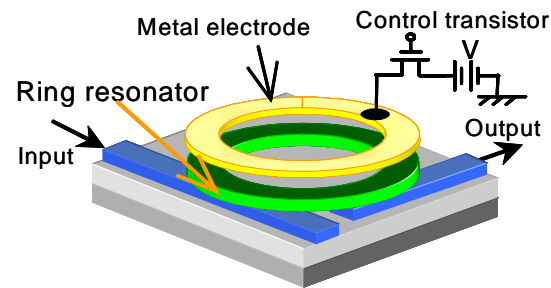
- 従来の電気光学材料(主にLiNbO₃が使用される)光スイッチは、引き上げ単結晶材料を用いたものが主流で、非常に高価で、集積化も困難であった。
- 今回開発した光スイッチは、メモリデバイス用に研究されていた(Ba,Sr)TiO₃を用いて、Si基板上に形成したもので、Si基板上に高集積化できる技術である。
- 変調特性は、現状では4%と低いが、今後、膜の結晶性を向上させ、小型のリング共振器型の光スイッチを形成して実用化にもっていきたい。

国際会議発表2005SSDM、投稿中Appl. Phys. Lett.

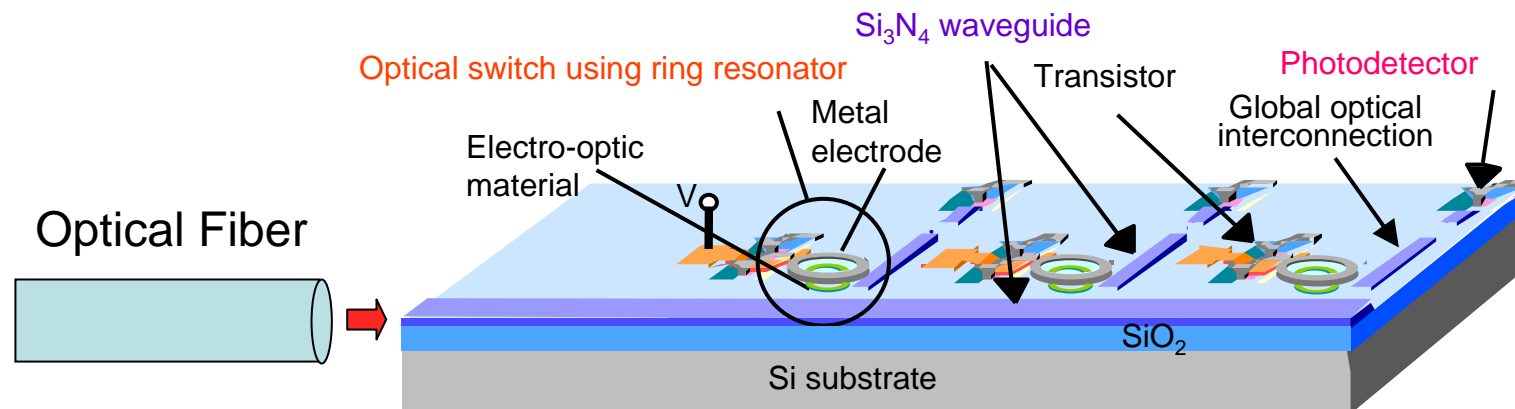
今後1年間の計画

1. (Ba,Sr)TiO₃を膜の結晶性を向上させ、実用的な光変調効率を得る。ーバッファ層(MgO等)の挿入により結晶性を改善

2. リング共振器型光スイッチを試作・動作確認



3. 光変調素子、フォトディテクタ、光導波路を集積した光配線集積回路プロトタイプを試作と動作実証



光電融合デバイスと量子デバイス技術

集積化光インタコネクションのための光機能素子（横山G）

- ・屈折率電界変調型リング共振器光スイッチで速度リミットを解決
- ・電気光学(EO) 材料, 磁気光学 (MO) 材料を用いてSiに集積化
- ・光電融合プロトタイプを試作, 実証

量子ドットを有する浮遊ゲート機能デバイス

- ・超高感度光センサー(小数フォトンの検出と小数電子の輸送)
- ・光入力多値メモリ、スイッチの室温動作
- ・量子ドットのサイズ制御性, ドットの電子状態の制御

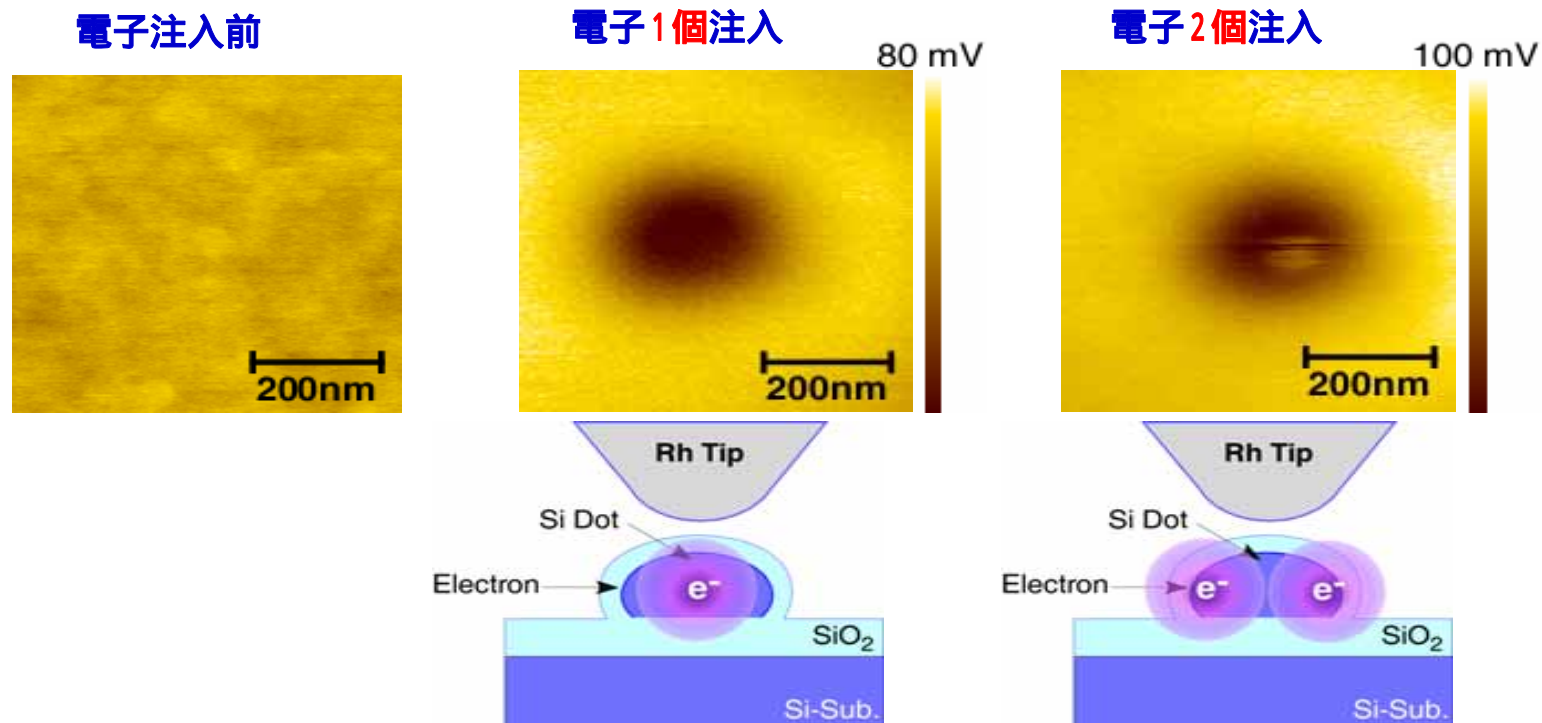
光応答によるスイッチ・メモリ動作の基礎研究

- ・C-V 特性の測定 光照射による変位電流の測定
- ・電子注入および放出による電圧電流特性のヒステリシス

量子ドットへの電荷注入と帯電状態評価

1つの量子ドットに注入された2個の電子間のクーロン反発によって生じるドーナツ状の特徴的表面電位の測定に成功した 電子1個の注入・放出による量子ドットの帯電状態変化の直接観察技術を確立

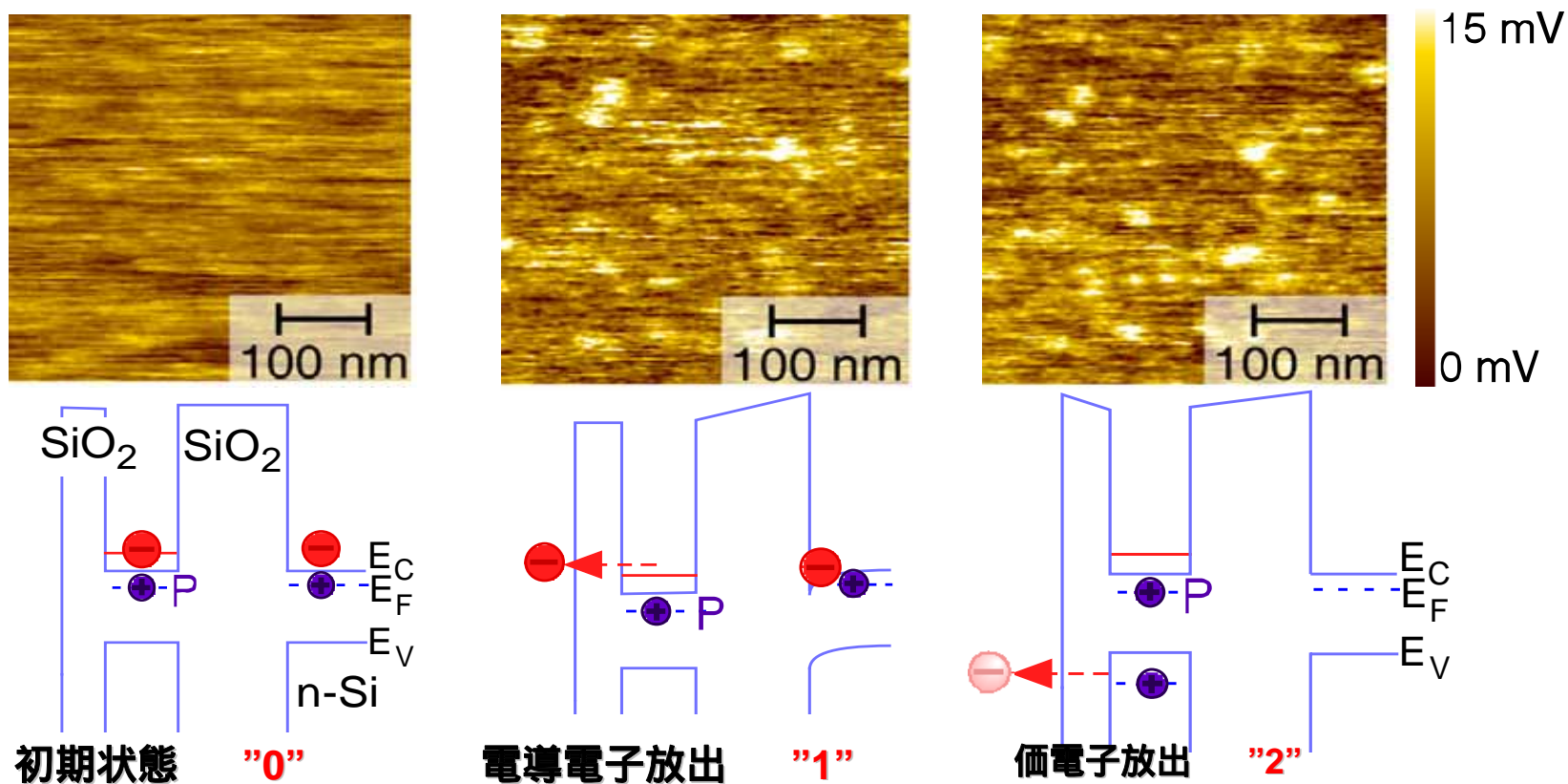
・導電性AFM/KFMにより評価したSi量子ドットの表面電位像



ドーピングによるSi量子ドットの価電子制御

Si量子ドットへのPおよびBドーブにより低電圧多段階電子注入・放出動作を確認した 低電圧動作多値メモリに必要な価電子制御技術を確立

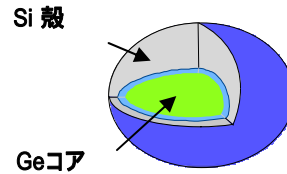
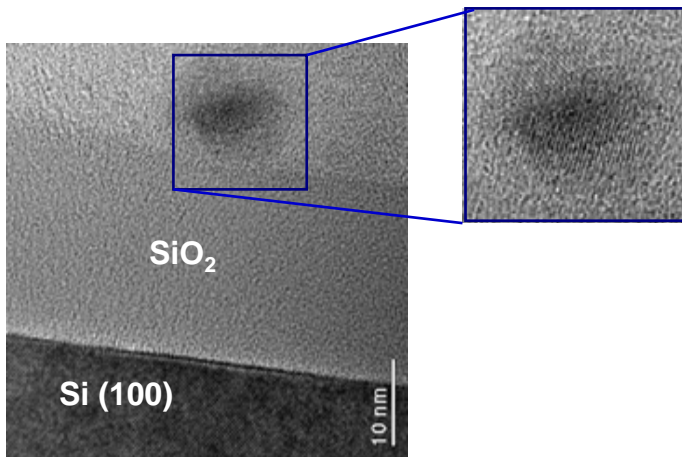
・導電性AFM/KFMにより評価したSi量子ドットの表面電位像



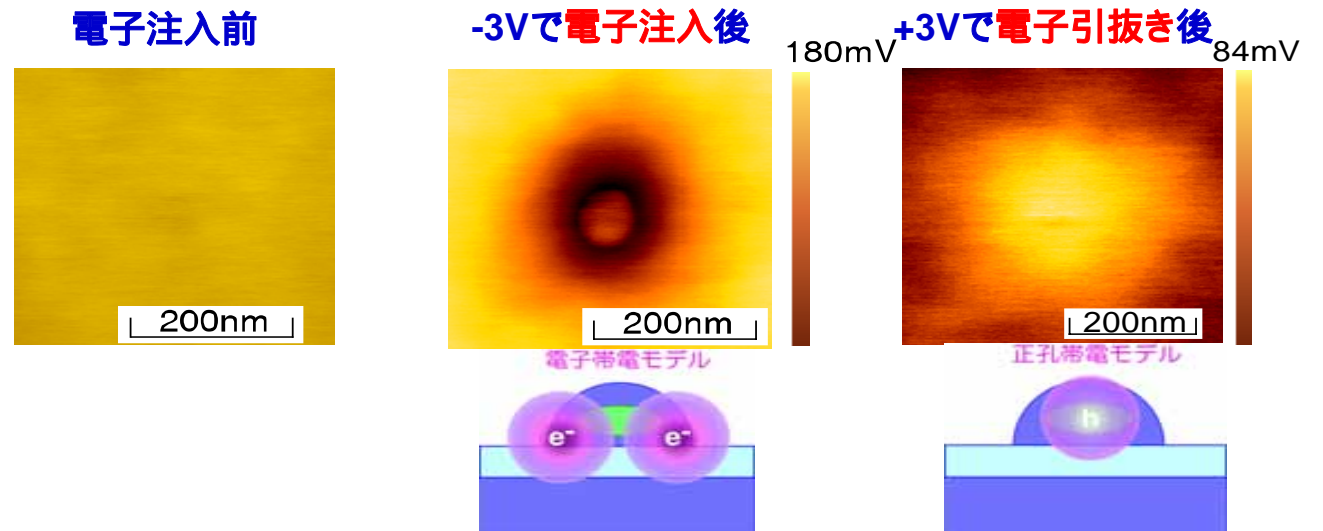
Geコアを有するSi量子ドット(擬似スーパーアトム構造)の帯電状態評価

Geコアを有するSi量子ドット表面電位の測定から、正孔はGeコアに、電子はSi殻に閉じ込められることがわかった
擬似スーパーアトム構造による受発光デバイス実現の可能性を検証できた

Geコアを有するSi量子ドットの断面TEM像



Geコアを有するSi量子ドットの表面電位像

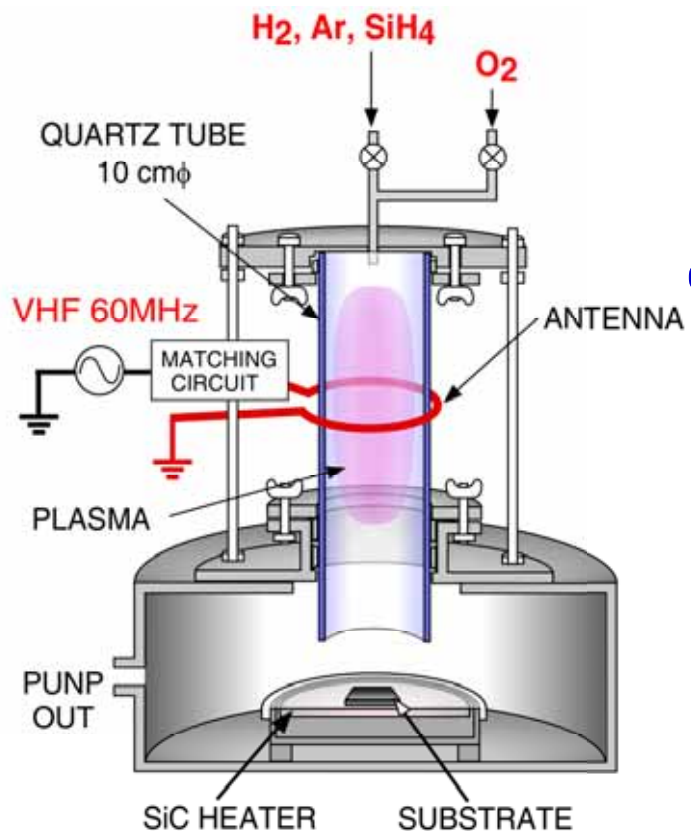


Si量子ドット積層構造の作製と帯電状態評価

ドライプロセスによるSi量子ドット積層構造の作製

リモートプラズマおよびLPCVD法の組み合わせにより、真空一貫プロセスでSi量子ドット積層構造の作製に成功 光入力メモリや、高感度光センサ、発光デバイス実現の礎となる Si量子ドット積層構造作製技術を確立

・Si量子ドット積層構造作製装置とプロセスフロー



・Si量子ドット積層構造の概略図と作製した積層構造の断面TEM像

基板 : n-Si(100)

酸化

~ 4.2 nm-thick SiO₂
1000 °C 2% O₂ in N₂

表面処理

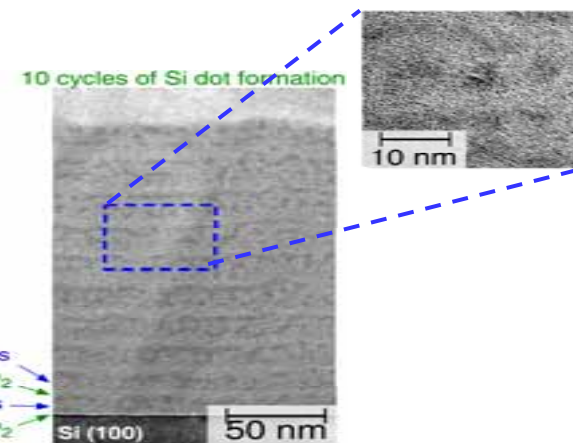
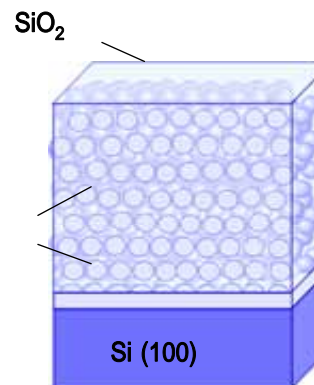
リモートAr/H₂プラズマ
Inductively - Coupled Plasma

Si-Dots 形成

SiH₄ - LPCVD (540, 560 °C)

表面酸化

リモートO₂プラズマ

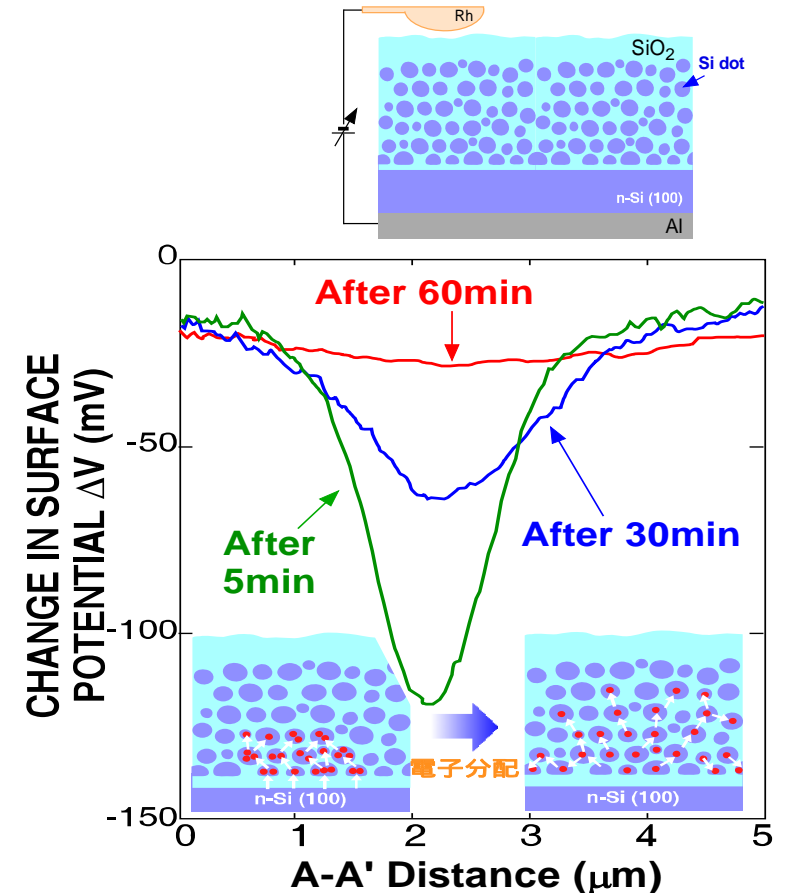
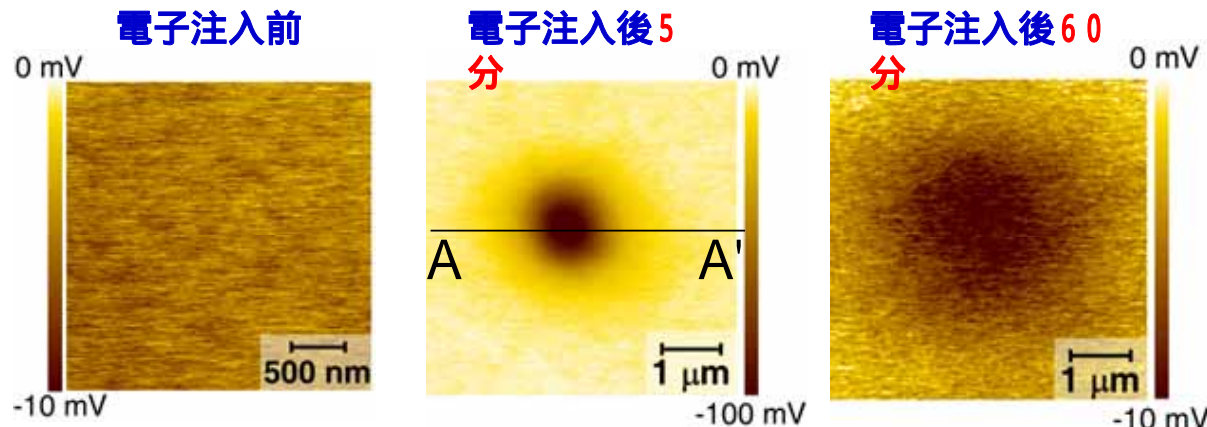


Si量子ドット積層構造の帯電状態評価

Si量子ドット積層構造における隣接ドット間の電荷移動の直接観察に成功 量子ドット間の電荷移動を利用した光入力メモリや、高感度光センサ、発光デバイス実現の可能性を実証

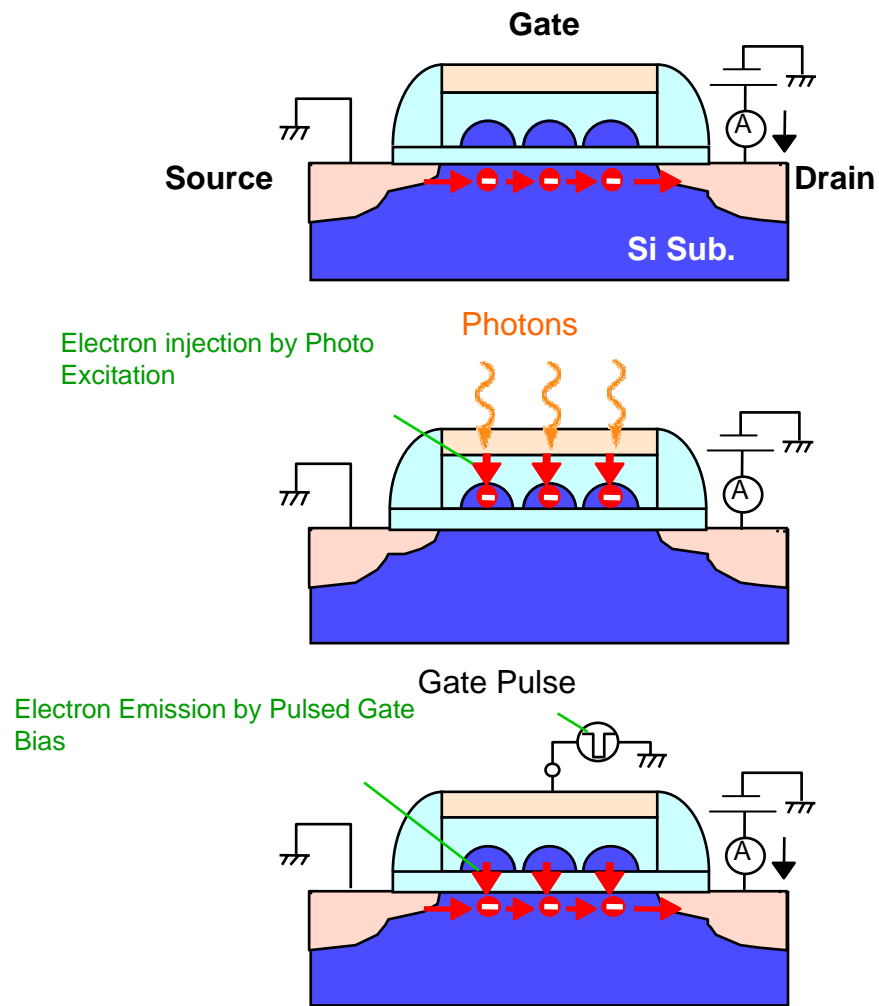
・Si量子ドット積層構造における電荷移動と表面電位経時変化

・Si量子ドット積層構造への電荷注入後の表面電位像の経時変化



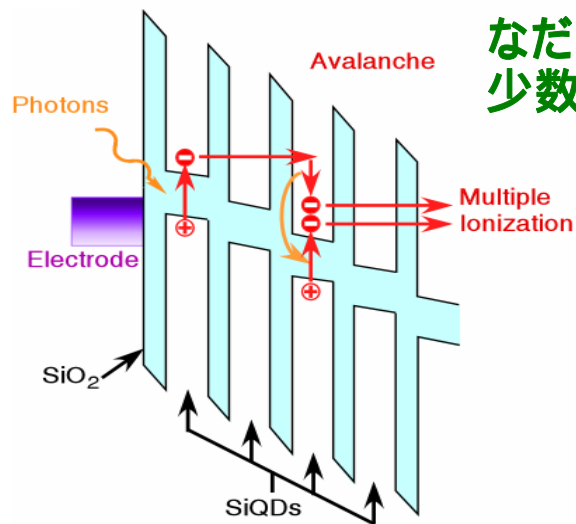
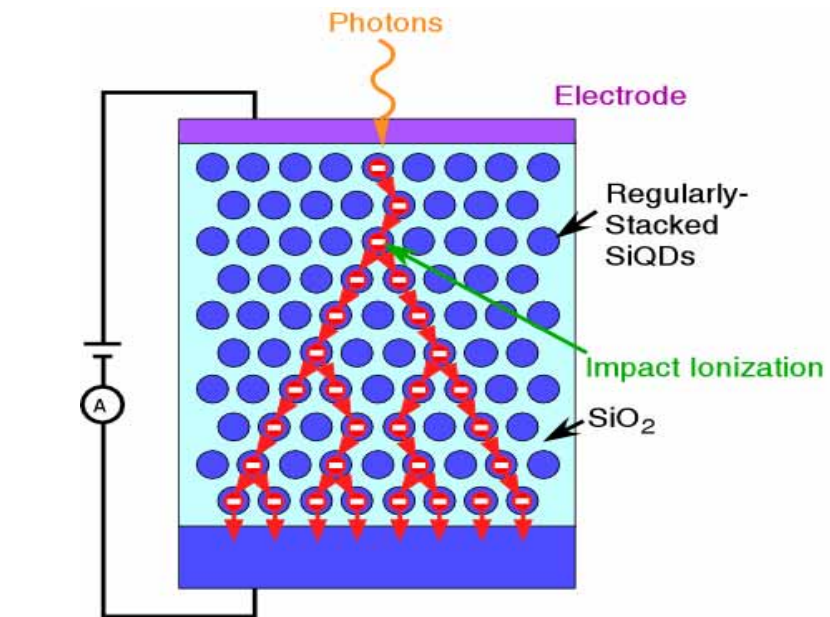
Si量子ドットを用いた高機能デバイスの実現

光書き込みメモリ



光集積に不可欠なSiベースの受発光デバイスの実現

高感度光センサー

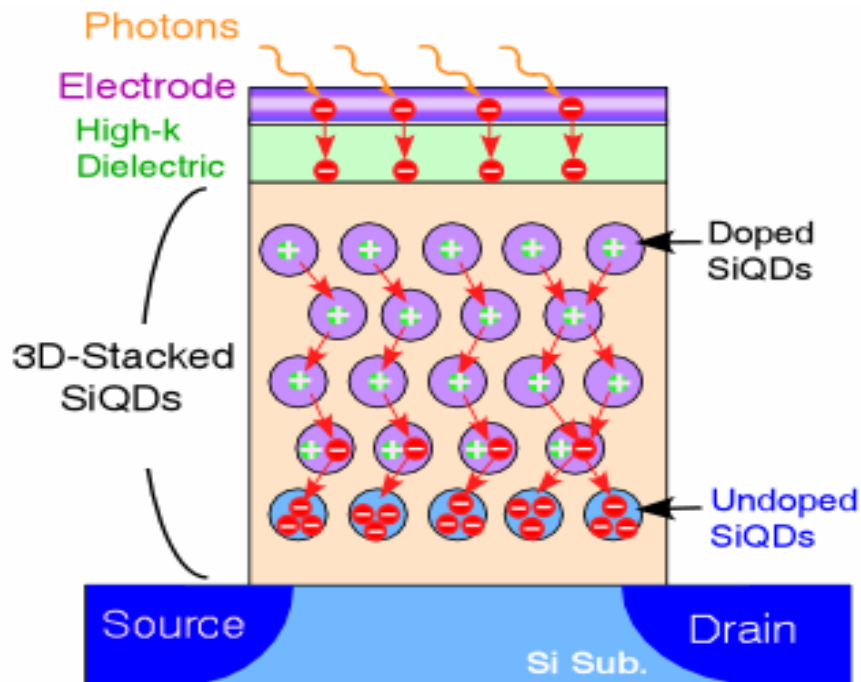


なだれ増倍による少数フォトンセンサー

Si量子ドットを用いた高機能デバイスの実現

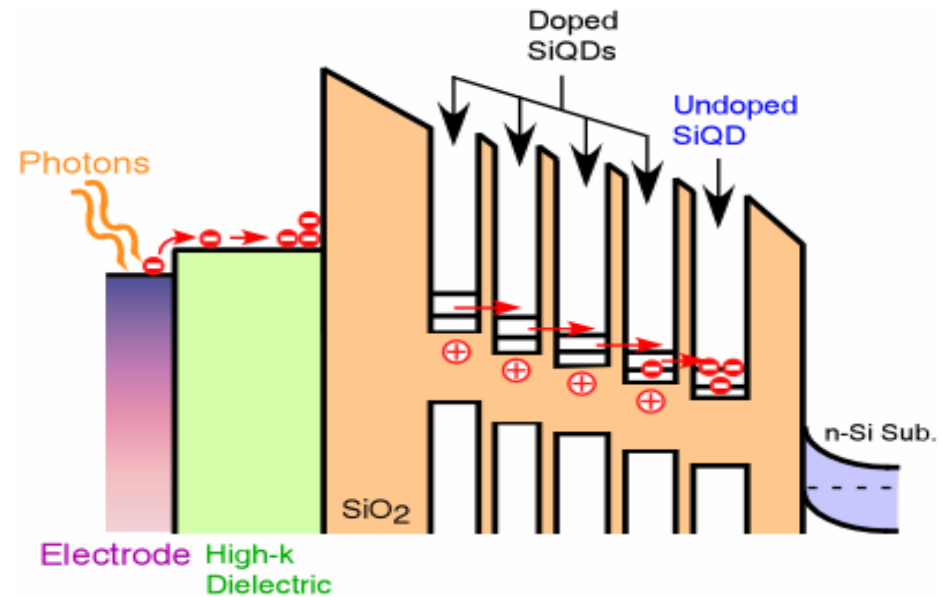
高機能MOSFET

超高感度光スイッチMOSFET



発光デバイス

量子ドットLED



光集積に不可欠なSiベースの受
発光デバイスの実現