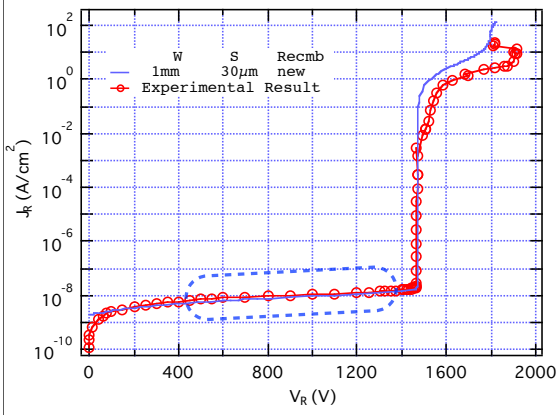
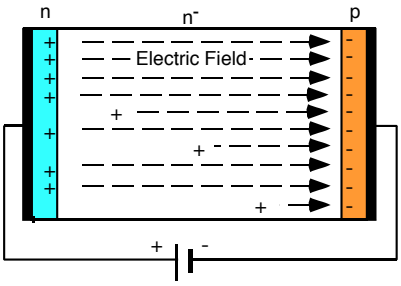
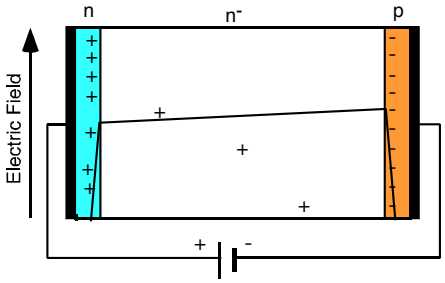
§4.1 電圧保持機能-I (オフ状態)

実際の測定例とシミュレーション結果





pinダイオードの電気力線



pinダイオードの電界強度分布

pinダイオードの高耐圧保持状態は
ほぼコンデンサー

高電界 存在領域=
電荷担体の空乏領域

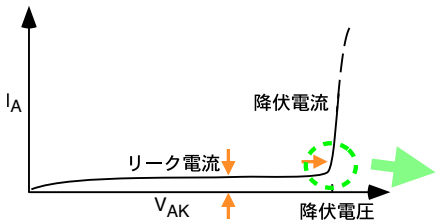
14年10月23日木曜日

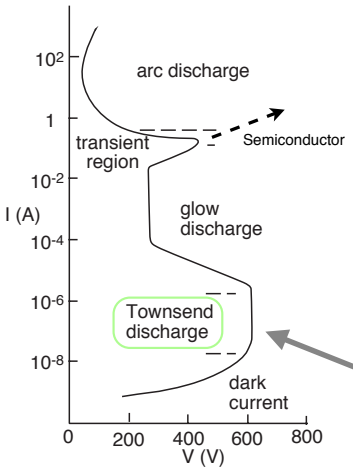
(参考資料 2014 #3-p.1: 高田)

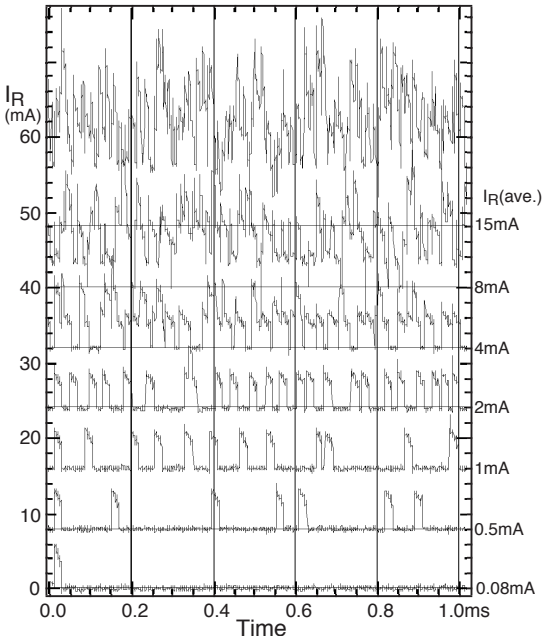
pin構造は、低オン電圧を前提にした高耐圧構造

点線で囲った箇所が、一番単純 (n⁻全体に電界が存在=電荷単体の空乏)

Si pinダイオード降伏開始時のパルス電流







タウンゼント放電: 局所放電
偶発的に誘起されたキャリアが増倍される状況。

(例) 10^{-7}A/cm^2= q v_s (6×10^4/cm^2)= q v_s /(40 μm)^2

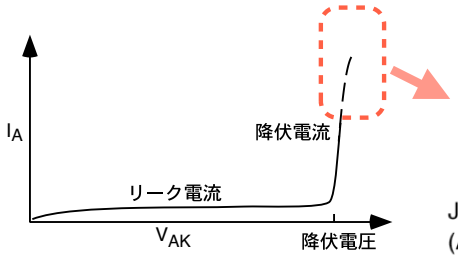
14年10月23日木曜日

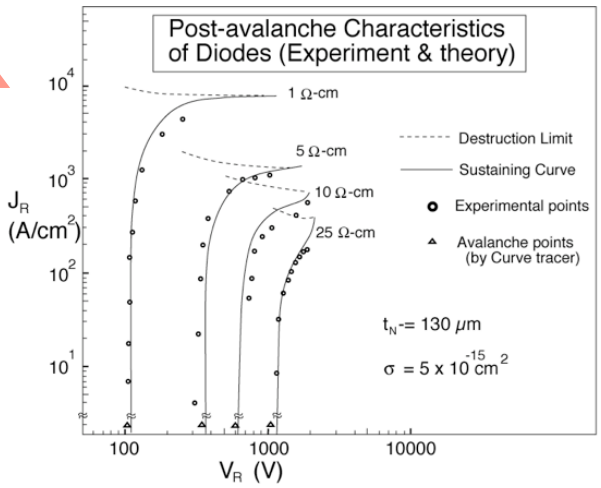
(参考資料 2014 #3-p.2: 高田)

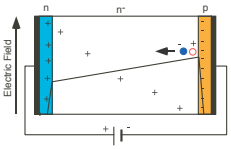
$J_R \approx 10$nA/cm^{2}という低電流密度では、電荷担体は離散的に存在する。

パルスは、自然放射線の入射毎に発生する？

降伏後の電流-電圧特性







測定データ(オリジン'82)と解析式('85)

衝突電離による発生速度: $G = \alpha v n$ (s^{-1})

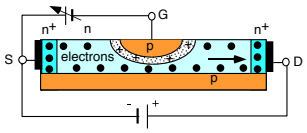
α:イオン化係数, v:速度, n:キャリア密度

14年10月23日木曜日

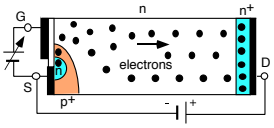
(参考資料 2014 #3-p.3: 高田)

パルス電圧を順に高くして行き、破壊に到るまで測定した。

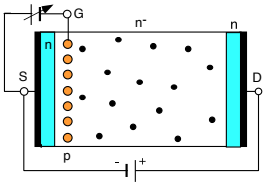
§4.4 電流制御機能 (I-ユニポーラ デバイス)



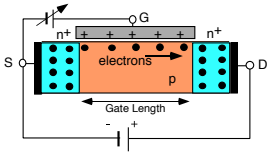
接合形FET



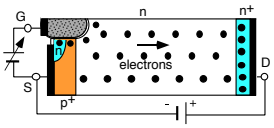
縦形プレーナMOSFET



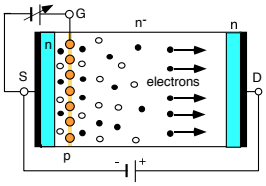
SITの基本動作



横形MOSFET



トレンチMOSFET



BSITの大電流動作

14年10月23日木曜日

(参考資料 2014 #3-p.4: 高田)

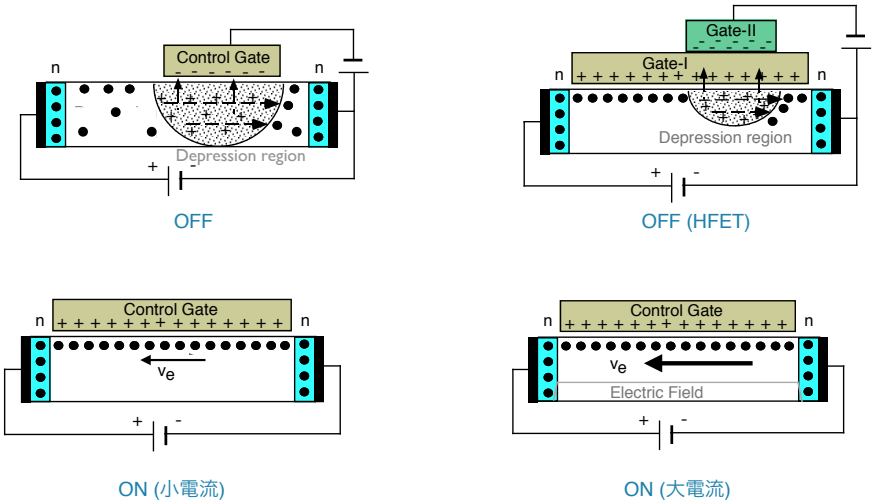
ユニポーラ(単極)デバイスでは、自由電子か正孔のみが移動する。

接合形FETとSITは、通電領域幅を制御する。

MOSFETは、ゲート電位で電荷担体密度を制御する。

§4.4 電流制御機能 (I-ユニポーラ デバイス)

n^+-n-n^+デバイスのOFF/ ON動作

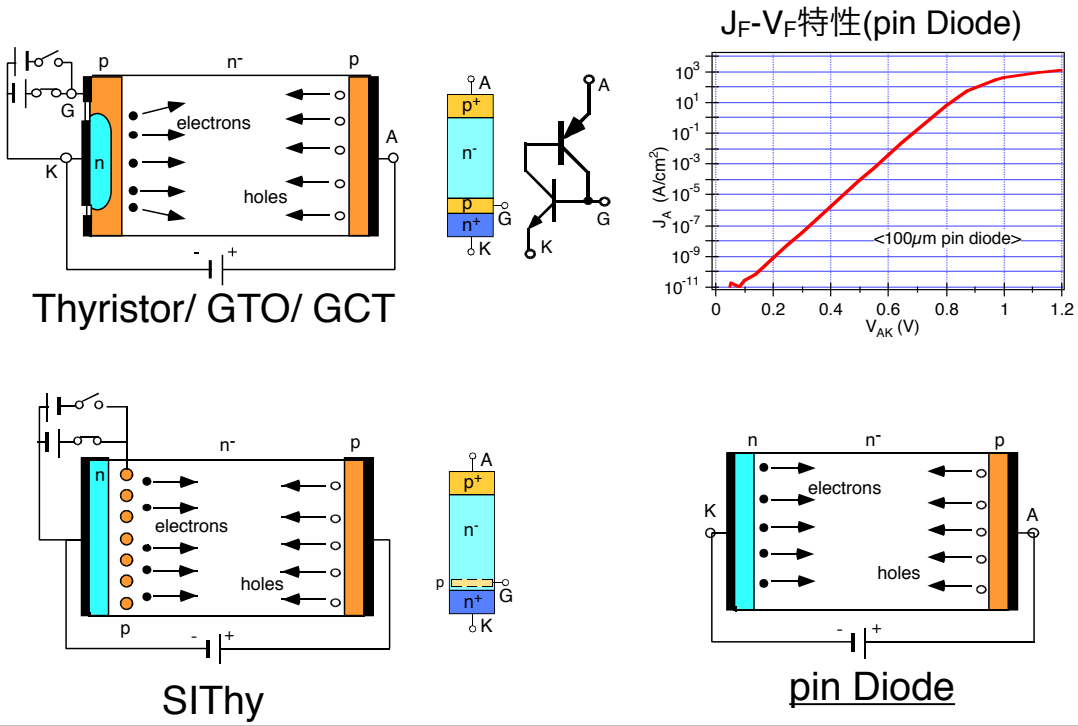


14年10月23日木曜日

(参考資料 2014 #3-p.5: 高田)

ユニポーラ デバイスでは、電荷担体が単一であるので、電界が分担されて高電界領域が現れない。

§4.4 電流制御機能 (II- pinダイオード ファミリー)



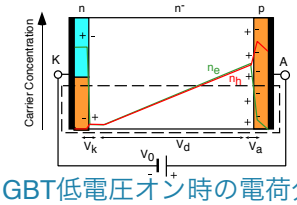
14年10月23日木曜日

(参考資料 2014 #3-p.6: 高田)

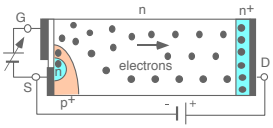
バイポーラ(双極)デバイスでは、自由電子と正孔が同量増える。

pinダイオードとして動作する。

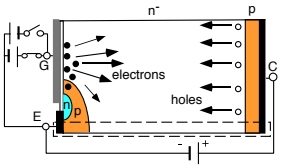
§4.4 電流制御機能 (III- IGBT)



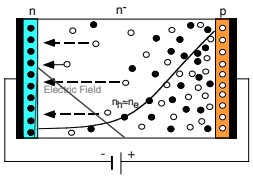
IGBT低電圧オン時の電荷分布



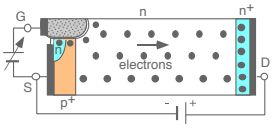
縦形プレーナMOSFET



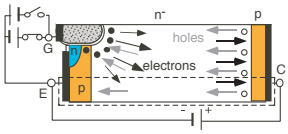
プレーナIGBTの動作



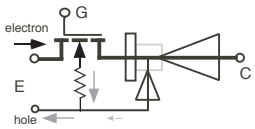
IGBT高電圧オン時の電荷分布



トレンチMOSFET



トレンチIGBTの動作



IGBTオン時の等価回路

14年10月23日木曜日

(参考資料 2014 #3-p.7: 高田)

IGBTは、不完全pinダイオードをMOSFETで制御する。

IGBTの大電流高電圧動作では、電荷担体の高密度部と低密度, 高電界領域が分離する。

半導体中の基本現象

- 電荷担体(正孔, 自由電子)の対発生/再結合
  - なだれ増倍　(降伏動作時)
  - リーク電流の発生　(OFF時)
  - 電荷担体分布の変化 (ON時)

ライフタイム(τ):
反応の時定数

- 電荷担体の移動
  - 拡散運動
  - ドリフト運動 (v_d: 電界方向への移動)
    - ・オームの法則 (低電界領域)　移動度(μ): $v_d = \mu \cdot EF$
    - ・飽和速度 (v_s) (電界強度 ≥ 10^4V/cm)

14年10月23日木曜日

(参考資料 2014 #3-p.8: 高田)

前回の"電荷担体の移動"と共に、"電荷担体の発生/消滅と移動"が、最も基本的な現象である。