

半導体電子デバイス研究40年

工学研究科量子工学専攻
水谷 孝



水谷研究室に関わった人たち

1995~2013

敬称略

スタッフ

岸本 茂
前澤宏一
大野雄高
大坂次郎



ポスドク

嶋田行志
黒内正仁
石井 聡
Tengfeng Xie
Prakash Somani
Cheng Guan Lim
Mark Hughes
孫 東明

事務補佐員

鈴木輝美
磯輪祐子

多くの学生のみなさん



概要/研究の歩み

1973~1995 日本電信電話公社/NTT
III-V族化合物半導体デバイス
量子デバイス

1984 工学博士
(GaAs MESFETの集積化および
GaAs集積回路用活性層の研究)

1995~2013 名古屋大学工学研究科量子工学専攻
量子デバイス
ヘテロ接合デバイス
ナノチューブデバイス
デバイス評価技術

メッセージ

研究のスタート

修士課程（三木七郎先生、梅野正義先生（現中部大学））



静磁波の半導体中キャリアを用いた増幅に関する研究



InSb中における電流不安定性の研究

半導体プラズマ中での電流振動：固体発振器に発展の可能性

修士論文発表会

西永頌 先生（当時、名古屋大学助教授、元豊橋技術科学大学学長）

Q: 他の研究機関でやられていることと何が違う？

Originality
Something new

半導体部品研究室(NTT)

(1973~1981)

室長:佐藤安夫

GaAs結晶成長・イオン注入、ミリ波デバイス、GaAs機能デバイス、
インパットダイオード

研究テーマ: **ガン効果機能素子の研究(パルスの識別・再生・増幅)**



参考
置かれた場所で咲きなさい。

渡辺和子
ノートルダム清心学園
理事長

幻冬舎

置かれた場所で咲きなさい

入学、入社、結婚、子育て、人生の各段階で
こんなはずではなかったと思うことはたくさんある。

咲くということは
自分が幸せになり、
他人を幸せにするということ。

咲くということは大変なことかもしれない。
しおれていた方が楽かもしれない。

どうしても咲けないときは
地中深く根を張りなさい。
いつか咲く時に備えて。

幻冬舎

渡辺和子

ノートルダム清心学園
理事長

GaAsへのイオン注入で形成した 活性層のデバイス応用-1

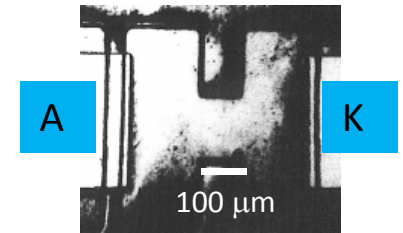
イオン注入ガン効果素子: Electron. Lett. 1975 (世界で3番目)

指導者は交換研究員としてドイツ長期滞在で不在
結晶成長の専門家は悲観的

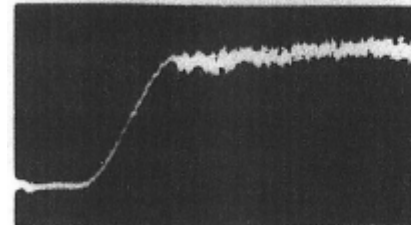
古川静二郎先生(東工大)から注目研究として紹介された。

ビギナーズラック

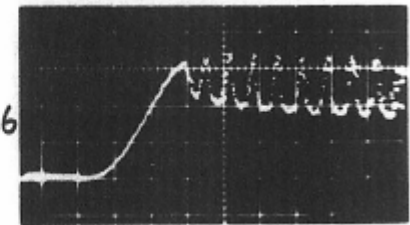
参考: 新日本無線、ガン発振器



エピタキシャル結晶



イオン注入層



発振波形

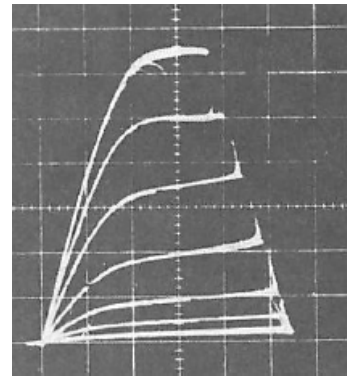
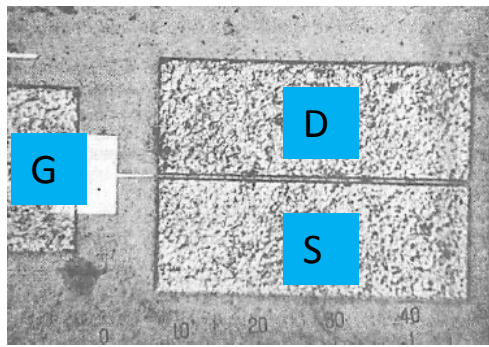
先行研究 (研究開始当時は存在を知らなかった)

R. G. Hunsperger, GaAs FETs with ion-implanted channel,
Electron. Lett. 1973
Hughes Research Laboratories

B. M. Welch, GaAs FETs by ion implantation,
J. Appl. Phys. 1974
Rockwell International

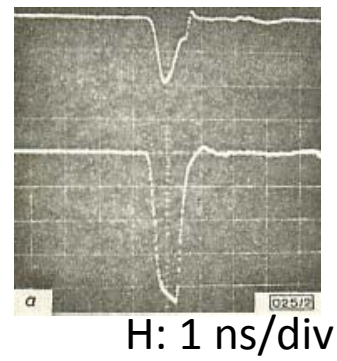
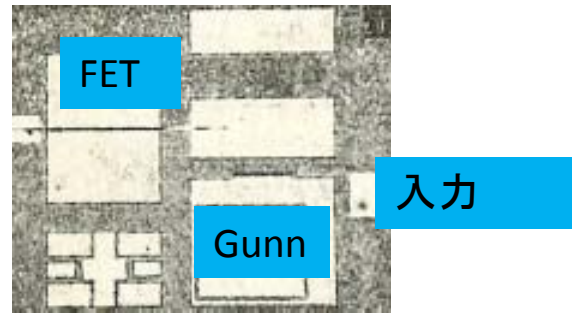
GaAsへのイオン注入でに形成した 活性層のデバイス応用-2

選択イオン注入GaAs MESFET: Electron. Lett. 1976



↓ 2年かかって(リーク電流の問題)(他のテーマに変わる直前)

選択イオン注入Gunn-GaAs MESFET IC: Electron. Lett. 1978



入力 V: 100 mV/div

出力
(識別・再生・増幅)

V: 400 mV/div

半絶縁性GaAs基板結晶の品質の重要性、しきい値素子の難しさ

GaAs 小規模集積回路の研究

1978~

技術選択: ノーマリオフ型

検討項目

エピ結晶: 活性層の薄層化 (~0.1 μm , 陽極酸化)

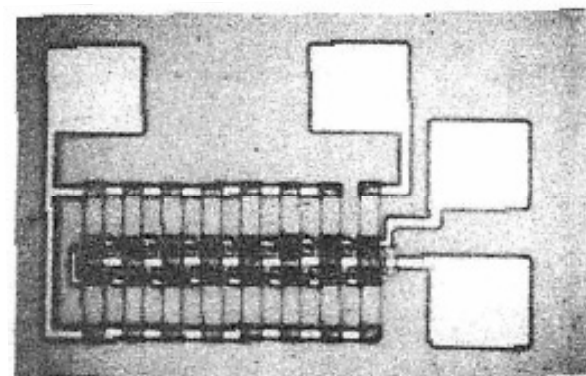
電子ビーム描画技術

負荷抵抗値の最適化

Al配線の表面酸化による接続不良

Al配線の現像液によるエッチング断線

リング発振器, 77 ps/gate, Jpn .J. Appl. Phys. 1979

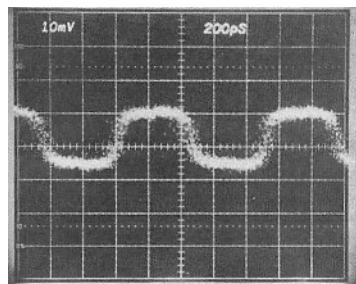


15段リング発振器

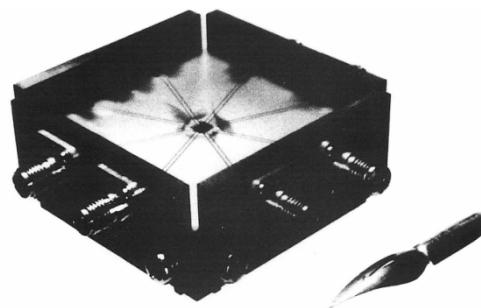
研究テーマ終了直前(薄い活性層の形成の困難さ) : 困難は人を育てる?

リング発振器: 30 ps/gate, Electron. Lett. 1980,

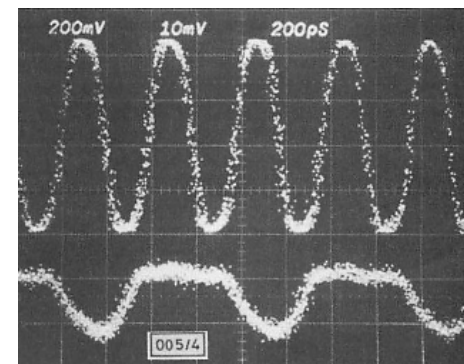
周波数分周器: 3 GHz



発振波形



高周波測定ジグ



1/2分周動作

研究室として大プロジェクトのスタート: 1Kbのスタティックメモリ

GaAs集積回路用活性層の研究-1

1980~

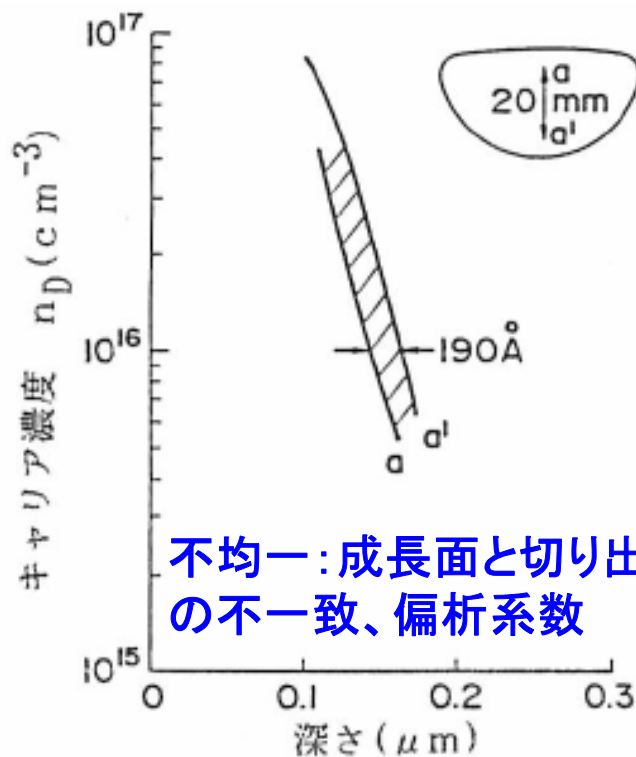
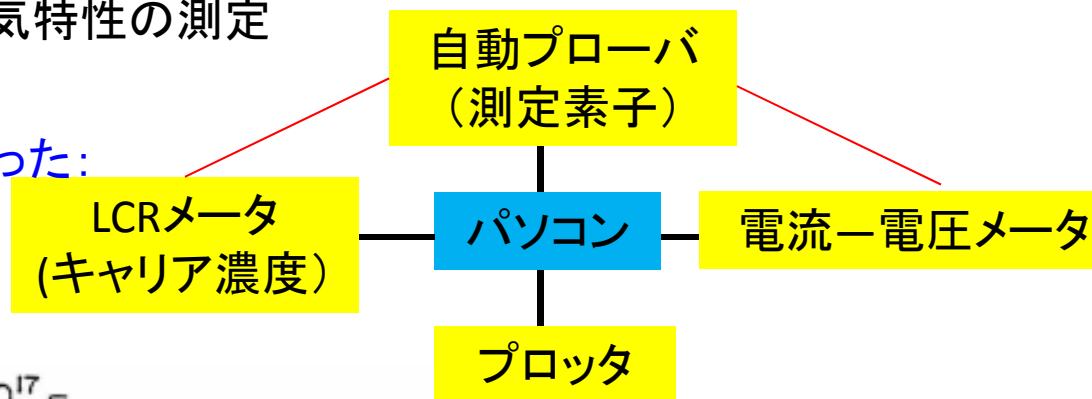
バラつきの少ない素子の為の結晶の条件

素子特性の均一化：多数の素子の電気特性の測定

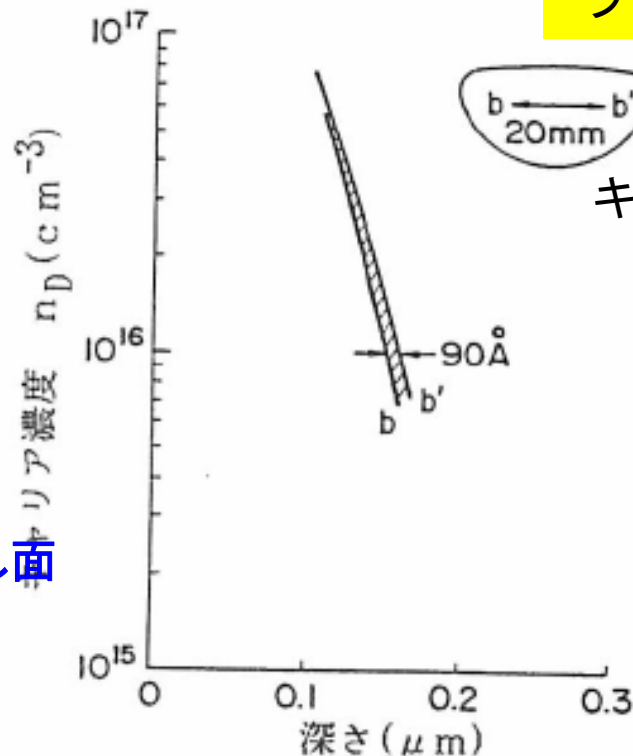
ただひたすら測定するだけ？

重要性がわからずあまりやりたくなかった：

自動測定装置の立ち上げ



不均一：成長面と切り出し面の不一致、偏析系数

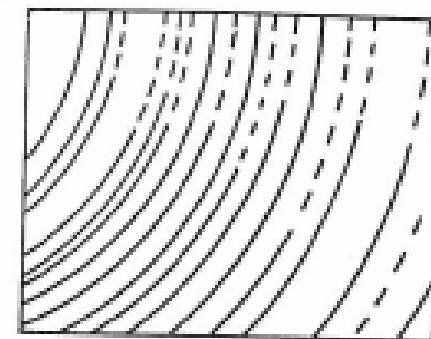
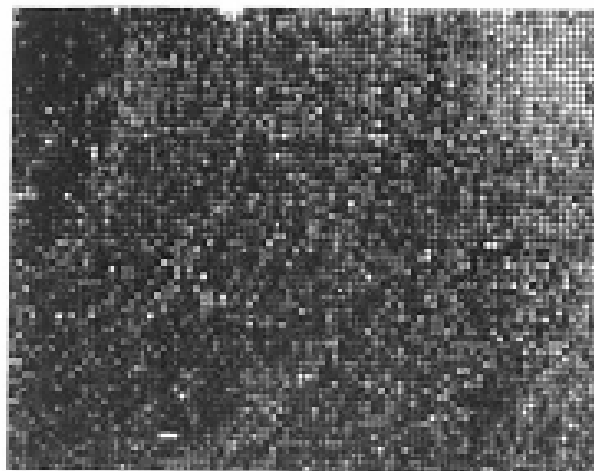
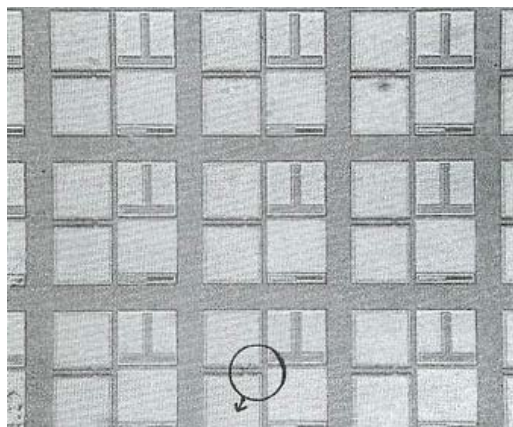


キャリア濃度分布のばらつき
Siイオン注入
水平ブリッジマン結晶

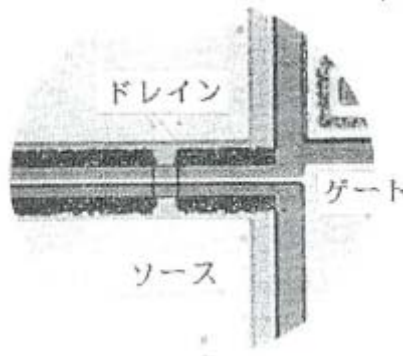
GaAs集積回路用活性層の研究－2

均一性評価用FETパタン列)

ドレイン電流分布



14x18 mm²



6300 FETs (200 μ m間隔)

ドレイン電流に同心円状縞模様

LEC結晶成長時(チョコラルスキー法)の溶液の熱対流と関連した熱揺らぎを反映

名西やすしさん(現立命館大学教授)

GaAs 関連国際会議(1981)

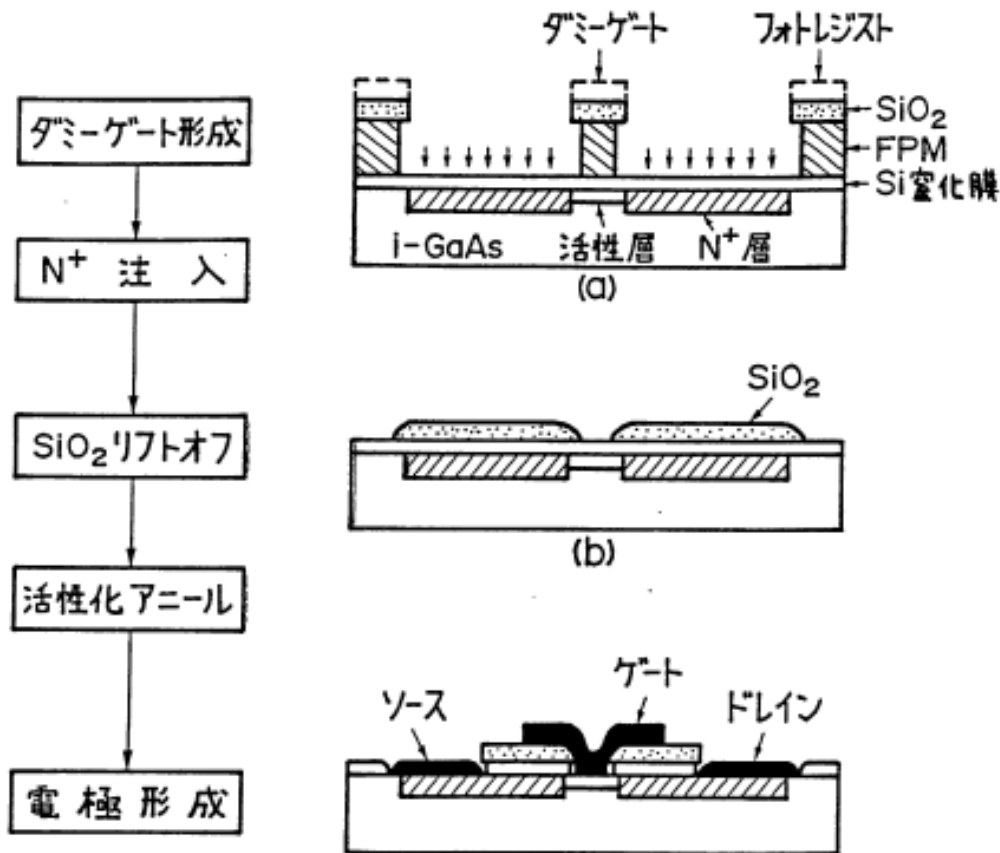
高性能GaAs電界効果トランジスタ

1981~

ダミーゲートを使ったゲート反転プロセスの提案

低抵抗n⁺領域の自己整合形成: 寄生抵抗の低減による高性能化、素子特性のばらつき低減

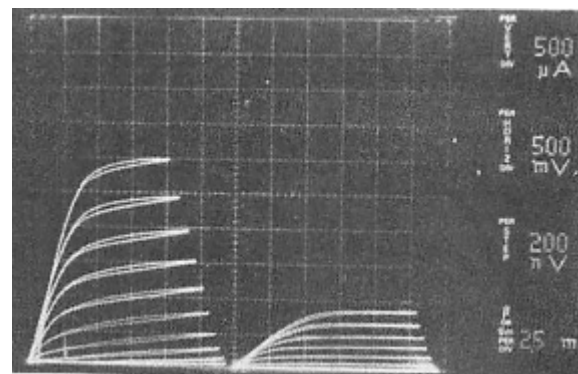
SAINT (Self-Aligned Implantation for N⁺-layer Technology)



山崎王義さん

1982 Electron. Lett.

横山直樹さん(当時富士通、現AIST)の耐熱ゲート自己整合プロセスの特許を逃れる必要



ダミーゲート プロセス 従来プロセス

短ゲート化による高性能化が容易 (10 Gb/sまで実現) 榎木孝知さん

後日談: 日本無線に技術移転: 谷口さん

2年間は研究室長補佐のため 研究はお休み

(1982: 武蔵野から厚木研究所への移転業務)
(1983: 博士論文の執筆)

博士論文

(執筆1983)

(公聴会:1984)

GaAs MESFETの集積化およびGaAs集積回路用活性層の研究

主査: 雨宮好文先生

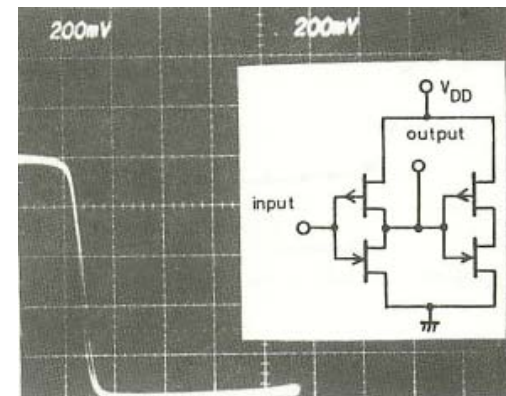
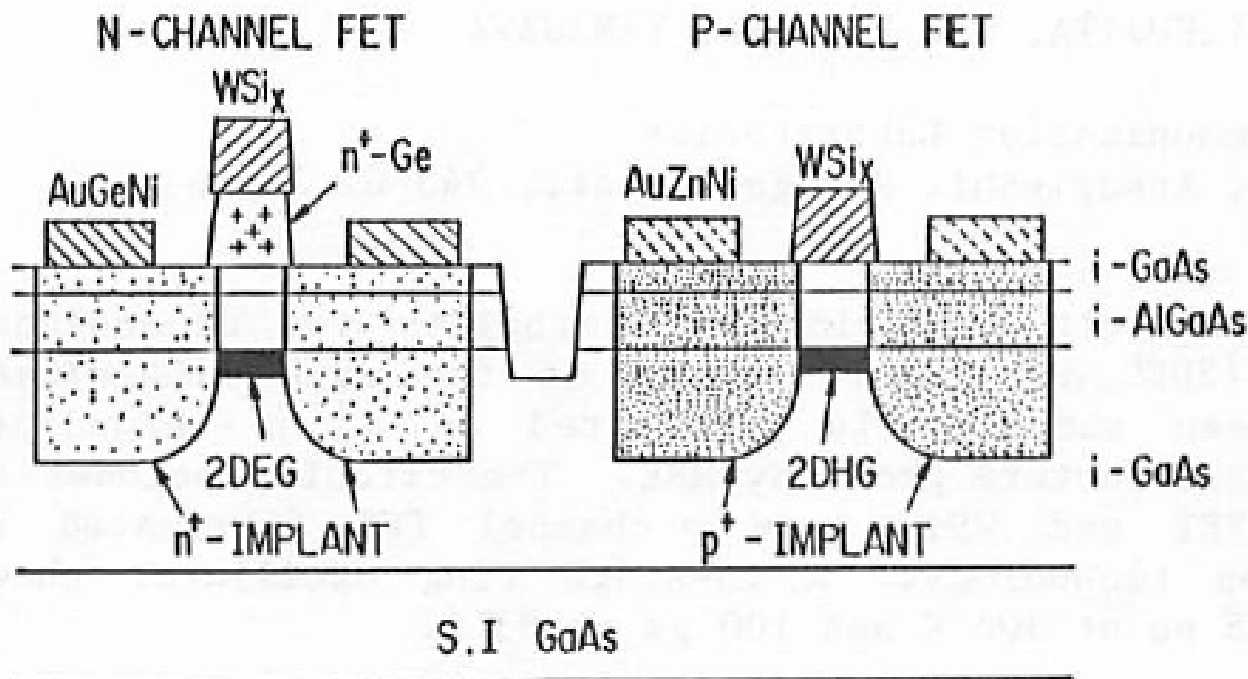
副査: 赤崎 勇先生、川又 晃先生

アドバイザー: 梅野正義先生

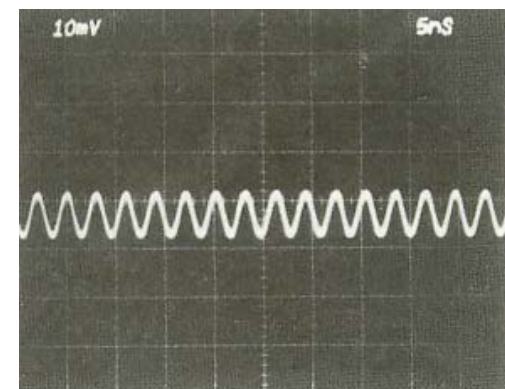


ヘテロ接合電界効果トランジスタの研究 - 1

1984~1988



インバーター特性



発振波形

AlGaAs/GaAs MISHFETを用いたコンプリメンタリ回路

GaAs HEMTに類似の構造

AlGaAsはアンドープ: しきい値電圧の制御性が良い。

Ge-gate MISFET: 荒井邦博さん

GaAs関連国際会議 (1985、Karuizawa)

⇔ 松本和彦さん(当時 産総研、現大阪大学)

陽 完治さん(当時 Stanford Univ.
現北海道大学)

ヘテロ接合電界効果トランジスタの研究 - 2

InAlAs/InGaAs HFETの研究

Jesus A. del Alamo (現MIT)

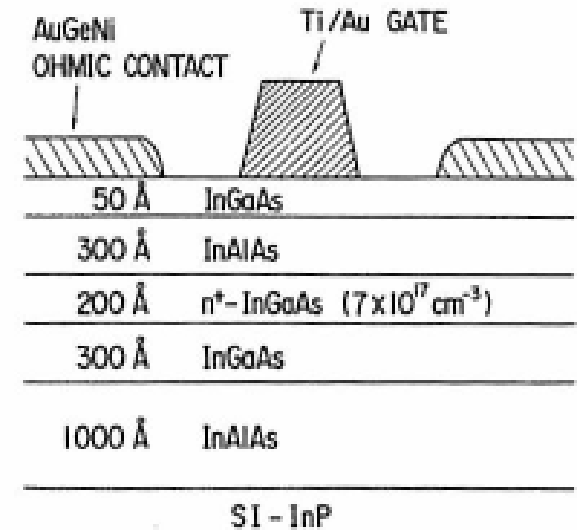
結晶成長技術、デバイス作製技術、デバイス評価技術

IEEE Trans. ED. 1989: 接触抵抗の測定法

IEEE EDL, 1989, doped channel

IEEE EDL, 高周波特性(f_T , f_{max})のバイアス依存性

IEEE Trans. ED. 1989: リセスゲートMISFET



欧米のドクター

ピークが高いのみでなく
基礎がしっかりしている。



量子デバイス/新機能デバイスの研究

1989~1993

上司:何をやっても良い。

共鳴トンネルデバイス
速度変調デバイス
電子波干渉デバイス
単電子デバイス

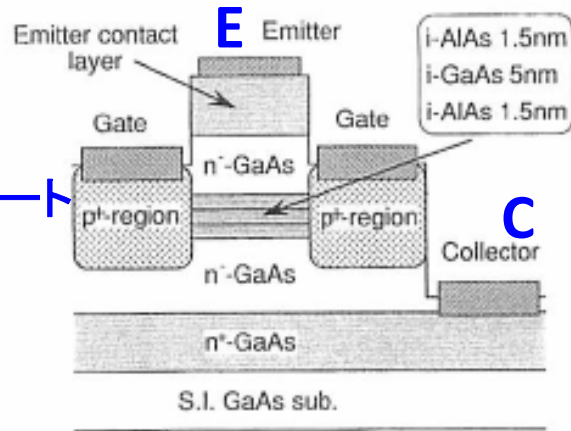


共鳴トンネル素子を用いた 単安定—双安定転移素子

Monostable-Bistable Transition Logic Element: **MOBILE** Jpn. J. Appl. Phys. 1993

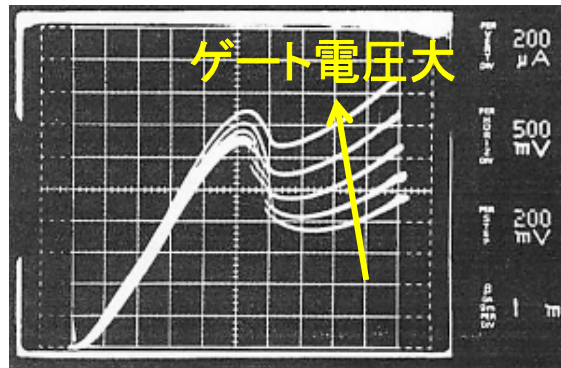
前澤宏一さん(現富山大)

負性抵抗素子の直列接続
振動電源で駆動
外部信号で安定点を選択



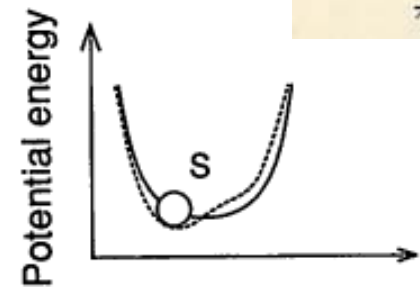
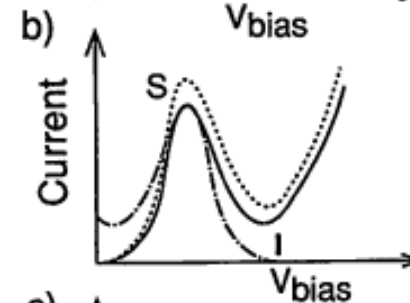
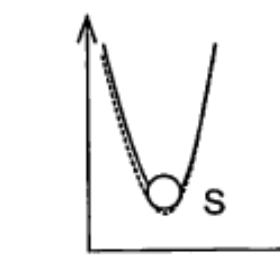
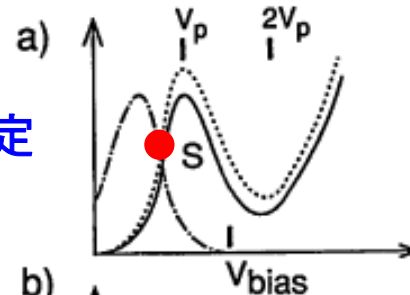
ゲート

ゲート付共鳴トンネル素子

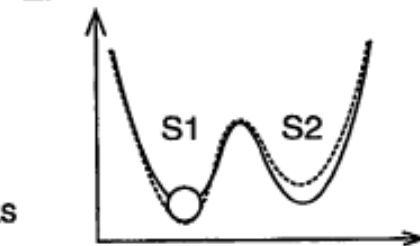
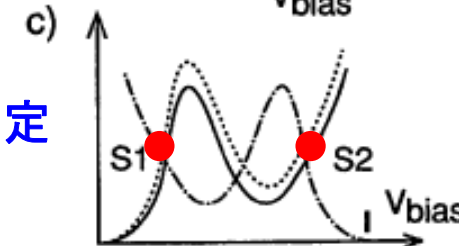


電流—電圧特性

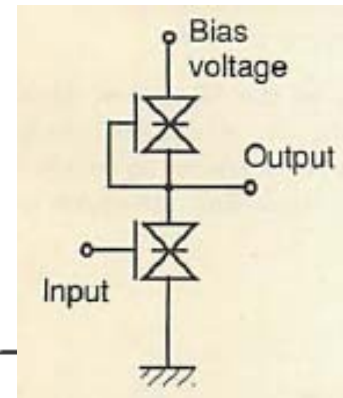
単安定



双安定



駆動電圧 Voltage



Voltage

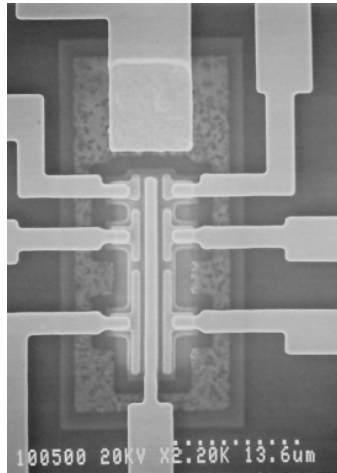
単安定—双安定転移素子 機能性実証

IEEE EDL, 1993

IEEE Trans. ED, 1995

明吉智幸さん/

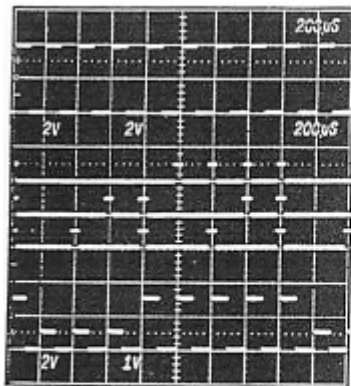
前澤宏一さん



VG1

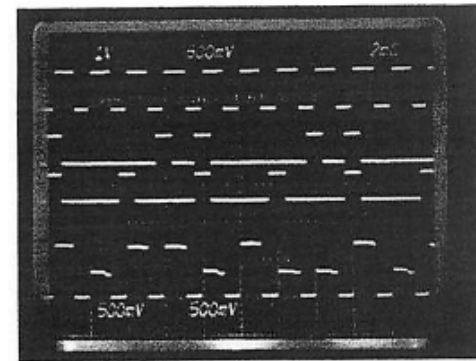
VG2

VG3



0	0	0	0	1	1	1	1	V_{G3}
0	0	1	1	0	0	1	1	V_{G2}
0	1	0	1	0	1	0	1	V_{G1}
0	1	2	3	4	5	6	7	S

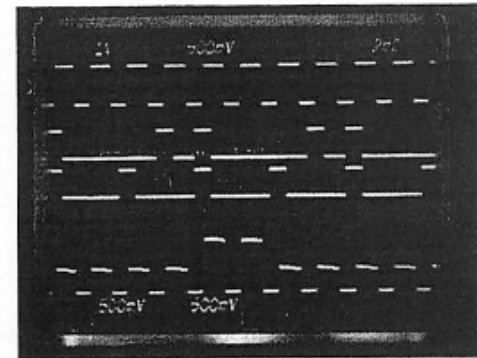
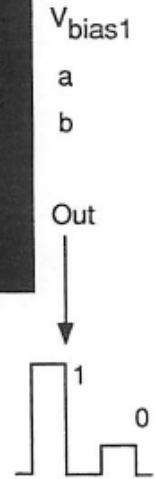
重み付き論理動作



a	0	0	1	1	0	0	1	1
b	0	1	0	1	0	1	0	1
Out	0	1	1	0	1	0	0	1

XOR XNOR

(a)



a	0	0	1	1	0	0	1	1
b	0	1	0	1	0	1	0	1
Out	0	0	0	1	1	0	0	0

AND NOR

機能可変論理動作(3 MOBILEs)

名古屋大学量子工学専攻

量子デナノバイス/ヘテロ接合デバイスの研究(1995~)

水谷 孝、岸本 茂、M1(荒川政司、大野雄高、野崎順一)



初めての卒業生(M2: 4人、B4: 6人)

研究テーマ選択

荒川政司：ケルビンプローブフォース顕微鏡を用いた
デバイス表面の電位分布測定技術
(動作状態のデバイス評価：電気)

大野雄高：顕微分光技術を用いたデバイス評価技術
(動作状態のデバイス評価：光)

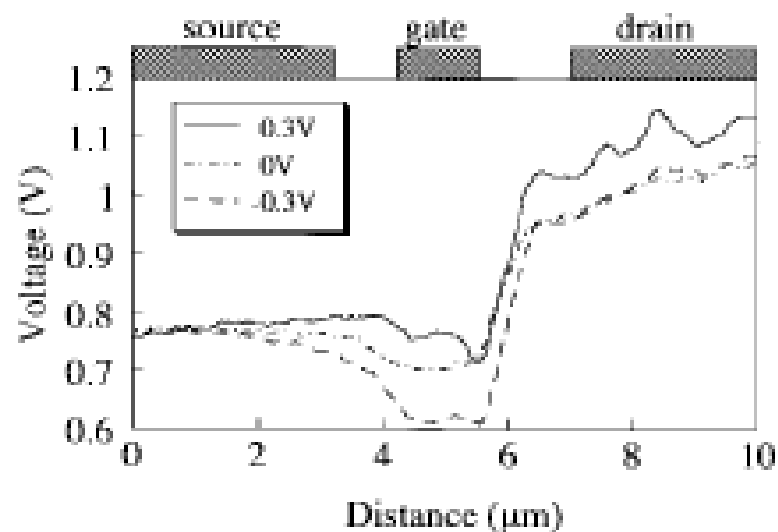
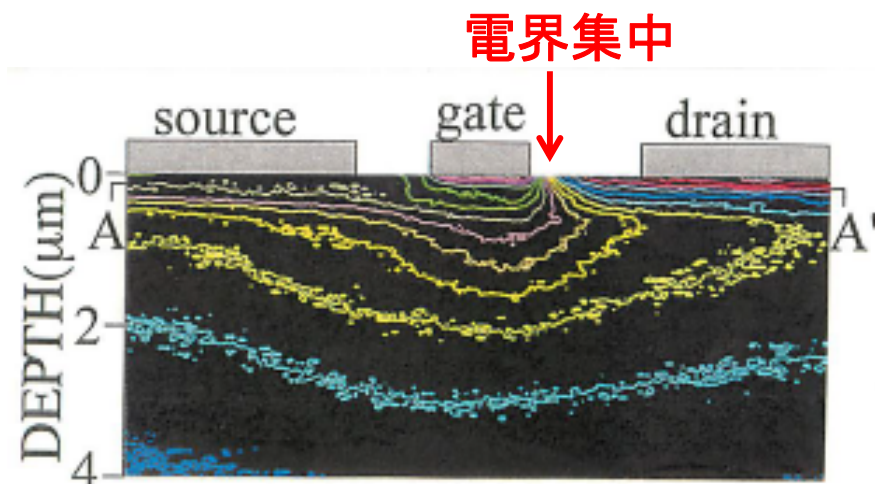
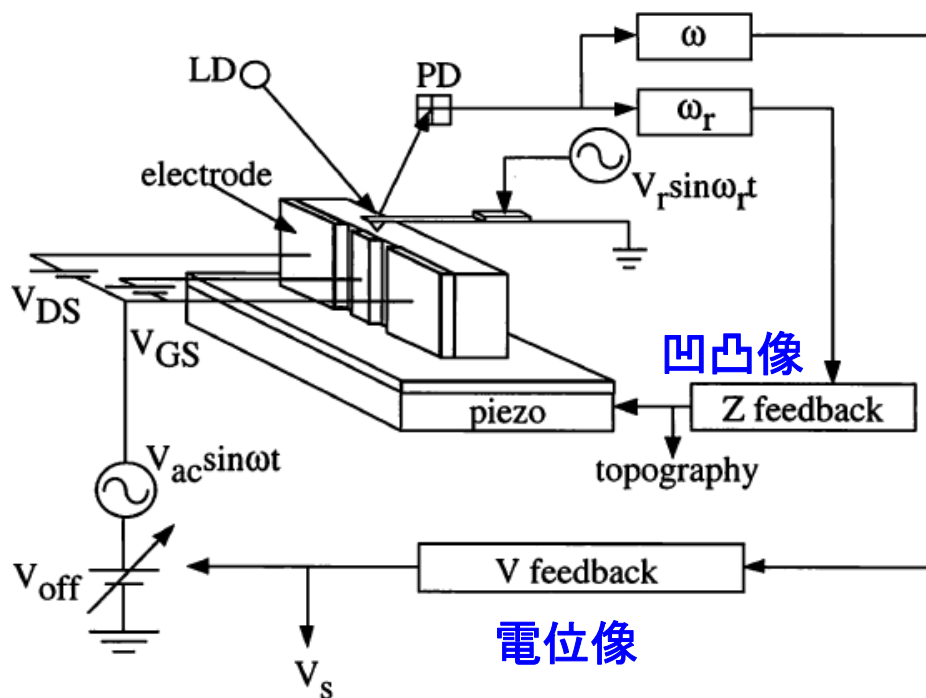
野崎順一：III-V族化合物半導体デバイスの作製技術

着任して5年目から卒論の共通テーマとして
「リング発振器の作製・評価」を取り上げることが
できるようになった。

澤木研のクリーンルームを借用。

静電気力顕微鏡(KFM)による 表面電位分布測定-1

1995~

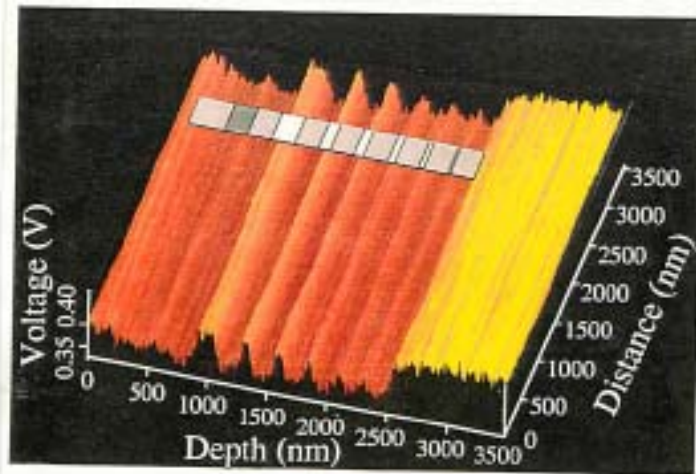
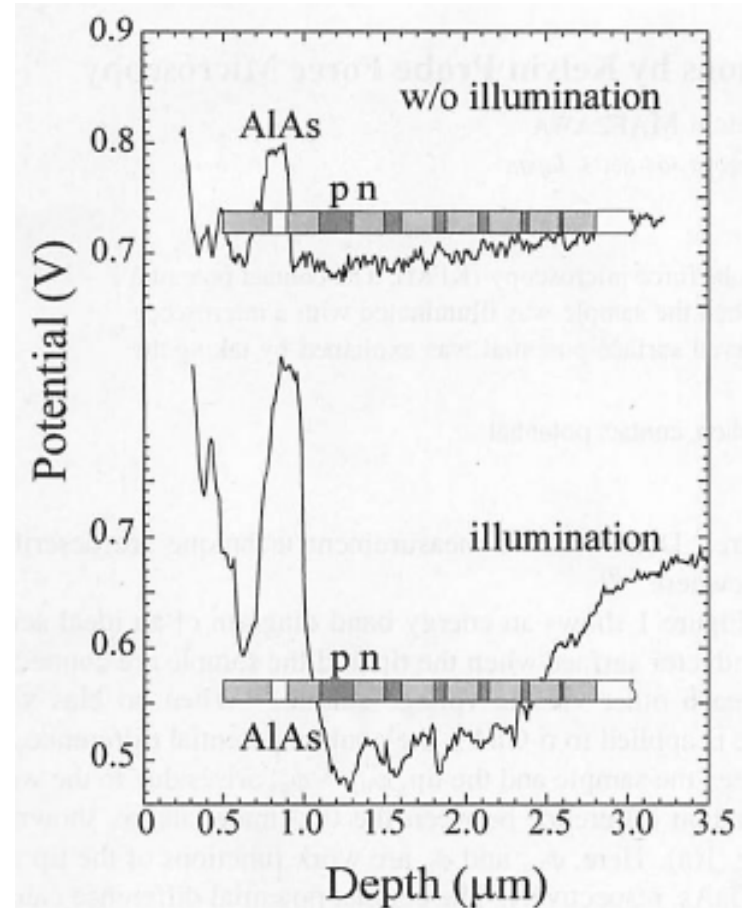
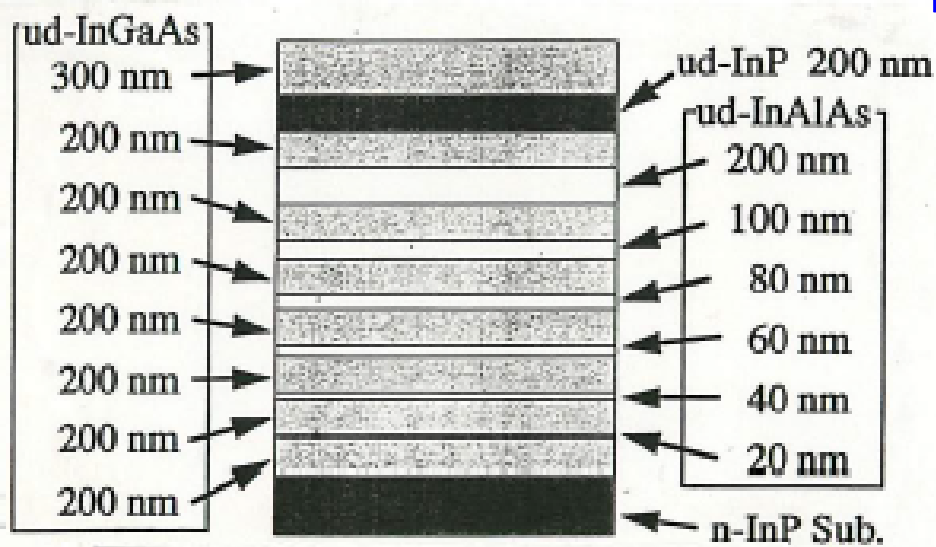


Jpn. J. Apl. Phys. 1997
IEEE EDL, 1997
荒川

静電気力測定顕微鏡(KFM)による 表面電位分布測定-2 薄波

空間分解能: ~20nm

pn接合では光照射下でないとは検出できない
半導体表面のフェルミレベルピンニングのため



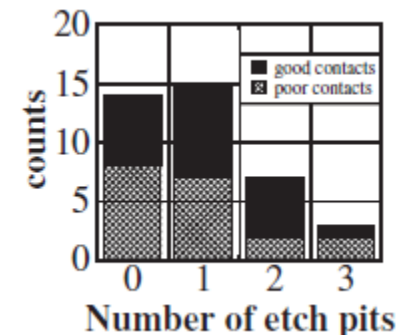
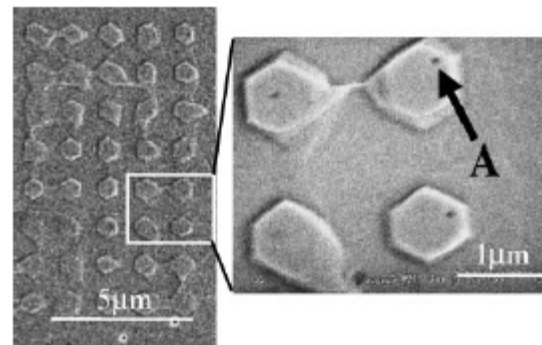
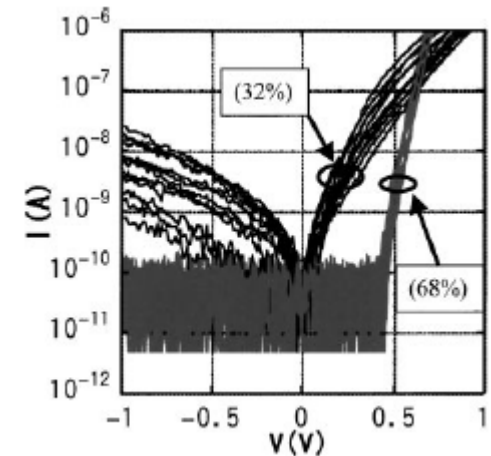
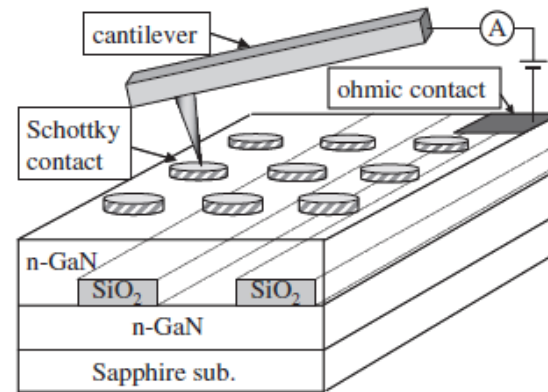
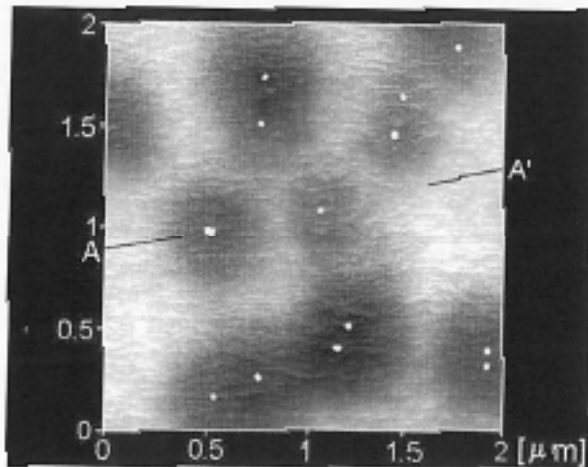
Jpn. J. Appl. Phys. 1998

Jpn. J. Appl. Phys. 1999

KFM: GaN貫通転位欠陥が 表面電位に及ぼす影響

微小ショットキ/走査型プローブ探針

貫通転位の周りに低い電位領域



二つのグループ:しかし転位との対応は見つからず

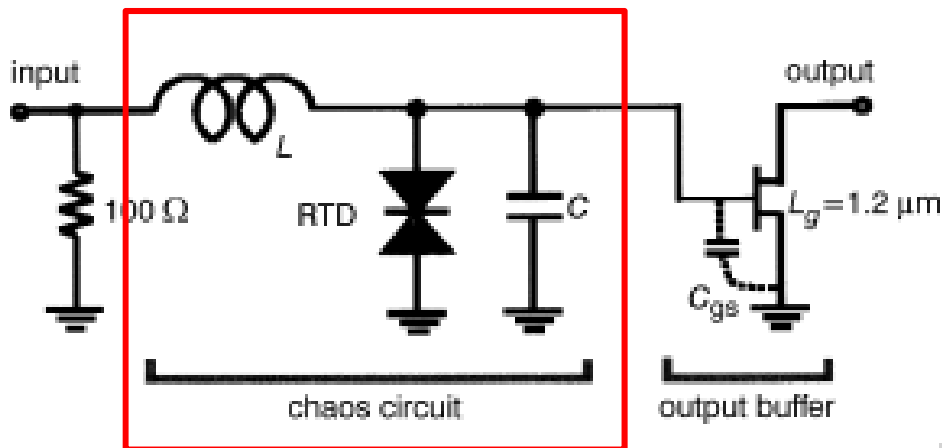
江口

Jpn. J. Appl. Phys. 2001

熊田 Jpn. J. Appl. Phys. 2003

共鳴トンネル素子を使ったカオス生成回路と²⁵ 信号処理への応用

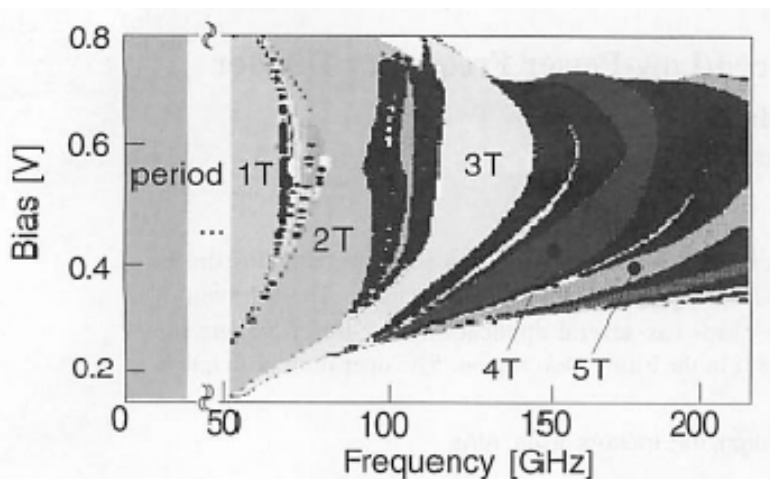
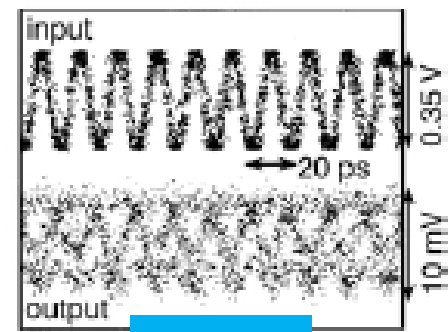
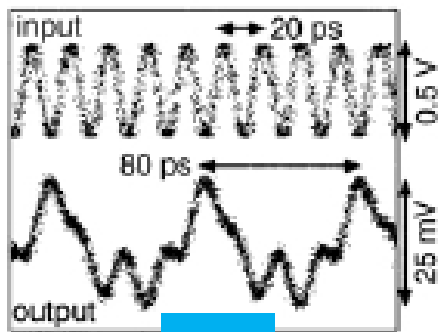
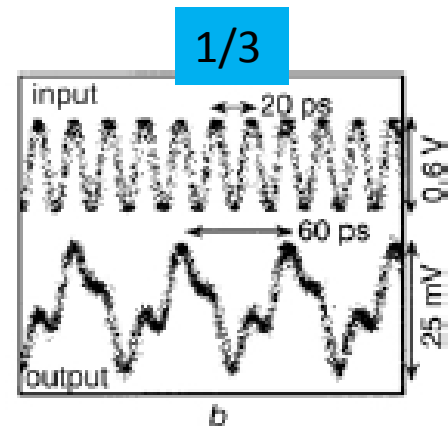
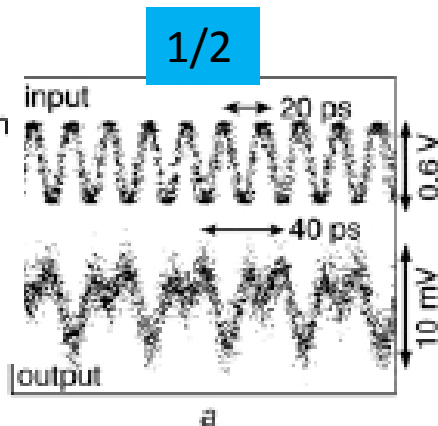
カオス回路



負性抵抗素子(共鳴トンネル素子)とL, Cの組み合わせ

出力バッファ

1997~ 前澤、川野



提案、原理実証: Jpn. J. Appl. Phys., 1999

50GHz動作: Electron. Lett., 2002

88GHz動作: Electron. Lett., 2003

カオス(黒)/分周[グレー]領域がバイアス、入力周波数等に依存

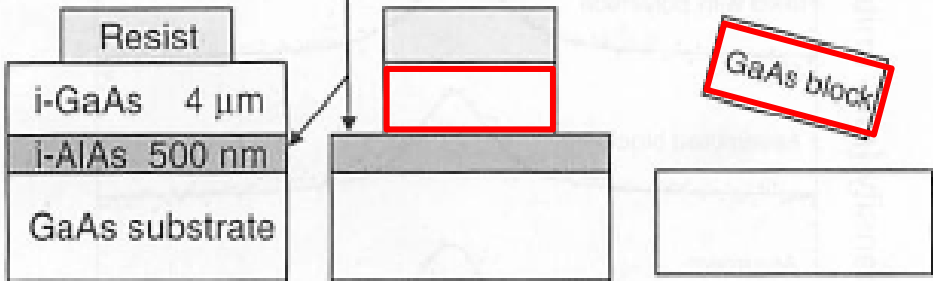
チップ実装技術：液体中でのデバイスブロック²⁶ 配置を用いた異種材料デバイス集積

1997~ 前澤、曾我

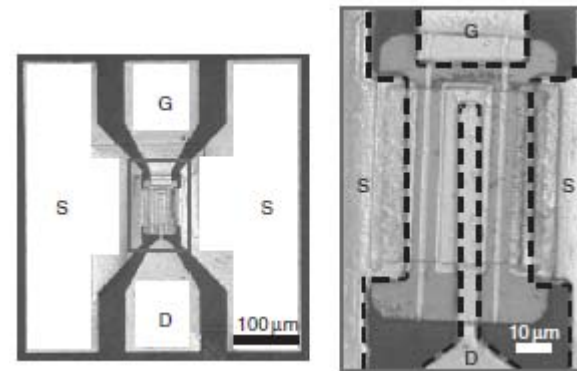
犠牲層

Sacrificial layer

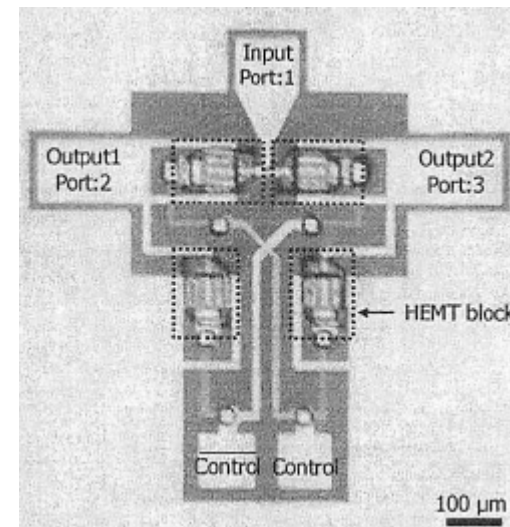
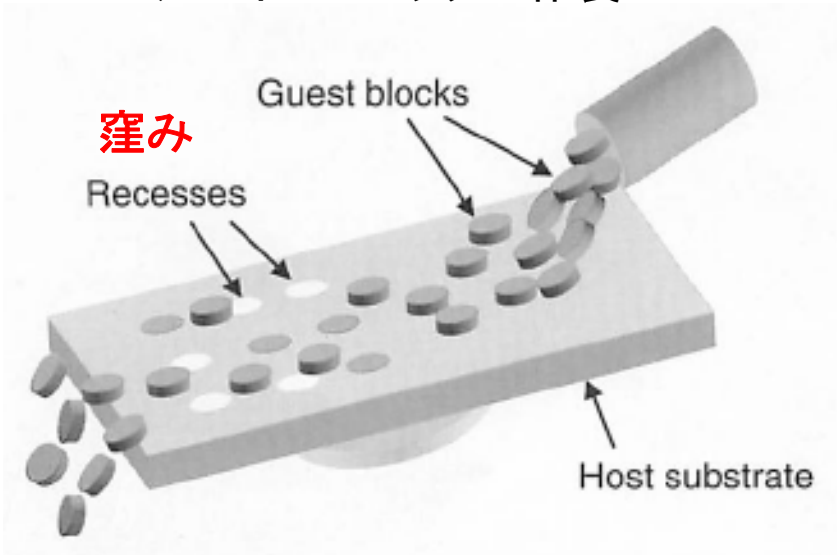
Epitaxial liftoff



デバイスブロックの作製



Electron. Lett., 2005



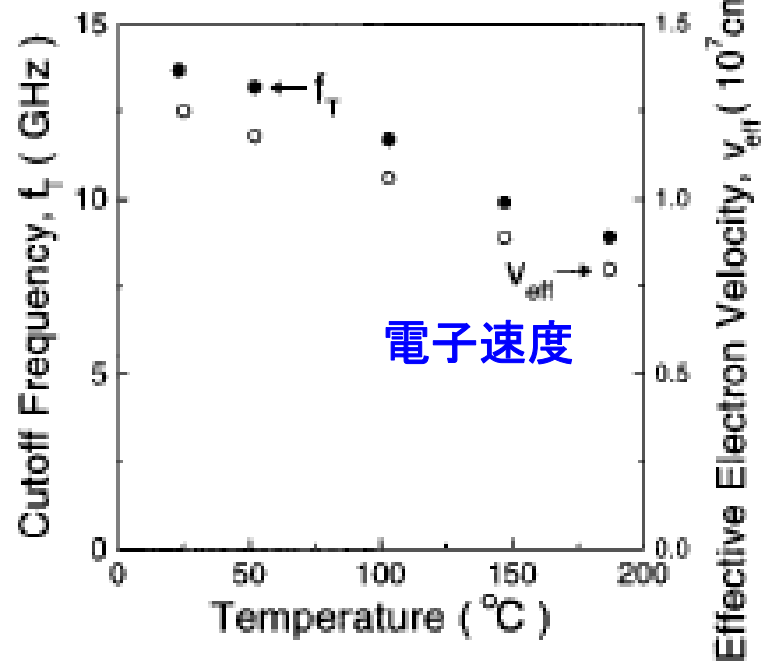
高周波路切り
替えスイッチ
(4 FETs, C_{DS} 低減)

IEICE Trans. Electronics, 2008

GaN電界効果トランジスタ

2000~

Source	Gate	Drain
$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$		5 nm
n- $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$		10 nm
$\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{N}$		5 nm
GaN		3000 nm
AlN		40 nm
Sapphire substrate		



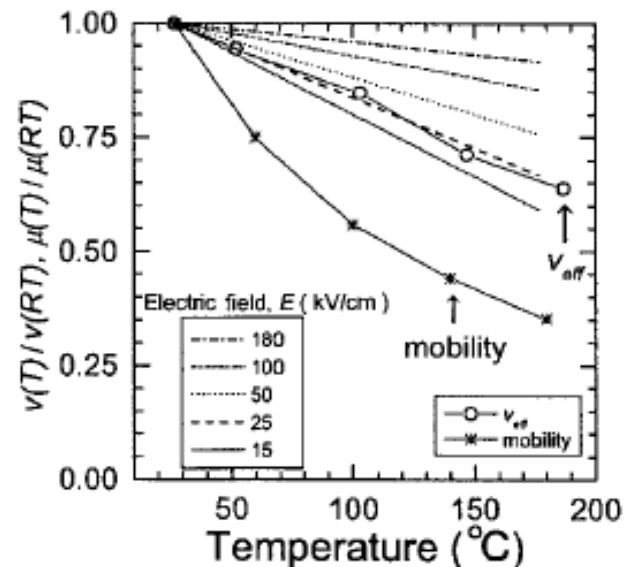
秋田: GaN HEMT技術の立ち上げ

高周波特性の温度依存性

遅延時間解析: 移動度律速と速度律速の中間

IEEE EDL, 2001

phys. stat. sol., 2001

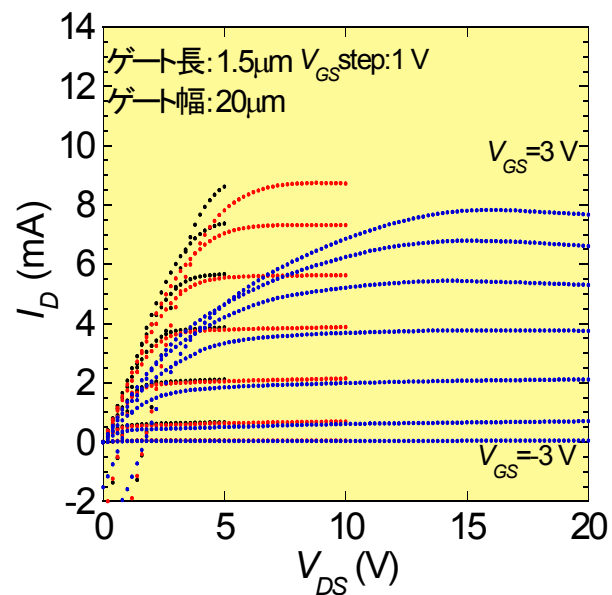


電流コラプス-1

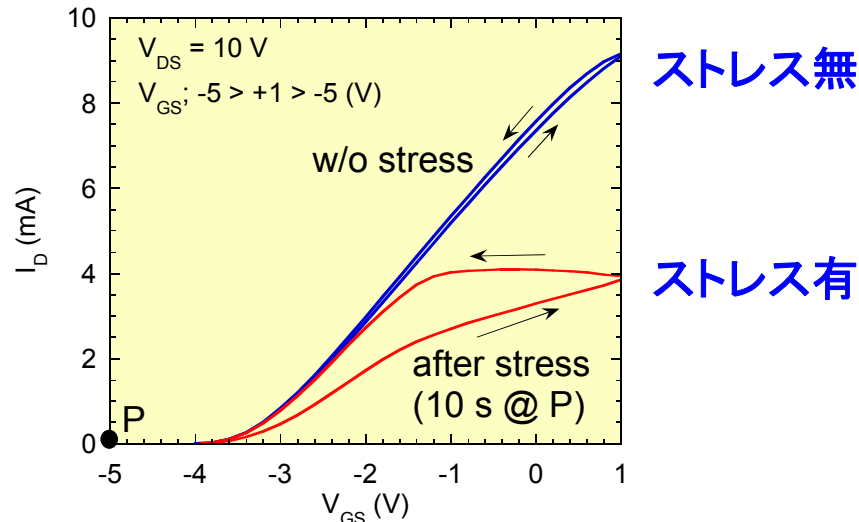
IEEE Trans. ED, 2003

大野

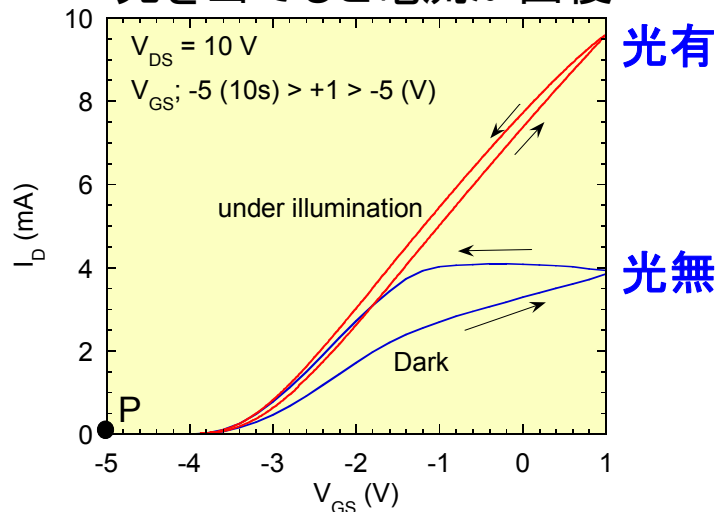
大きな印加電圧で電流が減少



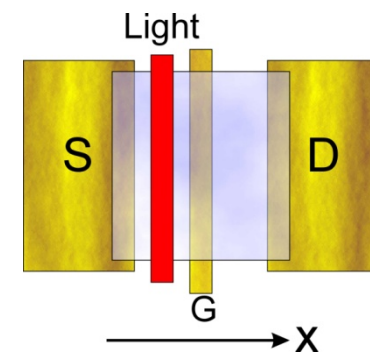
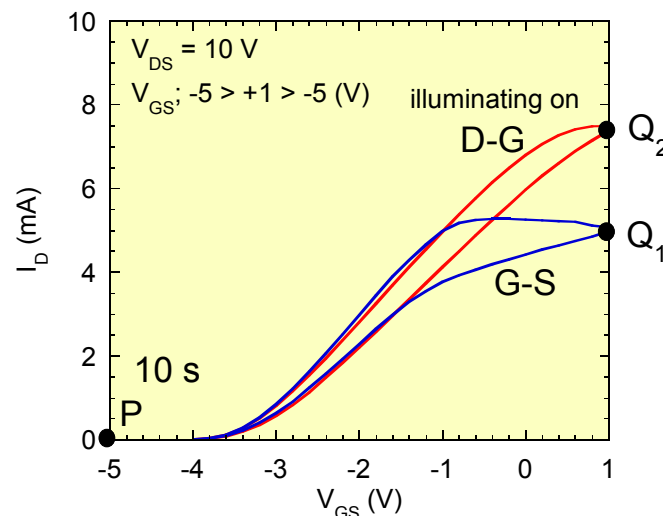
バイアスストレスで電流減少



光を当てると電流が回復

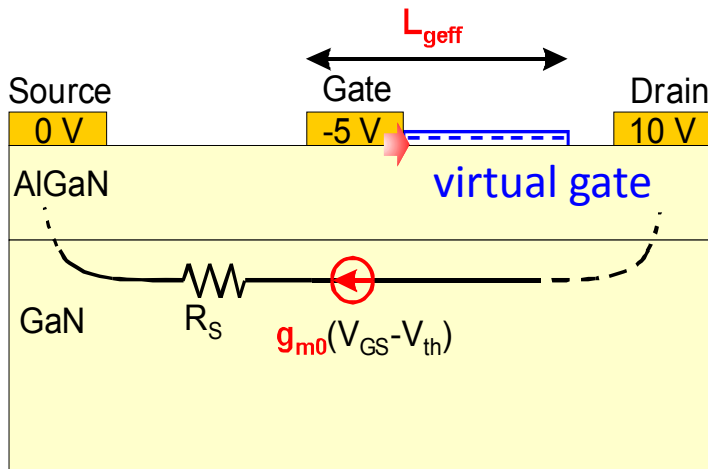


電流回復は光を当てる場所に依存



電流コラプスのモデル

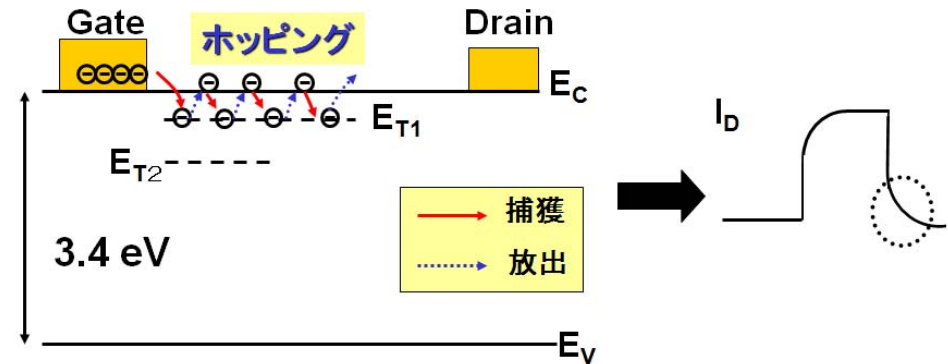
表面における電子の伝導



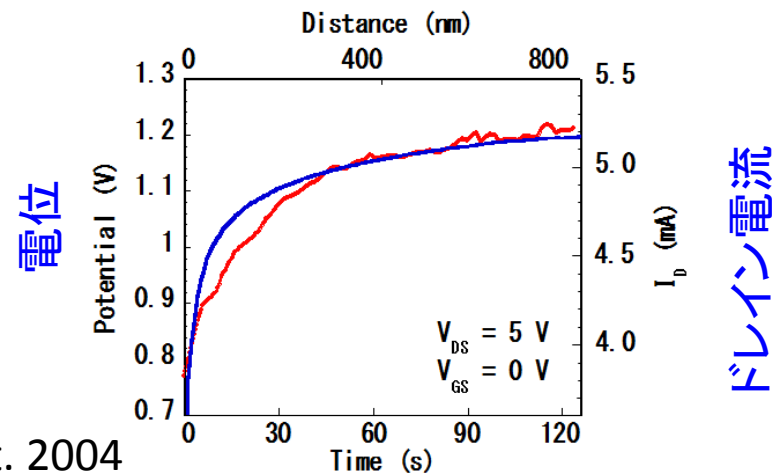
放出は捕獲に比べ、時間が長い
ため放出過程が応答を決める

表面での電子移動が遅い

表面伝導のモデル



1. ゲート電極から素子表面への電子注入
2. 仮想ゲートの形成
3. ドレイン電流の減少

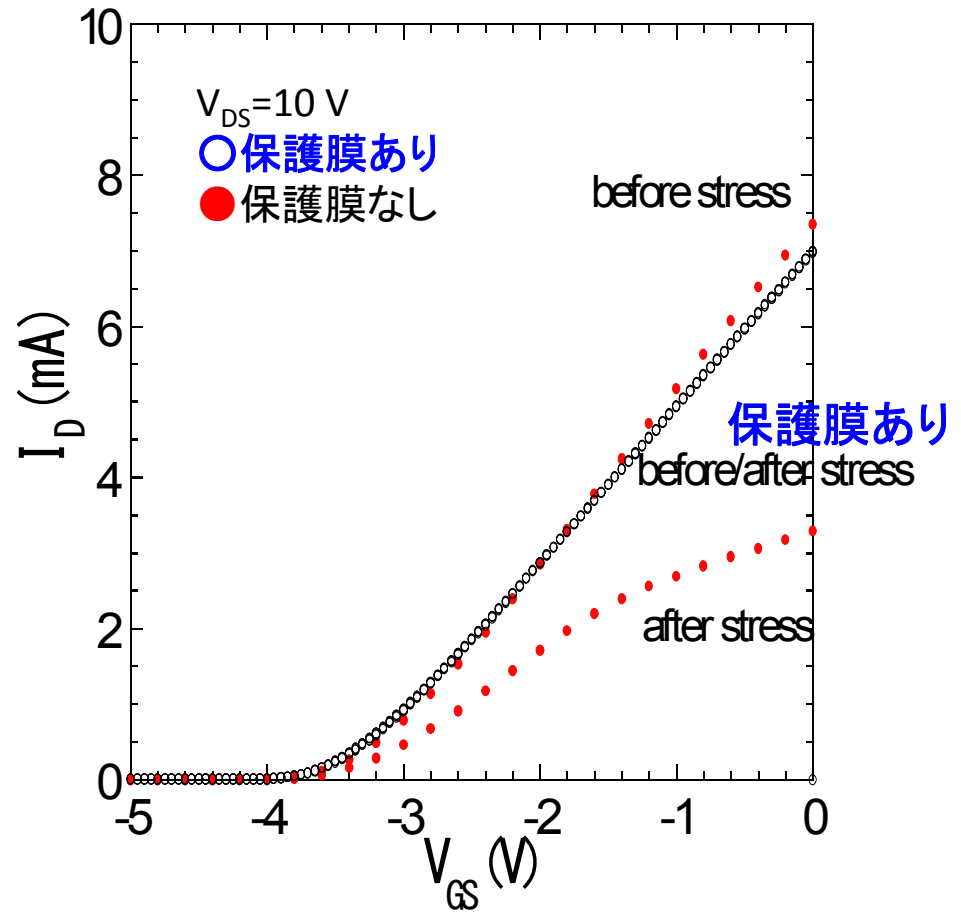
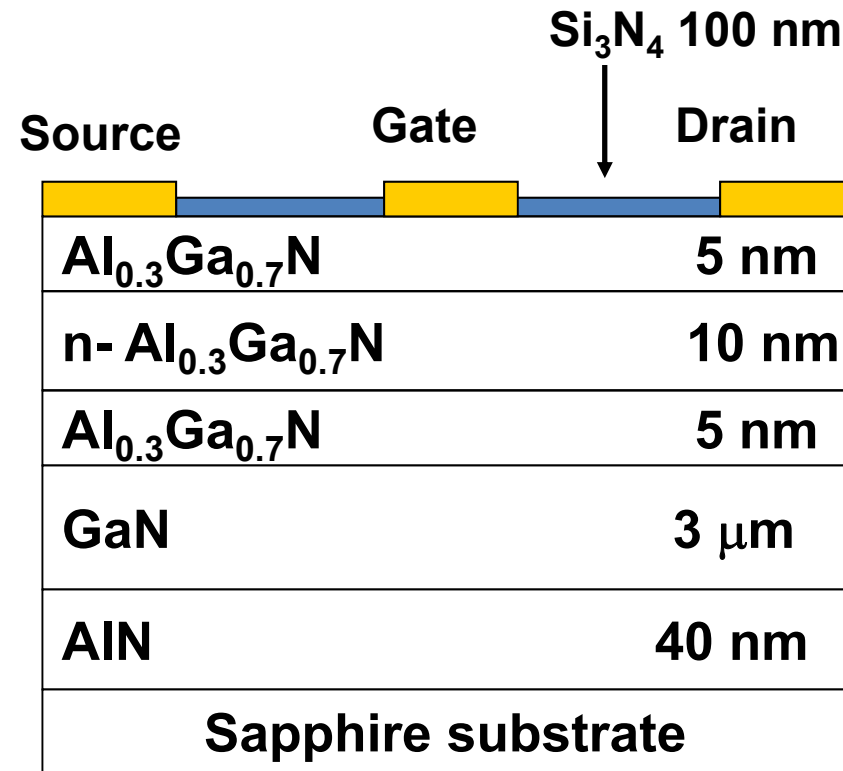


Appl. Phys. Lett. 2004
中上

表面電位が時間とともに変化

表面保護膜によりコラプスを抑制

IEEE Trans. ED, 2003



電流コラプス/過渡応答抑制は もぐらたたき

深い準位

表面準位、
界面準位
バルク中準位

でのキャリア捕獲と放出

1. 深い準位の低減
2. システムサイドからの要求に合わせた
デバイス設計

GaN中の深い準位とデバイス特性

デバイスの過渡特性測定から直接
深い準位との関係を明らかにして特性改善につなげたい。

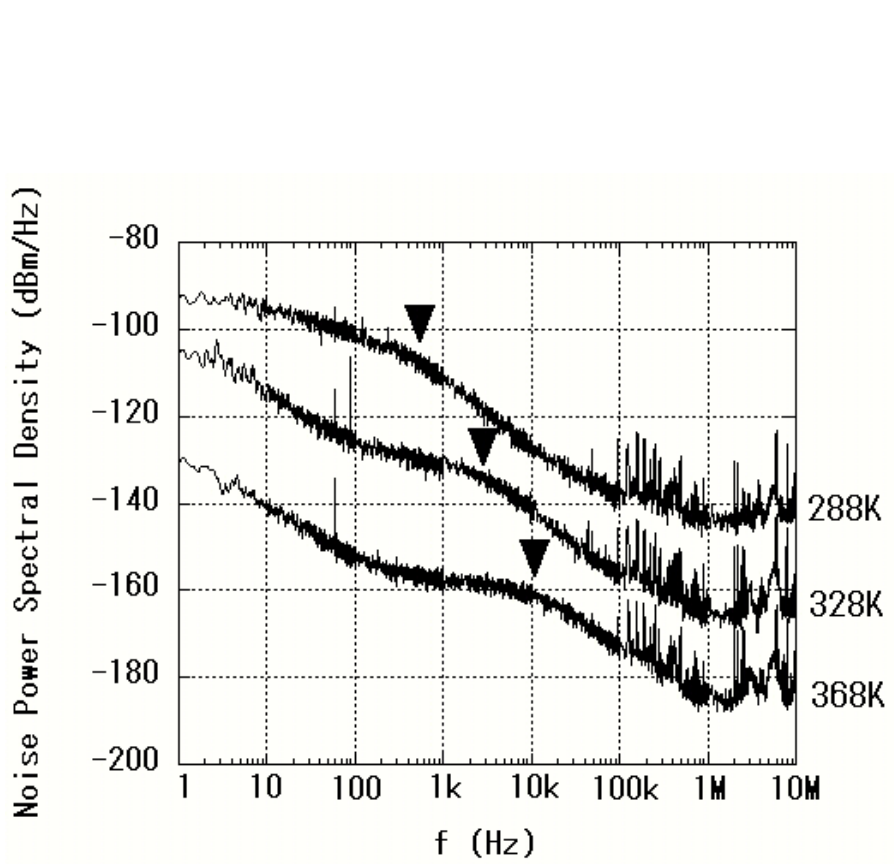
低周波雑音

コンダクタンスの周波数分散

電流DLTS

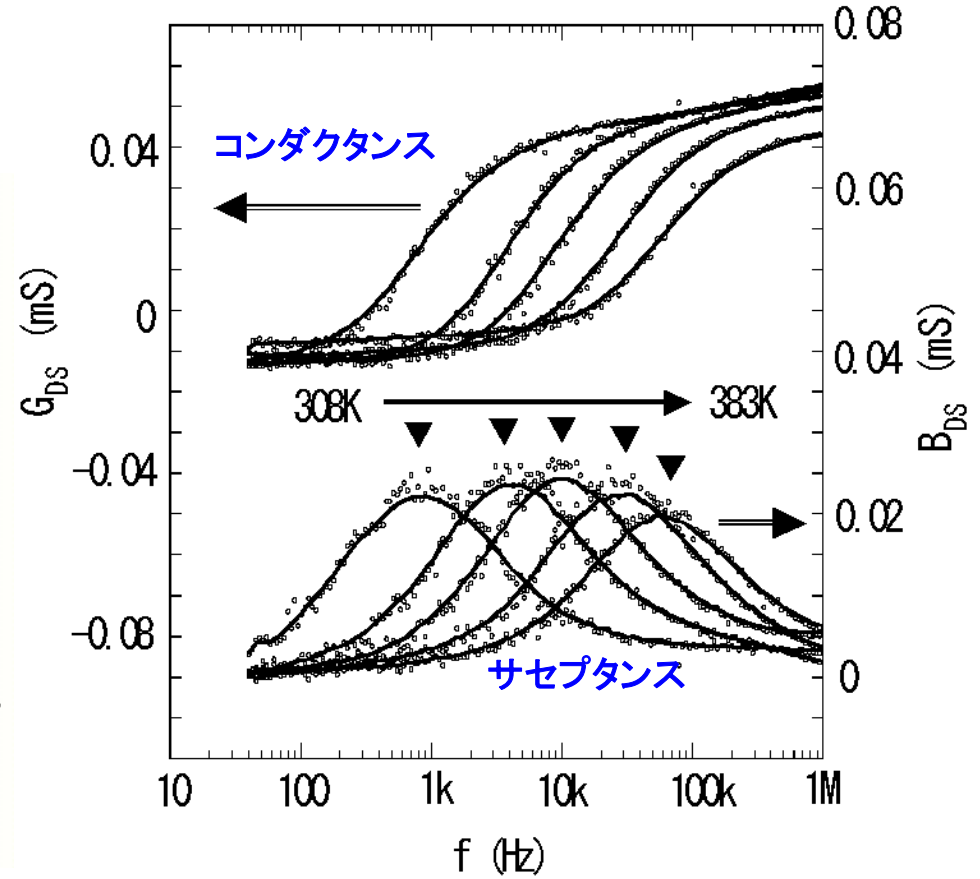
(深い準位に起因する電流過渡応答の
温度依存スペクトル測定)

低周波雑音、コンダクタンスの周波数分散による過渡応答の評価



低周波雑音に温度に依存した肩構造

Jpn. J. Appl. Phys. 2001

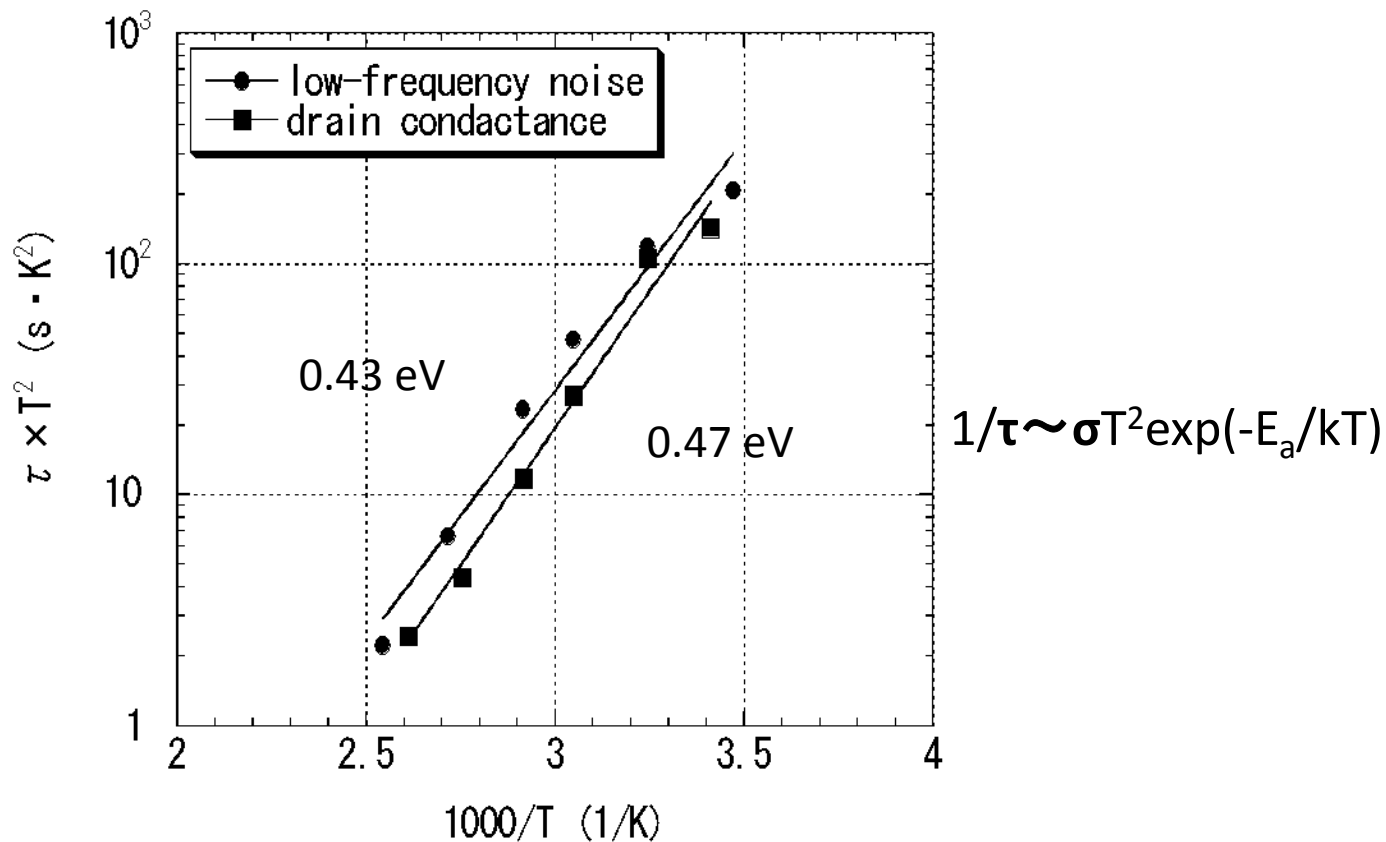


サセプタンスの周波数依存性に温度に依存したピーク構造

Jpn. J. Appl. Phys. 2003

(低周波過渡応答: 通信応用における位相雑音の原因)

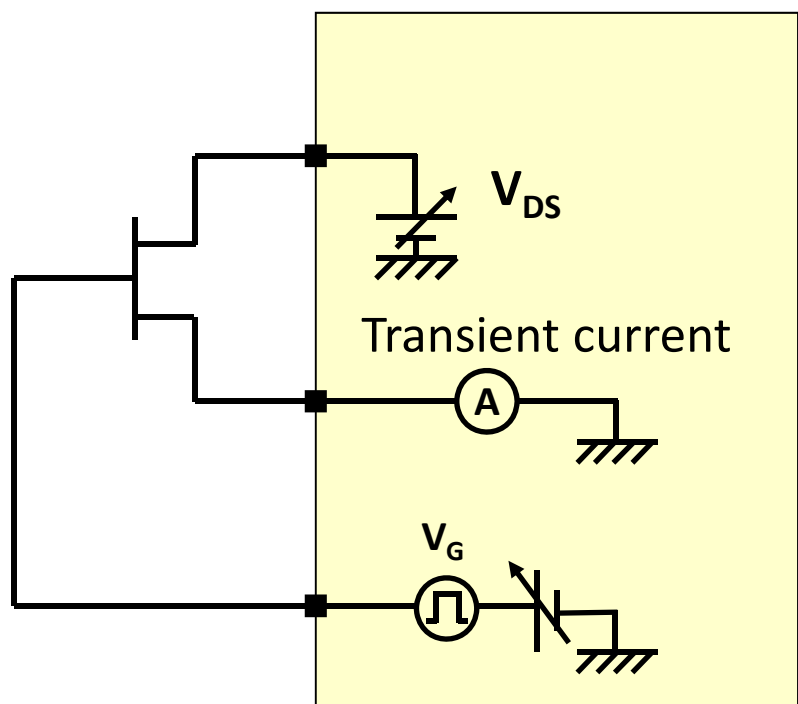
アレニウスプロット上での 活性化エネルギーの比較



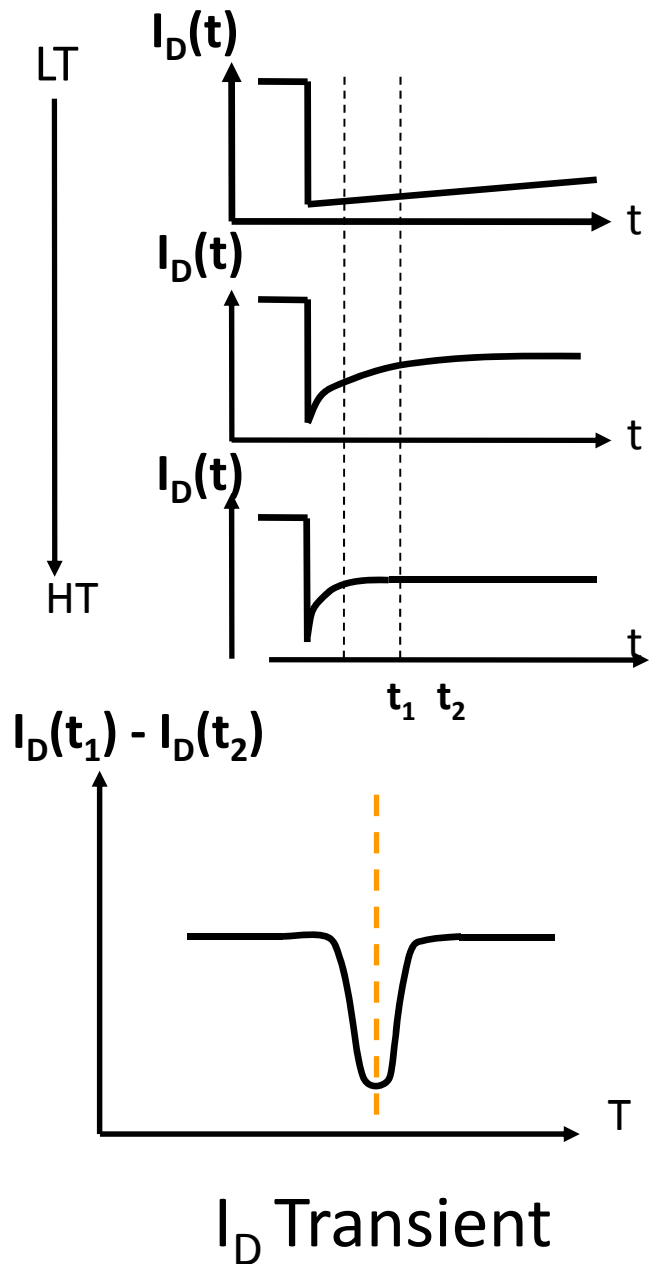
二つの活性化エネルギーが一致：一つの深い準位がデバイス特性に種々の形で現れる。過渡応答の起源を明らかにするには、活性化エネルギー E_a を比較するだけでは不十分。捕獲断面積 σ の両方を比較する必要がある。

電流DLTS

(電流過渡応答の温度依存スペクトル)



DLTS測定システム



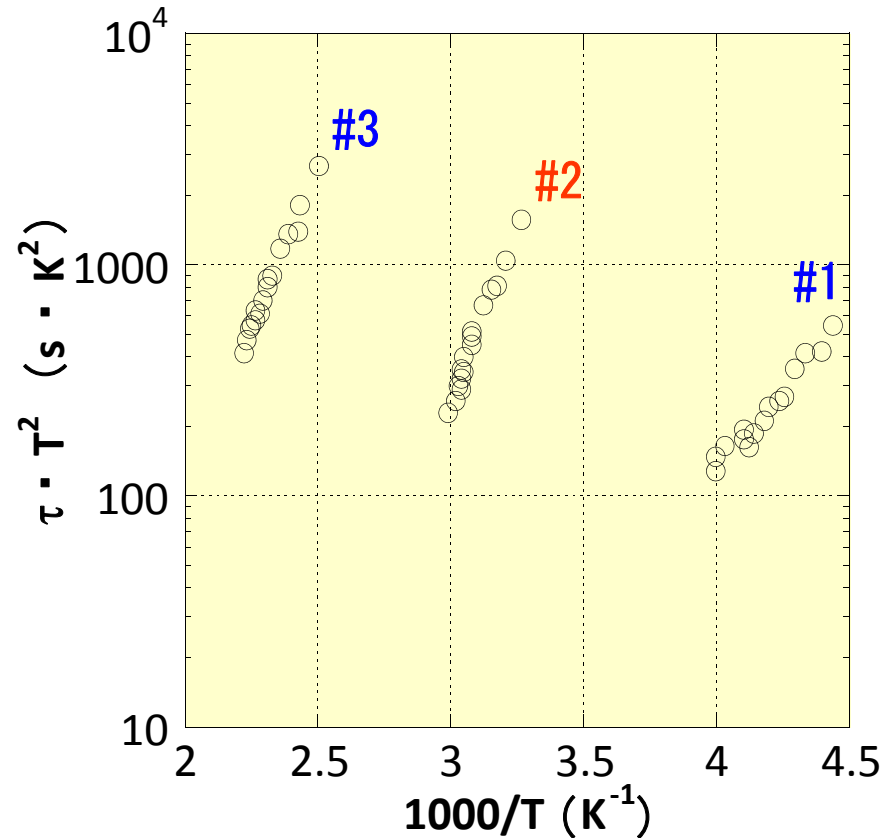
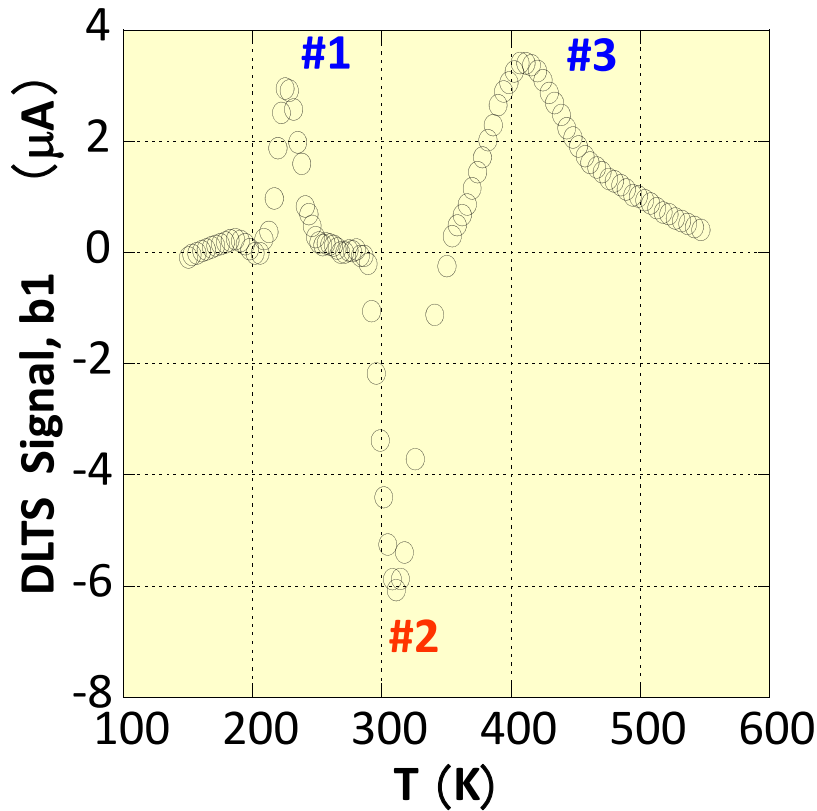
I_D Transient

DLTS測定例

沖野

phys. Stat. sol. (a), 2003
IEEE EDL, 2004

36



負のピーク: 電子トラップ

正のピーク: 表面準位 (へのゲートからの電子注入と捕獲)
(正孔トラップではない)

表面保護膜形成による正ピークの消失

E_a

#1 0.29 eV

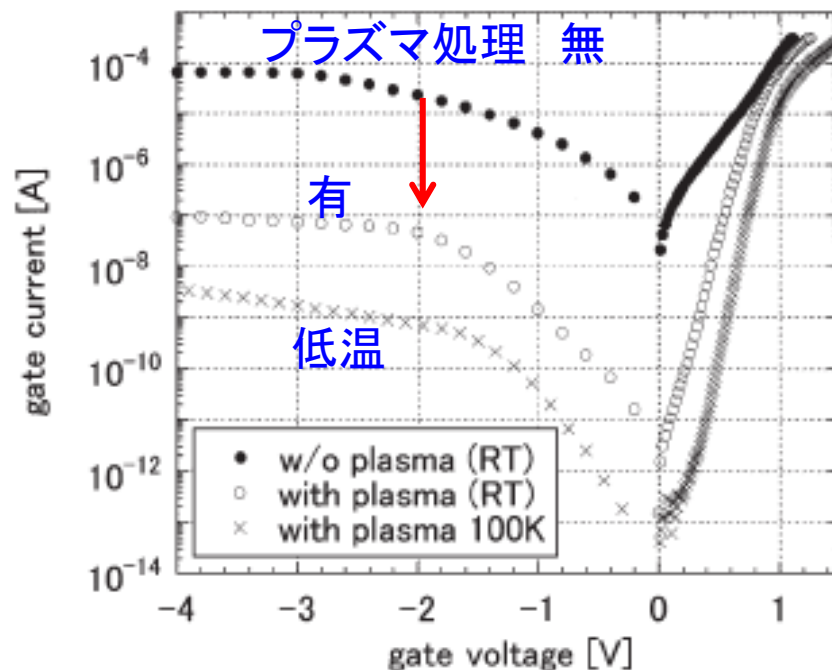
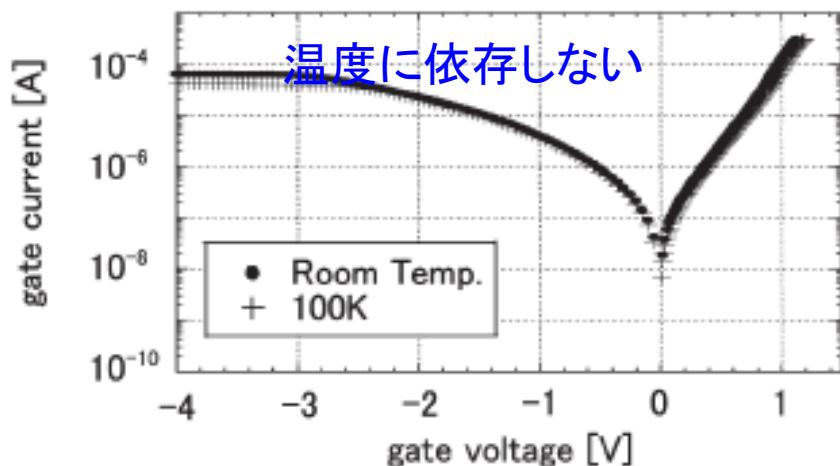
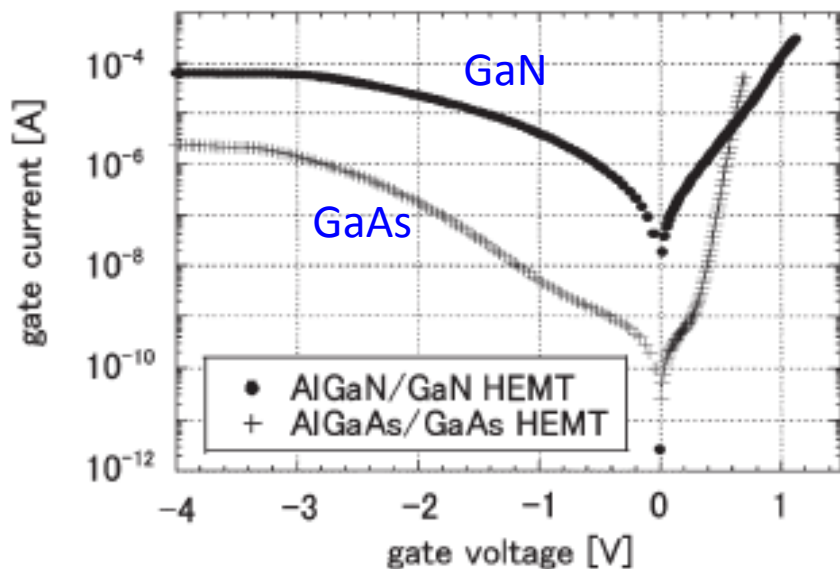
#2 0.61 eV

#3 0.55 eV

GaNでの大きなゲートリーク電流とその起源-1

Jpn. J. Appl. Phys., 2002

水野



C₂F₆プラズマ処理によるゲートリーク低減

GaN系で大きなゲートリーク電流

大きなゲートリーク電流とその起源-2

Jpn. J. Appl. Phys., 2002

起源:

表面に高濃度正電荷層の存在と薄い空乏層

C_2F_6 プラズマ処理に伴う深いアクセプタ準位の導入による正電荷の補償

空乏層の増大、リーク電流の低減



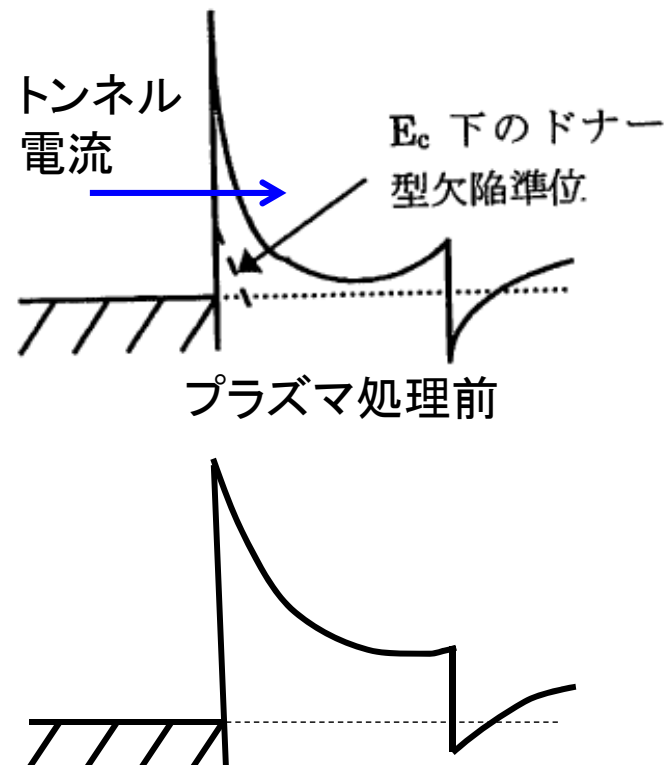
MISFETの検討開始

反省: 深いアクセプタ準位の起源を調べなかったこと。

おそらくFがAlGaIn中に導入された。 →

ノーマリオフ動作

大電力スイッチでは重要

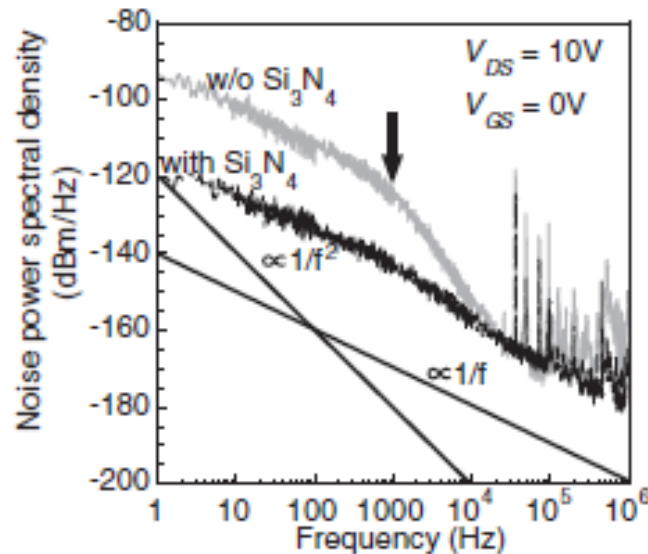
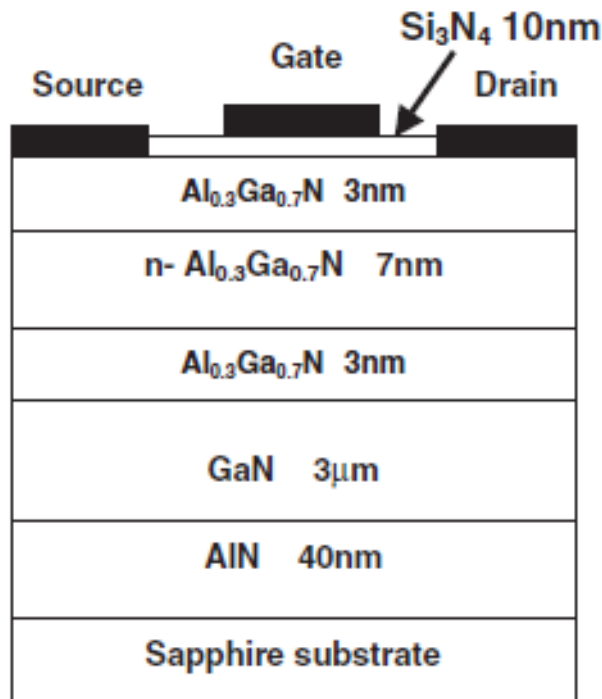


AlGa_{0.3}N/GaN MISHFET-1

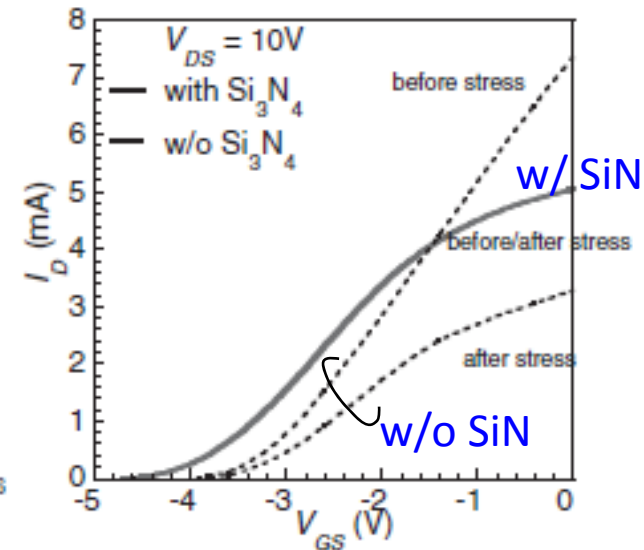
ゲート絶縁膜としてSiNを検討

落合

Jpn. J. Appl. Phys., 2003



MISFET: 低周波雑音で雑音
少なくピークなし。



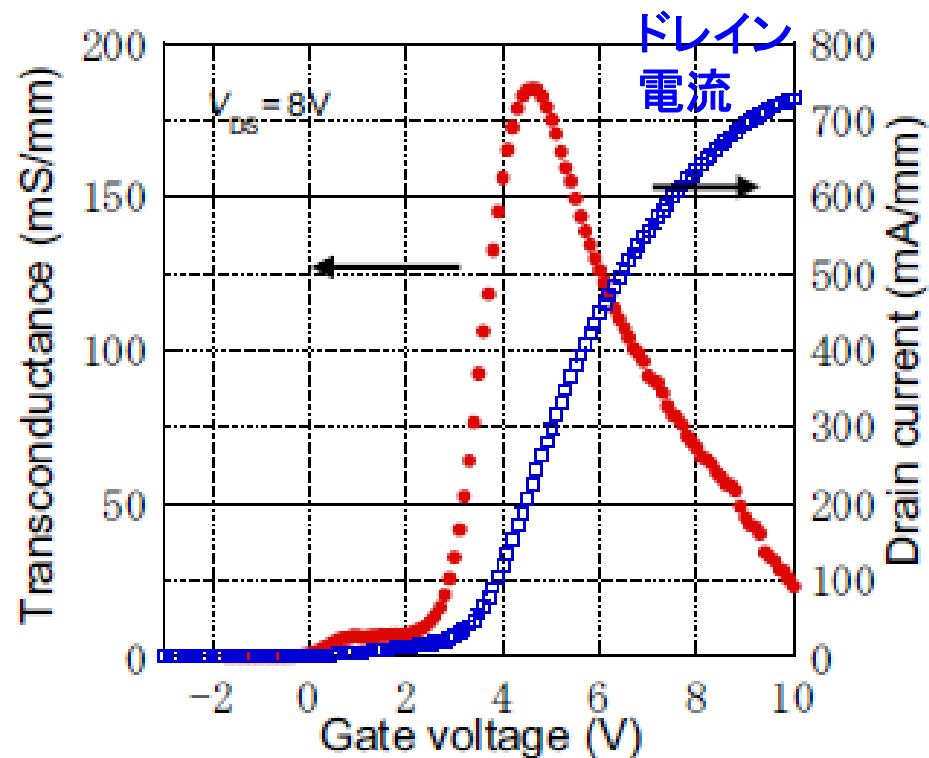
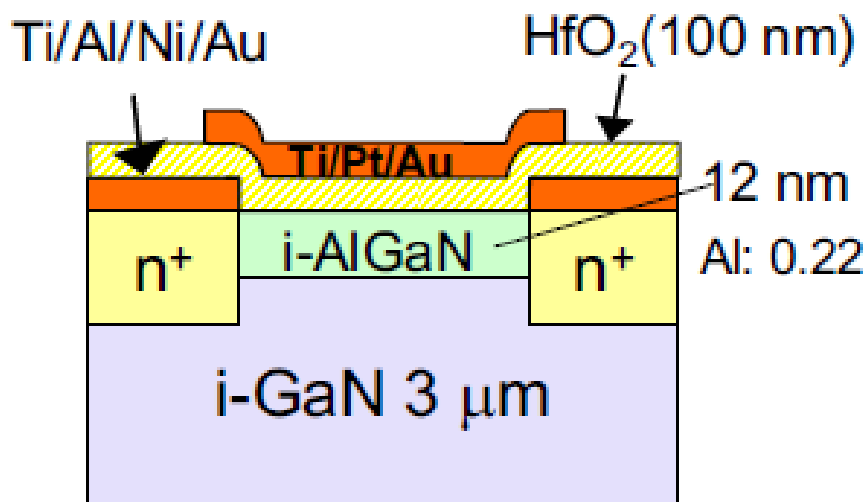
MISFET: バイアスストレスに
よる電流コラプスなし。

MOS/AlGa_{0.3}N界面はMOS/AlGaAs界面よりはるかに良い

AlGaN/GaN MISHFET-2

ゲート絶縁膜として高誘電率膜を検討

河野, 杉浦, 杉本



ノーマリオフ動作で大きなドレイン電流を実現

杉浦

ZrO₂: ISCS, 2004

HfO₂: phys. stat. sol., 2007

HfO₂: phys. stat. sol., 2008

パナソニック

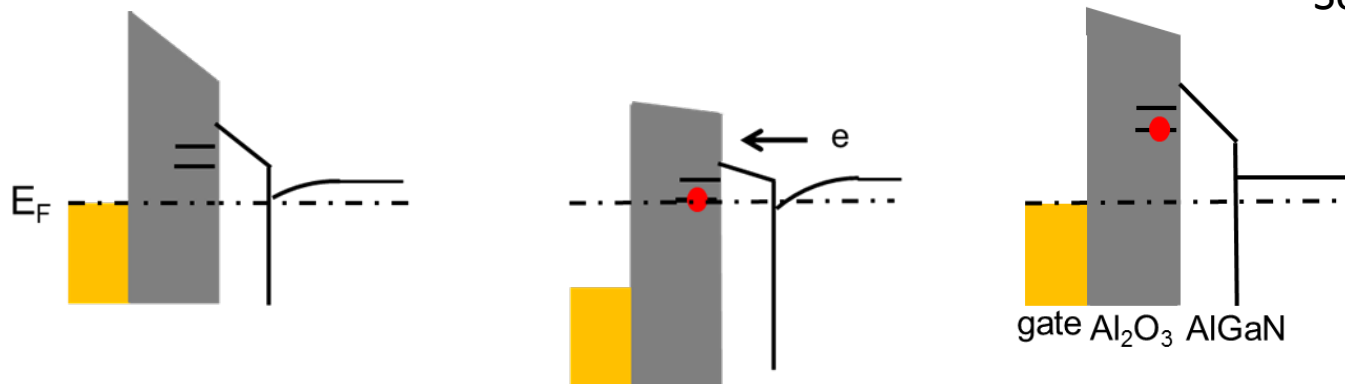
上田哲三さん、田中 毅さん

AlGaIn/GaN MISHFET-4

界面準位とFETの電気特性との関係

林、杉浦

Solid State Electron. 2010

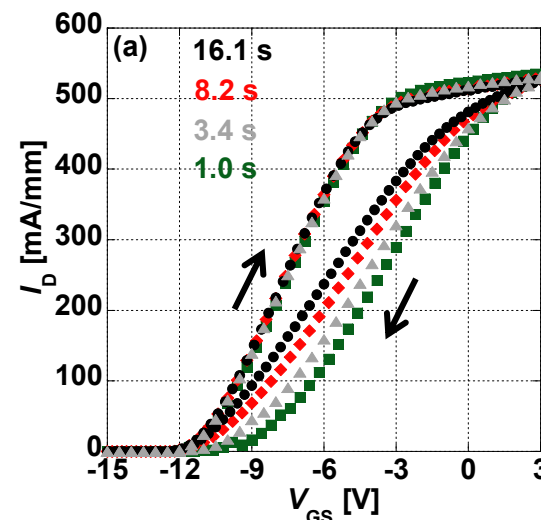
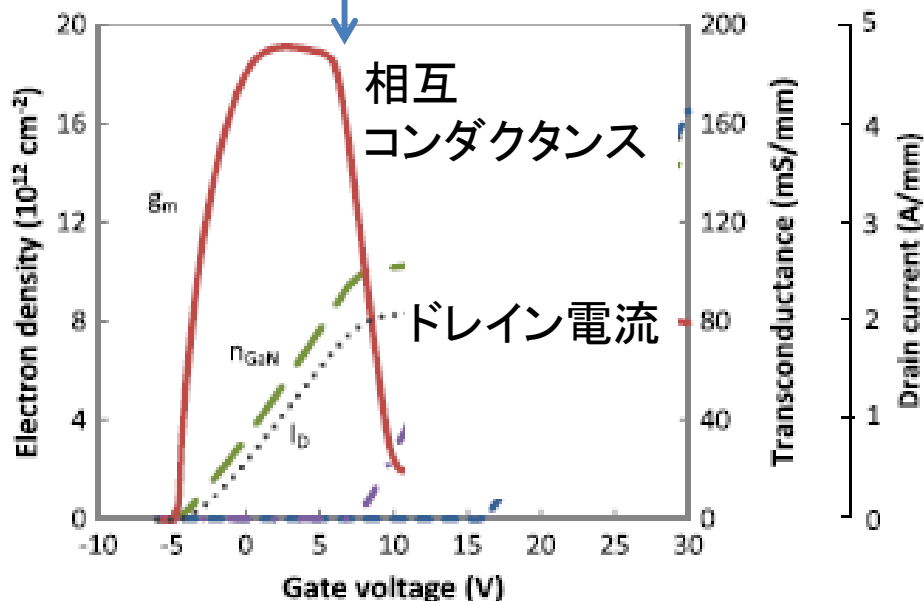


VG>0で界面準位
に電子捕獲

ドレイン電流の飽和

VG=0に戻しても
界面準位の電子
は放出されない

→ ヒステリシス
注: 伝導帯に近い
準位は寄与しない。



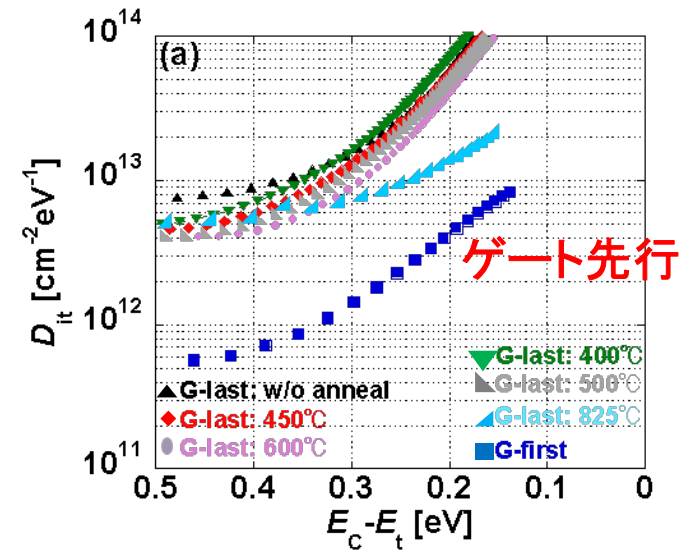
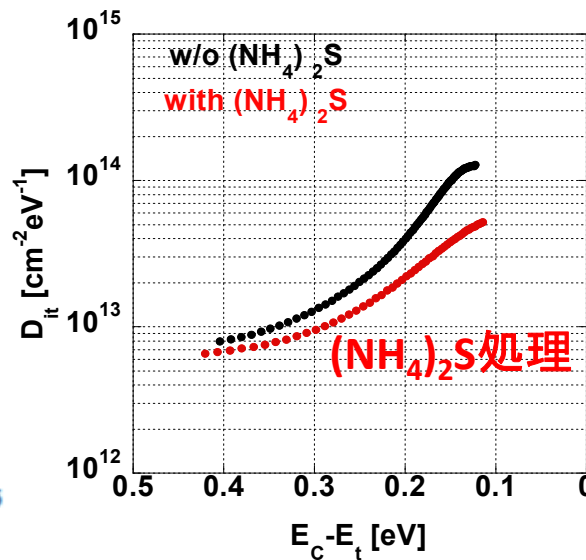
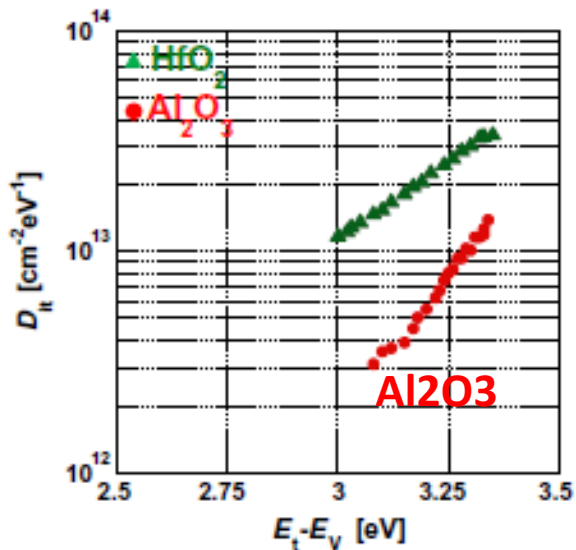
宮崎

ヒステリシスはV_G掃引時間に依存

AlGaN/GaN MISHFET-3

絶縁膜/GaN界面準位低減に向けた検討 宮崎

ゲート絶縁膜: Al_2O_3



原子層堆積の場合
Al₂O₃の方がベター
(界面準位、ゲートリーク)

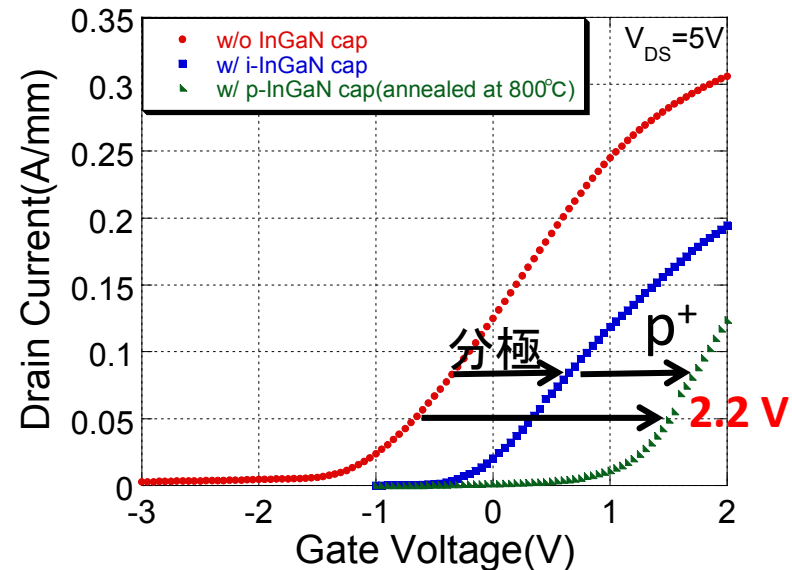
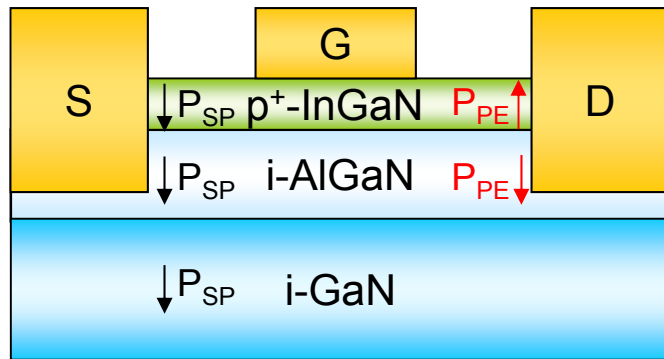
(NH₄)₂S処理で
界面特性改善

ゲート絶縁膜を最初に
形成するプロセスで
界面特性改善

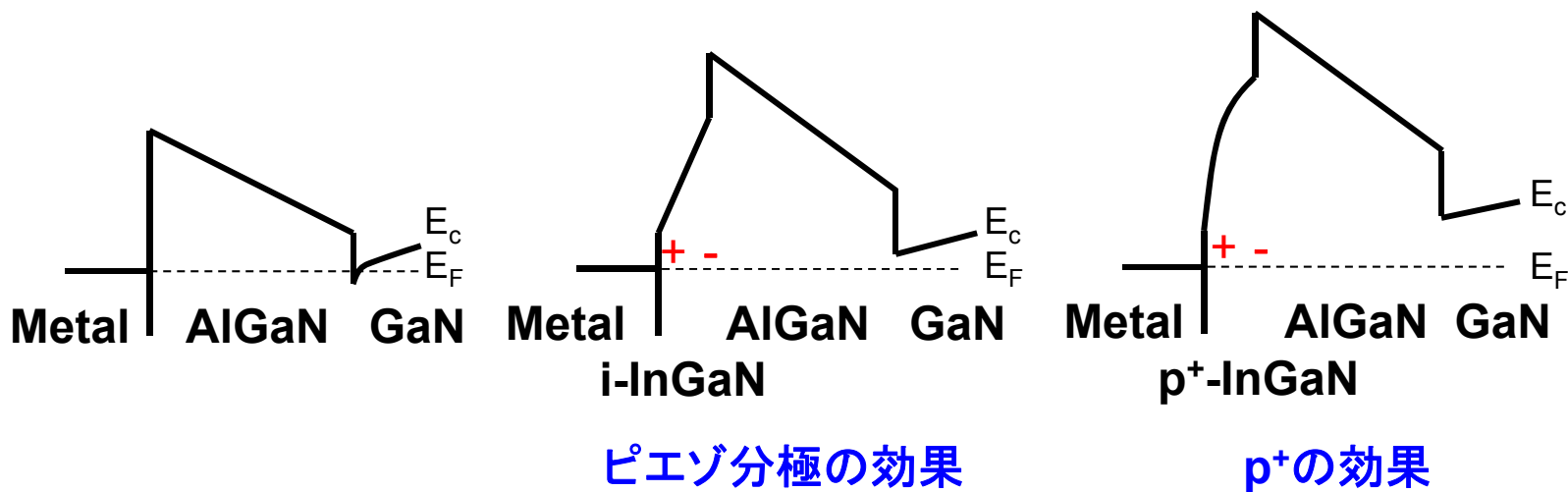
分極を利用したノーマリオフ動作の実現

InGaN capの導入

IEEE EDL, 2007 伊藤
TWHM 2009 李

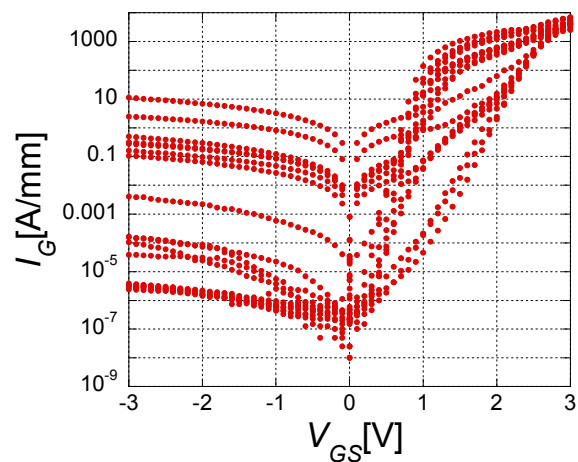
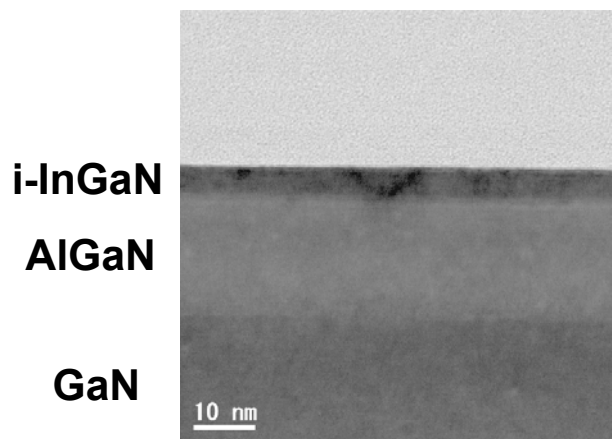


エピ結晶: パウデック 中村文彦さん

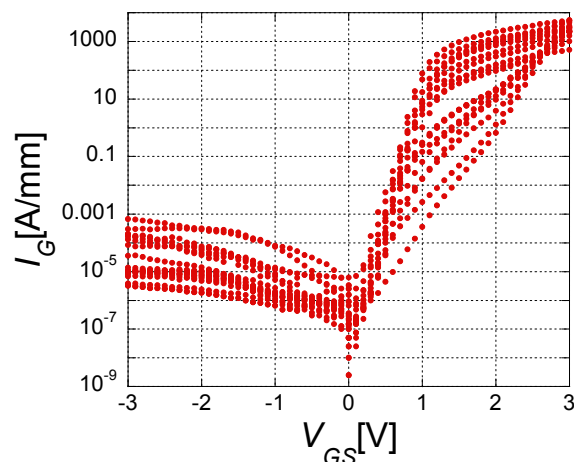
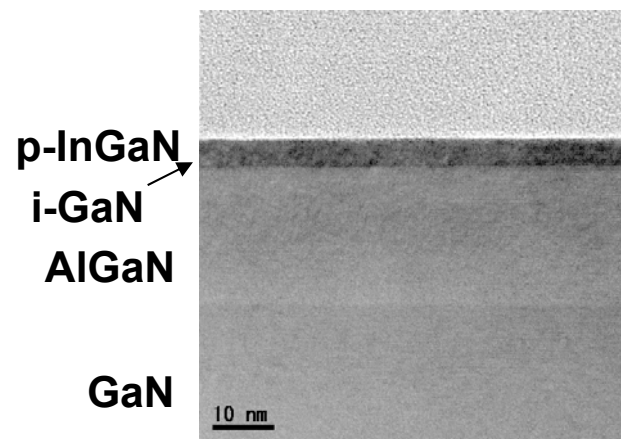


GaN 薄層挿入によるゲートリーク電流の抑制⁴⁴

J. Appl. Phys. 2012 山田



GaN薄層(1nm)なし



GaN薄層(1nm)挿入

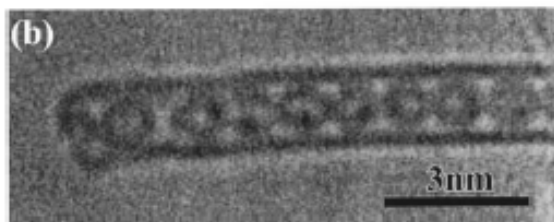
カーボンナノチューブ電界効果トランジスタ

CNT-FETs

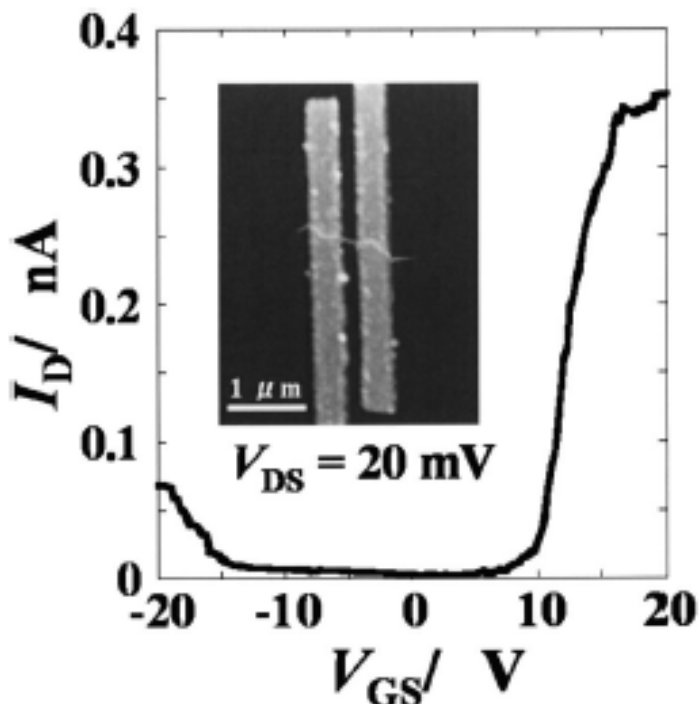
嶋田 (篠原研)



Appl. Phys. Lett., 2002

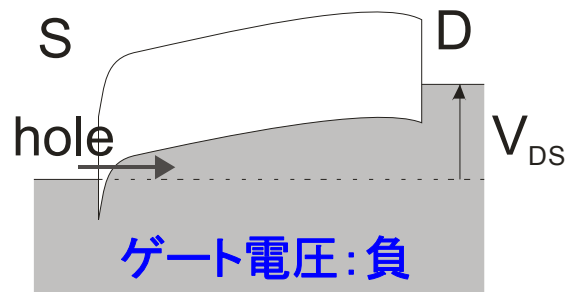


フラーレンを内包したCNT: ピーポッド



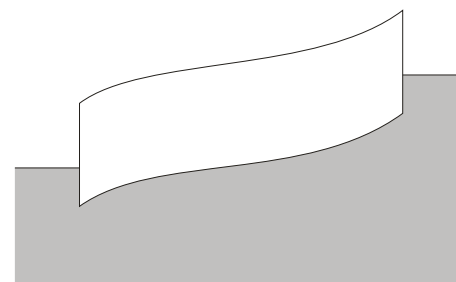
両極性伝導

(ゲート電圧に依存してp型にもn型にもなる)

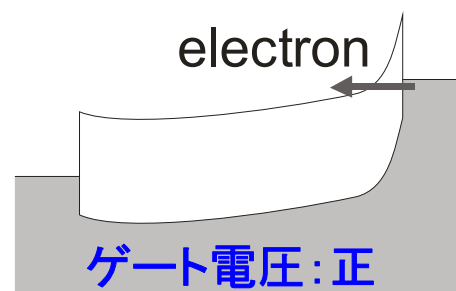


ゲート電圧: 負

(a) p channel



(b) OFF



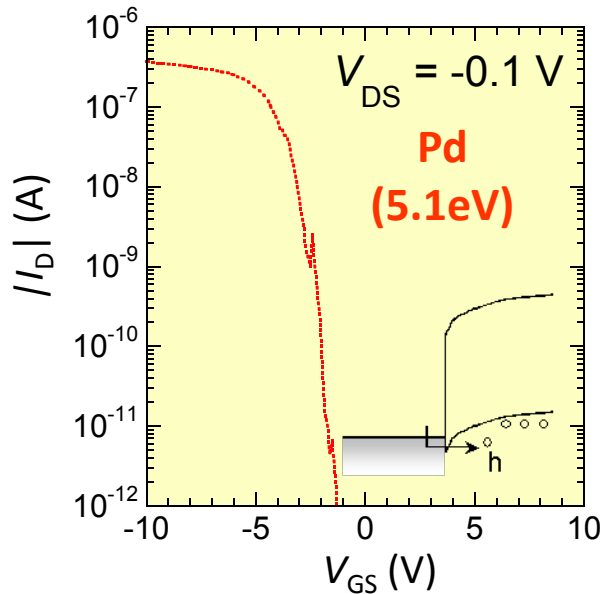
ゲート電圧: 正

(c) n channel

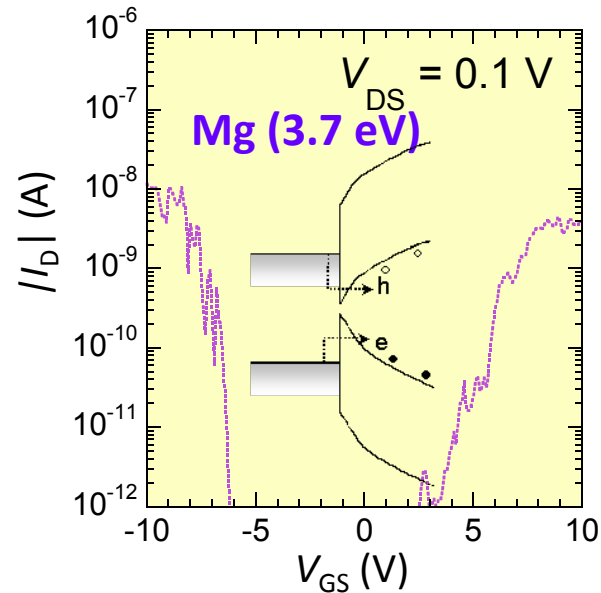
ショットキバリアトランジスタモデル
(IBM)

電極金属の仕事関数に依存した伝導型

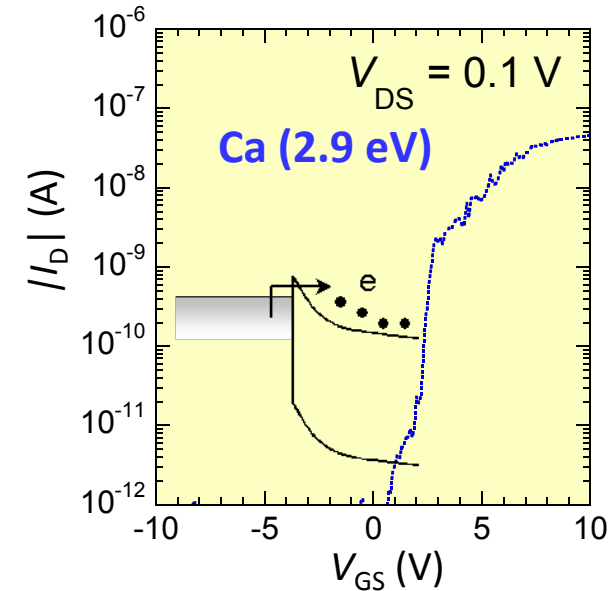
Nanotechnology, 2006 能生



仕事関数大:p型



仕事関数中:p型

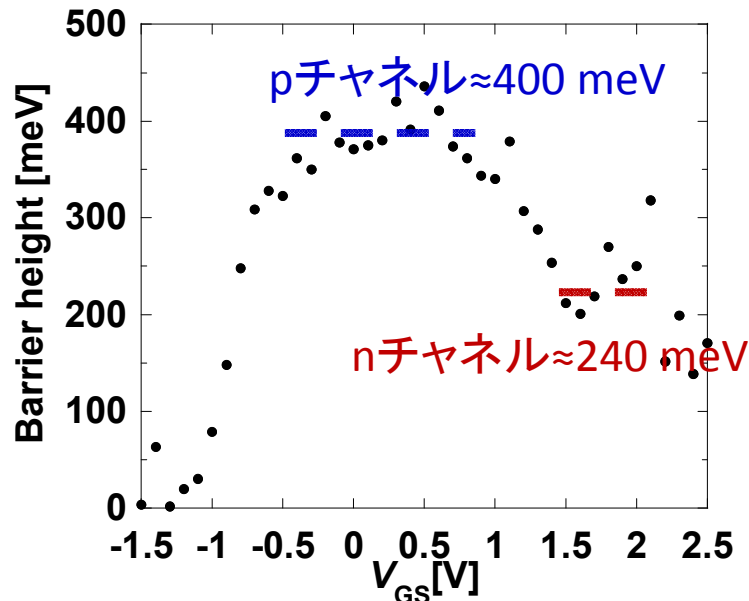
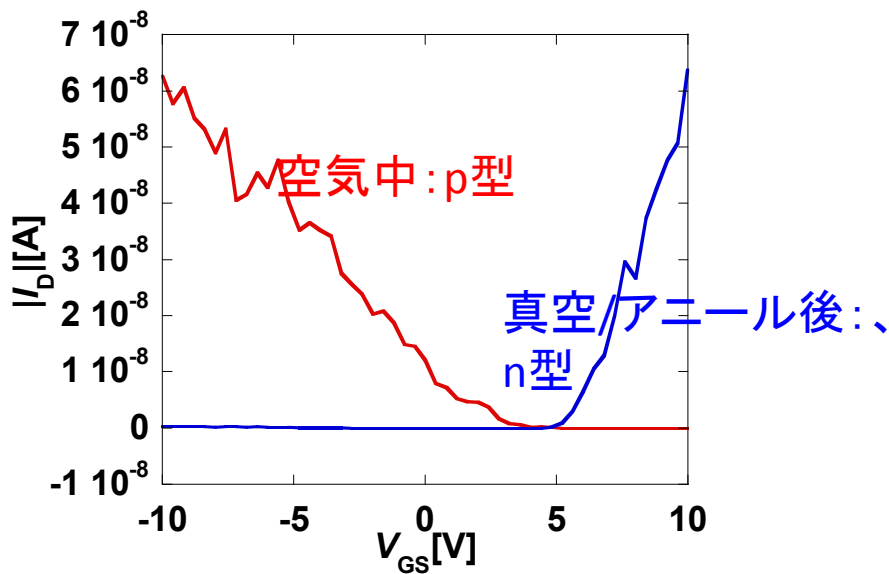


仕事関数小:n型

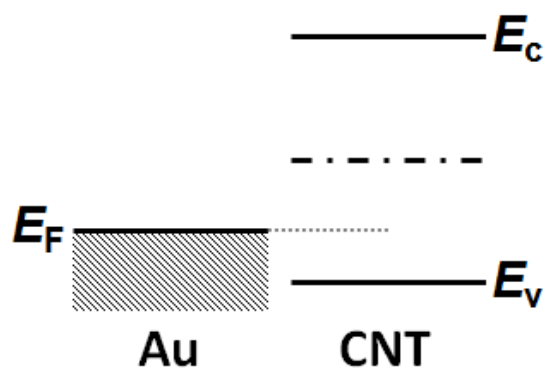
デバイス性能は最終的にはコンタクト抵抗が決める。
(すべてのデバイスに共通)

Auコンタクトによるn型伝導の実現

今枝 Jpn. J. Appl. Phys. 2012

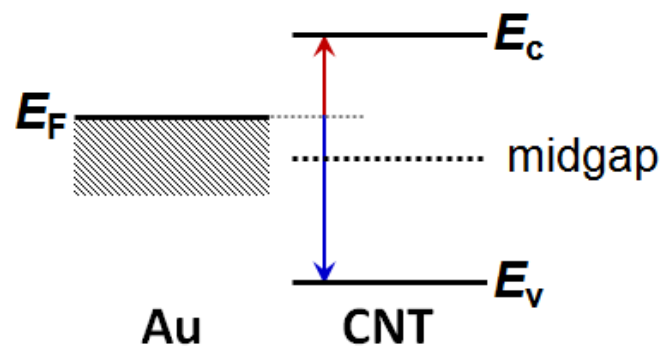


参考	Au	CNT
仕事関数(eV)	5.1	4.8



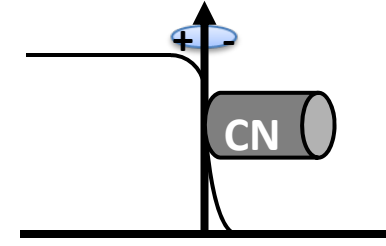
空気中

Auのフェルミレベルが伝導帯寄りになる



真空/アニール後
(酸素の影響除去)

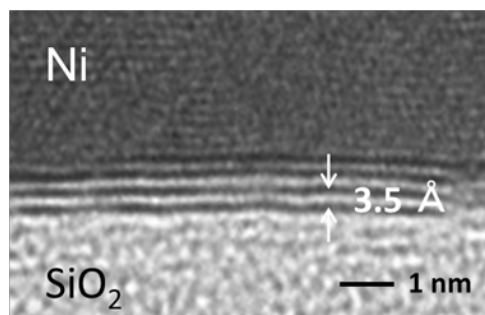
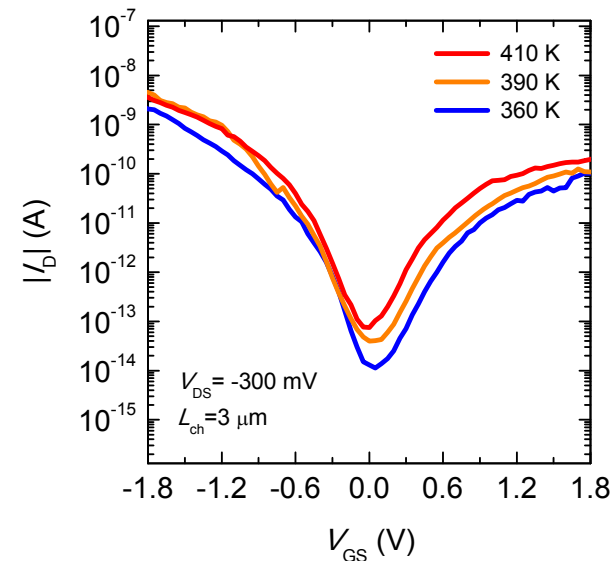
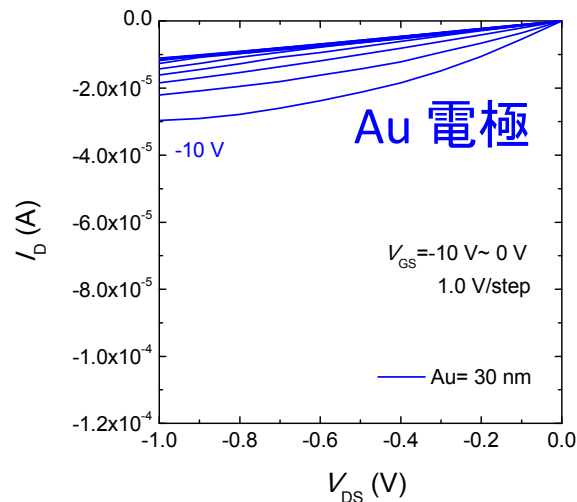
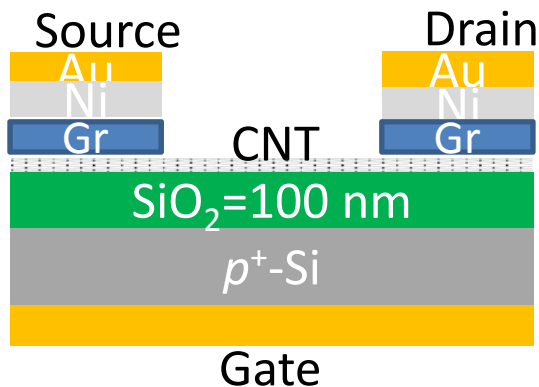
プッシュバック効果



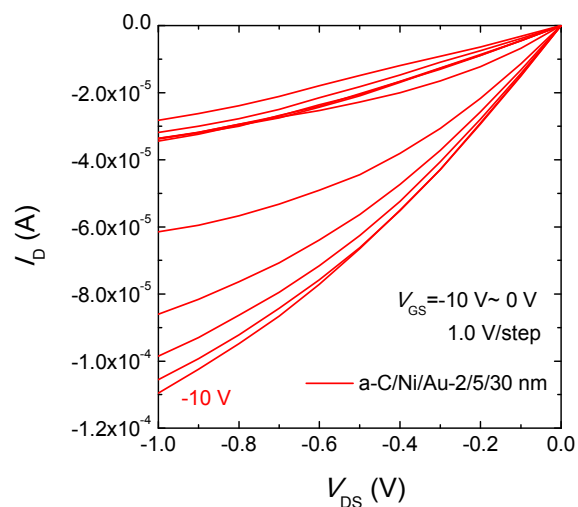
理論:
ファンデルワールス
引力(森川教授)

グラフェン電極によるコンタクト抵抗の 低減と伝導型の起源

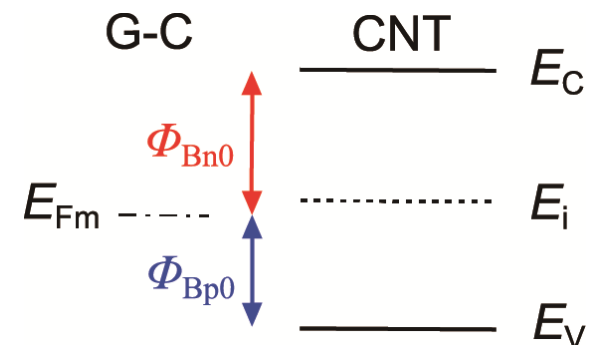
Appl. Phys. Lett., 2012
玉置



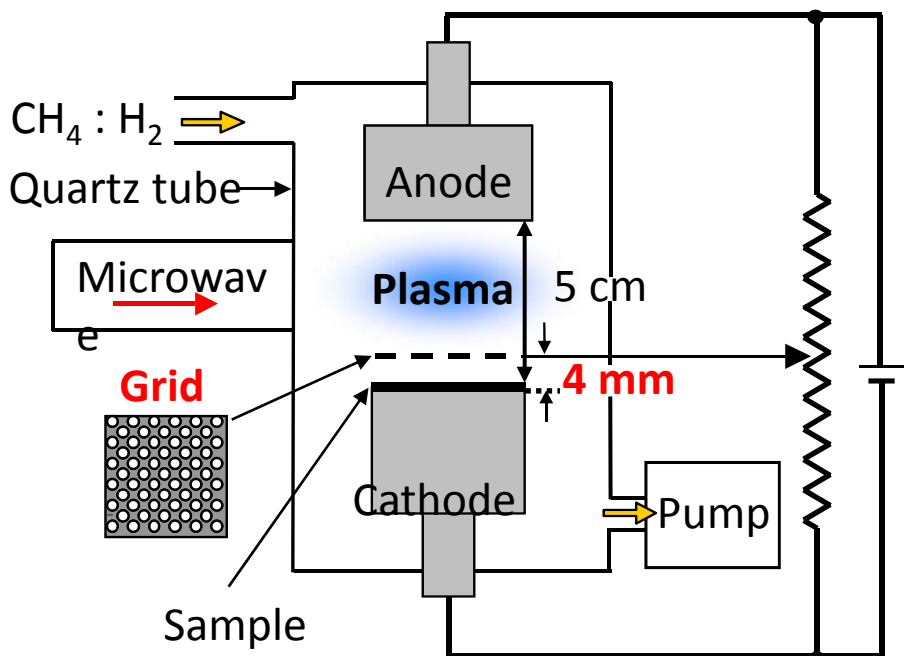
グラフェンの固相成長
(800°Cアニール)



グラフェン電極

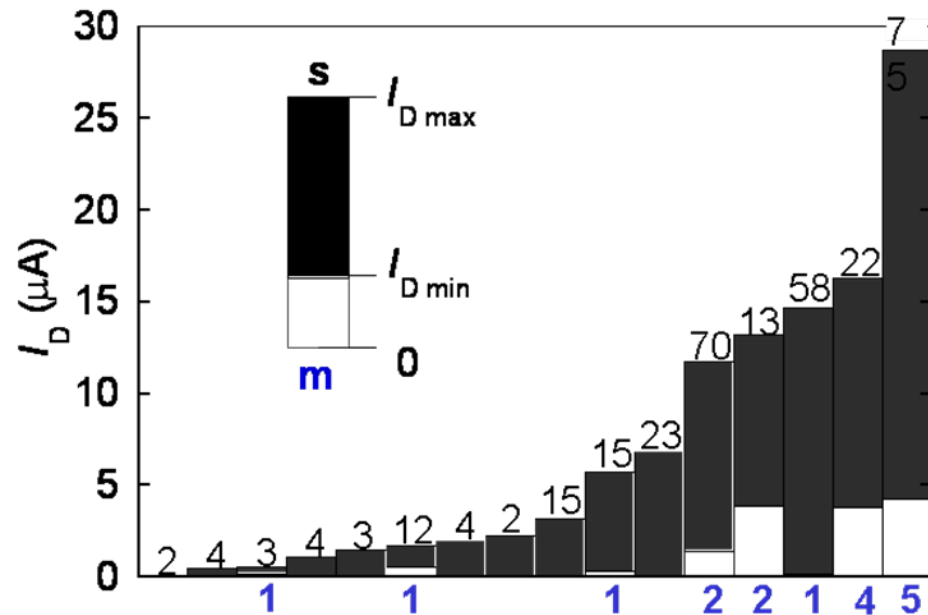


プラズマ気相成長を用いた 半導体的CNTの優先成長



グリッド挿入型プラズマCVD成長

損傷低減



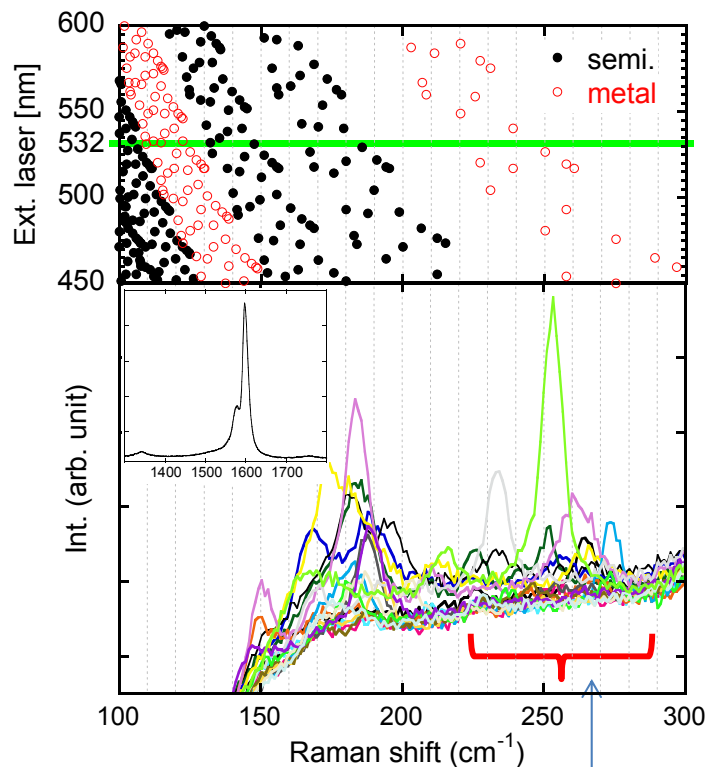
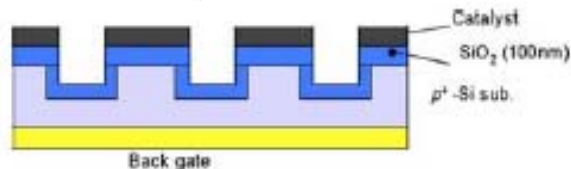
オフ電流の比率が非常に少ない

半導体的CNTの優先成長？

半導体的CNT優先成長のメカニズム

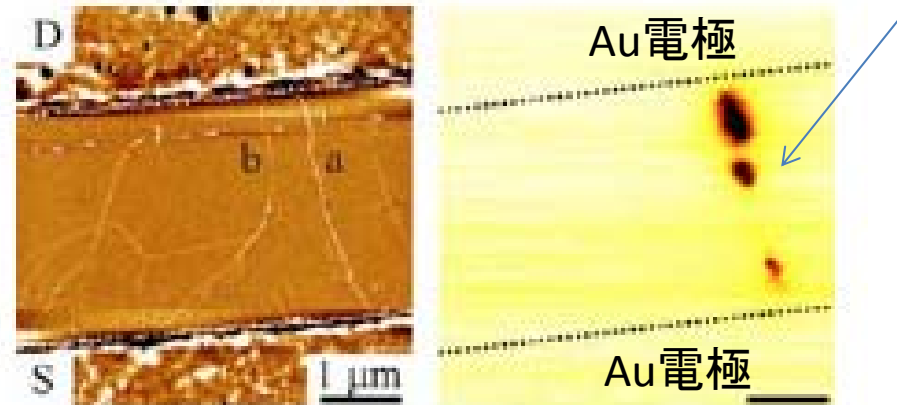
大中、沖川
J. Appl. Phys., 2009

架橋CNTを使ったラマン測定

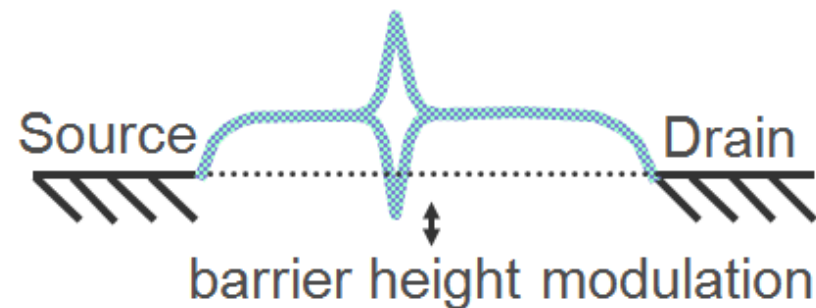


ラマンで金属CNTに対応した信号が見える

局所ゲート顕微鏡を使った電流変調像



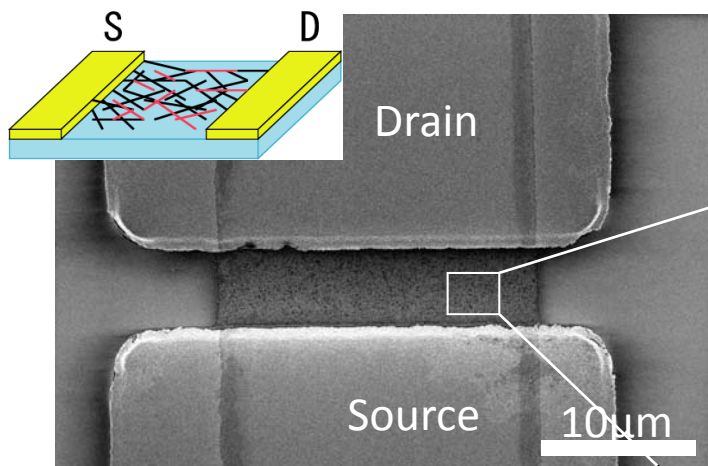
電極端で空乏層が形成されていない



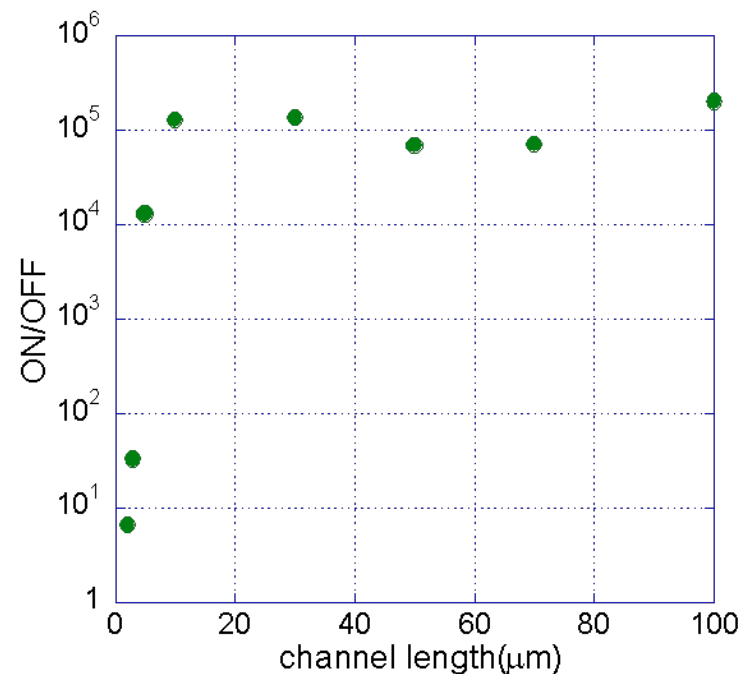
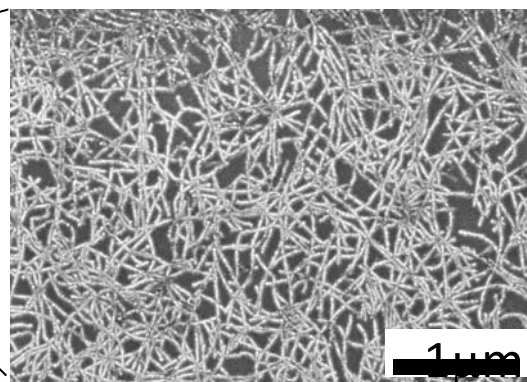
欠陥により生成された障壁が
ドレイン電流変調の起源

カーボンナノチューブ薄膜トランジスタ

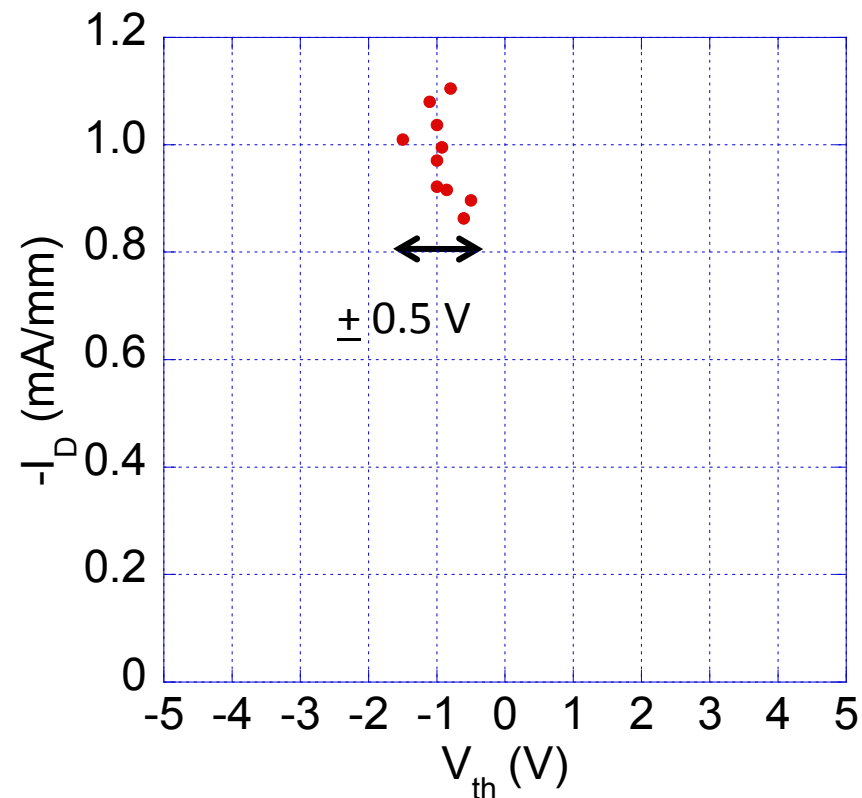
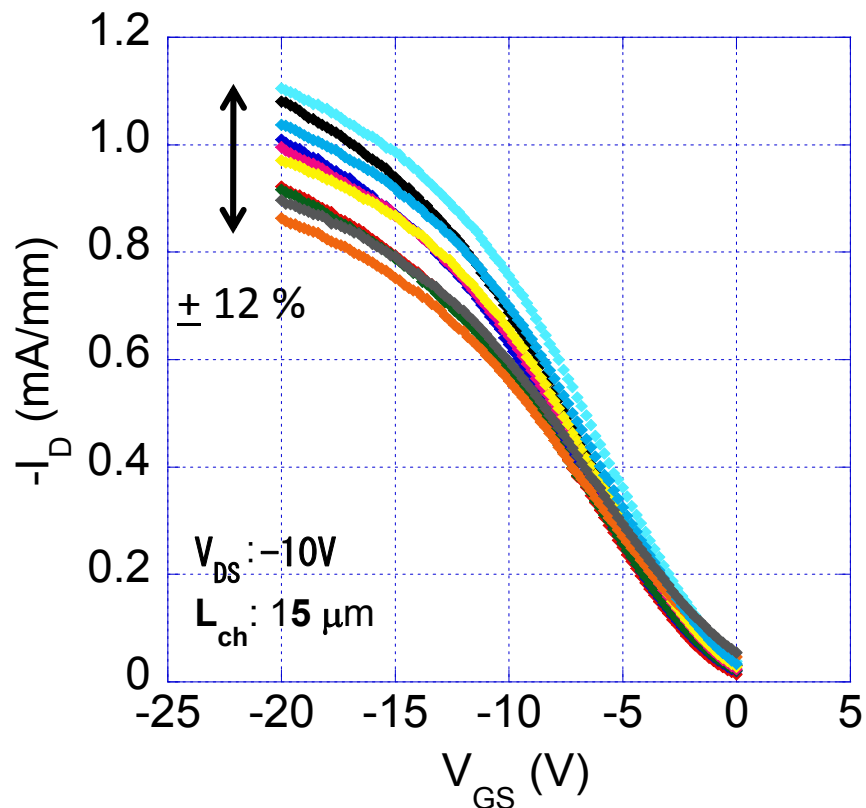
CNT密度が高く、
チャンネル長 $10\mu\text{m}$ と比較的短いにも関わらず
ドレイン電流のオン/オフ比は 10^5 と大きい。



薄膜トランジスタ



カーボンナノチューブ薄膜トランジスタの均一性



$I_D: \pm 10\%$

$V_{th}: -0.93 \pm 0.5$ V

10 CNTFETs

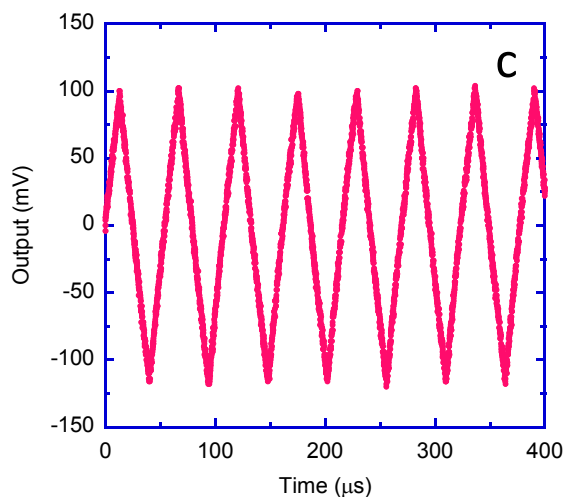
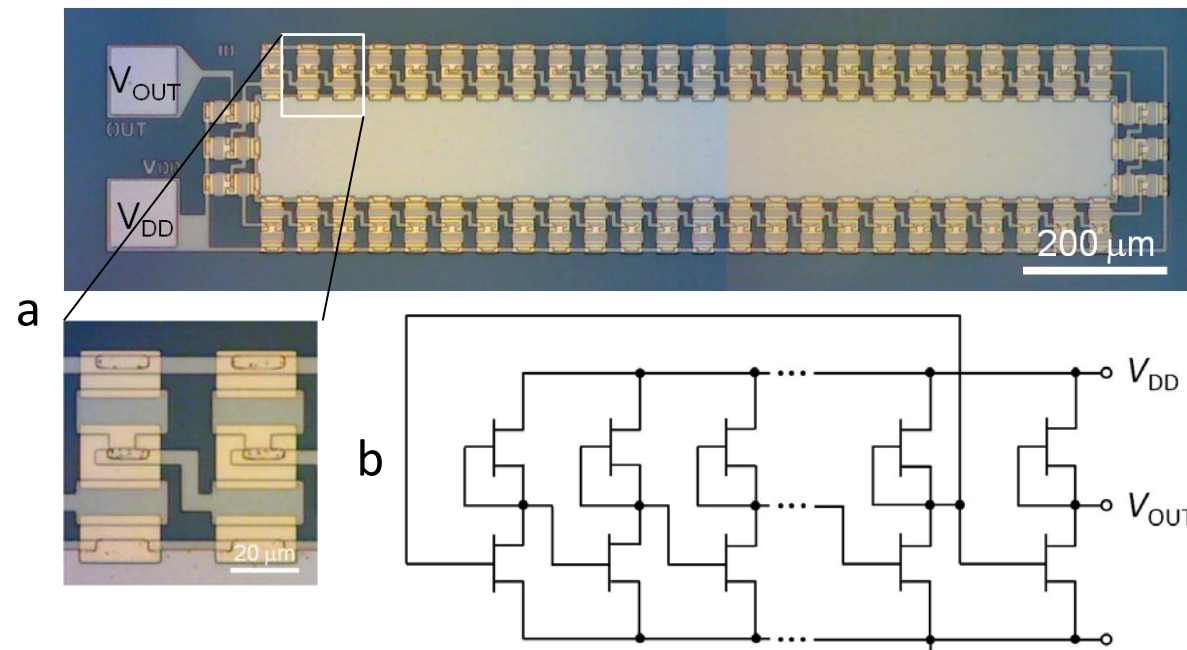
ばらつき: 単一ナノチューブを使ったトランジスタに較べるとはるかに小さい

CNT薄膜トランジスタ中規模集積回路(108トランジスタ) 53

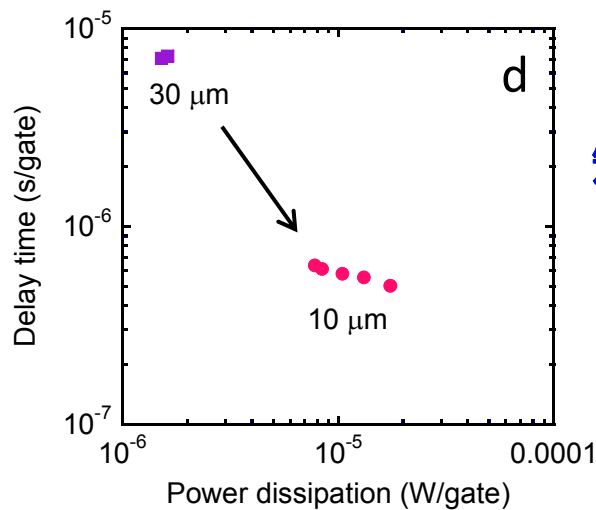
Appl. Phys. Express, 2010

沖川、小野

石英基板上
埋め込みバックゲート



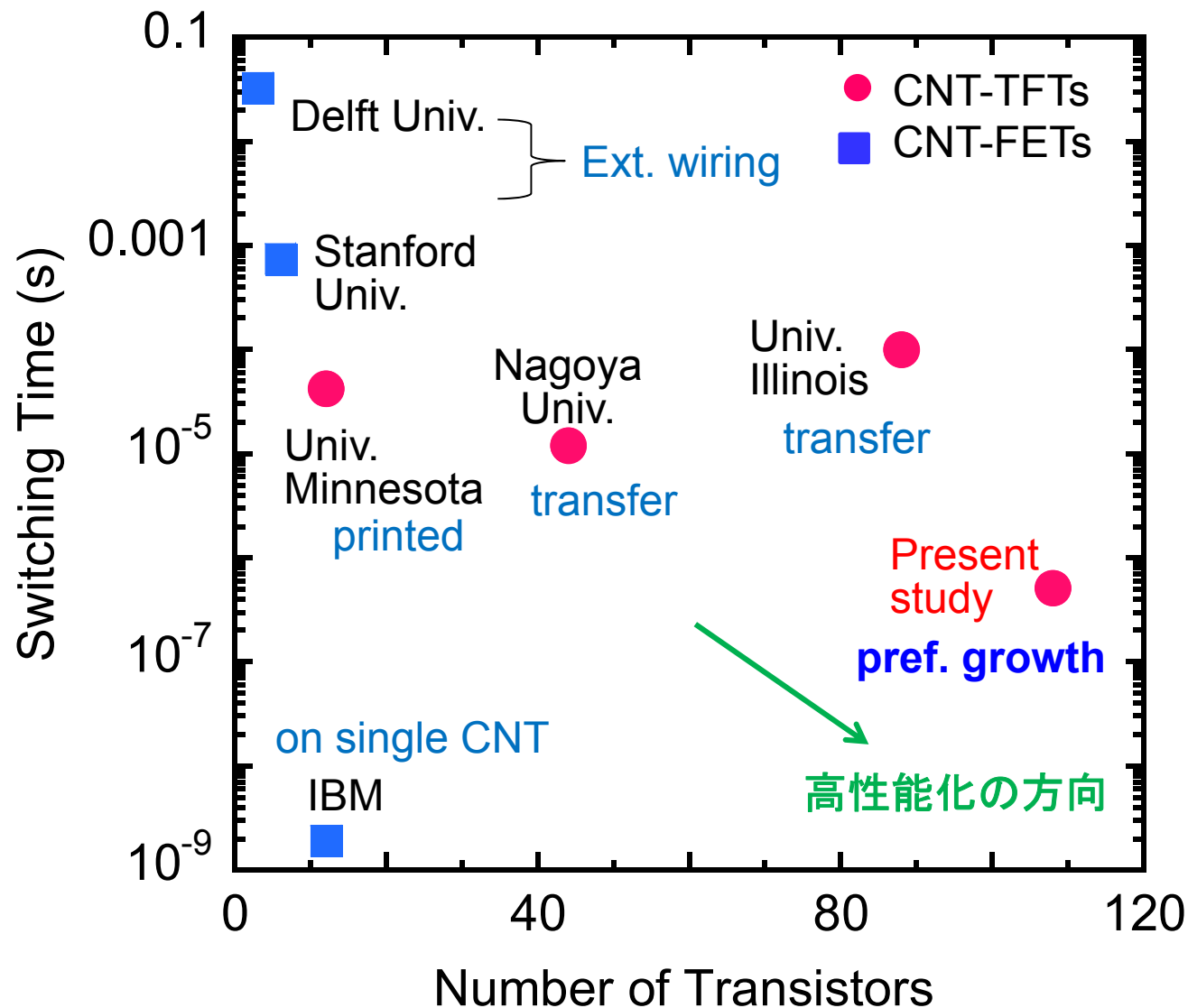
発振波形



遅延時間と消費電力の関係

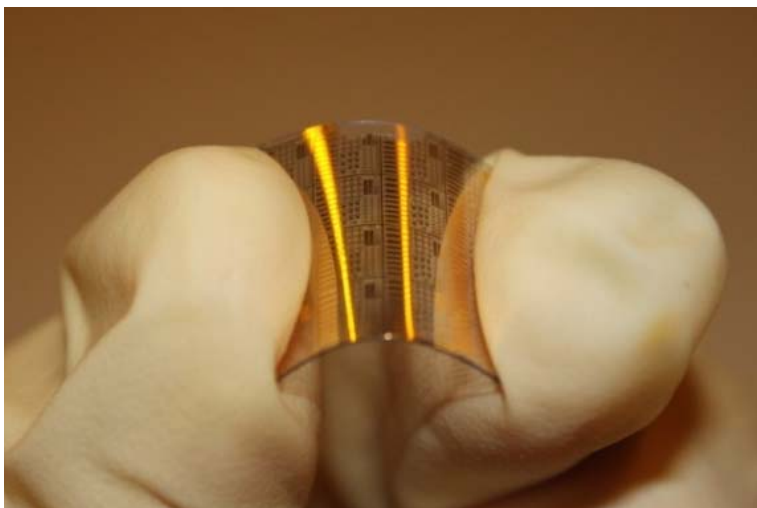
短チャネル化で高速動作
0.51 $\mu\text{s/gate}$

ナノカーボントランジスタ間での比較

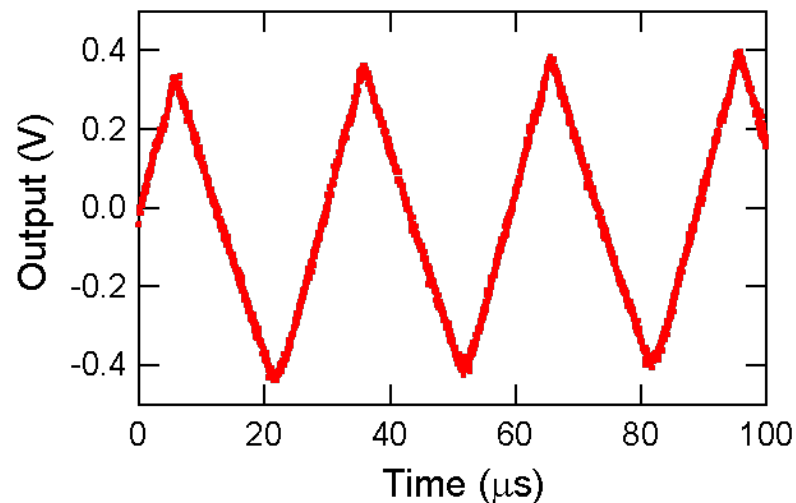


フレキシブル基板上に CNT薄膜トランジスタ集積回路を実現 CNTネットワークの転写技術の開発

石井、二宗



フレキシブルな(PEN)樹脂基板上に作製した集積回路



リング発振波形

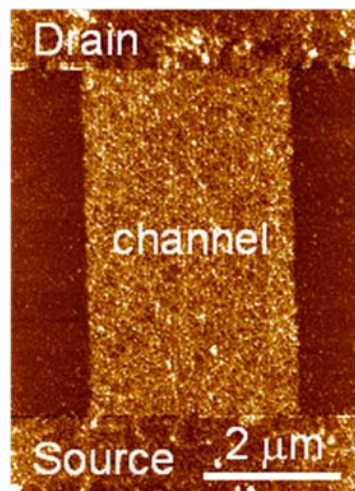
スピード: 1.4 μs/gate

チャンネル長: 10 μm

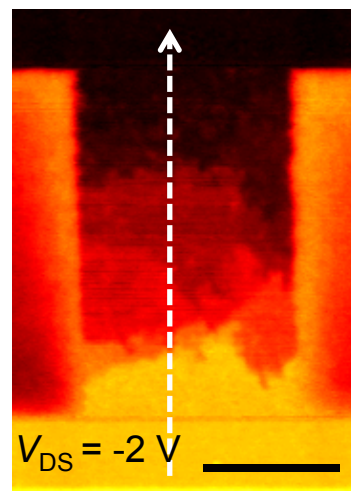
CNT薄膜トランジスタの 走査型プローブ顕微鏡を用いた評価・解析

沖川 Nanotechnology, 2011

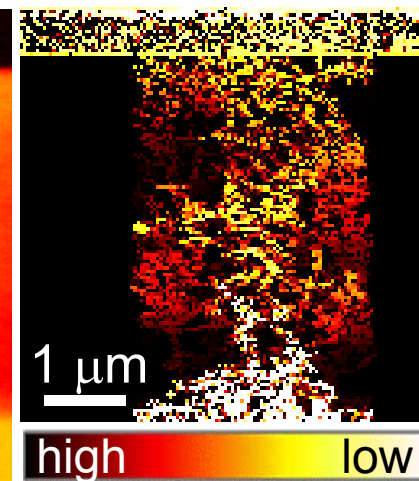
凹凸像



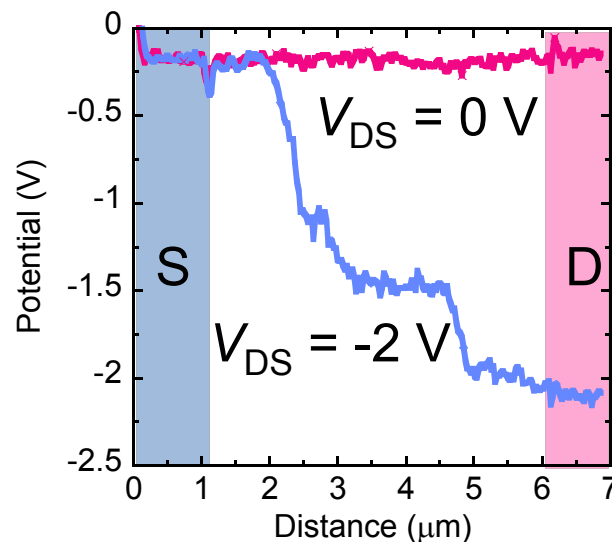
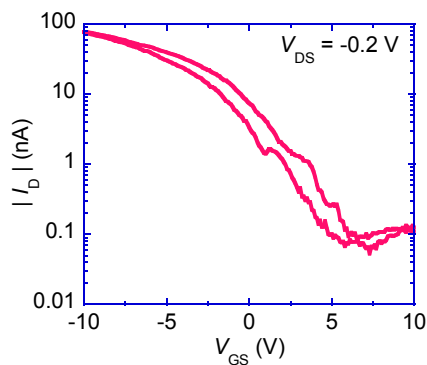
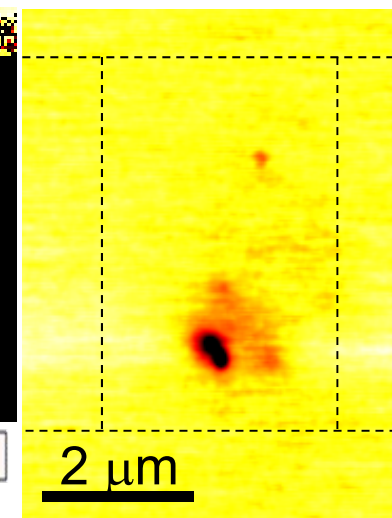
表面電位像



抵抗分布像



電流変調像

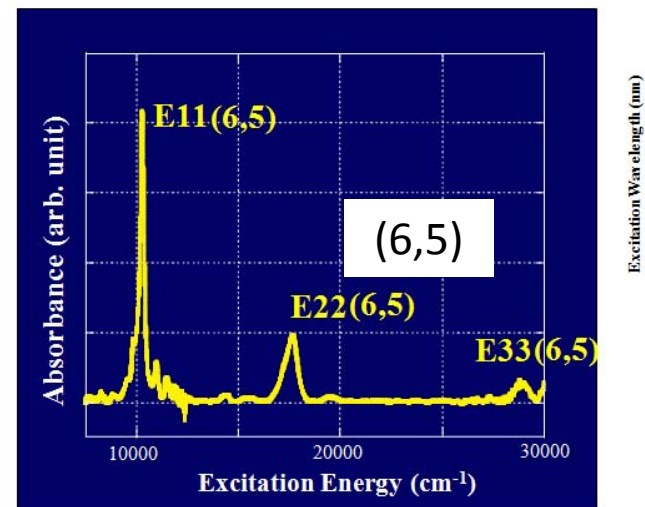
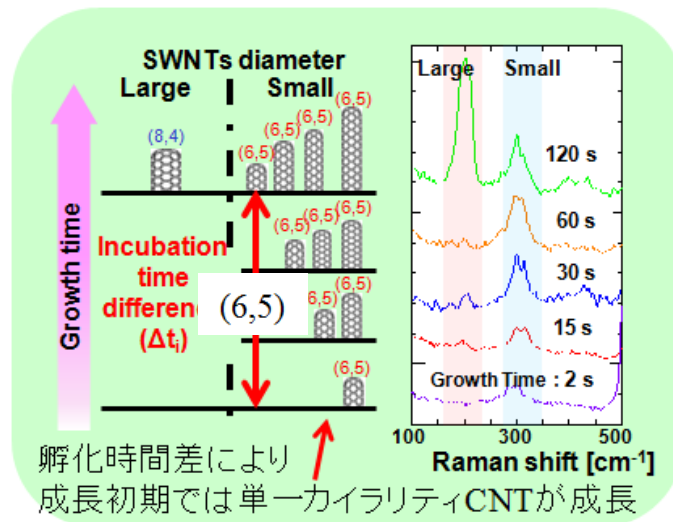
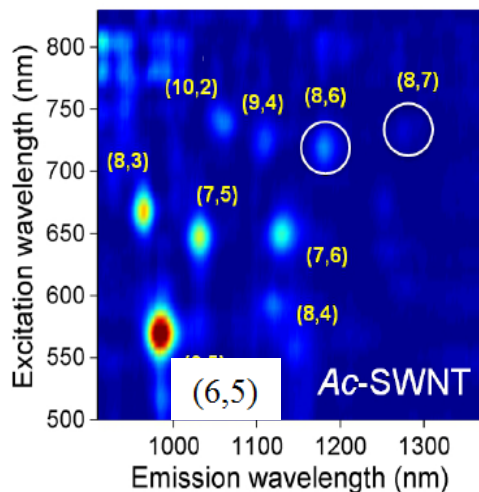


CNTチャネルは、オフに近い
状態では、島状になっている

半導体優先成長の必要性

機能性カーボンナノチューブの創製グループ

単一カイラリティ成長の可能性を 実証(成長法に依存せず)



熱CVD(東大 丸山教授)

プラズマCVD(東北大 畠山教授)

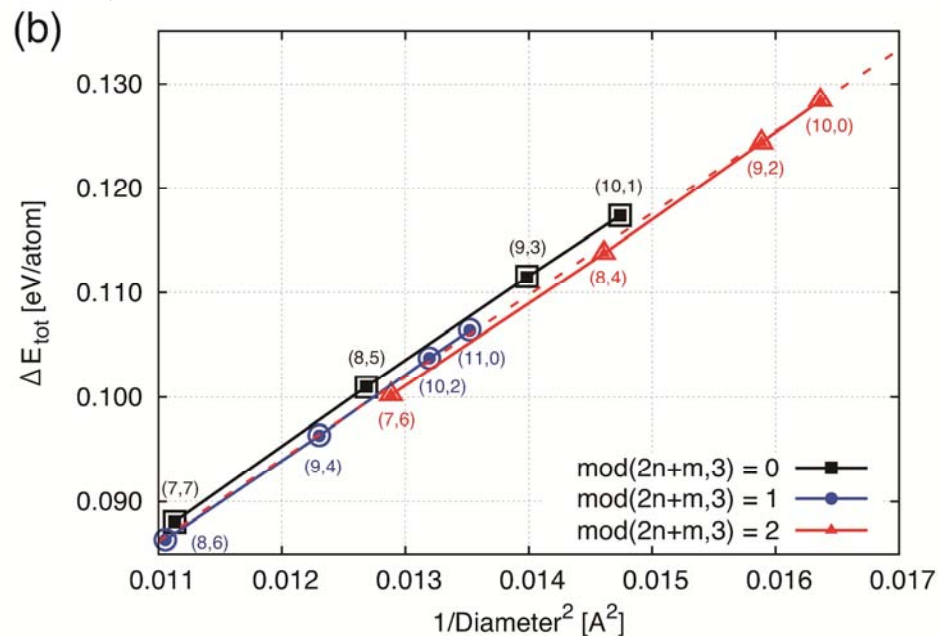
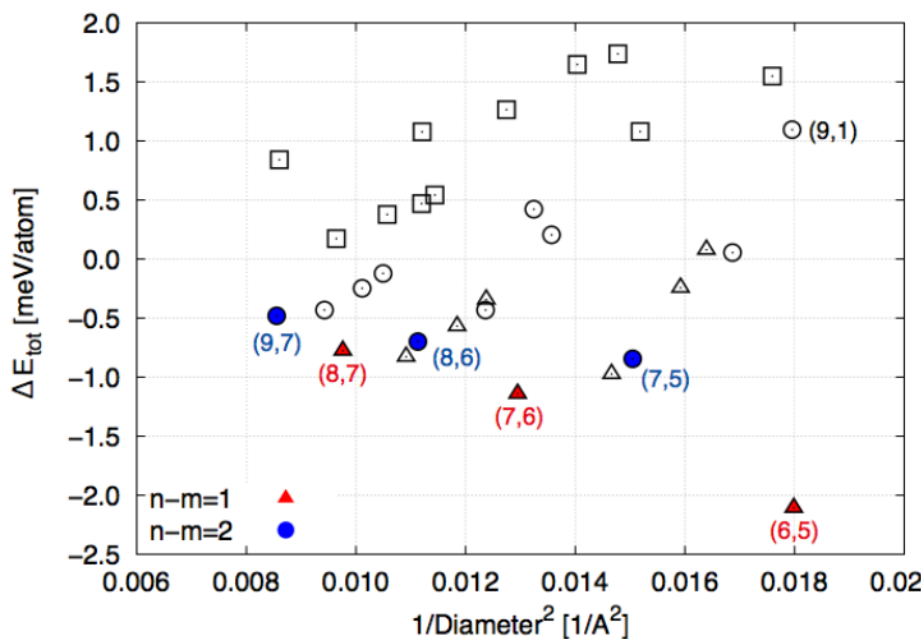
レーザ蒸発(首都大 阿知波教授)

phys. stat. sol. (b), (2012),
submitted

ACS Nano 4, 7395 (2010)

to be submitted

いずれの成長法でもニアアームチェア、特に(6,5)ナノチューブが優先的に成長(生成エネルギーの理論計算結果と合致)



K. Kato and S. Saito, Physica E. 43, 669 (2011)

縦軸: グラフェンに対する全エネルギー増加量(一原子当たり。ただし曲げによるエネルギー増加を差し引いてある。)

細いニアアームチューブが成長することが多い \Leftrightarrow 全エネルギーは太いほど小さい



全エネルギー以外に触媒粒径が関与?

他の要因は? (反応速度論: 反応バリア? (阿知波教授))

特定領域研究 (カーボンナノチューブ ナノエレクトロニクス)の代表を務めて

事後評価:A

結晶、評価、理論:様々な分野のすばらしい研究者と知り合いになれた。
デバイス以外の多くの分野の勉強をさせていただいた。

多くの方に支えていただいた:ありがとうございます。

磯輪祐子さん

補足: いくつかの研究分担者になっている。



科研費/競争的資金の審査員をやって感じたこと

内容のすぐれたものは、簡潔でアピール点がはっきりしている。

内容の乏しいものほど、たくさん書いてある傾向。
アピール点がはっきりしない。

専門の近い人が審査が審査するとは限らない。
早い段階で審査員の心をいかにつかむか？

最期まで読んでようやくポイントが掴める書き方は損

参考: IEEE Fellowの審査

Nominee
Nominator
Reference



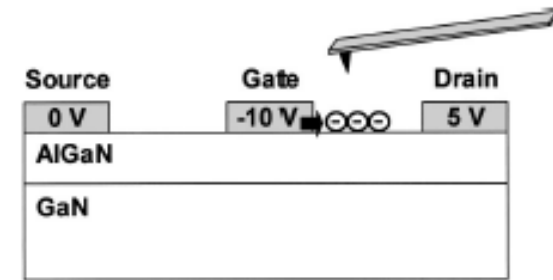
Evaluator → Nomination committee

IEEE Electron Device Letterの Editor(2003~2006) を やって感じたこと

世界的に著名な人は査読を依頼してもやってくれないことが多い。
査読者候補には忙しそうな著名人を挙げない方が良い。

外国の人は査読判定に反論してくる比率が高い。

アジア系の方は古いテーマで現在はあまりやられていないテーマの研究結果を投稿してくる比率が高い。



Surface potential measurements of AlGaN/GaN high-electron transistors by Kelvin probe force microscopy

Kohei Nakagami, Yutaka Ohno, Shigeru Kishimoto,
Koichi Maezawa, and Takashi Mizutani^{a)}

*Department of Quantum Engineering, Nagoya University, Furo-Cho, Chikusa-ku,
Nagoya 464-8603, Japan*

(Received 12 May 2004; accepted 28 October 2004)

英会話能力を向上させよう

反省:

知っていることは理解できるが、知らないことは理解できない。
国際会議等での情報収集がままならない。



Schlachetzkiさんと議論



Rainaさんとテニス

私の英会話学習

学生時代: ラジオ英会話、英語の歌

1975: **Andreas Schlachetzki**: NTT初の交換研究員(当時独郵電省、現Braunschweig Univ.教授)

1977~1978?: Rainaさん(英会話講師)

1985~1986?: Aprilさん(英会話講師)

1987: **Jesus A. del Alamo**: NTT初の外国人社員(現MIT教授)

1992: Steffen Koch: ポスドク(現ドイツ外務省?)

1993: Kevin J. Chen: ポスドク(現 香港科学技術大学教授)

若い人へのアドバイス:

習うより慣れろ

ともかく続けること。

正確な英語を話そうと思わないこと。

英会話能力を向上させよう

反省:

知っていることは理解できるが、知らないことは理解できない。
国際会議等での情報収集がままならない。

私の英会話学習

学生時代: ラジオ英会話、英語の歌

1975: **Andreas Schlachetzki**: NTT初の交換研究員(当時独郵電省、現Braunschweig Univ.教授)

1977~1978?: Rainaさん(英会話講師)

1985~1986?: Aprilさん(英会話講師)

1987: **Jesus A. del Alamo**: NTT初の外国人社員(現MIT教授)

1992: Steffen Koch: ポスドク(現ドイツ外務省?)

1993: Kevin J. Chen: ポスドク(現 香港科学技術大学教授)

若い人へのアドバイス:

習うより慣れろ

ともかく続けること。
正確な英語を話そうと
思わないこと。



Schlachetzkiさんと議論



Rainaさんとテニス

外国人向けの話題ネタを持とう

日本文化と英会話(一石二鳥)



角隠し(花嫁): **Hiding horn of jealousy**
夫への従順・献身を表す。

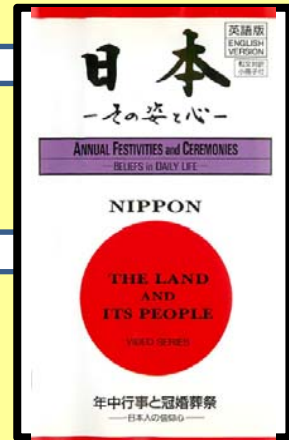
酒と精米歩合: 大吟醸: 50%, 吟醸: 60%, 本醸造: 70%以下,
食用の白米: 90% **rice polishing**

象嵌細工: 象: かたどる、嵌: はめる
金属、木、陶等に溝を掘り、そこに金箔や銀箔、
貝などを埋め込み模様、絵を描いて作った工芸品
damascene, inlay

螺鈿: 象嵌細工の中で貝を埋め込んだもの

参考: 金工象嵌は、シリアのダマスカスで生まれ、
シルクロード経由で飛鳥時代に日本に伝わった。

ダマシン
プロセス: 層間絶縁膜中に配線形状の溝を形成し、
銅などの金属を埋め込みます技術。



japan-guide.com

若い人へ: コミュニケーション能力を高めてください

プレゼンテーション能力は必要条件であって十分条件ではない。

コミュニケーション: 双方向

理解する能力、
伝える能力、
伝えるべきものを持っていること。

水谷研のささやかな自慢:

M1中間発表/研究室でのリハーサルなし

自主的に仲間、先輩の前で練習、相互にアドバイス

(リハーサルをやらない方が成績が良かった。)

4月の自己紹介、ベストプレゼンテーション賞

謝辞

これまでの御支援、御指導に心より感謝いたします。
ありがとうございました。

学生のみなさん。

若いエネルギーを分け与えてくれてありがとうございました。