

# 進捗報告

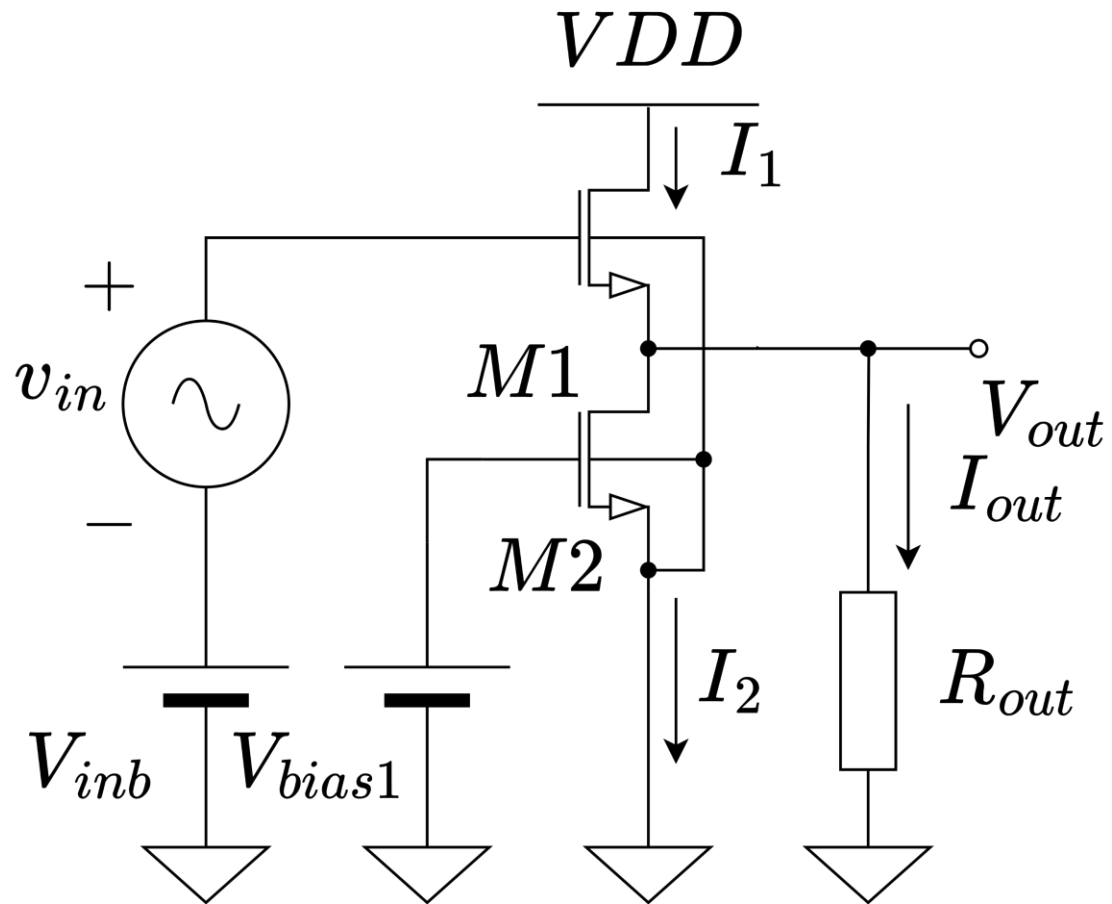
2023/06/26 小島 光

# 前回までの課題

- $K$ の値がチャネル幅・チャネル長によって変化  
⇒使用するチャネル幅、チャネル長付近で再評価
- $g_d - L$ 特性の最小二乗近似が間違っていそう  
⇒以前とは別の方法で再度近似を行ってみる
- $K$ の値を見直してバッファを再設計する必要がある

Process : rohm 0.18  $\mu\text{m}$

# 前回の設計での直流解析



## 目標値

	L[m]/W[m]/M	W/L ratio	gm[S]	gd[S]
M1	1 u/6.8 u/10	68	20 m	0
M2	1 u/21.5 u/40	860		0
I1	3.4432 mA		Vout	112.6 mV
I2	1.1912 mA		Vinb	900 mV
Iout	2.252 mA		Vbias1	500 mV

## シミュレーション

	L[m]/W[m]/M	W/L ratio	gm[S]	gd[S]
M1	1 u/6.8 u/10	68	1.147 m	75.71 u
M2	1 u/21.5 u/40	860	8.437 m	8.583 m
I1	1.557 mA		Vout	45.94 mV
I2	638.2 uA		Vinb	900 mV
Iout	918.7 uA		Vbias1	500 mV

# 前回の設計での直流解析

$M_1$  の  $g_m$  が計算値よりも低い



$I_{out}$  に  $I_1$  が引っ張られる



$M_1$  の  $V_{gs}$  が大きくなる



$V_{out}$  の電位が下がる



$M_2$  が非飽和になる



$M_2$  の  $g_d$  が大きくなる

## 目標値

	L[m]/W[m]/M	W/L ratio	gm[S]	gd[S]
M1	1 u/6.8 u/10	68	20 m	0
M2	1 u/21.5 u/40	860		0
I1	3.4432 mA		Vout	112.6 mV
I2	1.1912 mA		Vinb	900 mV
Iout	2.252 mA		Vbias1	500 mV

## シミュレーション

	L[m]/W[m]/M	W/L ratio	gm[S]	gd[S]
M1	1 u/6.8 u/10	68	1.147 m	75.71 u
M2	1 u/21.5 u/40	860	8.437 m	8.583 m
I1	1.557 mA		Vout	45.94 mV
I2	638.2 uA		Vinb	900 mV
Iout	918.7 uA		Vbias1	500 mV

# 前回の設計での直流解析

$M_1$  の  $g_m$  が計算値よりも低い



$I_{out}$  に  $I_1$  が引っ張られる



$M_1$  の  $V_{gs}$  が大きくなる



$V_{out}$  の電位が下がる



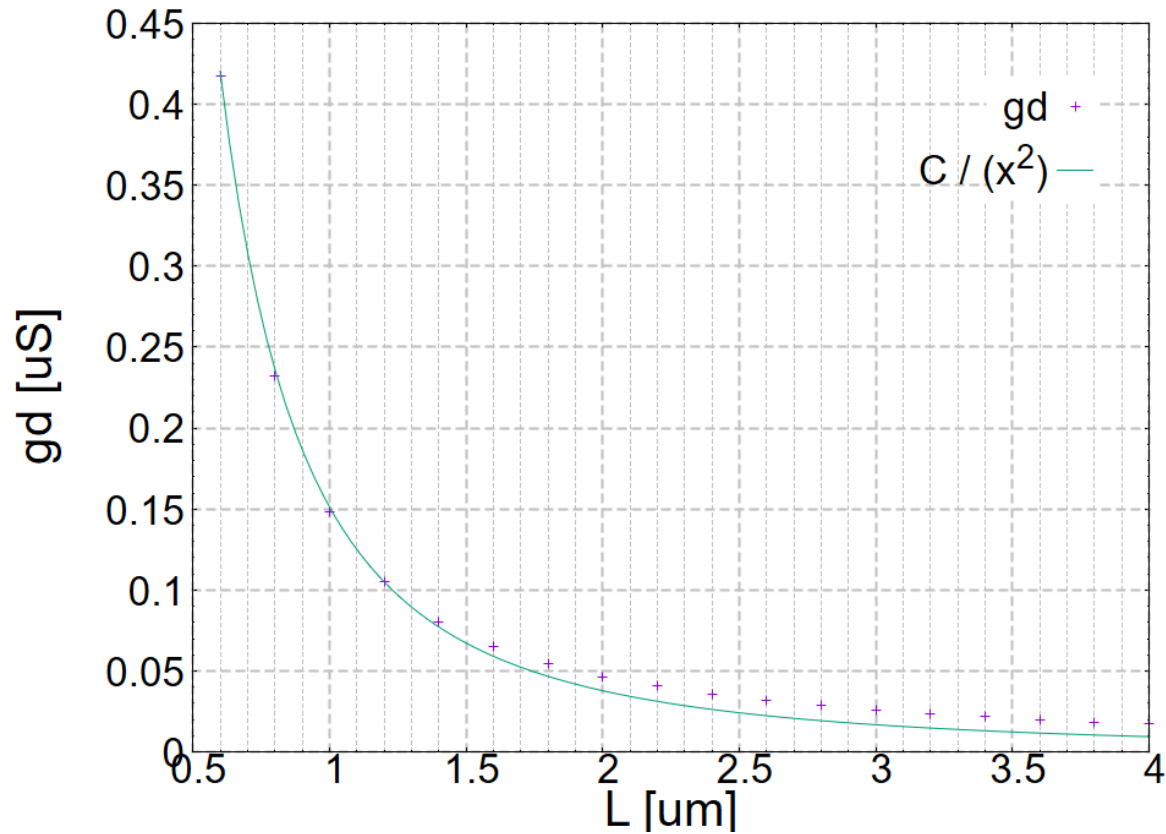
$M_2$  が非飽和になる



$M_2$  の  $g_d$  が大きくなる

動作点付近での  $M_1$  の  $K$  を再度推定  
 $M_1$  での  $V_{gs}$  を再設計する

# $K$ の再推定



左の曲線はチャネル幅が $1 \mu m$ 時のドレインコンダクタンスーチャネル長特性

以前の研究では $K$ が $100 \mu S/V$ は超えていた。  
⇒チャネル長は $0.54 \mu m$ 程度でもドレインコンダクタンスは十分無視できる。  
仮でチャネル長は  $0.54 \mu m$  とした。

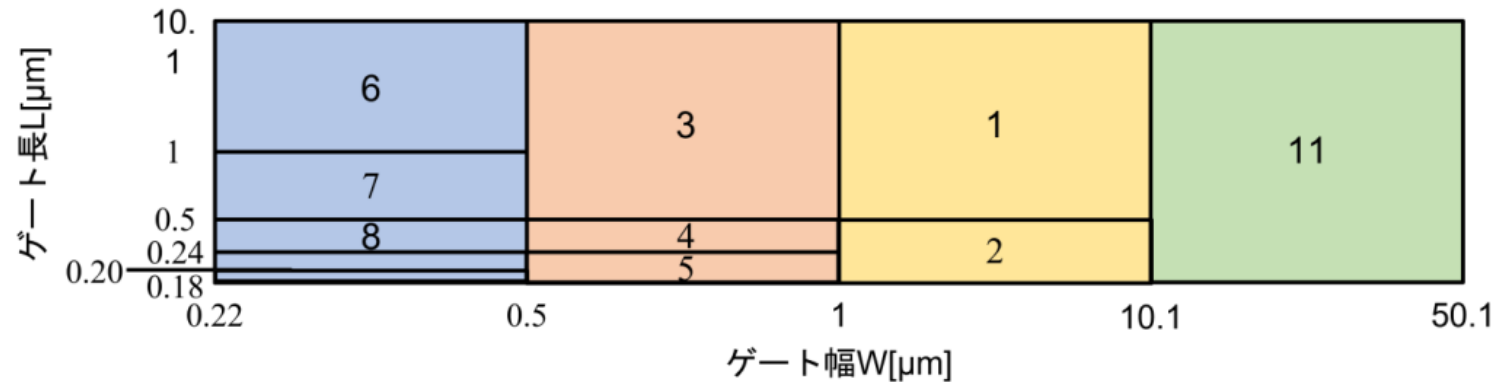
# $K$ の再推定

安藤さんの中間報告からチャネル幅が $10.1\text{ }\mu\text{m}$ を超えるように設計すればモデルの変わり目(信頼性の低い点)を使わないで設計を行える

ゲート長： $0.54\text{ }\mu\text{m}$ (固定)

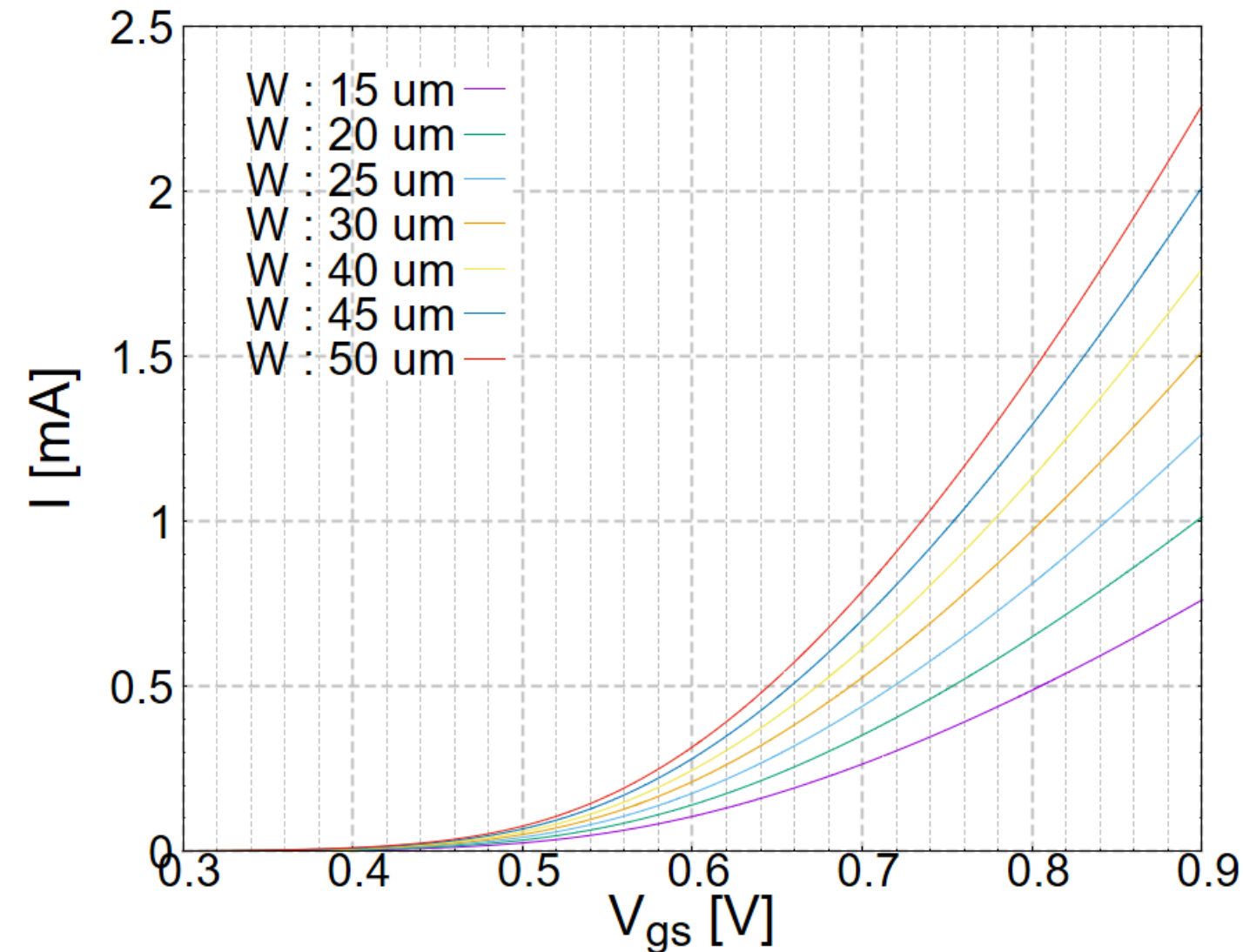
ゲート幅： $10.1\text{ }\mu\text{m} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$

でゲート幅を変えて $K$ を推定する



安藤さんの中間報告スライドより引用

# $K$ の再推定



シミュレーション条件

チャネル長 :  $0.54 \mu\text{m}$  (固定)

チャネル幅

:  $15 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$  (step :  $5 \mu\text{m}$ )

並列数 : 1

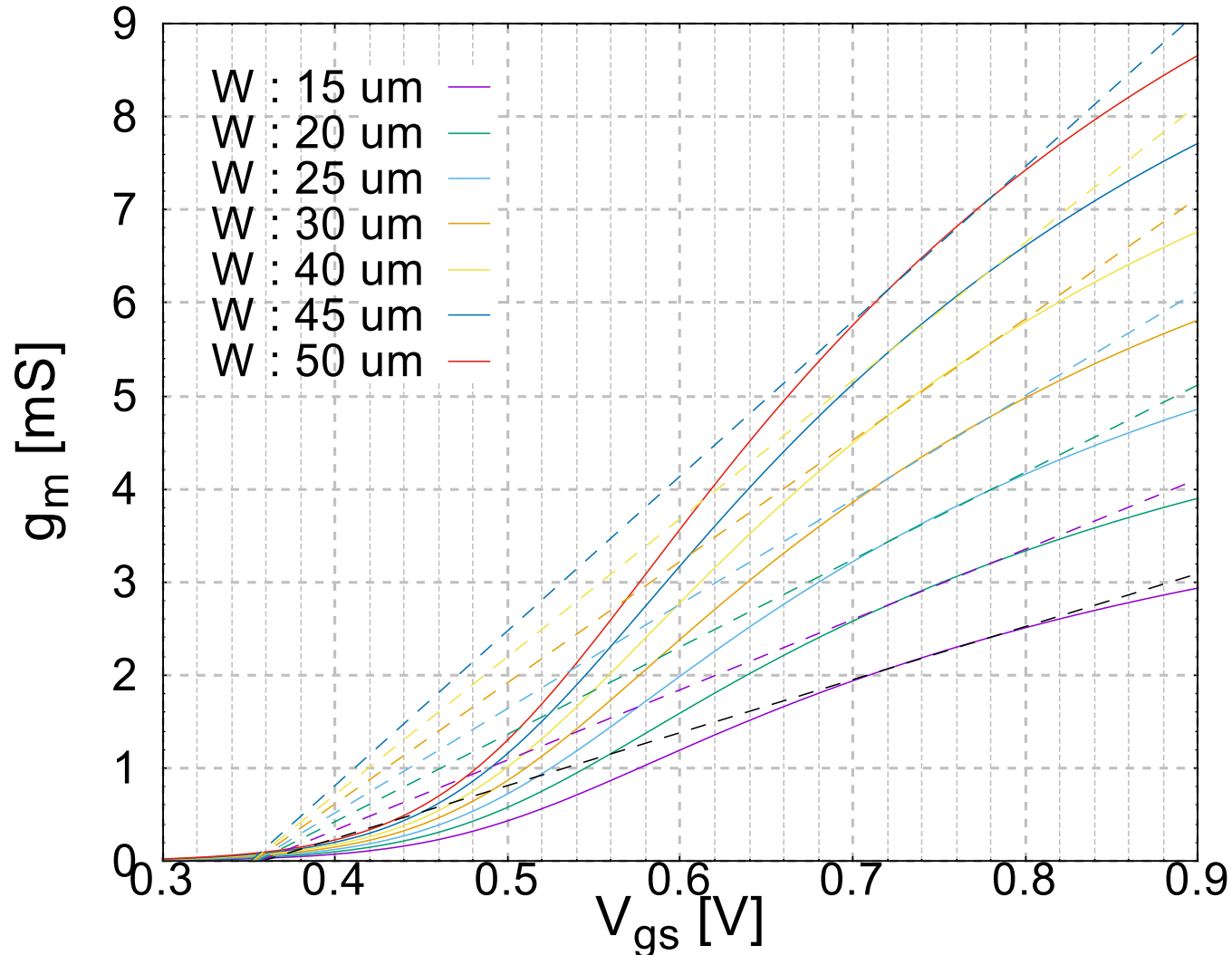
バルクソース間電圧 :  $0 \text{ V}$

ドレインソース間電圧 :  $1.8 \text{ V}$

excelでデータを処理し、  
 $g_m - V_{gs}$ 特性を次のスライド  
に掲載する



# $K$ の再推定



$g_m - V_{gs}$  特性の

$V_{gs} = 0.70 \sim 0.80 \text{ V}$  の範囲(前回の計算結果から最適と思われる動作点の周辺)で線形近似をした。

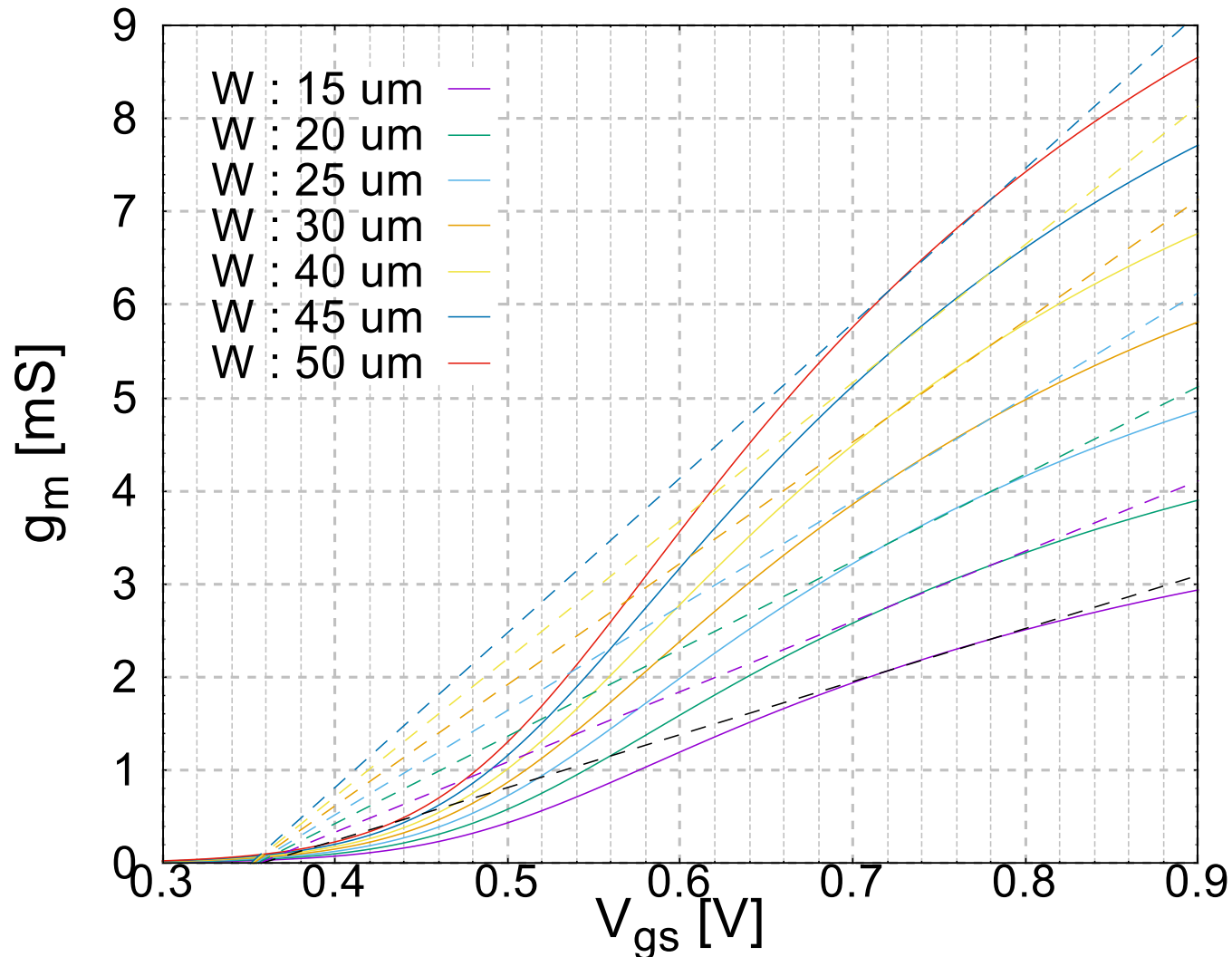
$$g_{m1} = \frac{\mu C_{ox}}{2} \cdot \frac{W_1}{L_1} \cdot \{v_{gs} - V_{th1}(V_{sb})\}$$

なので、近似直線の傾きは

$$\frac{\mu C_{ox}}{2} \cdot \frac{W_1}{L_1}$$

である。

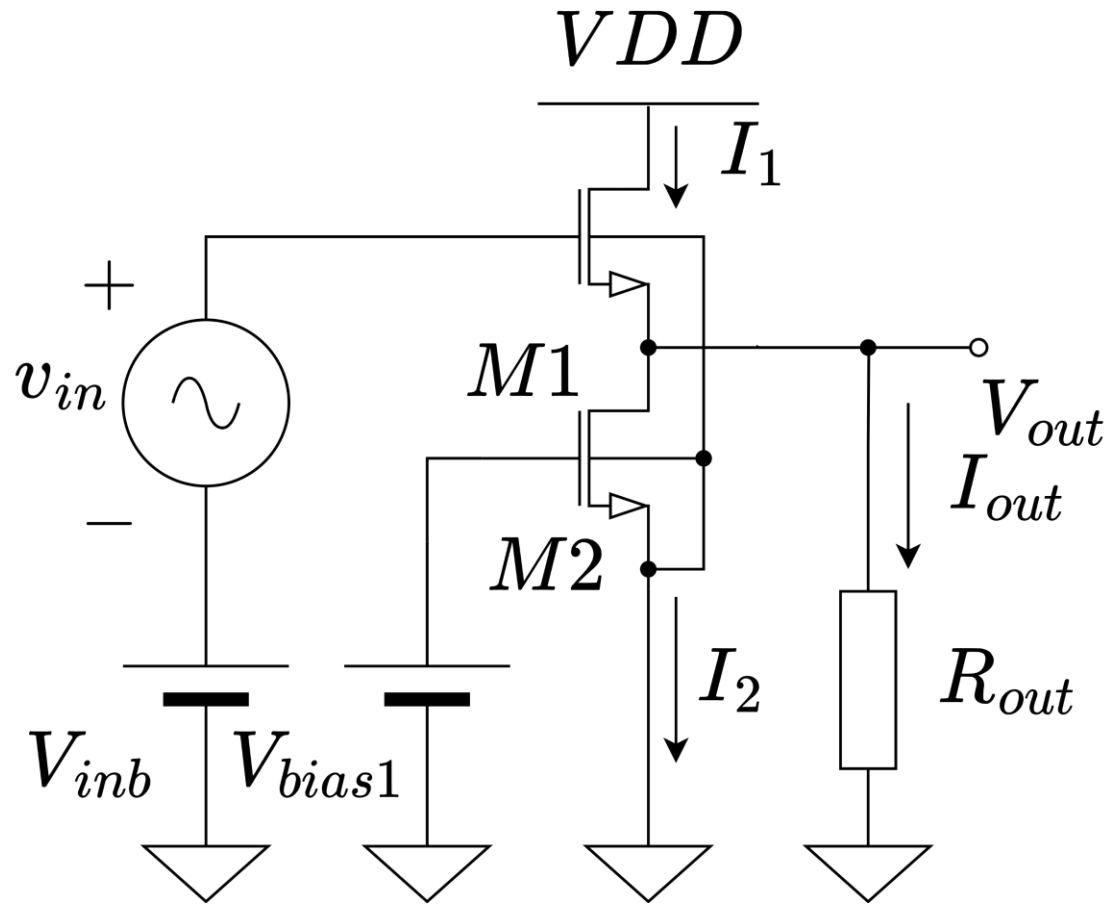
# $K$ の再推定



slope	L	W	K
5.6960.E-03	5.400.E-07	1.500.E-05	2.051.E-04
7.5493.E-03	5.400.E-07	2.000.E-05	2.038.E-04
9.3872.E-03	5.400.E-07	2.500.E-05	2.028.E-04
1.1212.E-02	5.400.E-07	3.000.E-05	2.018.E-04
1.3027.E-02	5.400.E-07	3.500.E-05	2.010.E-04
1.4831.E-02	5.400.E-07	4.000.E-05	2.002.E-04
1.6627.E-02	5.400.E-07	4.500.E-05	1.995.E-04
ave.			2.020.E-04

したがって今回は  
 $K \equiv 202 \mu\text{S/V}$   
とした。

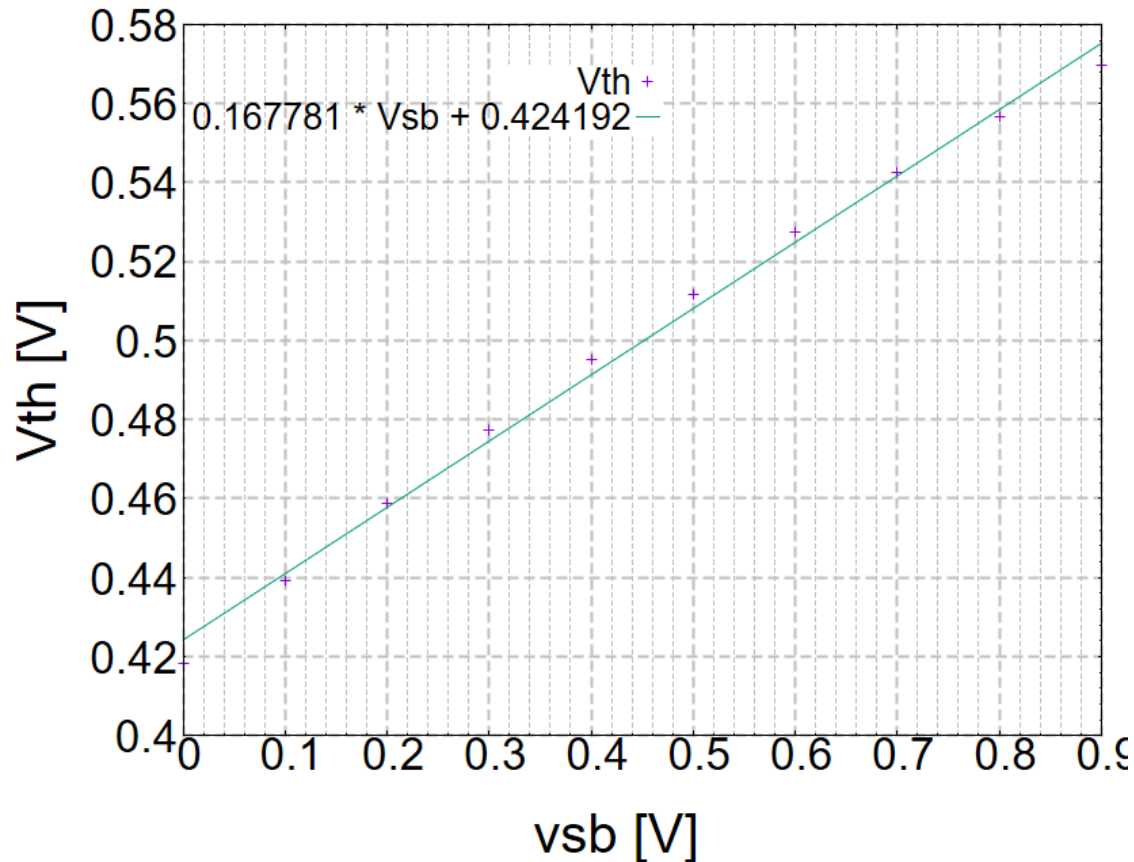
# 別の要因



$K$ の値以外で考えられる要因を探した。

前回設計した素子値でのシミュレーションにおいて、直流解析を行うとしきい電圧は484.8 mVとなっていた。

# しきい電圧



$$V_{th}(V_{sb}) = 0.167781 \cdot V_{sb} + 0.424192$$
$$\equiv A \cdot V_{sb} + V_{th0}$$

以前の研究でしきい電圧は1次式で表せるとした。

シミュレーション時のバルクソース間電圧は出力電圧に等しいので、この式より

$$V_{th}(0.04594) = 0.4318 \dots V$$

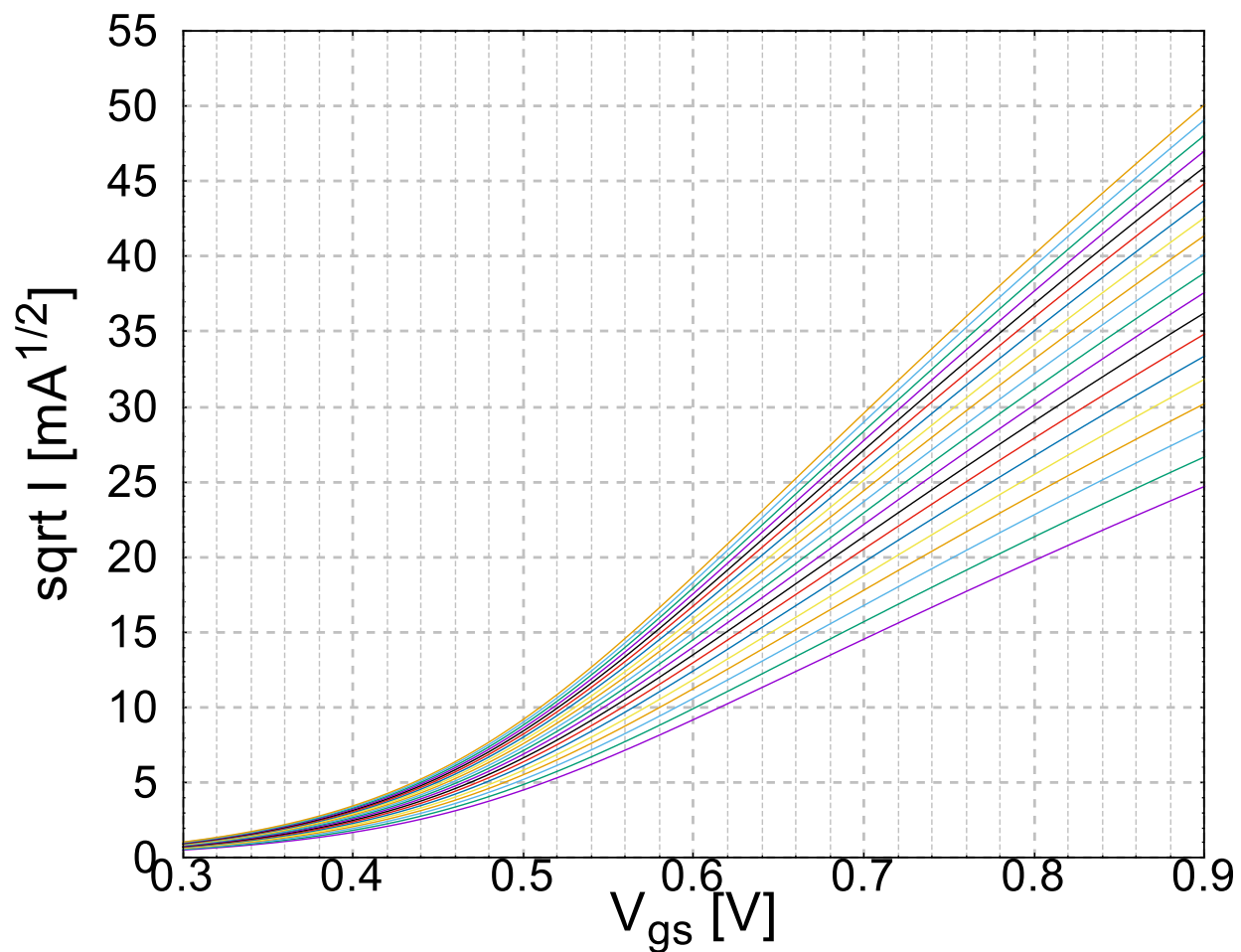
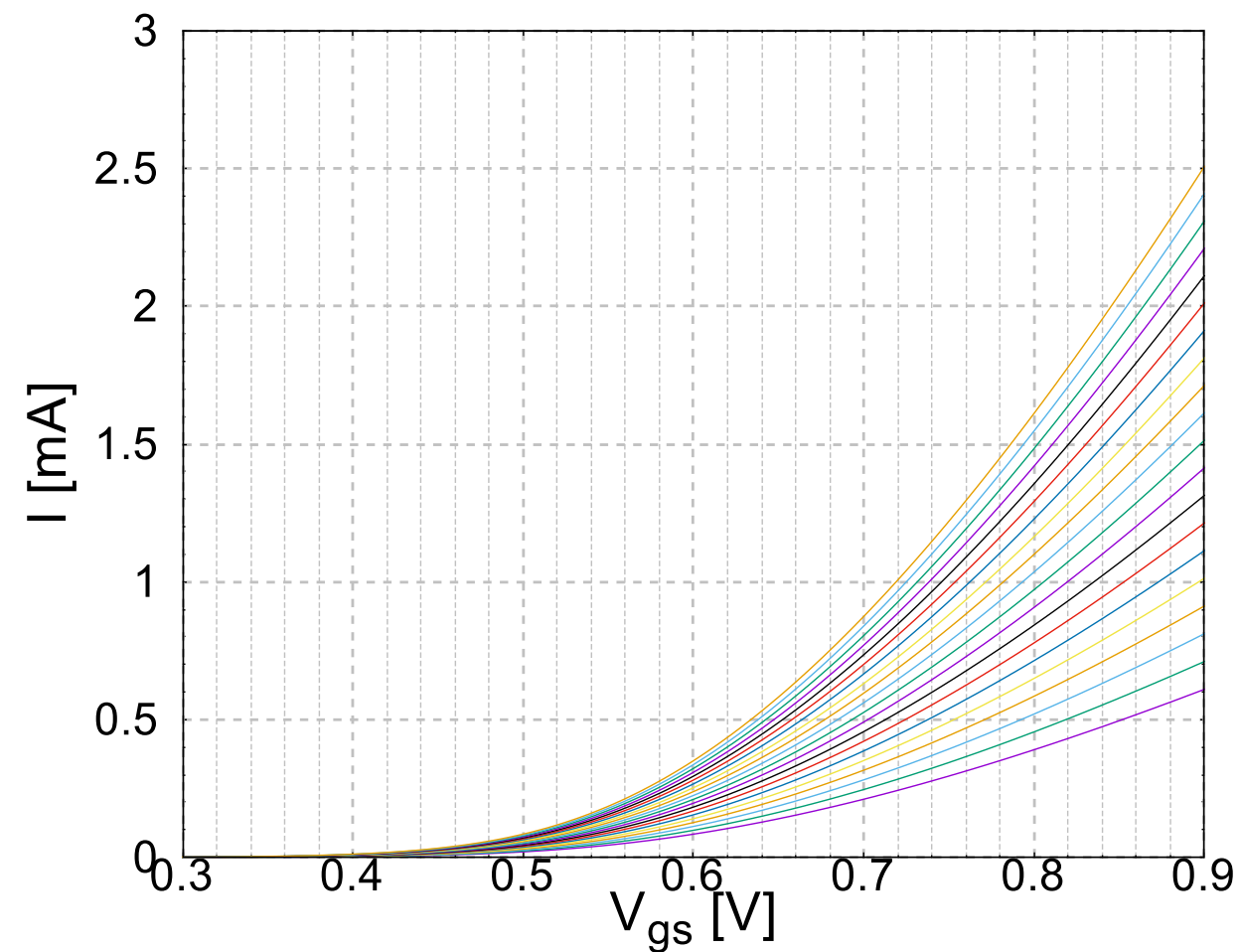
したがって、約50 mVの差が生じていた。

# しきい電圧

チャネル長 :  $0.54\text{ }\mu\text{m}$

チャネル幅 :  $12\text{ }\mu\text{m} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$  (step :  $2\text{ }\mu\text{m}$ )

並列数 : 1



# しきい電圧

W[um]	A	B	-B/A
12	0.0500965	-0.020326	0.405736
14	0.0540586	-0.0219201	0.405488
16	0.0577381	-0.023399	0.40526
18	0.0611871	-0.0247838	0.405049
20	0.0644434	-0.02609	0.404852
22	0.0675356	-0.0273295	0.404667
24	0.0704858	-0.0285111	0.404494
26	0.0733116	-0.029642	0.404329
28	0.0760271	-0.0307281	0.404174
30	0.0786441	-0.0317742	0.404026
32	0.0811723	-0.0327842	0.403884
34	0.0836201	-0.0337615	0.403749
36	0.0859944	-0.034709	0.40362
38	0.0883015	-0.0356292	0.403495
40	0.0905465	-0.0365242	0.403375
42	0.092734	-0.0373959	0.40326
44	0.0948683	-0.038246	0.403148
46	0.0969529	-0.0390759	0.40304
48	0.098991	-0.039887	0.402936
50	0.1009855	-0.0406804	0.402834

$\sqrt{I} - W$  グラフを  $f(V_{gs}) = A \cdot V_{gs} + B$  の形に線形近似したとき、左の表のような値になる。  
-B/A の平均値はおよそ 0.404 V であった。