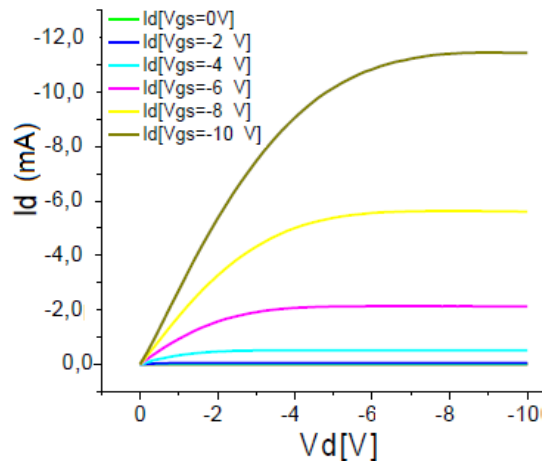
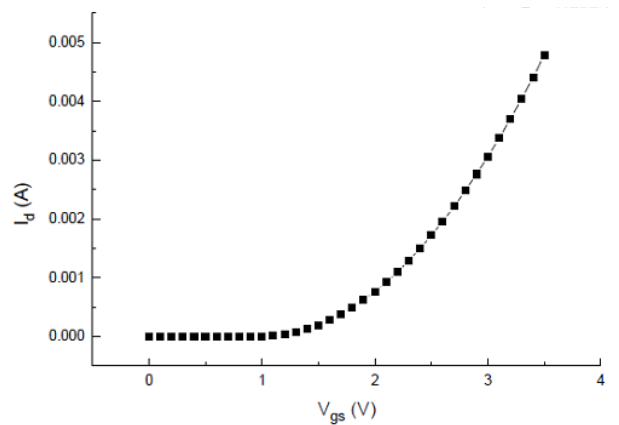
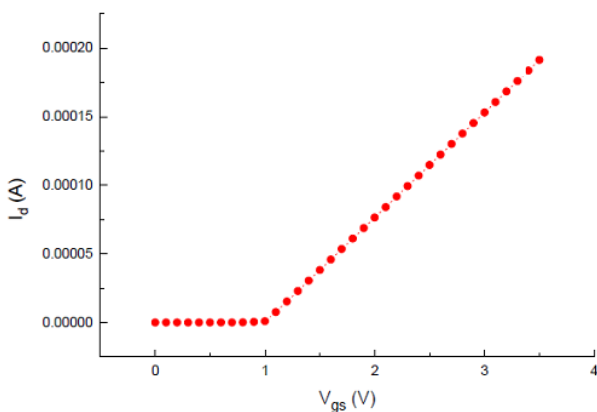


## TUTORATO MOSFET – 24 NOVEMBRE 2017

1. Si considerino le curve  $I_d$ - $V_d$  prese su un dispositivo MOSFET e mostrate in figura. Si definisca il tipo di MOSFET su cui sono state prese (ovvero se a canale p o n) e si ricavino i parametri elettronici che è possibile ricavare da questa curva. Disegnare infine approssimativamente le curve transcaratteristiche nella regione di saturazione e in quella lineare.



2. Dati i seguenti grafici  $I_d$  $V_{gs}$ , ricavati in zona di saturazione e in zona lineare, provenienti da misure effettuate su un transistor MOSFET a canale n ad arricchimento stimare :
- la tensione di drain in corrispondenza della quale è stata fatta la misura nei due casi ;
  - nota la capacità dell'ossido ( $3.45 \cdot 10^{-8} \text{ F/cm}^2$ ) e il drogaggio di substrato ( $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ), il valore del rapporto  $Z/L$

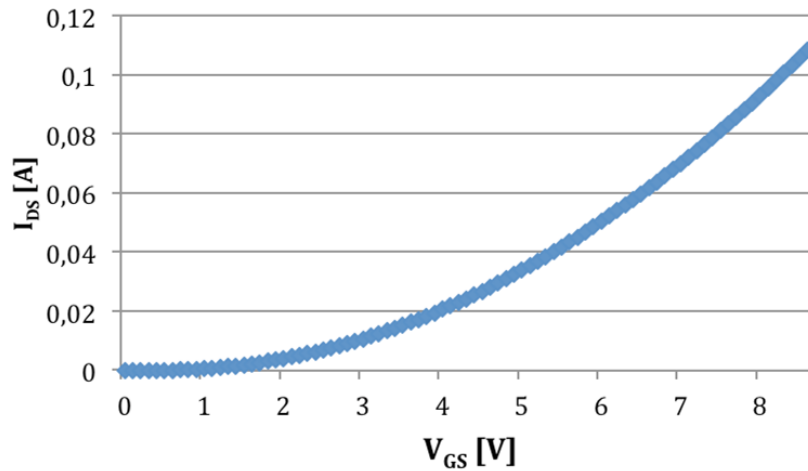


3. Si consideri la seguente transcaratteristica in zona di saturazione di un MOSFET.

Di tale transistor si conosce inoltre il drogaggio del substrato ( $N_B = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ) e che  $q\phi_{MS} = -1 \text{ eV}$ .

- a. Indicare, giustificando la risposta, il tipo di transistor (canale p/canale n) e il regime di funzionamento (arricchimento/svuotamento);
- b. Supponendo che il processo realizzativo utilizzato introduca una densità di carica nell'ossido pari a  $-1 \cdot 10^{-9} \text{ C cm}^{-2}$  al centro dello strato dielettrico, ricavare lo spessore del dielettrico di gate (supposto di ossido di silicio);

- c. Supponendo che il processo realizzativo consenta di ottenere una lunghezza di canale minima  $L = 90 \text{ nm}$ , ricavare la larghezza di canale.



4. Di un transistor a canale n ( $d_{\text{ox}} = 1 \text{ nm}$ ,  $\epsilon_{r,\text{SiO}_2} = 3.5$ ,  $Z/L = 100$ ,  $V_{\text{FB}} = 0 \text{ V}$ ,  $V_{\text{BS}} = 0 \text{ V}$ ) sono fornite le seguenti misure:

$V_{\text{DS}} [\text{V}]$	$V_{\text{GS}} [\text{V}]$	$I_{\text{DS}} [\text{A}]$	$V_{\text{DS}} [\text{V}]$	$V_{\text{GS}} [\text{V}]$	$I_{\text{DS}} [\text{A}]$
0	4	0	0	5	0
1	4	0.45	1	5	0.65
2	4	0.9	2	5	1.3
3	4	1.1	3	5	1.8
4	4	1.2	4	5	1.9
5	4	1.2	5	5	2
6	4	1.2	6	5	2

- determinare la conduttanza di canale, in regione lineare e in saturazione, per entrambi i valori di  $V_{\text{GS}}$ ;
- determinare la transconduttanza in saturazione;
- determinare la tensione di soglia e la mobilità.

SUGGERIMENTO: può essere utile riportare i punti dati su un grafico.

5. Due MOSFET a canale n hanno la medesima area, sono realizzati su un medesimo substrato ( $N_A = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ) e con il medesimo metallo di gate. Il primo (M1) ha una capacità di isolante (ossido di silicio) pari a  $C_{\text{OX1}}$  e una densità di carica fissa uniformemente distribuita al centro dello strato isolante di  $-30 \text{ nCcm}^{-2}$ . Il secondo (M2) ha invece una capacità di isolante (ossido di silicio)  $C_{\text{OX2}} = 2C_{\text{OX1}}$ .
- Se  $V_{\text{Tn1}} = 2 \cdot V_{\text{Tn2}}$ , e  $\phi_{\text{MS}} = 0$ , stabilire lo spessore degli isolanti di gate dei due dispositivi, e calcolare di conseguenza le due tensioni di soglia;
  - Indicare se esiste un valore plausibile del rapporto  $x/d_{\text{OX1}}$  tale da determinare il cambio di segno della  $V_{\text{Tn1}}$ ;
  - Se i due dispositivi hanno la medesima lunghezza di canale, stabilire il rapporto tra le larghezze di M1 e M2,  $Z1/Z2$ , necessario ad avere nei due transistor la medesima corrente per  $V_{\text{GS}} = 11 \text{ V}$  e  $V_{\text{DS}} = 3 \text{ V}$  (considerare i valori di tensione di soglia al punto 1).