

## Halbleiterbauelemente

Übungsserie 9: *MOSFET II*

Abgabe: 30. Mai 2011 in der Uebung

18. Mai 2011

**Aufgabe 1: MOSFET-Kennlinien**

Ihre Aufgabe ist es, einen n-Kanal MOSFET zu entwerfen, der eine Schwellspannung  $V_{th} = 1.1$  V bei einer Oxiddicke  $t_{ox} = 0.06 \mu\text{m}$  habe. Das Bauteil soll speziell für hohe Drainspannungen ausgelegt sein. Die Oberflächenmobilität sei  $\mu_n = 550 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$ .

1. Berechnen Sie den Drain-Source-Strom  $I_D$  für die Bauteilabmessungen  $L = 6 \mu\text{m}$  und  $W = 9 \mu\text{m}$  bei folgenden Betriebsbedingungen: Gatespannung  $V_{GS} = 1.6$  und  $2.6$  V, sowie einer Drainspannung  $V_{DS} = 0.5, 1, \text{ und } 2$  V.
2. Zeichnen Sie die Ausgangskennlinien für die beiden angegebenen Gatespannungen und die Transferkennlinie für  $V_{DS} = 1\text{V}$ .
3. Tragen Sie in das Diagramm der Ausgangskennlinien den sog. Pinch-off Locus ein. Diese Kurve gibt den Verlauf der Sättigungs-Drainspannung  $V_{DS,sat} = V_{GS} - V_{th}$  als Funktion der Gatespannung  $V_{GS}$  an (sie wird aus den Pinch-off-Punkten aller Ausgangskennlinien eines MOSFET gebildet. Diese Punkte sind durch Gate- und Drainspannungswerte gegeben, bei denen sich der Kanal vom Drain-Kontakt abschnürt (pinch-off, Verschwinden der Inversion am Drain-Kontakt)).
4. Schätzen Sie ab, bei welcher maximalen Drainspannung  $V_{DS}$  (Spannung zwischen Source- und Drain-Übergang) der n-MOSFET noch betrieben werden kann, wenn die Gatespannung  $V_{GS} = 2.1$  V beträgt. Die Kanaldotierung sei  $N_A = 1.5 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Betrachten Sie hierzu die Durchbruchspannung eines abrupten PN<sup>+</sup>-Übergangs (Source und Drain Regionen sind hochdotiert, typischerweise  $N_D = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ ). Verwenden Sie

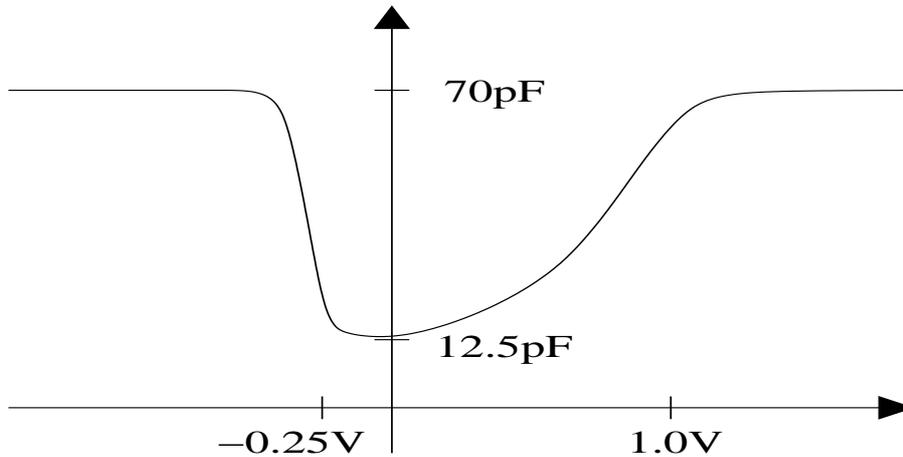
$$V_{br} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_{Si} E_{max}^2}{2 e N_A}.$$

An welchem Übergang fällt der überwiegende Teil der Spannung ab? Nehmen Sie als begrenzende Feldstärke  $3.5 \cdot 10^5 \text{ V/cm}$  an.

5. Überprüfen Sie, ob die Gatelänge überhaupt ausreicht, um bei der von Ihnen berechneten Spannung die drainseitig sich ausbildende Sperrschicht aufzunehmen, oder ob diese vor Erreichen der Durchbruchspannung den Source-Übergang berührt ("punch-through").
6. Wie könnte man die maximale Drainspannung erhöhen?

## Aufgabe 2: Parameter-Extraktion aus MOSFET-Messdaten

Sie messen folgende CV-Kennlinie (Kapazität als Funktion der Gatespannung) eines MOS-Kondensators mit Gatelänge  $L=50\ \mu\text{m}$  und Gatebreite  $W=200\ \mu\text{m}$ :



1. Bestimmen Sie die Oxiddicke.
2. Handelt es sich um ein n- oder p-Substrat? Warum?
3. Geben Sie ungefähre Werte für die Flachbandspannung und die Schwellspannung an.
4. Es ist lediglich bekannt, dass das Gate aus hochdotiertem Polysilizium besteht. Ist es ein  $n^+$  oder ein  $p^+$ -Gate? Wie gross ist dann die Austrittsarbeit des Gatematerials?
5. Schätzen Sie anhand der Flachbandspannung und Ihren Erkenntnissen über die Dotierungstypen die ungefähre Dotierkonzentration des Substrates ab. Benutzen Sie die Formel für  $\phi_{fp}$  bzw.  $\phi_{fn}$ . Der Wert, den Sie für die Dotierkonzentration erhalten werden ist aber relativ ungenau (Warum?).
6. Bei Anlegen einer Gatespannung mit dem Betrag  $|V_{GS}|=1\text{V}$  (Das Vorzeichen haben Sie zu bestimmen!) wird am Drain-Kontakt ein Sättigungsstrom von  $I_D = 0.2\ \text{mA}$  gemessen. Bestimmen Sie daraus die Ladungsträgerbeweglichkeit (Mobilität).
7. Ab welchem Betrag der Drainspannung können Sie diesen Sättigungsstrom messen?