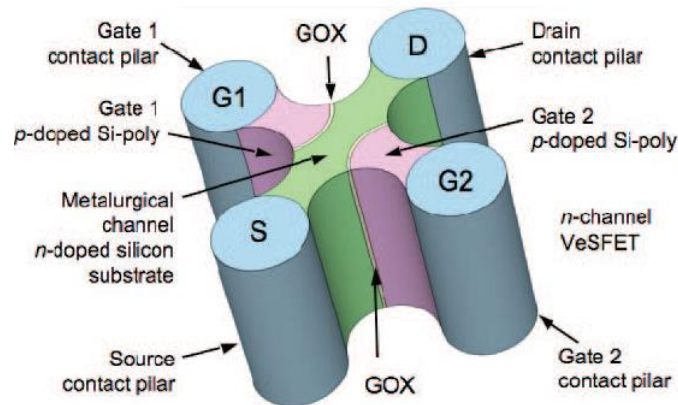


Sprawozdanie MOBI – Tranzystor VeSFET

Piotr Mikołajczyk

1. Cel projektu

Celem projektu było opracowanie modelu tranzystora VeSFET. Na rysunku 1 przedstawiono strukturę tranzystora [1].



Rys. 1 Struktura tranzystora VeSFET

2. Dane wejściowe do obliczeń struktury

$r = 50 \times 10^{-7}$; [%[cm] promień bramki]
 $t_{ox} = 4 \times 10^{-7}$; [% [cm] grubość tlenku]
 $h = 200 \times 10^{-7}$; [%[cm] wysokość tranzystora]
 $N_{sub} = 5 \times 10^{17}$; [%[cm⁻³] koncentracja domieszek w podłożu]
 $N_{poly} = 5 \times 10^{18}$; [%[cm⁻³] koncentracja domieszek w bramce]

3. Zadania do wykonania

Proszę zastosować odpowiednie wzory zapewniające ciągłość modelu przy przejściu z zakresu dominacji składowej dyfuzyjnej do zakresu dominacji składowej unoszenia. Proszę dobrać wzór na efektywne napięcie U_{ds} nasycające się do U_{dsat} przy wejściu w zakres nasycenia tranzystora.

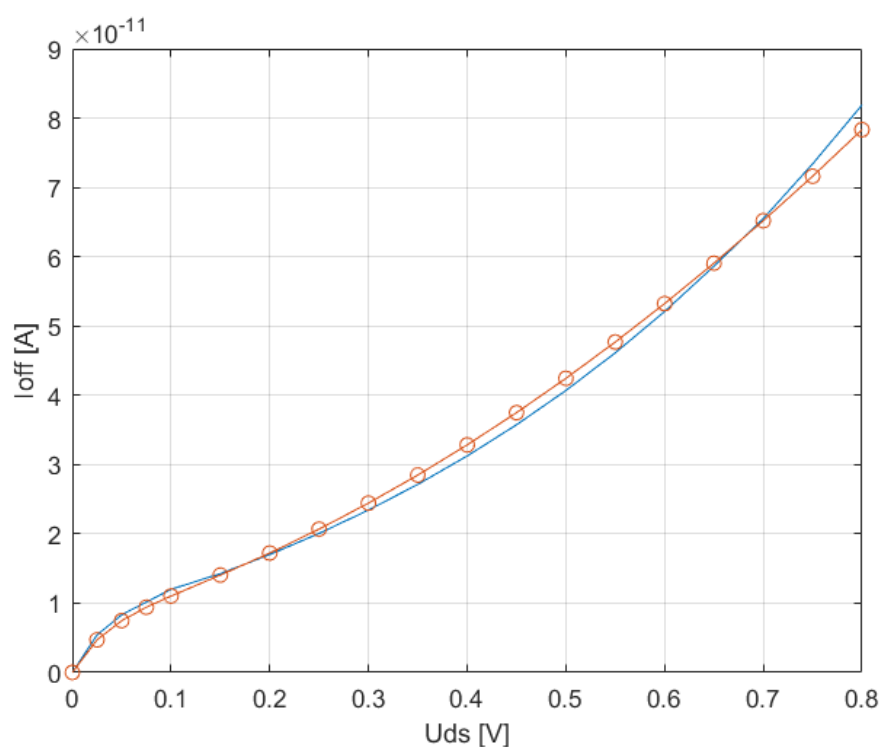
Wykresy weryfikacyjne charakterystyk przejściowych proszę przedstawić zarówno w skali liniowej, jak i logarytmiczno-liniowej! Proszę też przedstawić wykresy transkonduktacji i rodziny charakterystyk wyjściowych obliczonych na podstawie opracowanego modelu.

Obliczone charakterystyki przejściowe proszę przedstawić na tle danych, na wspólnych rysunkach dla obu wartości U_{DS} . (Podobnie transkonduktancje na jednym rysunku).

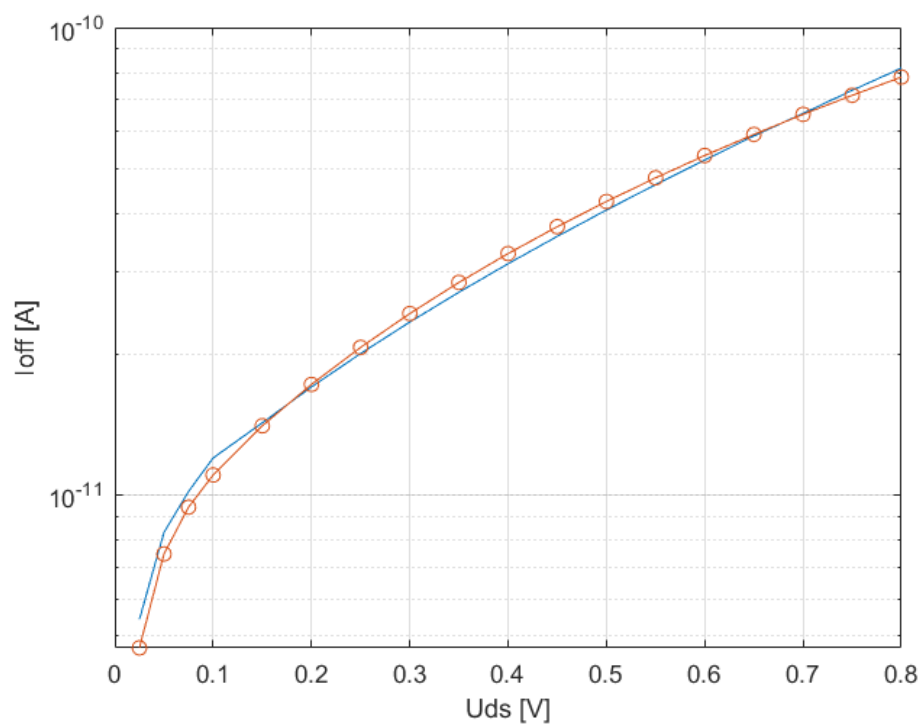
4. Charakterystyki

Charakterystyki wykreślono przy wykorzystaniu równań z dokumentów [1] oraz [2].

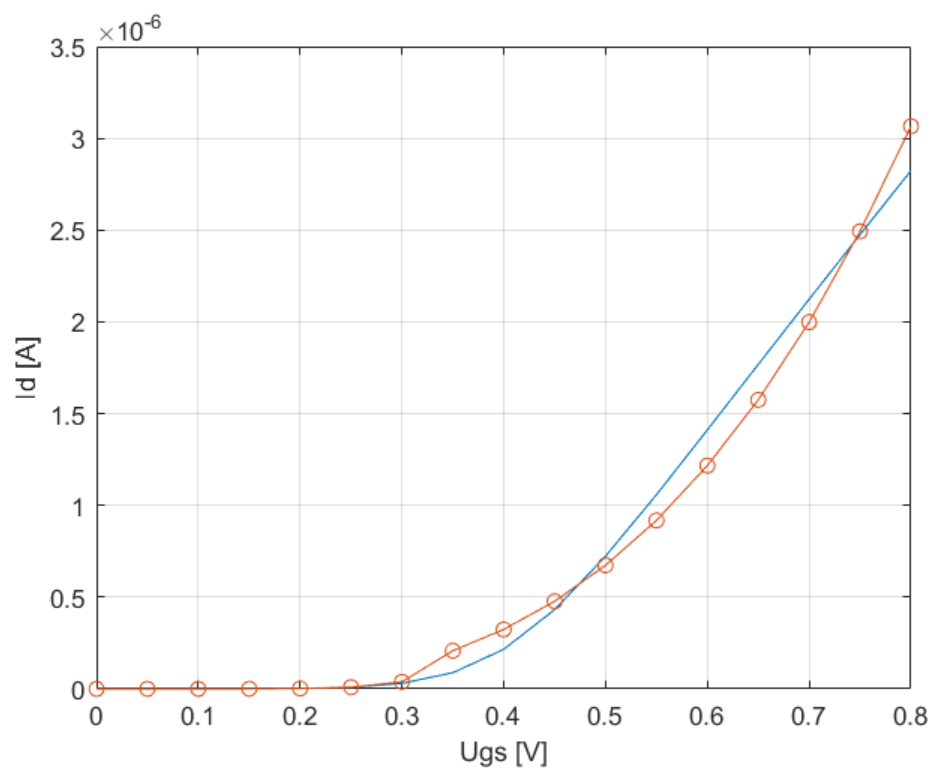
Linia niebieską, ciągłą oznaczono dane z pliku P50o4s5p5.xls natomiast modele sporządzone w programie MATLAB, oznaczono linią ciągłą z kropkami. Stosowane jest to do każdego wykresu w niniejszym dokumencie.



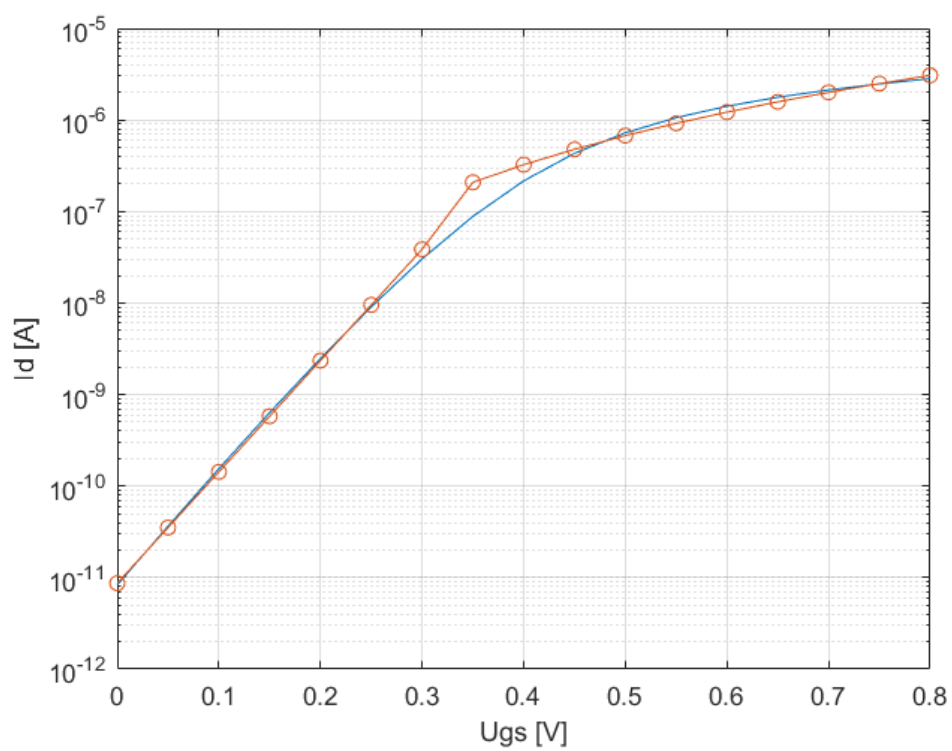
Rys. 2 – Liniowa charakterystyka prądu wyłączenia dla zmiennego napięcia dren-źródło. ($U_{gs} = 0$ V)



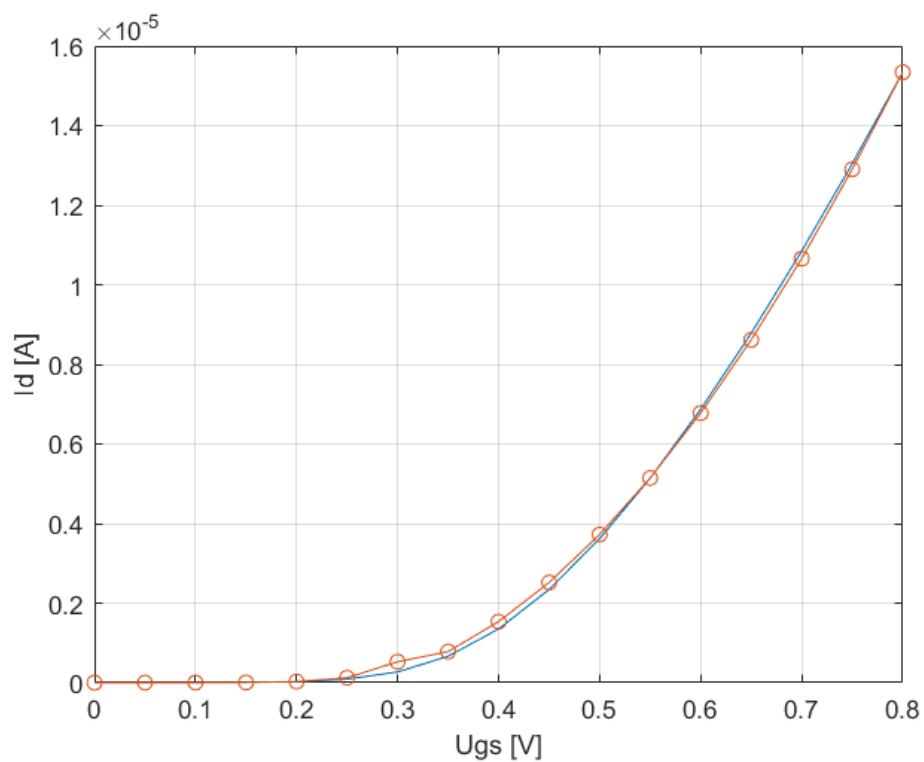
Rys. 3 – Logarytmiczno-liniowa charakterystyka prądu wyłączenia dla zmiennego napięcia dren-źródło. ($U_{gs} = 0$ V)



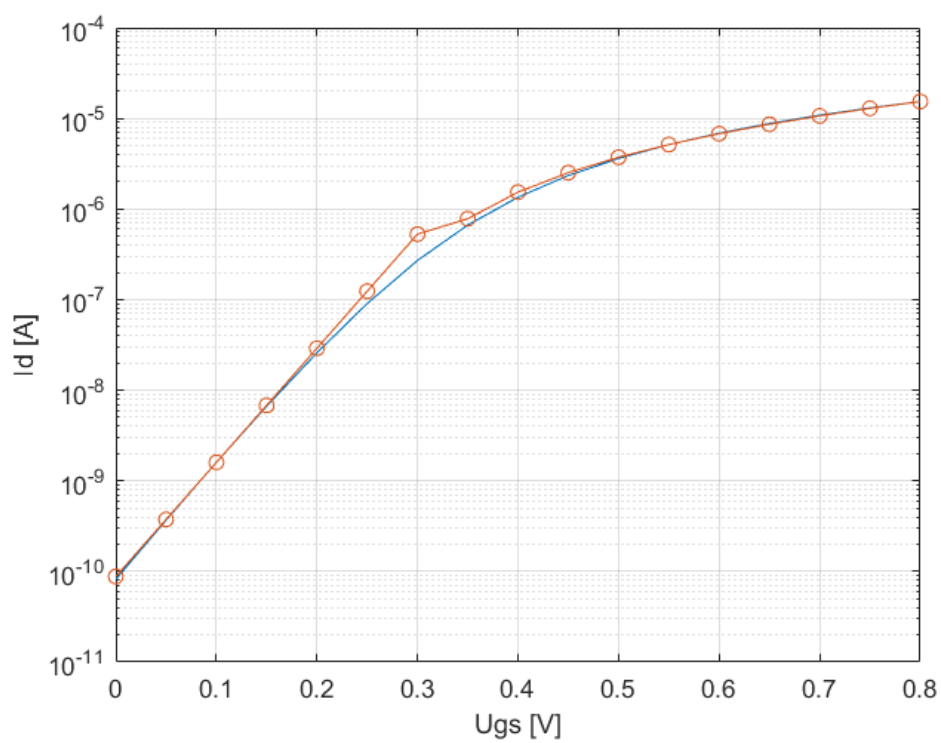
Rys. 4 – Liniowa charakterystyka przejściowa prądu drenu do napięcia bramka – źródło ($U_{ds} = 0.05$ V)



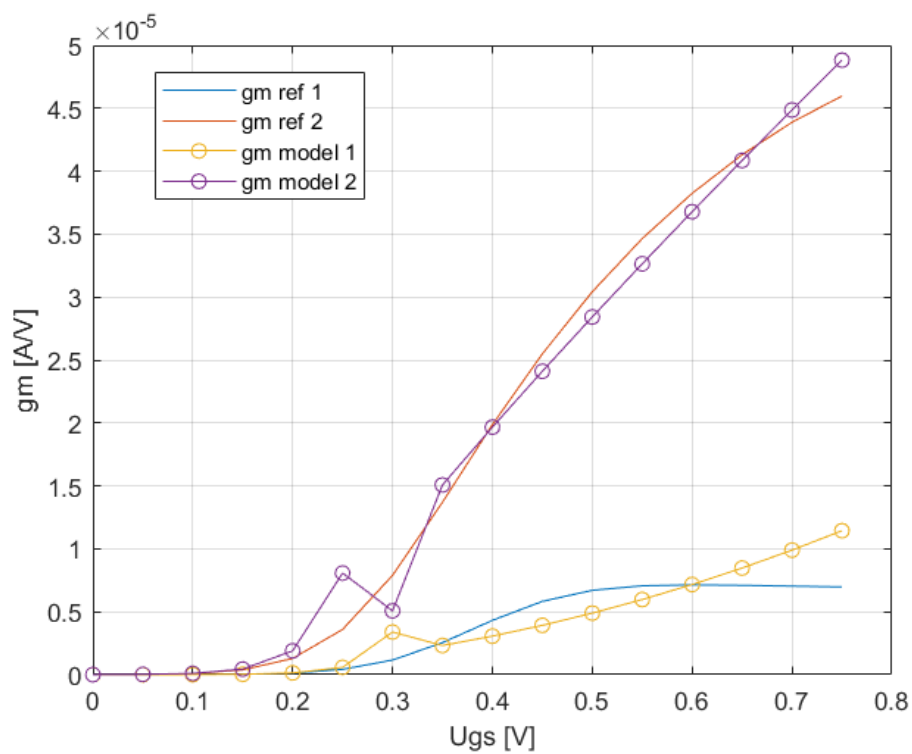
Rys. 5 – Logarytmiczno-liniowa charakterystyka przejściowa prądu drenu do napięcia bramka - źródło. ($U_{ds} = 0.05$ V)



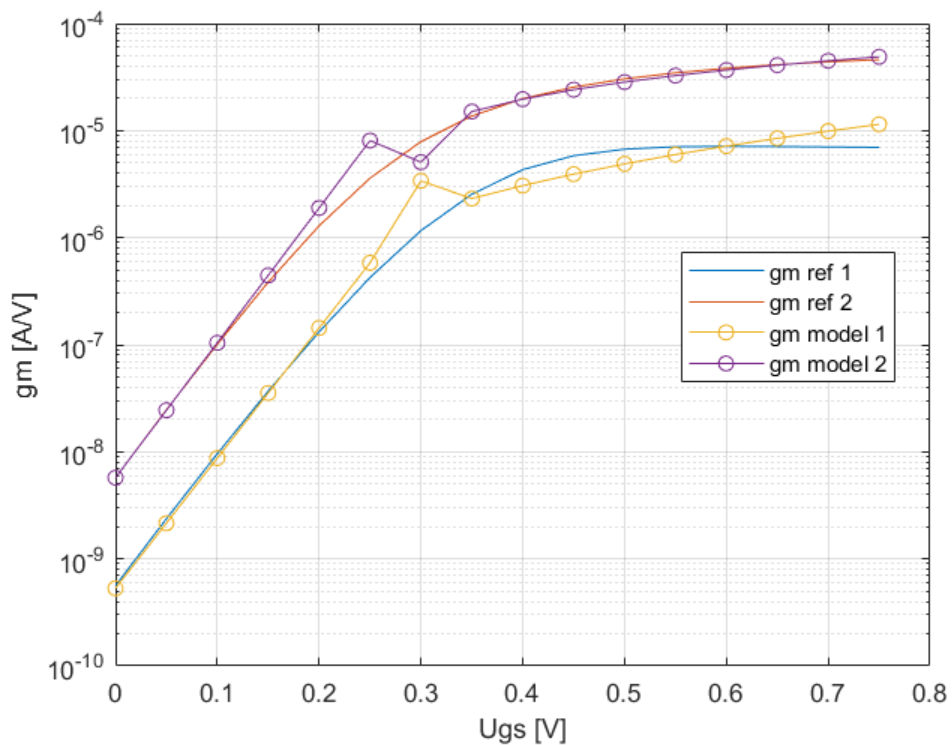
Rys. 6 – Liniowa charakterystyka przejściowa prądu drenu do napięcia bramka – źródło ($U_{ds} = 0.8$ V)



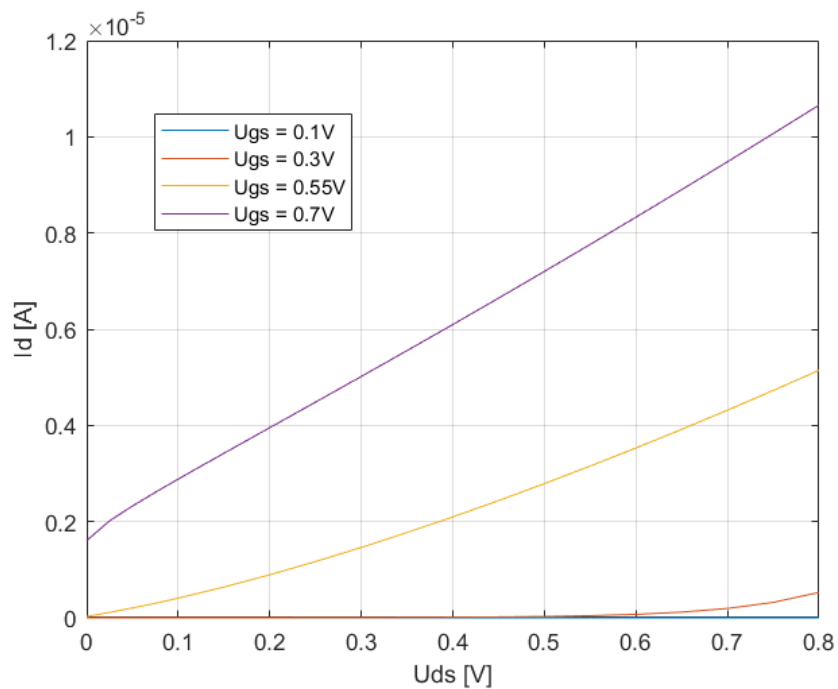
Rys. 7 – Logarytmiczno-liniowa charakterystyka przejściowa prądu drenu do napięcia bramka – źródło ($U_{ds} = 0.8$ V)



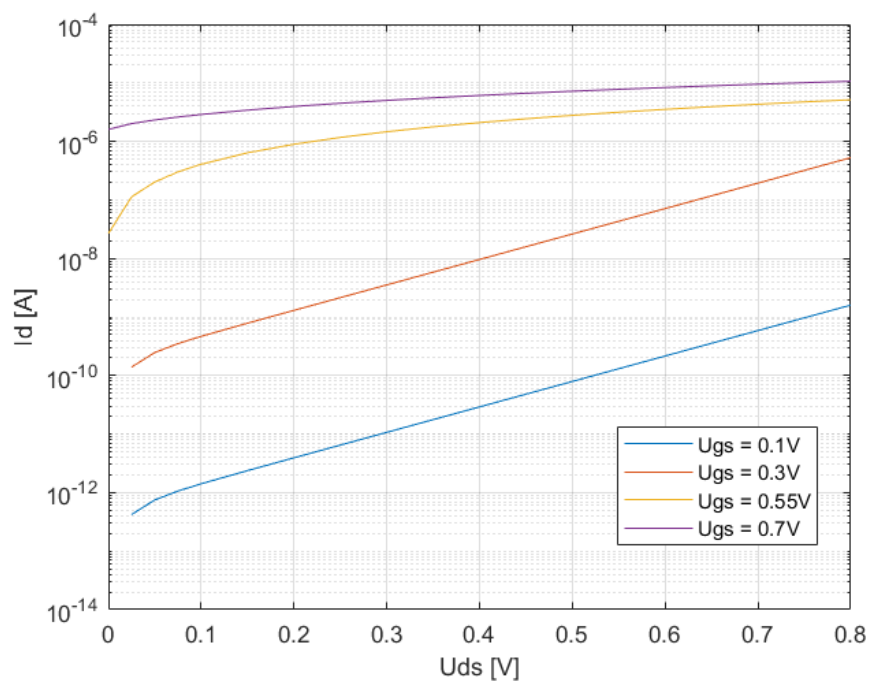
Rys. 8 – Charakterystyka liniowa Trans konduktancji tranzystora : (gm ref 1 / model 1 ($U_{ds} = 0.05$ V) ; gm ref 2 / model 2 ($U_{ds} = 0.8$ V))



Rys. 9 – Charakterystyka liniowa Trans konduktancji tranzystora : (gm ref 1 / model 1 ($U_{ds} = 0.05$ V) ; gm ref 2 / model 2 ($U_{ds} = 0.8$ V))



Rys. 10 – Liniowa charakterystyka wyjściowa tranzystora VeSFET



Rys. 11 – Logarytmiczno - Liniowa charakterystyka wyjściowa tranzystora VeSFET

Implementacja wzorów potrzebnych do wyliczenia powyższych charakterystyk wraz z przyjętymi współczynnikami dopasowania / strojenia modelu. Całość kodu do wglądu umieszczono w pliku „Załącznik 1”.

```

function out = diffiusionCurrent(Vds,Vgs,Vth,nCcoeff)
    %out = I0.*(C.Ws./C.L).*exp((Vgs-Vth)./(nCcoeff.*C.V_t)).*(1-
exp(-(Vds./C.V_t)));
    out = C.I0.*(C.Ws./C.L).* (((C.coeff1*Vds +
C.coeff2).^C.coeff3) + exp((Vgs-Vth)./(nCcoeff.*C.V_t))) .* (1-exp(-
(Vds./C.V_t)));
end
function out = driftCurrent1(Vds,Vgs,Vth,nCcoeff)
    % 0.05 V
    %Vsatsat = Vgs - C.Vfb - 2.*C.coeff3 +
(C.eps_si.*C.q.*C.Nsub./(Cd.^2)) .* (1 - sqrt(1 + (2.*(Cd.^2).*(Vgs -
C.Vfb))./(C.eps_si.*C.q.*C.Nsub)));
    %out = C.coeff7 * C.u_p * C.C_ox * C.Ws / C.L * (C.coeff10 *
(((Vgs+C.coeff8) - Vth).^ C.coeff9)) / 2;
    temp_arr = ones(1,length(Vgs));
    for i = 1:length(Vgs)
        if Vgs(i) >= 0.35
            temp = C.coeff8 .* C.u_p .* C.C_ox .* C.Ws ./ C.L .*
(C.coeff10 .* (((Vgs(i)+C.coeff9) - Vth).^ C.coeff7)) ./ 2;
        else
            temp = C.I0 .* exp(C.coeff12.*Vgs(i)+C.coeff13.*Vds-
Vth*(C.coeff14)./(nCcoeff(i).*C.V_t)) .* (1-exp(-(Vds./C.V_t)));
        end
        temp_arr(i) = real(abs(temp));
        clear temp;
    end
    out = temp_arr;
end
function out = driftCurrent2(Vds,Vgs,Vth,nCcoeff)
    % 0.8 v
    %Vsatsat = Vgs - C.Vfb - 2.*C.coeff3 +
(C.eps_si.*C.q.*C.Nsub./(Cd.^2)) .* (1 - sqrt(1 + (2.*(Cd.^2).*(Vgs -
C.Vfb))./(C.eps_si.*C.q.*C.Nsub)));
    temp_arr = ones(1,length(Vgs));
    for i = 1:length(Vgs)
        if Vgs(i) >= 0.35
            temp = C.coeff5 * C.u_p * C.C_ox * C.Ws / C.L *
(C.coeff11 * (((Vgs(i)+C.coeff6) - Vth).^ C.coeff4)) / 2;
        else
            temp = C.I0 .* exp(C.coeff15.*Vgs(i)+C.coeff16.*Vds-
Vth*(C.coeff17)./(nCcoeff(i).*C.V_t)) .* (1-exp(-(Vds./C.V_t)));
        end
        temp_arr(i) = real(abs(temp));
        clear temp;
    end
    out = temp_arr;
end

%współczynnik dopasowania prądu wyłączenia
coeff1 = 52;
coeff2 = 16;
coeff3 = 1.94;

%Współczynniki dopasowania dla charakterystyki przejściowej dla Vds
%0.05 V
coeff4 = 1.87;
coeff5 = 0.11;
coeff6 = 0.44;
coeff11 = 0.02;
coeff12 = 28;

```

```
coeff13 = 117;  
coeff14 = 0.001;  
  
%Współczynniki dopasowania dla charakterystyki przejściowej dla Vds  
%0.8 V  
coeff7 = 3.1;  
coeff8 = 0.79;  
coeff9 = 0.91;  
coeff10 = 0.00042;  
coeff15 = 29;  
coeff16 = 10;  
coeff17 = 0.001;
```

Wnioski:

Przyjęte współczynniki są daleko od idealnych. Na charakterystykach ukazano miejsca nieciągłości co jest wynikiem bezpośrednio tychże współczynników. Widać że charakterystyki przyjętego modelu nie pokrywają się idealnie z danymi pomiarowymi. Są one jednak dobrym przybliżeniem pozwalającym zgrubnie oszacować parametry tranzystora. Tyczy się to jednak tylko dopasowania do konkretnych charakterystyk. Z charakterystyk wyjściowych zauważyć można, że model dla innych danych wejściowych jest nieprawidłowy. W celu uniwersalności modelu należałoby poświęcić czas na rozwój rzeczonoego modelu, ponieważ działa on jedynie przy dokładnej kalibracji dla konkretnych danych.

[1] Improved Simple DC Model of Vertical-Slit Field Effect Transistor (VeSFET) – Andrzej Pfitzner

[2] Mosfet Device Physics and Operation - http://homepages.rpi.edu/~sawyes/Models_review.pdf