



Diode Schottky pe SiC pentru senzori de temperatură

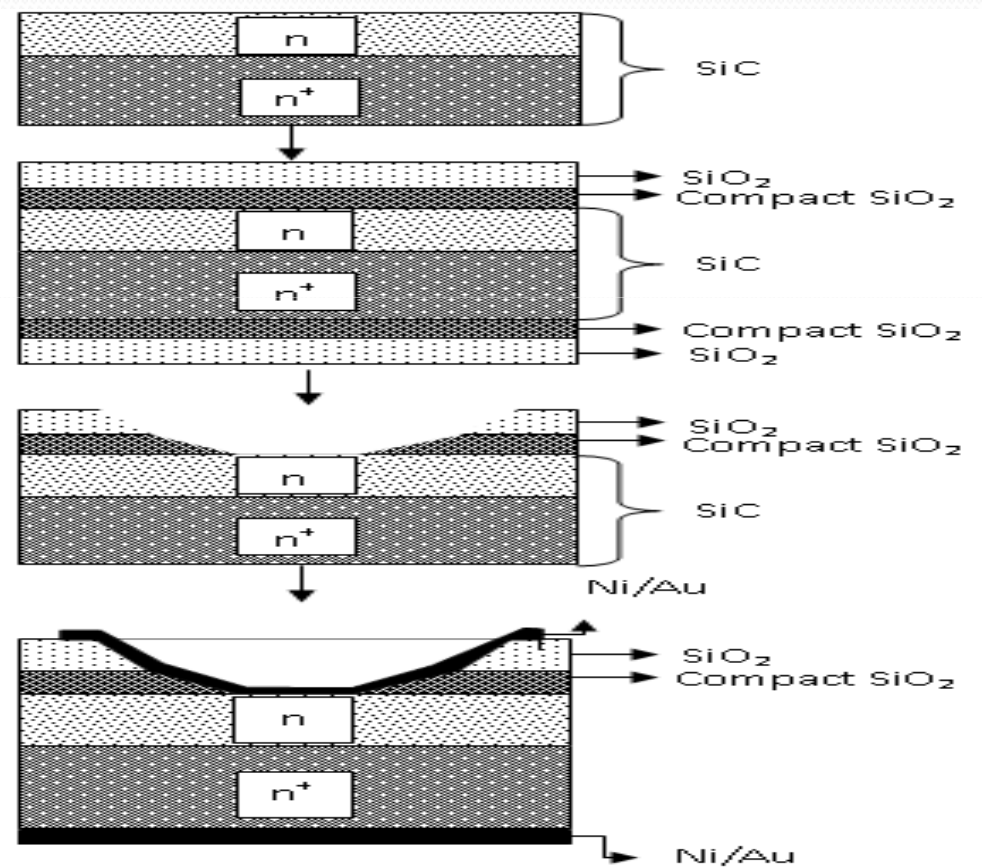
Răzvan PASCU



Cuprins

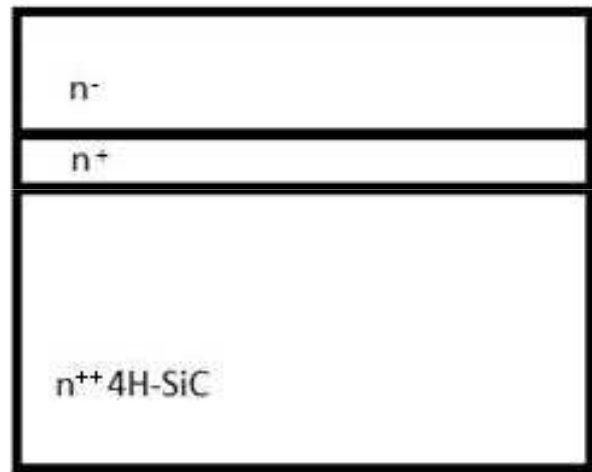
- Introducere
- Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC pentru senzori de temperatură
- Caracterizarea electrică a diodelor Schottky pe SiC pentru senzori de temperatură
- Concluzii

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC



Principalele etape ale fluxului tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC



Structura plachetei 4H-SiC de tip n

Diametru: 3 inches
Rezistivitatea: 0.020 Ωcm
Grosimea 366.62 μm

2 straturi epitaxiale:

- unul puternic dopat (n^+), 10^{18}atomi/cm^2 , cu o grosime de 1 μm
- unul mai slab dopat (n^-), $2.23 \cdot 10^{15}\text{atomi/cm}^2$, cu o grosime de 36.5 μm .

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

Etape:

1. Curățire chimică: H_2SO_4 și H_2O_2

2. Depunerea straturilor de oxid prin tehnica LPCVD:

❖ Primul strat: Grosime = 700nm;

Densificare : $T=1000^\circ\text{C}$, $t=30\text{min}$. Grosime = 616nm;

❖ Al doilea strat: 2000nm

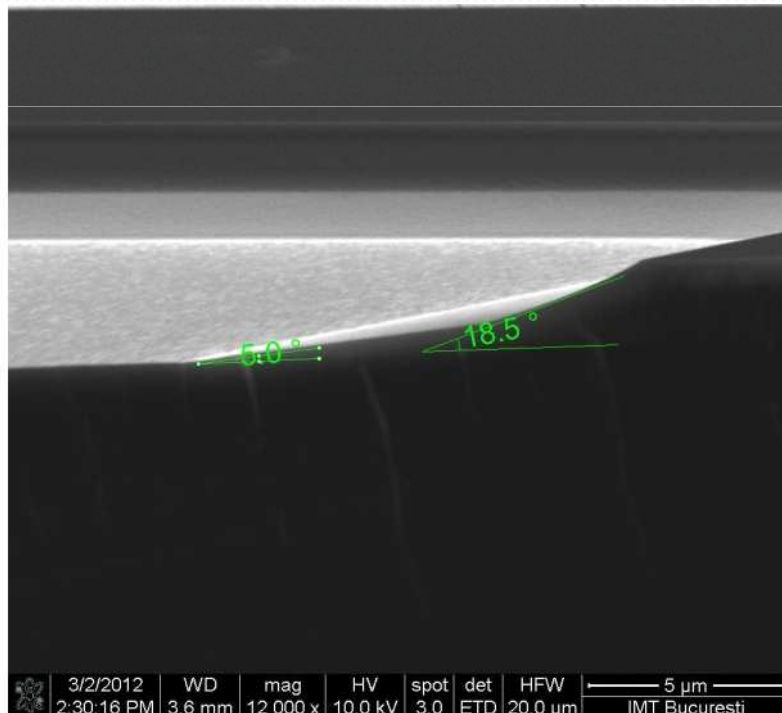
Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

3. Primul proces de fotogravură – deschidere ferestre în oxid prin corodare

$\text{NH}_4\text{F} : \text{CH}_3\text{COOH}$ 400ml:360ml

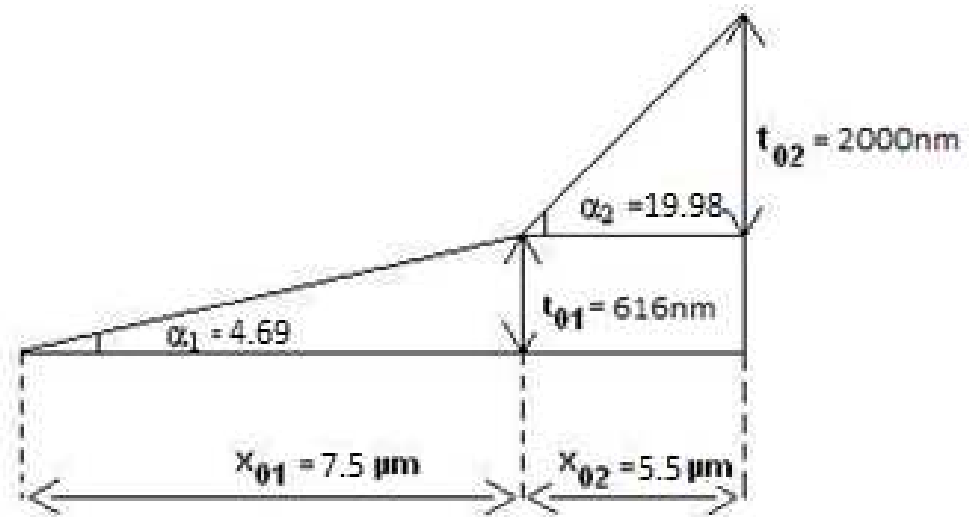
$T=30^\circ\text{C}$, $t=11\text{minute}$;

$T=40^\circ\text{C}$, $t=11\text{minute}$ → supracorodare



- valori experimentale -

9/27/2012

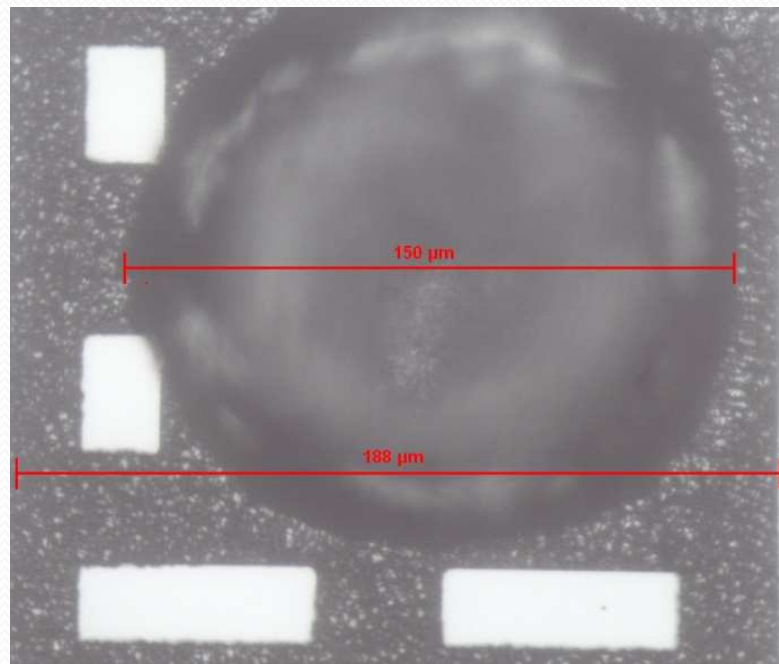


- valori calculate-

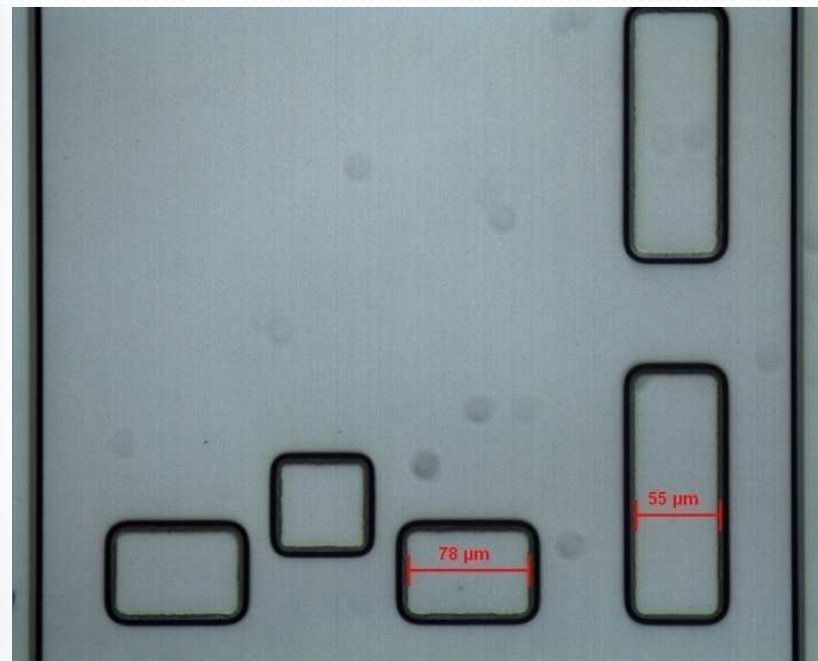
Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

4. Depunerea metalelor prin sputtering: Ni(150nm), Cr(10nm), Au(200nm)

t=130minute, grosime= 350nm

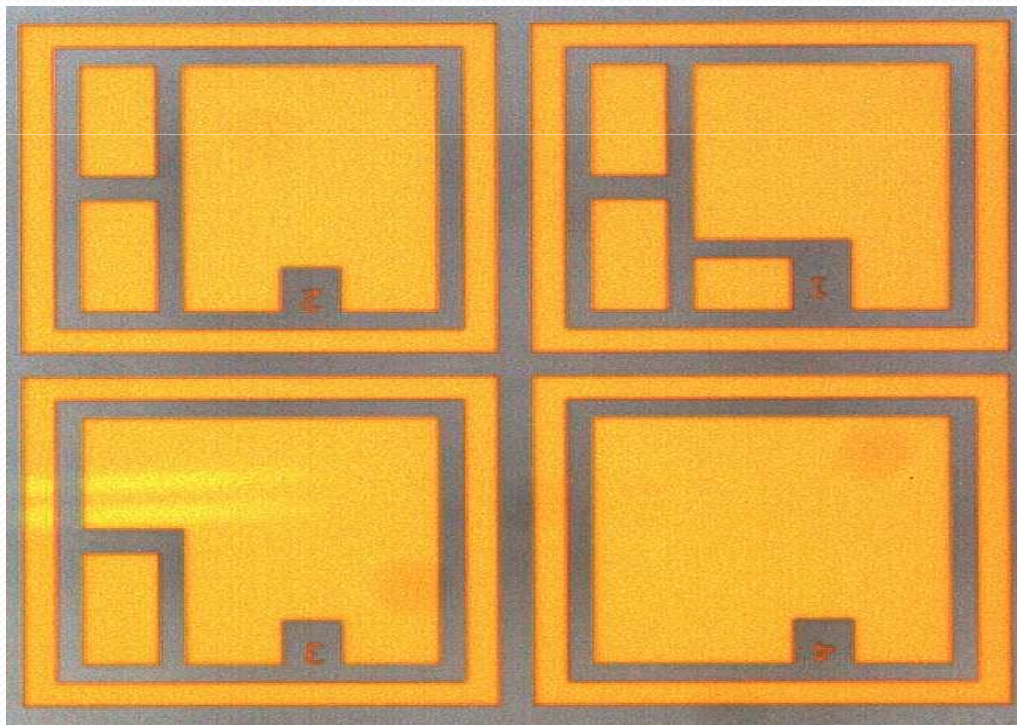


t=90minute; grosime=250nm



Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

5. Al doilea proces de fotogravură – definirea ariei contactului Schottky



D1 → $4000\mu\text{m}^2$

D2 → $8000\mu\text{m}^2$

D3 → $16000\mu\text{m}^2$

D4 → $24000\mu\text{m}^2$

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

6. Tratament termic pentru contactul Schottky (RTP AS One)

Pas 25°C/s până la 500°C

Pas 5°C/s până la 300°C

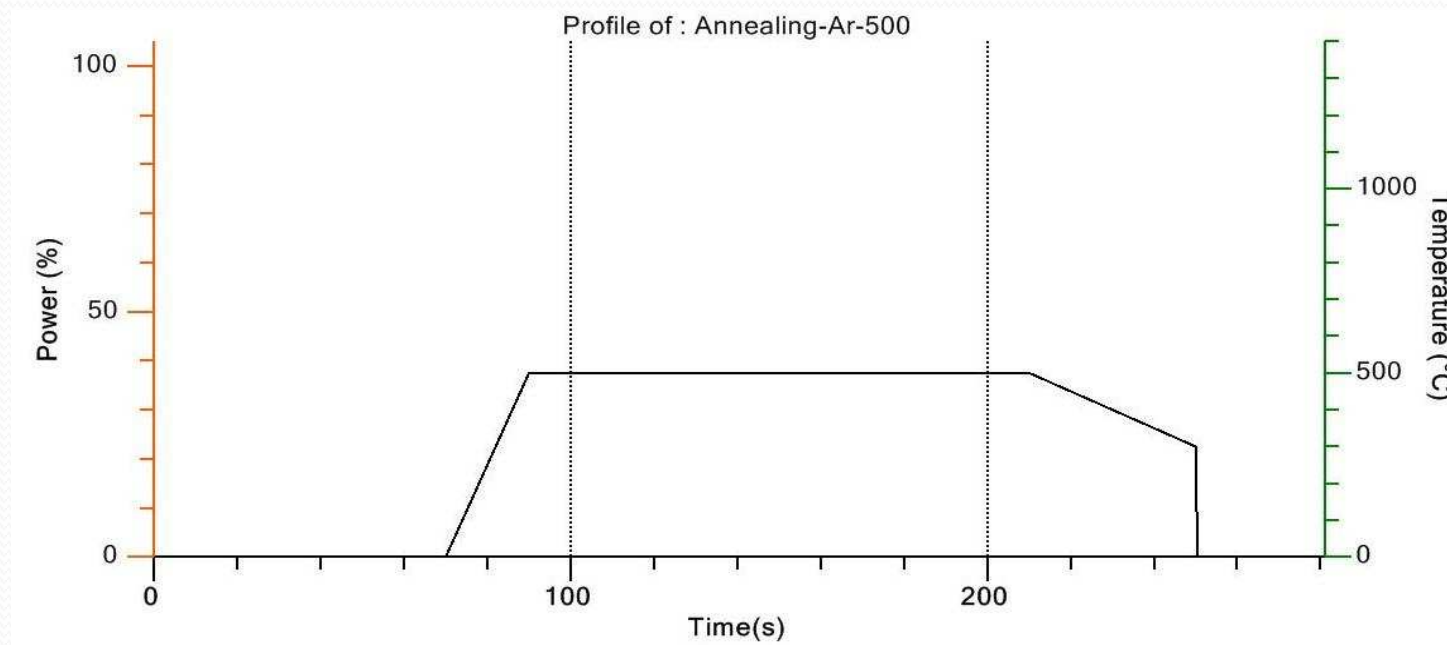
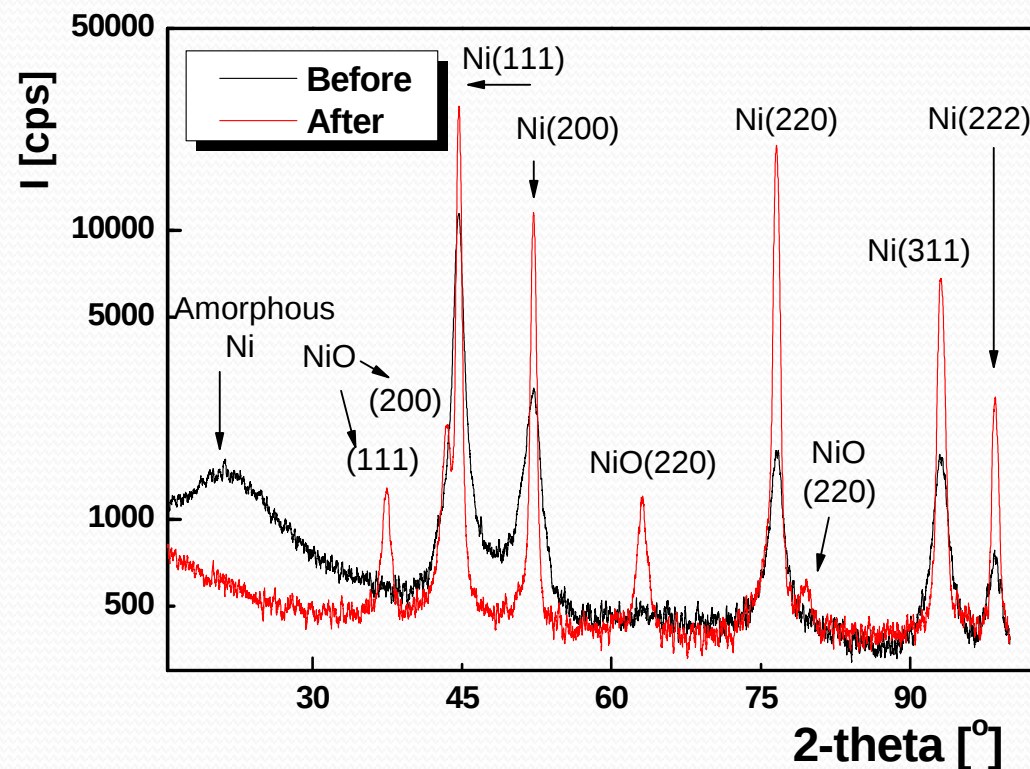


Diagrama tratamentului termic în atmosferă de Ar

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

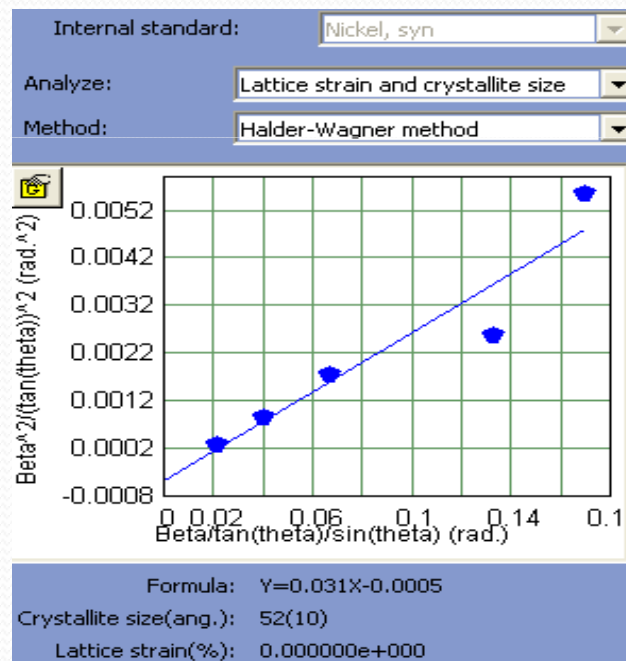
7. Analiza de difracție de raze X pentru verificarea calității metalului de contact (Ni)



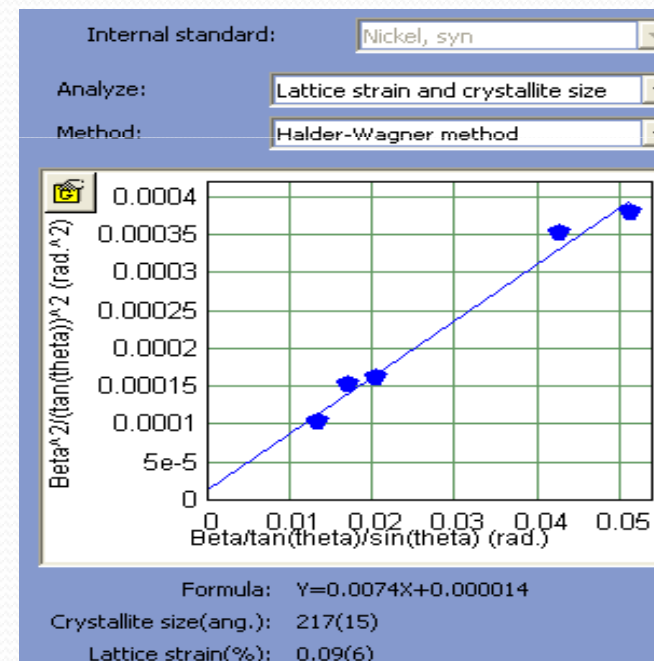
Difractograme înregistrate înainte și după tratamentul termic pentru stratul de Ni depus pe SiC

Procesul tehnologic de realizare al diodelor Schottky pe SiC

8. Calcularea diametrului mediu de cristalite în metal prelucrând datele înregistrate în măsurătorile de difracție de raze X



Dimensiunea de cristalit a Ni înainte de tratament termic

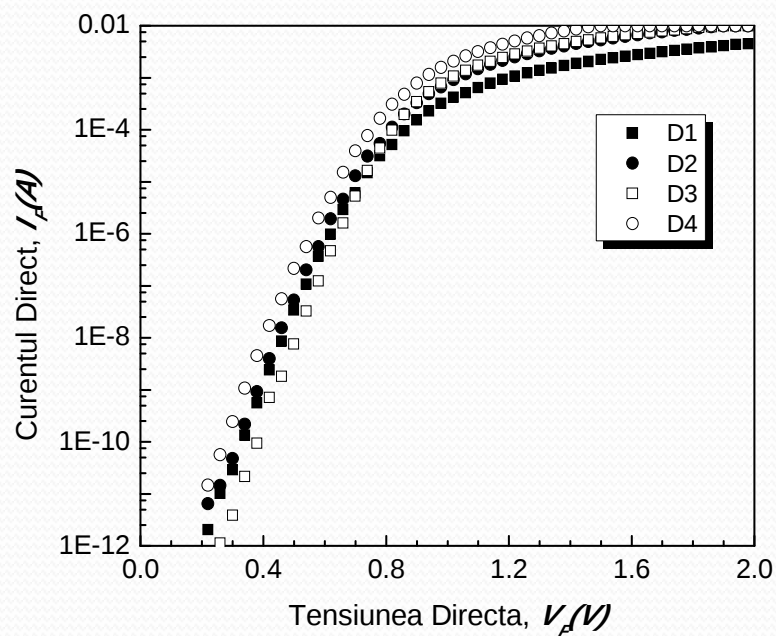


Dimensiunea de cristalit a Ni după tratament termic

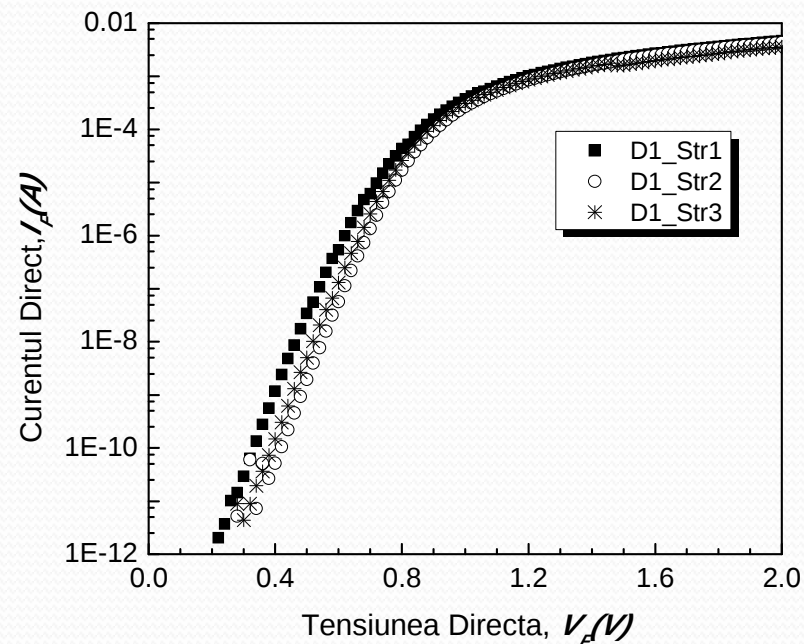
CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

S-au măsurat 12 diode la temperatura camerei → 3 structuri

Caracteristici directe

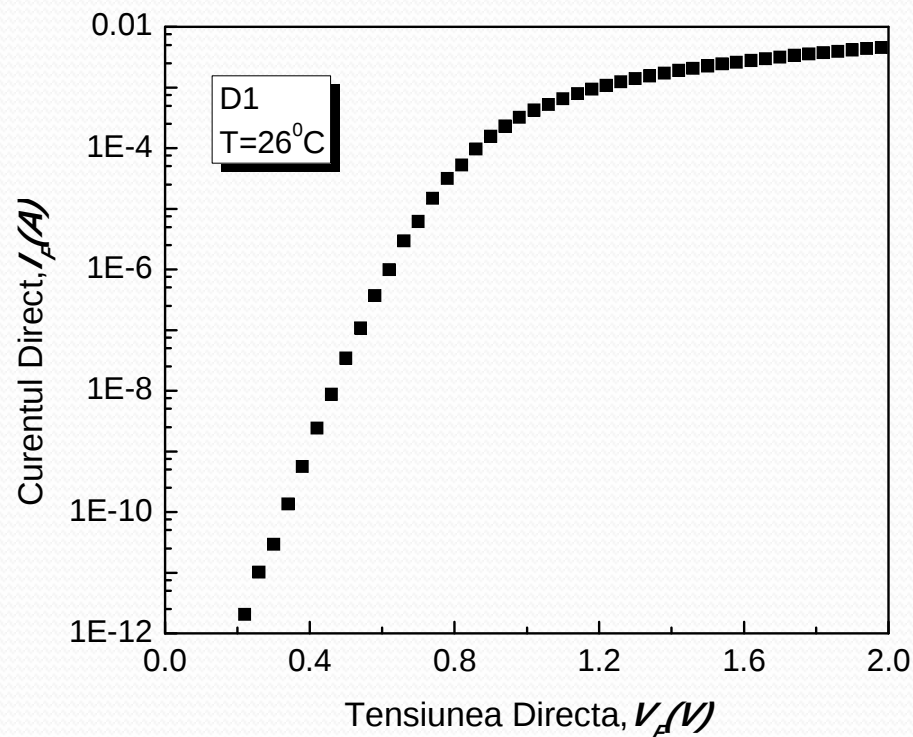


Evidențierea diferențelor dintre cele 4 diode
de pe aceeași structură



Evidențierea dispersiilor dintre diodele cu
aria 1 de pe 3 structuri diferite

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC



Caracteristica directă a diodei
Schottky pe SiC

$$I_F = I_S \exp\left(\frac{V_F - R_S I_F}{nV_{th}}\right)$$

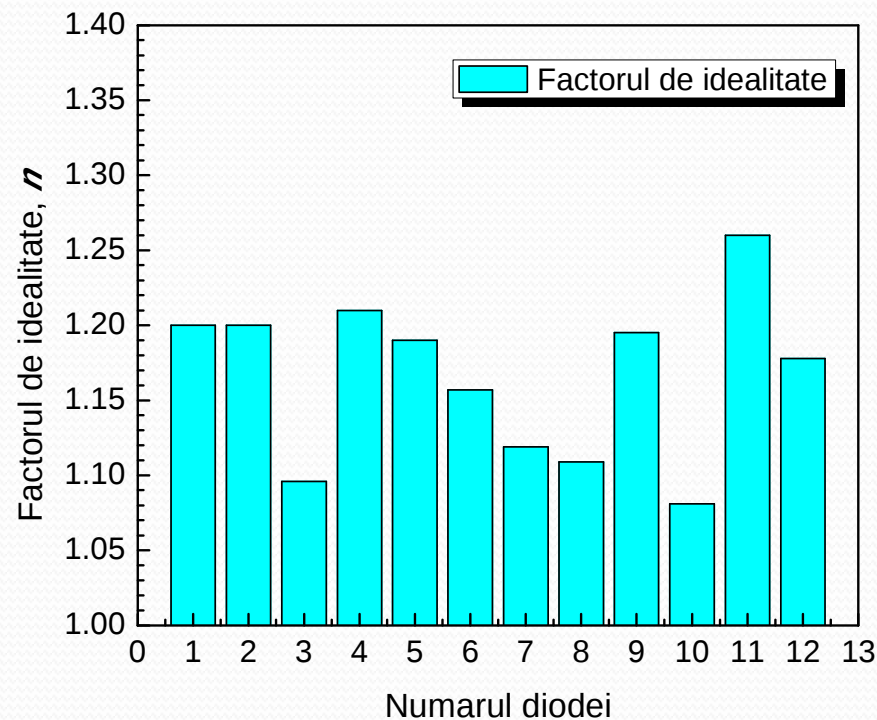
$$\ln(I_F) = \ln(I_S) + \frac{V_F}{nV_{th}}$$

$$a = \ln(I_S)$$

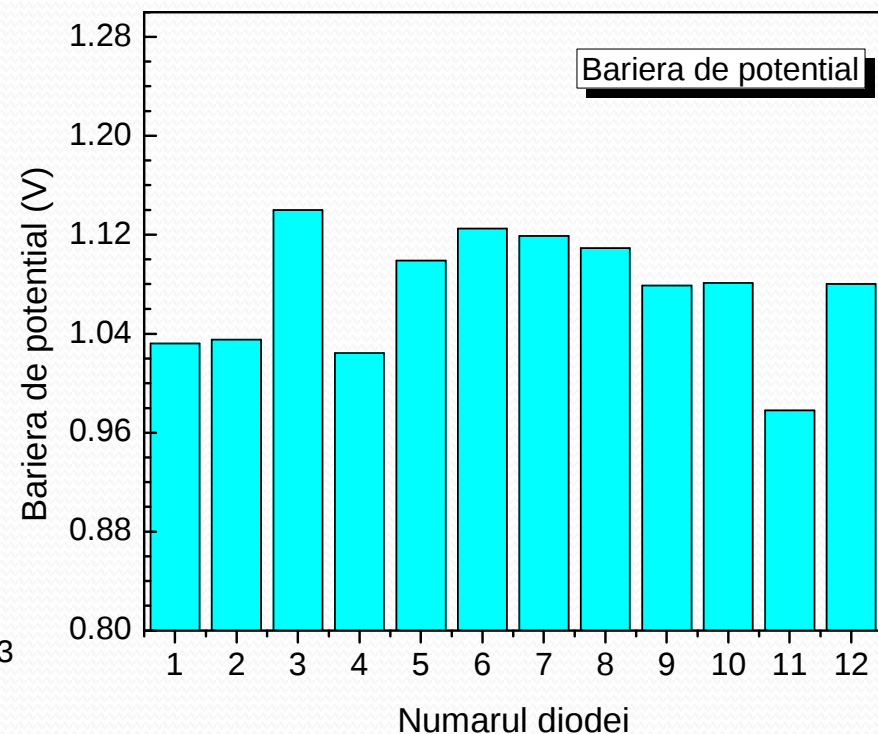
$$b = \frac{1}{nV_{th}}$$

$$\phi_{Bn} = V_{th} (\ln A_n S T^2 - \ln I_S)$$

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC



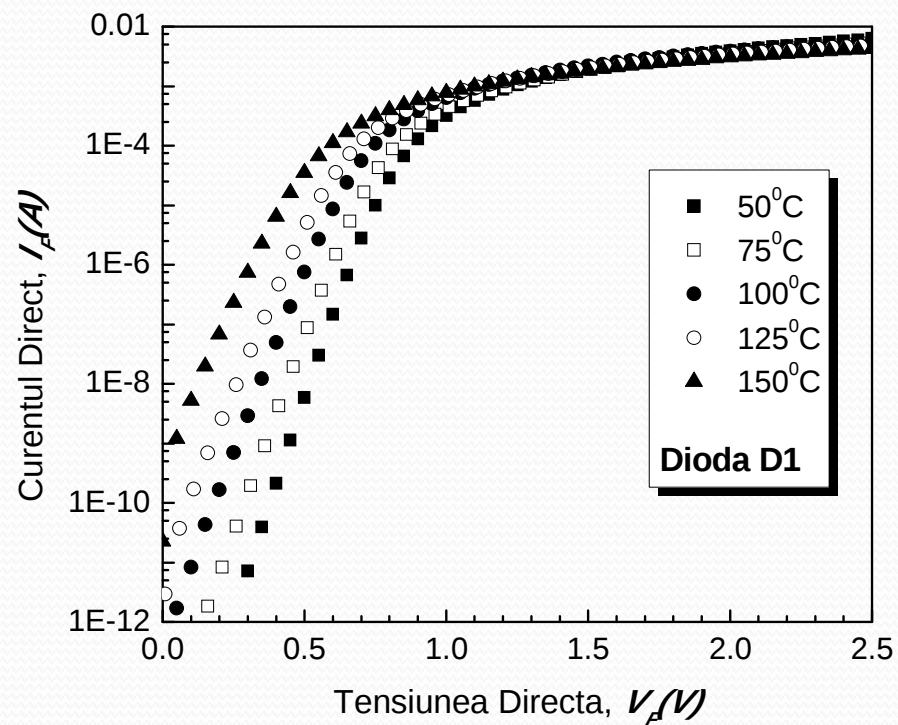
*Factorul de idealitate(n) pentru cele 12 diode
măsurate la temperatura camerei*



*Bariera Schottky(Φ_{Bn}) pentru cele 12 diode
măsurate la temperatura camerei*

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

Dioda Schottky – senzor termic

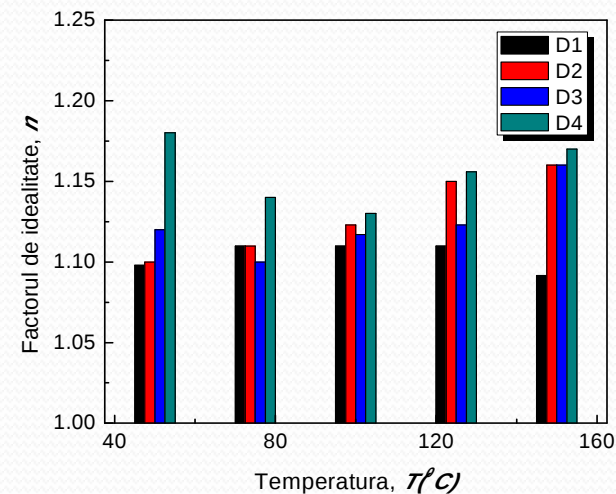
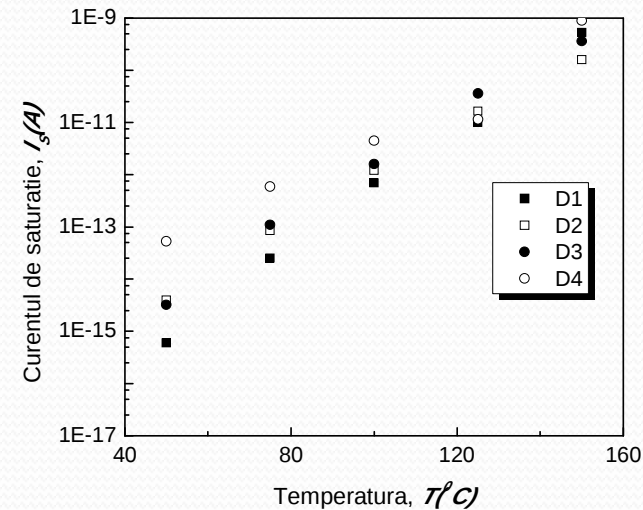


Comportarea unei diode Schottky pe SiC cu temperatura

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

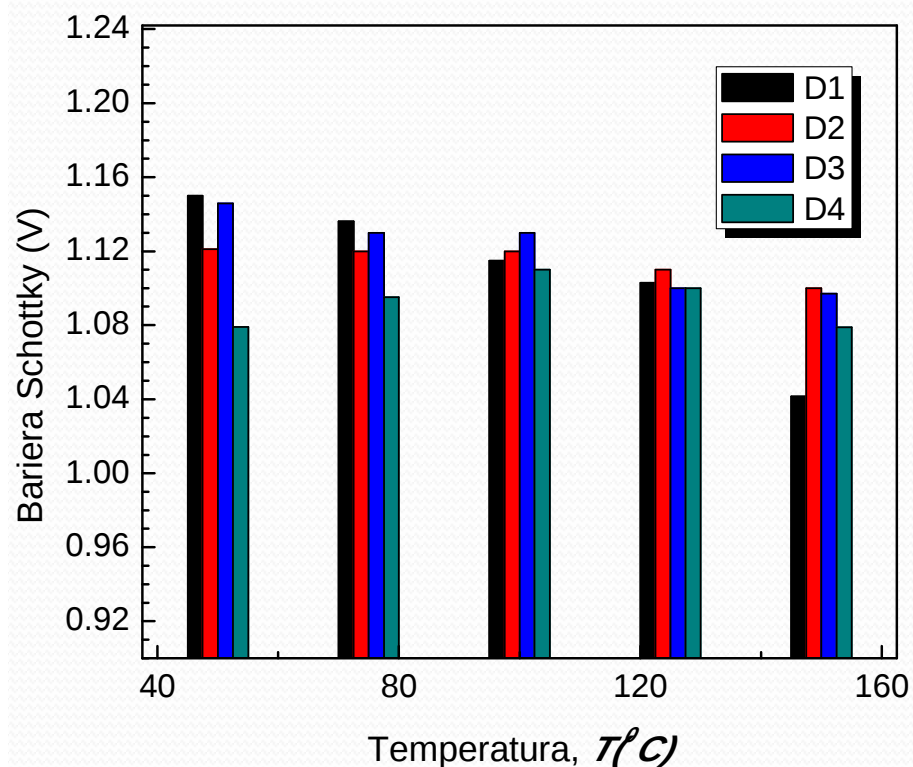
D1					
T(°C)	50	75	100	125	150
I_s (A)	5.96E-16	2.49E-14	6.961E-13	1E-11	5.229E-10
n	1.098	1.11	1.11	1.11	1.0916
Φ_{Bn} (V)	1.15	1.136	1.115	1.103	1.0415
R_s (Ω)	226.24	268.817	279.329	340	406.504
D2					
T(°C)	50	75	100	125	150
I_s (A)	3.929E-15	8.462E-14	1.2E-12	1.64E-11	1.58E-10
n	1.1	1.11	1.123	1.15	1.16
Φ_{Bn} (V)	1.121	1.12	1.12	1.11	1.1
R_s (Ω)	82.918	101.01	121.359	147.492	177.619
D3					
T(°C)	50	75	100	125	150
I_s (A)	3.2199E-15	1.094E-13	1.59e-12	3.589E-11	3.58e-10
n	1.12	1.1	1.117	1.123	1.16
Φ_{Bn} (V)	1.146	1.13	1.13	1.1	1.097
R_s (Ω)	67.98	74.794	86.5	112.866	112.612
D4					
T(°C)	50	75	100	125	150
I_s (A)	5.3E-14	5.89E-13	4.43E-12	1.136E-11	8.84E-10
n	1.18	1.14	1.13	1.156	1.17
Φ_{Bn} (V)	1.079	1.095	1.11	1.1	1.0789
R_s (Ω)	64.47	68.91	80.19	85.17	88.96

Parametrii celor 4 diode măsurate la temperaturile
indicate



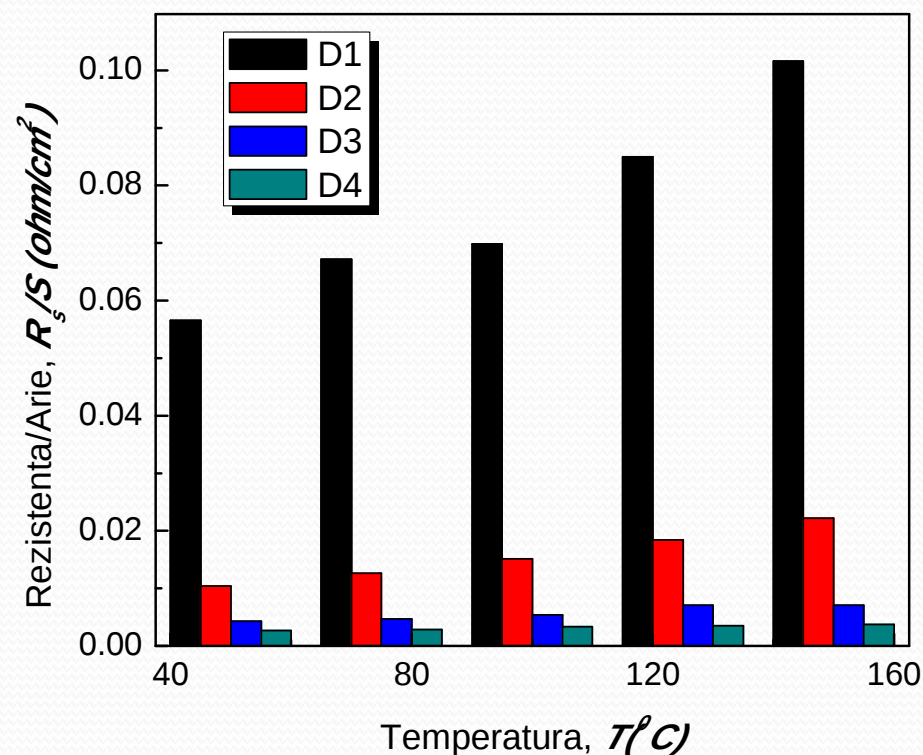
CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

Bariera de potențial



*Variația barierei Schottky cu temperatura
pentru cele 4 diode măsurate*

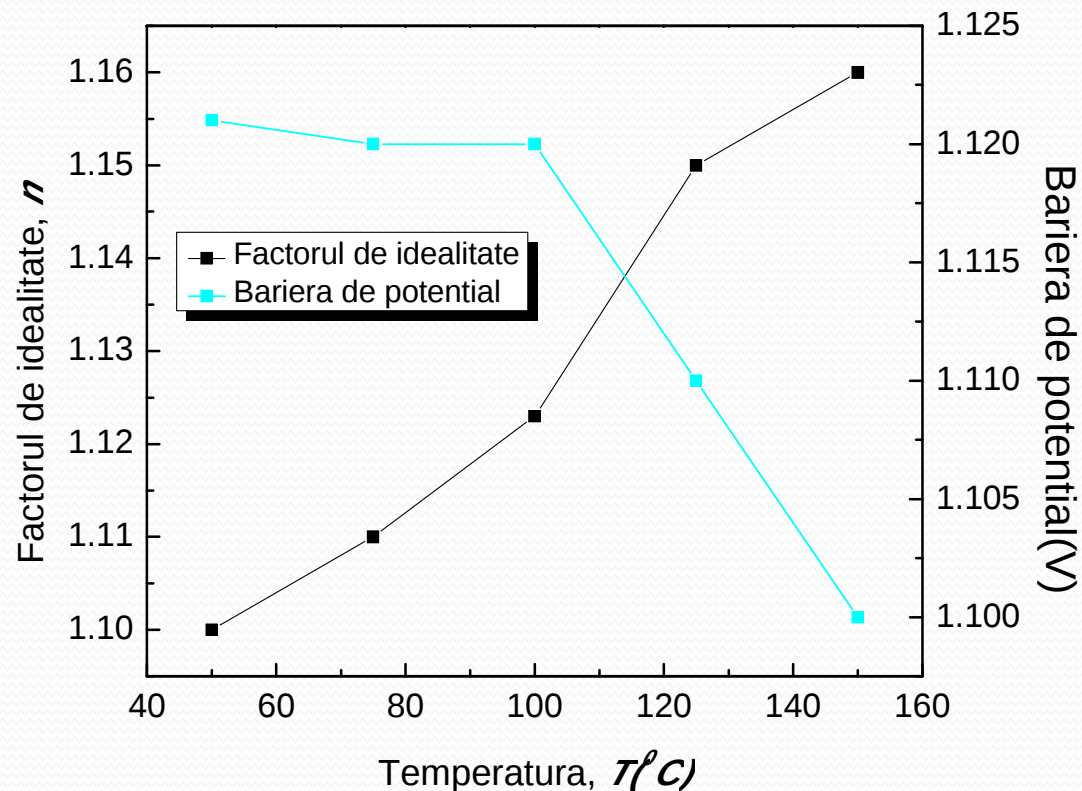
Rezistența serie



*Variația rezistenței serie cu temperatura
pentru cele 4 diode măsurate*

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

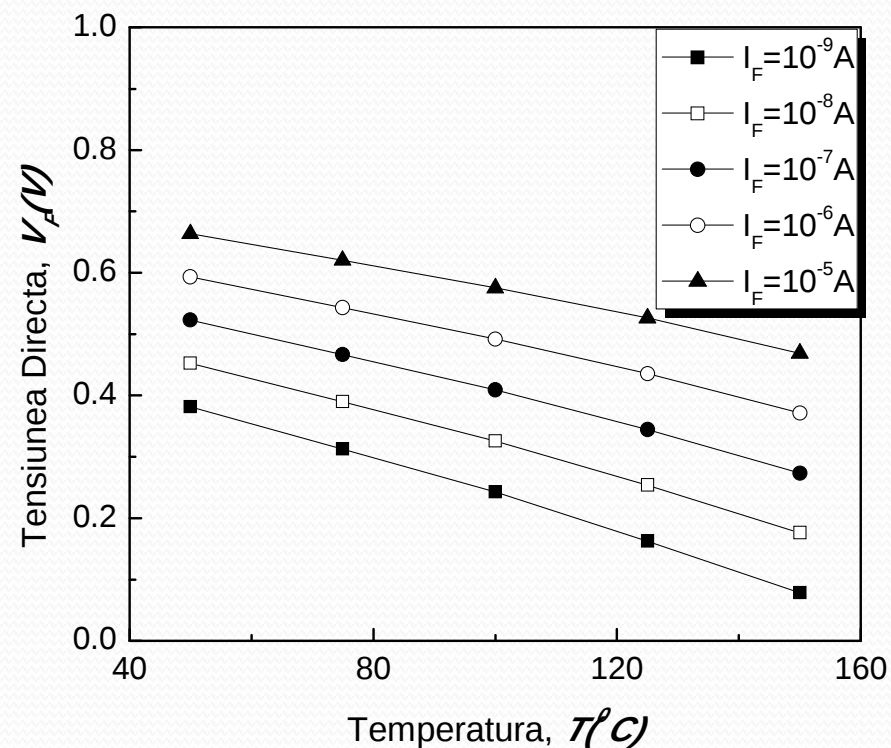
$$V_F = V_F(T) \cong n\Phi_{Bn} - [n\Phi_{Bn} - V_F(T_0)] \left(\frac{T}{T_0} \right)$$



n Φ_{Bn}

$n\Phi_{Bn} = \text{constant}$

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC



$$V_F = V_F(T) \cong n\Phi_{Bn} - \left[n\Phi_{Bn} - V_F(T_0) \right] \left(\frac{T}{T_0} \right)$$

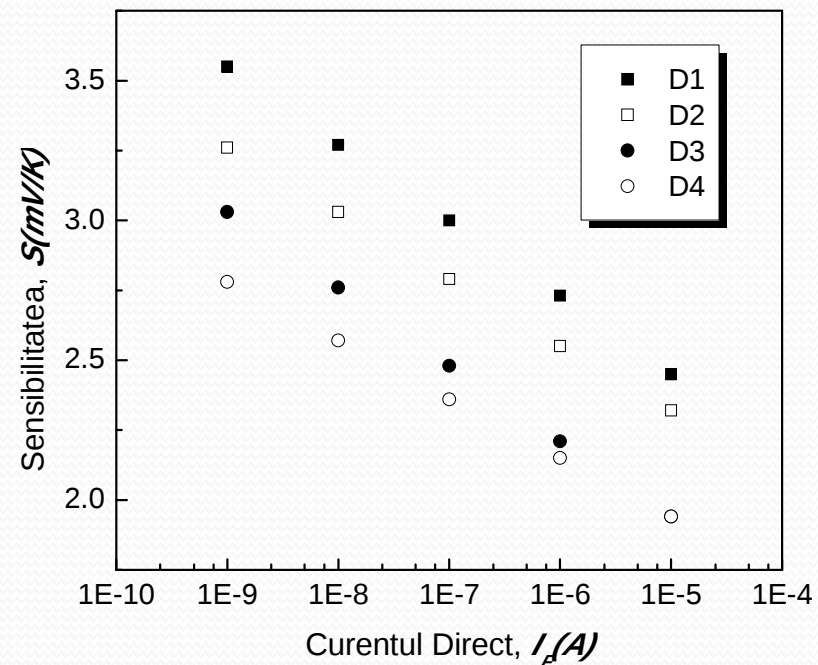
Dependența tensiunii directe în funcție de temperatură, la diferiți curenți constanți

CARACTERIZAREA ELECRICĂ A DIODELOR SCHOTTKY PE SiC

$$S(T) = \frac{\Delta V_F}{\Delta T} \cong [n\Phi_{Bn} - V_F(T_0)]/T_0$$

D1					
I _F (A)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
S(mV/K)	3.55	3.27	3	2.73	2.45
D2					
I _F (A)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
S(mV/K)	3.26	3.03	2.79	2.55	2.32
D3					
I _F (A)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
S(mV/K)	3.03	2.76	2.48	2.21	1.94
D4					
I _F (A)	10 ⁻⁹	10 ⁻⁸	10 ⁻⁷	10 ⁻⁶	10 ⁻⁵
S(mV/K)	2.78	2.57	2.36	2.15	1.94

Valorile sensibilității la diferenți curenți constanți
pentru cele 4 diode măsurate



Variația sensibilității la creșterea curentului
direct aplicat, pentru diodele Schottky măsurate

Concluzii

- S-au fabricat diode Schottky pe SiC pentru senzori de temperatură
- S-au crescut 2 straturi de oxid: primul fiind densificat la $T = 1000^{\circ}\text{C}$, timp de 30minute, pentru obținerea rampei
- Timpul și temperatura optime pentru corodarea oxidului: $t = 11\text{minute}$, $T = 30^{\circ}\text{C}$
- Factorul de idealitate este aproape constant cu variația temperaturii și are o valoare apropiată de 1
- Bariera Schottky este aproximativ constantă cu temperatura, având valori cuprinse între 1.08V și 1.15V
- Sensibilitatea senzorului: $S = [1.94-3.55]\text{mV/K}$.
- S scade cu creșterea curentului de polarizare și aria activă.
- Pentru senzori de temperatură se recomandă:
 - Diode Schottky pe SiC polarizate direct la curenți mici.
 - Diode Schottky de arie mică.



Vă multumesc pentru atenție!