

D.4 Elektrická charakterizácia detektorov

REPORT

Elektrická charakterizácia SiC a GaAs detekčných štruktúr

Názov projektu	Nové polovodičové materiály pre pixelové senzory s využitím pre digitálnu rádiografiu
Akronym projektu	PIXELRAD
Číslo projektu	09I05-03-V02-00073
Dátum začiatku projektu	Jan-24
Dátum ukončenia projektu	Aug-26
Dátum reportu	Okt-25

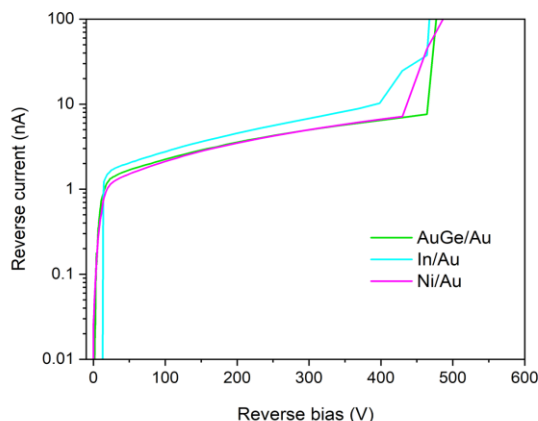
Metódy:

- IV-meranie volt-ampérových charakteristík (určenie optimálneho pracovného napätia a stanovenie hodnôt zvodových prúdov)
- CV-meranie závislosti kapacity od napätia (určenie veľkosti aktívnej oblasti a minimálneho napätia pre plnú aktiváciu detekčnej štruktúry)

Semi-izolačné (SI) GaAs detektory

1. Semi-izolačné (SI) GaAs detektory s hrúbkou 215 μm , s Ti/Pt/Au Schottky kruhovou elektródou s priemerom 200 μm boli skúmané z hľadiska vplyvu ich celoplošnej ohmickej elektródy na elektrické vlastnosti detektora. Pripravené boli tri typy detektorov s ohmickými elektródami z Au/Ge/Ni, In/Au a Ni/Au. Porovnanie priebehov IV-charakteristík reprezentačných vzoriek detektorov v závernom smere zobrazuje Obr. 1. V Tab. 1 je zobrazené porovnanie záverných prúdov detektorov s rôznym ohmickým kontaktom pre vybrané záverné napätia (100, 200, 300 a 400 V). Tab. 2 porovnáva reprezentatívne hodnoty záverného napätia pre tri typy detektorov líšiace sa ohmickou elektródou.

Dosiahnuté výsledky ukazujú, že saturačná oblasť záverného prúdu sa pri všetkých 3 typoch detekčných štruktúr pohybuje v oblasti 30 až 300V. Prierné napätie štruktúr je najvyššie pre štruktúry s Au/Ge/Ni a Ni/Au elektródami. Najnižšími hodnotami záverného prúdu sa vyznačovali detektory s Au/Ge/Ni ohmickou elektródou, ktoré boli stanovené ako najvhodnejšie pre prípravu detektorov.



Obr. 1: IV charakteristiky SI GaAs detektorov s rôznym typom celoplošného ohmického kontaktu (AuGe/Au, In/Au, Ni/Au).

D.4 Elektrická charakterizácia detektorov

Tab.1: Porovnanie záverného prúdu GaAs detektorov pri rôznych napätiach pre vzorky s rôznym typom ohmického kontaktu

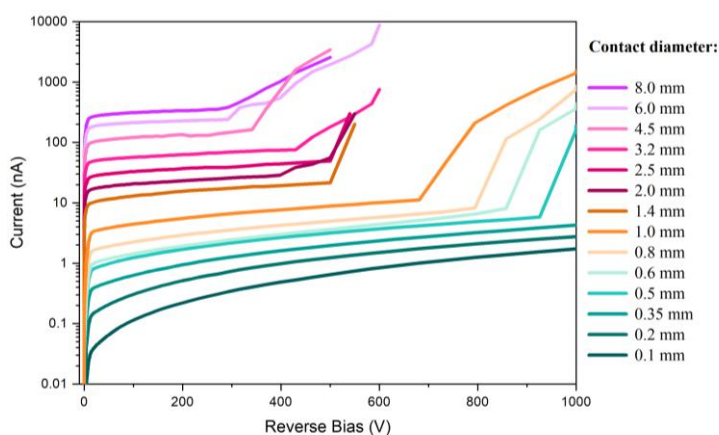
Ohmický kontakt	Priemerný záverný prúd (nA)			
	100 V	200 V	300 V	400 V
AuGe/Au	2.4	3.9	4.9	6.6
In/Au	2.7	4.4	6.3	11.8
Ni/Au	2.2	4.2	6.2	8.7

Tab. 2: Reprezentatívne hodnoty prierného napätia vrátane smerodajnej odchýlky pre detektory typu SI GaAs so Schottkyho kontaktom Ti/Pt/Au a rôznymi ohmickými kontaktmi (AuGe/Au, In/Au a Ni/Au).

Ohmický kontakt	Prierné napätie (V)	Smerodajná odchýlka prierného napätia (%)
AuGe/Au	430	15
In/Au	370	6
Ni/Au	430	6

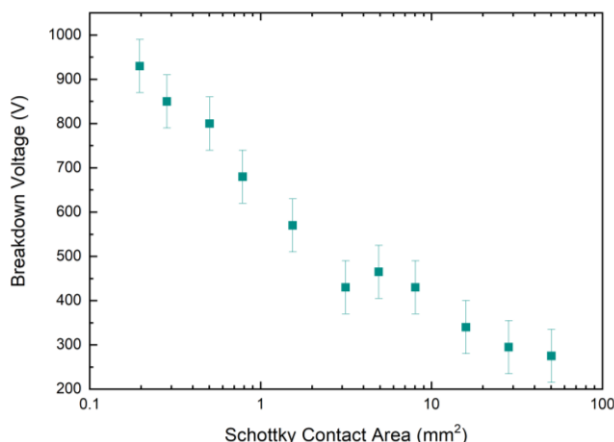
- Semi-izolačné (SI) GaAs detektory s hrúbkou 350 μm , s Ti/Pt/Au Schottky kruhovou elektródou s rôznym priemerom a vylepšenou celoplošnou ohmickou elektródou z Ni/AuGe/Au trojvrstvy boli vyhodnotené z hľadiska vplyvu veľkosti Schottkyho kontaktu na záverný šumový prúd detektora a prierné napätie. Obr. 2 zobrazuje priebeh reprezentatívnych IV-charakteristík a Obr. 3 závislosť prierného napätia od plochy Schottkyho elektródy detektora.

Výsledky ukázali, že detektory s menšími kontaktami vykazujú systematicky vyššie prierné napätia v porovnaní s detektormi s väčšími kontaktami a záverný prúd klesá s plochou Schottkyho kontaktu. Tento trend je pozitívny z pohľadu prípravy multipixelových senzorov pre radiačné kamery v pracovnom balíku č.3, kde veľkosť pixelu je menšia ako 55 μm .



D.4 Elektrická charakterizácia detektorov

Obr. 2: IV-charakteristiky SI GaAs detektorov s rôznou plochou Schottkyho kontaktu.

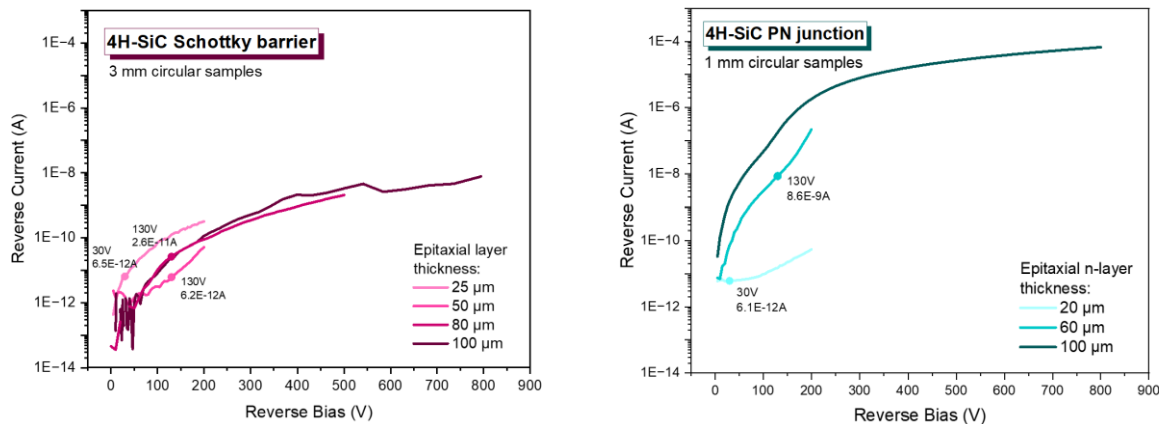


Obr. 3: Prierné napätie SI GaAs detektorov s rôznou veľkosťou Schottkyho kontaktu ako funkcia plochy kontaktu.

SiC detektory

Skúmané boli dve hlavné skupiny SiC detektorov z SiC polytypu 4-hexagonal (4H), vyrobené z tenkej epitaxnej vrstvy 4H-SiC narastenej na 350 μm SiC substráte. Prvá skupina detektorov mala blokujúcu štruktúru s Schottky kontaktom z Ni/Au a druhá skupina bola pripravená ako PN priechod z 4H-SiC dopovaného dusíkom resp. hliníkom.

- Okrem typu blokujúcej štruktúry bol v prípade SiC detektorov vyhodnotený vplyv hrúbky epitaxnej vrstvy na elektrické vlastnosti detektorov. Obr. 4 zobrazuje typické IV-charakteristiky detektorov z oboch hlavných skupín pripravených z epitaxných vrstiev rôznych hrúbok. Konkrétne hodnoty záverných prúdov ako aj výšky napätí potrebných pre vyprázdnenie štruktúr sú uvedené v Tab.3. Výsledky ukazujú, že detektory so Schottkyho bariérou majú rádovo nižšie záverné prúdy napriek väčšej ploche, a sú pre prípravu detektorov vhodnejšie. Hrúbka epitaxnej vrstvy nemá vplyv na veľkosť záverného prúdu ale ovplyvňuje výšku napätia potrebného na úplné vyprázdnenie štruktúry. S rastúcou hrúbkou epitaxnej vrstvy potrebné napätie prudko stúpa, čo určili kapacitné merania zobrazené na Obr. 5., kde vidíme, že hrúbka epitaxnej vrstvy ovplyvňuje aj kapacitu štruktúry

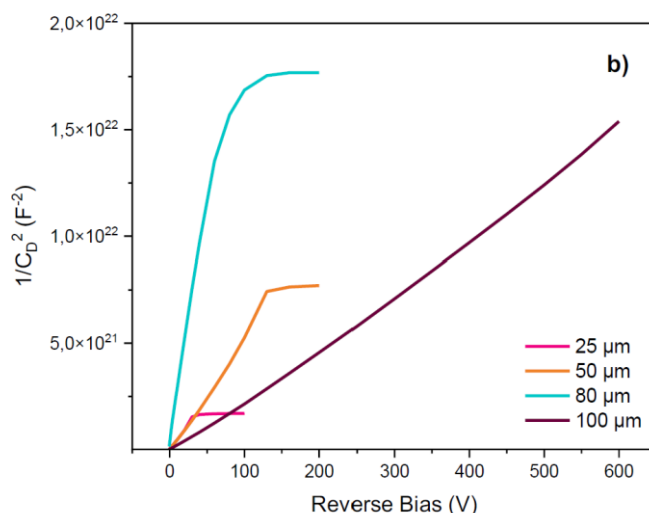


Obr. 4: IV-charakteristiky SiC detektorov s rôznym typom blokujúcej štruktúry (PN vs. Schottky) a z epitaxných vrstiev rôznych hrúbok.

D.4 Elektrická charakterizácia detektorov

Tab. 3: Záverný prúd a výška napätia pre vyprázdnenie štruktúry typu PN a s Schottkyho bariérou na báze 4H-SiC s rôznou hrúbkou epitaxnej vrstvy

Hrúbka epi. vrstvy (μm) Sch./PN	Napätie vyprázdneni a (V)	Záverný prúd (A)	
		Schottky detektory	Detektory s PN- priechodom
25/20	30	6.5×10^{-12}	6.1×10^{-12}
50/60	130	6.5×10^{-12}	8.6×10^{-9}
80/-	130	26.4×10^{-12}	-
100/100	400	2.0×10^{-9}	1.6×10^{-5}

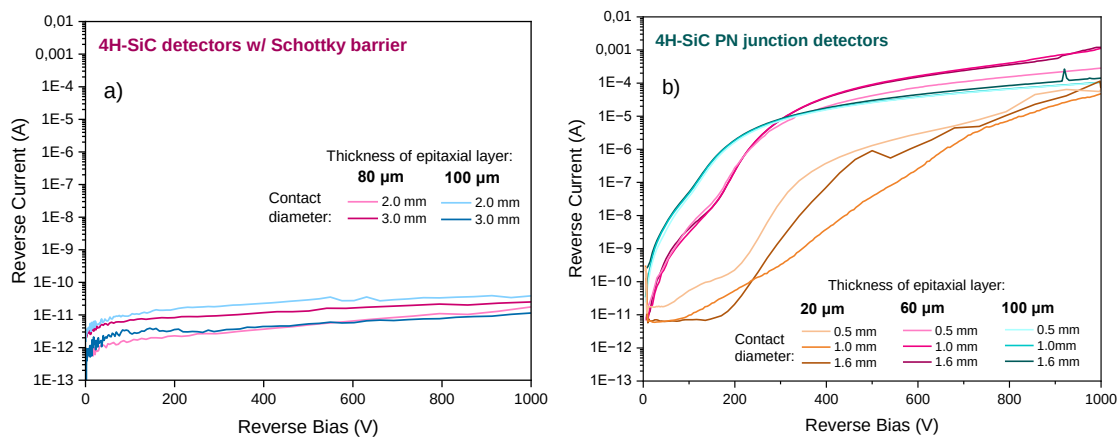


Obr. 5: CV-charakteristiky SiC detektorov s Schottkyho bariérou pripravených z epitaxných vrstiev rôznych hrúbok

- Okrem typu blokujúcej štruktúry bol v druhom prípade vyhodnotený vplyv veľkosti kontaktu na elektrické vlastnosti SiC detektorov. Obr. 6 znázorňuje IV-charakteristiky detektorov oboch typov blokujúcej štruktúry (PN aj Schottkyho) s rôznymi priermi elektród a rôznou hrúbkou epitaxnej vrstvy.

Výsledky ukázali, že v prípade Schottkyho detektorov je záverný prúd pomerne stabilný a vplyv plochy elektródy alebo hrúbky epitaxnej vrstvy je zanedbateľný. V prípade PN detektorov hrubšie detektory vykazovali vyššie záverné prúdy ale vplyv veľkosti elektródy na záverný prúd je minimálny.

D.4 Elektrická charakterizácia detektorov



Obr. 6: Reprezentatívne záverné IV charakteristiky detektorov z materiálu 4H-SiC s rôznymi rozmermi kontaktov a pripravených z rôzne hrubých epitaxných vrstiev pre oba typy detektorov.