

Rezultate 2024

- Calibrarea parametrilor experimentali și de analiză pentru evaluarea spectroscopică a siliciului prin FTIR a fost efectuată și au fost efectuate primele teste DLTS pe SiC (crescut ca atare sau iradiat cu electroni de 6MeV), descrise pe scurt în cele ce urmează. În această etapă a proiectului, au fost investigate caracteristicile vibraționale IR ale diferitelor plachete de Si, inclusiv cele cu rezistivitate ridicată ($\sim 105 \Omega \cdot \text{cm}$) crescute prin metoda Float-Zone și cele dopate cu bor cu rezistivități de $< 1 \Omega \cdot \text{cm}$ și $\sim 10\text{--}30 \Omega \cdot \text{cm}$ crescute prin metoda Czochralski (CZ). Toate plachetele au avut grosimi similare, în jur de $\sim 500 \mu\text{m}$. Structura vibrațională a probelor a fost investigată utilizând spectroscopia FTIR în mod de transmisie, cu un spectrometru Jasco 6800-FV-BB, probe sub vid la temperatura camerei (RT), cu o rezoluție de 4 cm^{-1} , spectre colectate ca medie a 128 de scanări independente. Aceste teste au fost efectuate pentru a evalua ce absorbții extrinseci suplimentare ar putea interfera cu observarea și asocierea modurilor vibraționale locale induse de radiații (LVM). Scanările colectate pentru toate probele sunt prezentate comparativ în Figura 1. O simplă comparație vizuală a spectrelor permite o serie de considerații, care oferă îndrumări pentru viitoarele probe:

- Grosimea viitoarelor specimene ar trebui limitată la $300 - 500 \mu\text{m}$ pentru a permite măsurători spectroscopice FTIR de înaltă calitate;
- Sunt de preferat plachete lustruite pe ambele fețe, deoarece acestea pot permite o transmisie mai consistentă a radiației IR, fără interferențe cauzate de reflexie și împrăștiere;
- S-a observat o scădere progresivă a intensității odată cu nivelul de dopare p. Peste o anumită concentrație de dopant, absorbțiile extrinseci domină, ceea ce face dificilă identificarea LVM-urilor induse de iradiere. Plachetele de Si dopate cu p cu rezistivități $> 10 \Omega \cdot \text{cm}$ sunt potrivite pentru analiza spectroscopică FTIR.

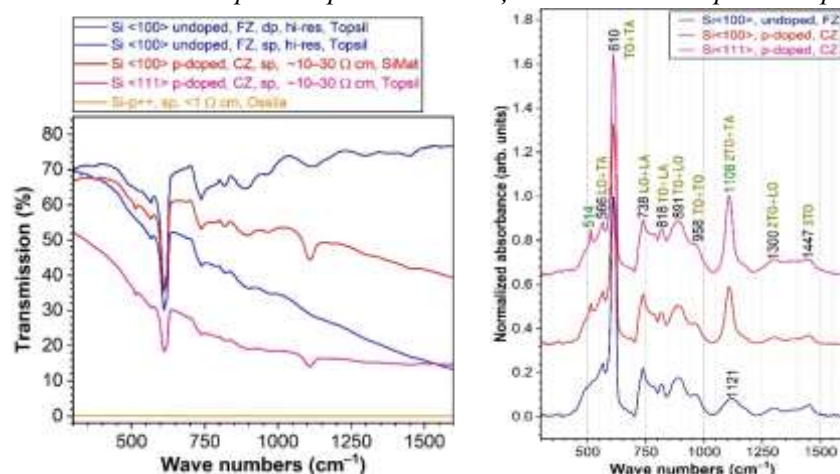


Figura 1. Spectre FTIR comparative: a) colectate în mod de transmisie pentru diferite tipuri de napolitane de Si: napolitane nedopate cu rezistivitate ridicată ($\sim 105 \Omega \cdot \text{cm}$) și napolitane dopate cu p (bor) cu rezistivități de $< 1 \Omega \cdot \text{cm}$ și $\sim 10\text{--}30 \Omega \cdot \text{cm}$, cu orientări cristaline fie $<100>$, fie $<111>$, cu lustruire oglindă pe o singură față sau pe ambele fețe; b) de Si nedopat și dopat cu p.

Figura 1b prezintă spectrele a trei napolitane reprezentative de Si – napolitane nedopate cu rezistivitate ridicată și napolitane dopate cu bor – cu orientări cristaline diferite. Mai multe mecanisme contribuie la procesele de absorbție IR, care pot fi clasificate în linii mari în două clase majore: (i) intrinseci, rezultați din interacțiunea radiației IR cu monocristalul ideal și (ii) extrinseci, proveniți din defecte punctuale sau extinse (de exemplu, locuri vacante, dislocații, impurități/dopanți). Spectrele FTIR ale napolitanelor de Si sunt dominate de o gamă de benzi de absorbție fononice intrinseci, inclusiv modurile optice transversale (TO), acustice transversale (TA), optice longitudinale (LO) și acustice longitudinale (LA), așa cum este ilustrat în Figura 1b.

Impuritățile precum C și O sunt prezente în mod obișnuit în cristalele de Si, indiferent de metoda de fabricație. Impuritățile C sunt încorporate substituțional în rețeaua de Si, cu o bandă de absorbție LVM caracteristică Si-C la 605 cm^{-1} . Impuritățile O sunt încorporate interstițial în rețeaua de Si și produc o bandă de absorbție la aproximativ 1107 cm^{-1} , atribuită vibrațiilor intense de întindere antisimetrice ale legăturilor Si-O-Si. Cu toate acestea, atât LVM-urile legate de C, cât și cele legate de O sunt suprapuse peste benzile intense de absorbție intrinseci ale rețelei, în special cele atribuite fononilor TO+TA și respectiv 2TO+TA. O concentrație mai mare de impurități O este indicată de intensificarea benzii de 1108 cm^{-1} și apariția unei noi benzi superficiale la 514 cm^{-1} în plachetele de Si dopate cu CZ p, comparativ cu cele FZ nedopate. Aceasta din urmă este asociată în mod distinct cu LVM interstițial de oxigen (Oi), un mod rezonant care implică mișcările atomilor de Si care înconjoară atomul de O.

De asemenea, am început măsurători DLTS pe SiC, ca diode p+-n procesate și diode Schottky de tip n iradiate. În Fig. 2 sunt prezentate exemple de spectre măsurate pe diode Schottky de tip n iradiate.

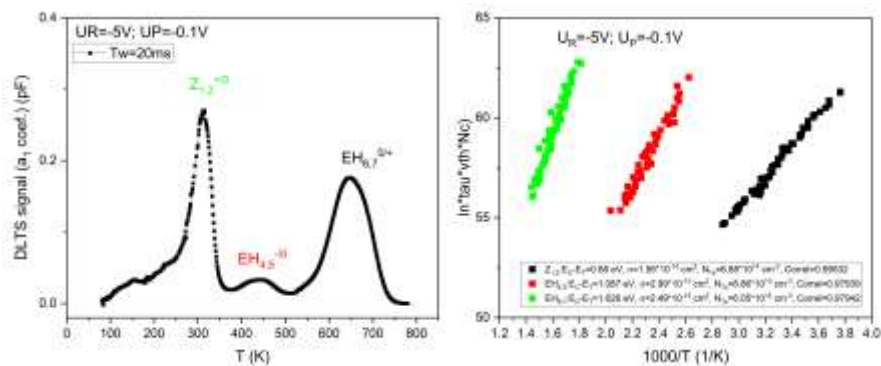


Figura 2. Spectre DLTS pentru o fereastră de timp de 20 ms pe o diodă Schottky iradiată cu electroni de 6 MeV, $\Phi = 1,5 \cdot 10^{14} \text{ e/cm}^2$