

Invenția se referă optoelectronică, în special la procedeul de obținere a cristalelor fotonice.

Cristalul fonic este o structură dielectrică periodică, care posedă benzi de frecvențe interzise în relațiile de dispersie a undelor electromagnetice. Fotonii în cristalele fonice pot fi descriși prin teoria benzilor fonice în analogie cu teoria benzilor electronice în cristale. Conform teoriei benzilor fonice este posibilă existența unor benzi fonice interzise în structurile dielectrice periodice. Undele electromagnetice, frecvențele cărora nimeresc în interiorul benzilor interzise nu se pot propaga în interiorul cristalului fonic [1-4].

Performanțele unui cristal fonic sunt determinate de către lărgimea benzii interzise, care, la rândul ei, depinde de raportul volumului cavităților (porilor) către volumul scheletului. Calculele efectuate arată că o bandă interzisă de frecvență suficient de largă se poate forma numai în cristalele fonice cu raportul volumului cavităților către volumul scheletului mai mare de 80% și cu cât este mai mare acest raport cu atât mai avantajoși sunt parametrii cristalului fonic [1, 4, 5].

Este cunoscut un procedeu de obținere a cristalelor fonice tridimensionale, care constă în fabricarea straturilor bidimensionale, fiecare strat conține o rețea planară periodică formată din două materiale, unul dintre care este de preferință siliciul, iar al doilea este aerul [6]. Ulterior aceste straturi sunt asamblate într-un pachet, formând cristalul fonic tridimensional. Pentru crearea cristalului fonic se folosește fotolitografia. Dezavantajul procedurii cunoscute este complexitatea operațiilor tehnologice efectuate la ajustarea straturilor în pachet. Pe lângă aceasta procedeul este foarte costisitor și greu de realizat când se trece la scara nanometrică a cristalelor fonice.

Este cunoscut un procedeu de obținere a cristalelor fonice dintr-un material monolit care constă în depunerea pe suprafața materialului a unei măști, care formează o rețea triunghiulară de găuri, ulterior din fiecare gaură se produc câte trei cavități (pori) în trei direcții, fiecare dintre ele formând un unghi de $35,26^\circ$ cu normala suprafeței materialului, unghiurile azimutale dintre direcții fiind egale cu 120° fiecare. Dezavantajul acestui procedeu este imposibilitatea de a crea cristale fonice cu raportul volumului cavităților către volumul scheletului mai mare de 90%, acest raport fiind limitat de geometria cristalului fonic [7].

Mai este cunoscut un procedeu de obținere a cristalelor fonice dintr-un material monolit, care constă în depunerea pe suprafața materialului a unei măști, care formează o rețea pătrată de găuri, ulterior din fiecare gaură se produc câte patru cavități în patru direcții, fiecare dintre ele formând cu normala suprafeței materialului un unghi de $54,7^\circ$, unghiurile azimutale dintre direcții fiind egale cu 90° fiecare, iar proiecția acestor direcții pe suprafața rețelei pătrate inițiale coincide cu diagonala rețelei. Neajunsul acestui procedeu este imposibilitatea de a obține cristale fonice cu raportul volumului cavităților către volumul scheletului mai mare de 74%, acest raport fiind limitat de geometria cristalului fonic [8].

Problema pe care o rezolvă invenția propusă constă în realizarea unui procedeu de obținere a cristalelor fonice dintr-un material monolit cu raportul volumului cavităților către volumul scheletului mai mare de 90%.

Procedeul, conform invenției, include depunerea unei măști pe una din suprafețele cristalului de semiconductor sau de dielectric, totodată masca este executată în formă de grilă cu orificii amplasate în rânduri cu pași egali, apoi are loc implantarea ionilor de energie înaltă în fiecare orificiu al măștii în patru direcții și decaparea electrochimică. Noutatea invenției constă în faptul că la implantare fiecare direcție a ionilor formează un unghi de 45° față de normala la suprafața cristalului, iar unghiurile dintre direcțiile ionilor sunt egale cu 90° .

Rezultatul invenției constă în obținerea unui cristal fonic cu valoarea raportului volumului cavităților către volumul scheletului până la 97%. Acest procedeu lărgeste diapazonul benzilor interzise de frecvențe și ridică performanțele cristalului fonic.

Esența invenției se aplică printr-o figură, care reprezintă vederea în ansamblu a cristalului fonic.

Procedeul de obținere a cristalului fonic cuprinde următoarele faze tehnologice:

I. Depunerea pe un cristal semiconductor sau dielectric 1 a unei măști metalice 2, care formează o rețea pătrată de găuri 3.

II. Implantarea cu ioni 4.

III. Decaparea electrochimică selectivă a cristalului.

În exemplul dat a fost folosit un cristal de n-InP cu orientarea (100) și concentrația electronilor la temperatura camerei egală cu $(2...3) \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$.

Masca metalică 2 alcătuită dintr-o peliculă de Cr cu grosimea de 10 nm și o peliculă de Au cu grosimea de 100 nm a fost depusă într-o instalație de evaporare BYII-5 evacuată până la $2 \cdot 10^{-6}$ torr.

Pentru formarea topografiei necesare a măștii în funcție de dimensiunile cristalului fonic, a fost folosită fotolitografia pentru dimensiunile găurilor mai mari de 200 nm și litografia fasciculului de electroni pentru dimensiunile găurilor mai mici de 200 nm.

Fotolitografia a fost efectuată într-o instalație tip Solitec 5100 folosind un fotorezist SU-8 cu grosimea de 200 nm.

Litografia fasciculului de electroni a fost efectuată într-o microscop electronic cu baleiaj la tensiunea de 50 kV la dozele între 300 și 500 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$. În calitate de fotorezist a fost folosită o soluție de 4% de polimetil metacrilat (PMMA) în clorbenzen.

Pentru implantarea cu ioni în direcțiile 4 indicate în figură s-au folosit ioni de Kr^+ cu energia de 5 MeV la doza de $3 \cdot 10^{10} \text{ cm}^{-2}$.

După implantarea cu ioni cristalul este supus decapării electrochimice selective într-o soluție de $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}$ de 30...50% la densitatea curentului în circuitul electrochimic de 10...30 mA/cm^2 . Efectuarea decapării electrochimice aproape de limita de percolație permite obținerea cristalelor fonice cu raportul volumului cavităților către volumul scheletului până la 97%.