

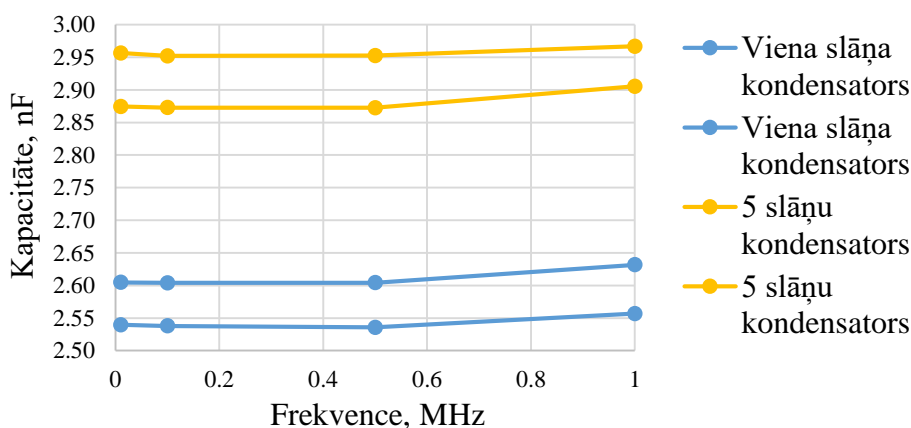


I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

**Informatīvais ziņojums par ERAF projektā No. 1.1.1.1/16/A/203, “Daudzslāņu silīcija nanokondensators ar uzlabotiem dielektriskiem slāņiem” paveikto laika posmā 01.11.2017.-31.01.2018.**

**Pārskata periodā tika veikti sekojošie pētījumi:**

1. Uz silīcija plāksnēm izgatavotas nanokondensatoru N un N...N slāņu pavadošās struktūras morfoloģijas pētījumiem. Izgatavoti nanokondensatoru paraugi, N, N...N un ON...ON slāņu pavadošās struktūras to elektrisko īpašību, morfoloģijas un ķīmisko saišu noteikšanai.
2. Analizēta virsmas morfoloģija N un N..N slāņiem, izmantojot atomspēku mikroskopiju (AFM) un skenējošo elektronu mikroskopiju (SEM).
3. Izstrādāta un aprobēta metode nanokondensatoru elektrisko parametru noteikšanai. Metode ļauj noteikt nanokondensatoru elektriskos parametrus atkarībā no N slāņu skaita. Izmērot nanokondensatoru elektriskos parametrus, konstatēts, ka pie vienāda dielektriķa biezuma nanokondensatora ar N...N slāņiem kapacitāte ir lielāka nekā nanokondensatora ar vienu N slāni kapacitāte (1. attēls). Tajā pašā laikā daudzslāņu un vienslāņa nanokondensatoru dielektrisko zudumu tangensi neatšķiras.



1.attēls. Nanokondensatoru ar vienu Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> slāni un pieciem Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> slāņiem kapacitāte, kopējais Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> biezums visos gadījumos ir 65 nm.

4. Izgatavota ierīce un izstrādāta metode apslēpto elektrisko aktīvo centrus noteikšanai N un N...N slāņos. Metode realizējas, aktivējot apslēptos elektriskos centrus ar vājo elektronu starojumu un detektējot fotoelektronu un eksoelektronu emisiju no aktivētajiem elektriskiem centriem.
5. Analizētas ķīmiskās saites uz N un N...N slāņu virsmas atkarībā no slāņu skaita un biezuma, izmantojot Furjē transformācijas infrasarkano spektrometriju pavājinātās pilnīgās atstarošanas režīmā (FT-IR ATR). Analizēto paraugo shematiskais attēlojums ir parādīts 1.tabulā un 2. attēlā.

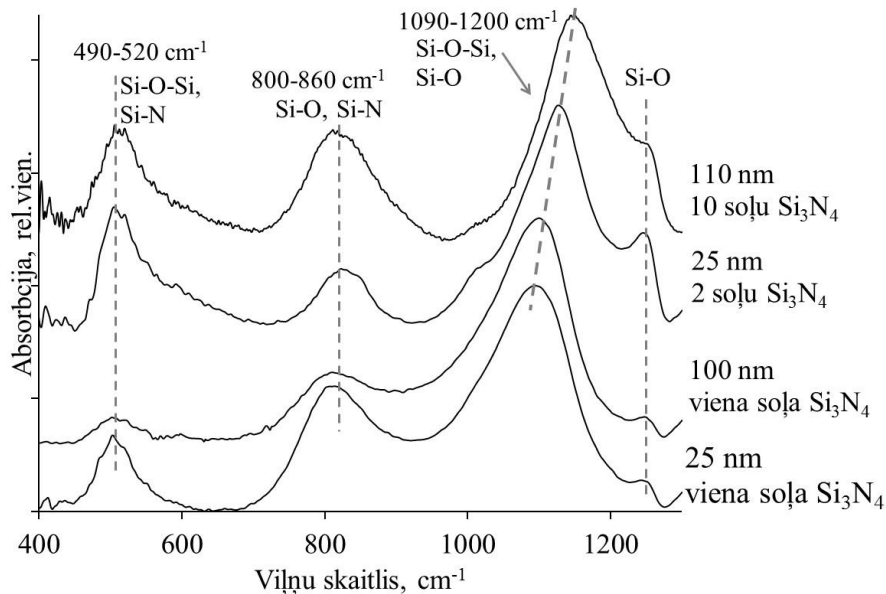
Viena slāņa vai daudzslāņu Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>
Poly-Si, dopēts ar fosforu
SiO <sub>2</sub>
Si plāksne

2. attēls. Analizēto paraugu shematiskais attēlojums (slāņu biezumi nav mērogā).

Tabula 1. Analizēto paraugu slāņu struktūras apraksts

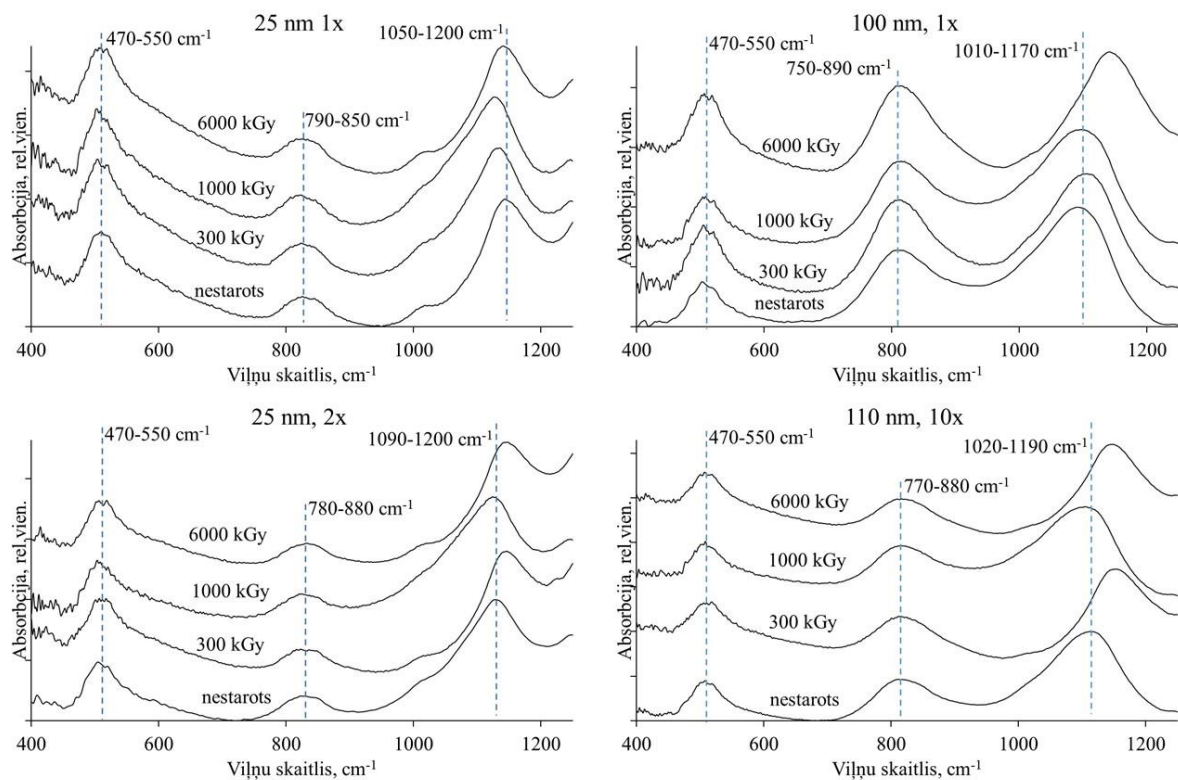
Slāņu apraksts				
Si pamatne	SiO <sub>2</sub> (720 nm)	Poly-Si, dopēts ar fosforu (420 nm)	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	
			Slāņu skaits	Slāņa biezums, nm
			Viens slānis	25
			Viens slānis	100
			divi soļi	(10x2) = 25
			10 soļi	(10x10) = 110

Normalizētajos FT-IR spektros (3. attēls) galvenokārt novēro signālus reģionā no 400-1450 cm<sup>-1</sup>, kas norāda uz Si-O-Si, O-Si-O, Si-O, Si-N saišu klātbūtni. 490-520 cm<sup>-1</sup> esošie signāli liecina par Si-O-Si saitēm, Si-O šķērveida svārstībām [1]. Diapazonā no 820-850 cm<sup>-1</sup> signālu rada Si-O liekšanās [2] un Si-N stiepšanās [3] svārstības. Savukārt spektra diapazonā no 900-1250 cm<sup>-1</sup> ir Si-O-Si, Si-O simetriskās un asimetriskās svārstības, kā arī Si-N un Si-O-N [4] saišu signāli.



3. attēls. Viena slāņa un daudzslāņu Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> dielektriķa normalizētie FT-IR spektri. Uzskatāmībai spektri ir pacelti viens attiecībā pret otru.

6. Veikta N un N...N nanoslāņu (paraugi 1.tabulā) apstarošana ar paātrinātiem elektroniem (5 MeV) ar dozām 100 kGy – 6 MGy.
  - 6.1. Izmantojot SEM metodi, analizēta virsmas morfoloģija un graudu izmēri N un N...N nanoslāņiem atkarībā no paraugu apstarošanas.
  - 6.2. Veikta apstarotu N un N...N nanoslāņu pirms- un pēcapstarošanas izpēte ar FT-IR ATR.



4. attēls. Nestarotu un starotu ar pātrinātiem elektroniem līdz 6000 kGy, vienā un vairākos sintēzes soļos sintezētu  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dielektriķa normalizētie FT-IR spektri. Uzskatāmībai, spektri ir pacelti viens attiecībā pret otru.

Starotu un nestarotu slāņu FT-IR spektros (4.attēls) novēroto Si-O simetrisko un asimetrisko svārstību signālu intensitātes savstarpēji atšķiras gan nestarotā, gan starotos paraugos. Si-O liekšanās un stiepšanās svārstību signāli ir līdzīgi nestarotos un starotos paraugos. Kopumā savstarpēji līdzīgā spektru forma liecina par ķīmisko saišu stabilitāti līdz absorbētajām dozām 6000 kGy.

#### **Par projekta īstenošanu un rezultātiem tika stāstīts studiju kursā studentiem:**

RTU bakalaura profesionālās studiju programmas "Medicīnas inženierija un fizika" studiju kurss "MEE406 Spektroskopijas metodes medicīnā", 3. un 4. kursa studenti. Lekcijas tēma – "Exoelectron spectroscopy for insulators: Applications for nanoelectronics", lekcijas laikā tika stāstīts par virsmas elektrisko stāvokļu izpēti  $\text{Si}_3\text{N}_4$  dielektriķī, izmantojot fotoelektronu emisijas spektroskopiju, un elektrisko stāvokļu izpēti uz robežām starp  $\text{Si}_3\text{N}_4$  nanoslāņiem, izmantojot eksoelektronu emisijas spektroskopiju.

Publicēts 23.02.2018.