

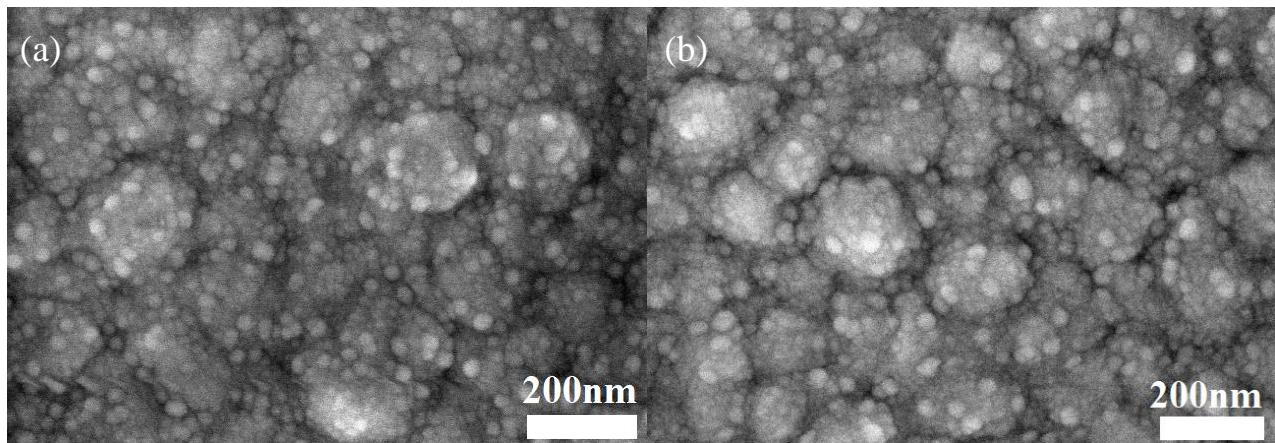


I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

**Informatīvais ziņojums par ERAF projektā No. 1.1.1.1/16/A/203, “Daudzslāņu silīcija nanokondensators ar uzlabotiem dielektriskiem slāņiem” paveikto laika posmā
01.05.2018.-31.07.2018.**

Pārskata periodā veikti sekojošie pētījumi:

- Analizējot iepriekšējo atskaites periodu mērījumu rezultātus un Si_3N_4 nanoslāņu izgatavošanas tehnoloģiskus parametrus, izstrādāta rekomendācija samazināt skābekļa koncentrāciju daudzslāņu Si_3N_4 izgatavošanas procesā. Piemēram, veikt Si_3N_4 sintēzi, izmantojot paaugstinātās kvalitātes reaktīvās gāzes.
- Analizēta vienslāņa un daudzslāņu Si_3N_4 virsmas morfoloģija, izmantojot skenējošās elektronu mikroskopijas (SEM) metodi (1. attēls). Novērots, ka nitrīda slāņus veidojošo graudu izmēri ir līdzīgi neatkarīgi no nitrīda nanoslāņu skaita, robežās no 15 līdz 40 nm diametrā.



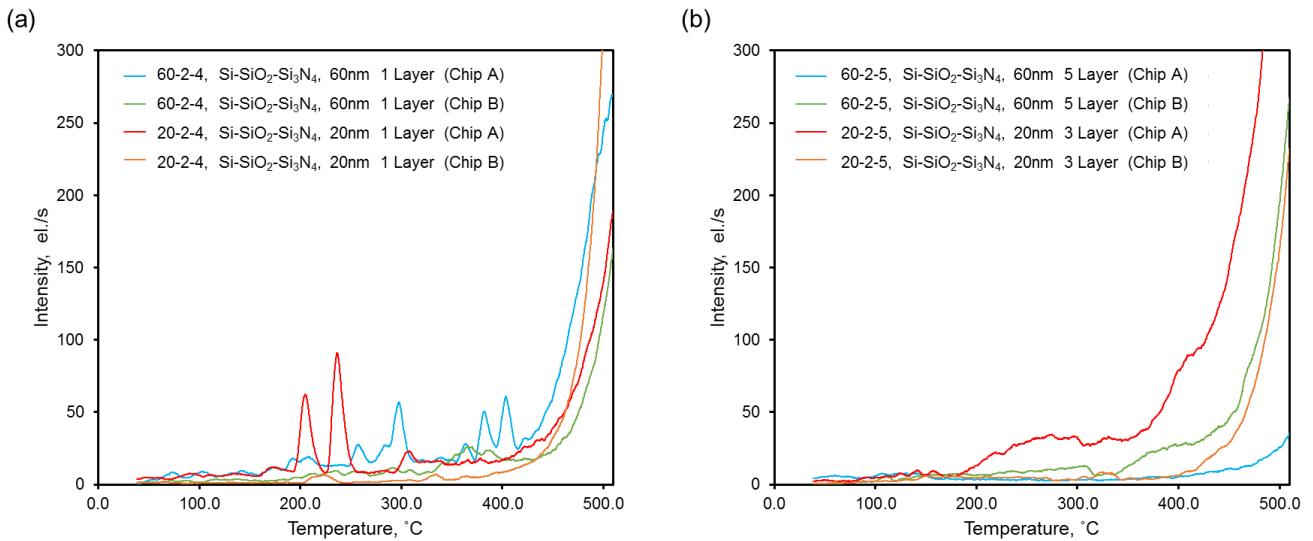
1.attēls. Si-SiO₂-PolySi-Si₃N₄ parauga ar Si₃N₄ slāņa kopējo biezumu 40 nm virsmas morfoloģijas SEM attēli: (a) vienslāņa Si₃N₄; (b) piecu nanoslāņu Si₃N₄.

- Tika mērīta fotoelektronu (FE) un termostimulētā eksonelektronu emisija (TSEE) Si-SiO₂-Si₃N₄ paraugiem, kuriem Si₃N₄ slāņa kopējais biezums ir 20 un 60 nm (Tabula 1). Si₃N₄ tika iegūts, izmantojot paaugstinātās kvalitātes reaktīvās gāzes.

Tabula 1. Si-SiO₂-Si₃N₄ paraugu apraksts, kas tika izmantoti FE un TSEE analīzei

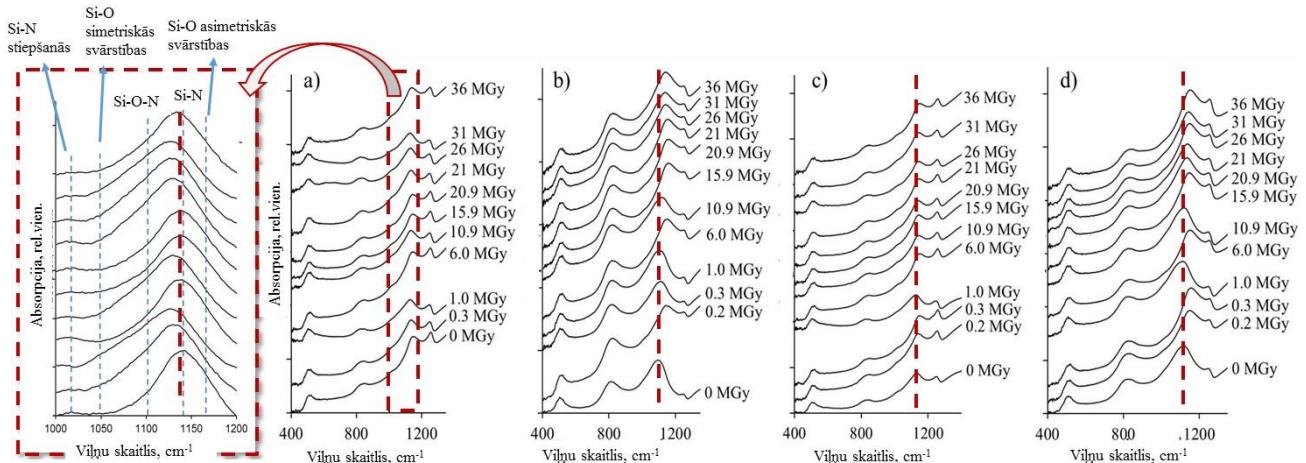
Kods	Materiāls	Si ₃ N ₄ biezums (nm)	Si ₃ N ₄ slāņu skaits	Analizēto paraugu (“čipu”) skaits	FE izejas darbs (eV) Čips A	Čips B
60-2-5	Si-SiO ₂ -Si ₃ N ₄	60	5	2	4.75	4.85
60-2-4	Si-SiO ₂ -Si ₃ N ₄	60	1	2	4.80	4.90
20-2- 5	Si-SiO ₂ -Si ₃ N ₄	20	3	2	4.80	4.90
20-2- 4	Si-SiO ₂ -Si ₃ N ₄	20	1	2	4.85	4.90

Analizējot FE izejas darbu (Tabula 1), netika novērotas būtiskas izmaiņas vai tendences starp dažādiem Si_3N_4 biezumiem vai slāņu skaitiem.



2. attēls. $\text{Si}-\text{SiO}_2-\text{Si}_3\text{N}_4$ paraugu ar Si_3N_4 slāņa kopējiem biezumiem 20 un 40 nm TSEE spektri:
(a) vienslāņa Si_3N_4 ; (b) daudzslāņu Si_3N_4 .

TSEE mērījumu rezultāti temperatūras diapazonā 30–500 °C ir apskatāmi 2. attēlā. Abu biezumu (20 nm un 60 nm) vienslāņa Si_3N_4 paraugiem temperatūras diapazonā 200–400 °C tika novēroti vairāki asi elektronu emisijas pīķi (2.(a) attēls). Savukārt daudzslāņu Si_3N_4 paraugiem (20 nm un 60 nm) atbilstošie pīķi netika novēroti (2.(b) attēls). Šādi asi emisijas pīķi vienslāņa Si_3N_4 materiālā var veidoties nevēlamo elektronu ķērajcentru dēļ. Tas var liecināt par Si_3N_4 materiāla augstāku elektronisko kvalitāti daudzslāņu Si_3N_4 paraugiem salīdzinājumā ar vienslāņa paraugiem. Tomēr, lai apstiprinātu šo hipotēzi, ir nepieciešami papildu mērījumi un analīze.



3. attēls. Normalizētie FTIR spektri: a) $\text{Si}-\text{SiO}_2-\text{PolySi}-\text{Si}_3\text{N}_4$ (25nm 1x); b) $\text{Si}-\text{SiO}_2-\text{PolySi}-\text{Si}_3\text{N}_4$ (100nm 1x); c) $\text{Si}-\text{SiO}_2-\text{PolySi}-\text{Si}_3\text{N}_4$ (25nm 2x), d) $\text{Si}-\text{SiO}_2-\text{PolySi}-\text{Si}_3\text{N}_4$ (100nm 10x). Iekavās pie paraugu apraksta uzrādīts Si_3N_4 slāņa kopējais biezums un atsevišķo Si_3N_4 nanoslāņu skaits.

- Veikti infrasarkano spektru mērījumi (FTIR) vienslāņa un daudzslāņu Si_3N_4 pēc apstarošanas ar paātrinātiem elektroniem (5 MeV) līdz absorbētajai dozai 36 MGy. Turpināts darbs pie FTIR absorbcijas spektros esošo saišu identificēšanas un intensitāšu izmaiņu raksturošanas (3. attēls). Novērotas izmaiņas Si-N longitudinālo saišu svārstībās ($1100-1200 \text{ cm}^{-1}$). Savstarpēji salīdzināti Si-N saišu signāli vienslāņa un daudzslāņu nitrīdiem. Konstatēts, ka pēc apstarošanas ar elektroniem daudzslāņu nitrīdiem ir atšķirīgs Si-N saišu svārstību signāla novietojums un lielāks

signāla platums nekā vienslāņa nitrīdiem. Padziļināta spektru analīze norāda uz Si-O-N ($\sim 1100 \text{ cm}^{-1}$) saišu klātbūtni daudzslāņu Si_3N_4 .

Dalība starptautiskās konferencēs:

1. Avotina, L., Dehtjars, J., Romanova, M., Shulzinger, E., Schmidt, B., Vilķens, A., Zaslavski, A., Enichek, G. Silicon Nitride Multi Nanolayer System Fabricated in One Reactor. *Proceedings of the 6th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics (ICTEI 2018)"*, Moldova, Chisinau, 24-27 May, 2018. Chisinau: 2018, pp.29-32.
2. Avotina, L., Pajuste, E., Romanova, M., Zaslavskis, A., Kinerte, V., Lescinskis, B., Dehtjars, J., Kizane, G. FT-IR Analysis of Electron Irradiated Single and Multilayer Si_3N_4 Coatings. *Book of abstracts of the 8th International Conference on Silicate Materials "BaltSilica 2018"*, Latvia, Riga, 30 May-1 June, 2018. Riga: RTU Publishing House, 2018, pp.109-110.

Publicēts 23.08.2018.