



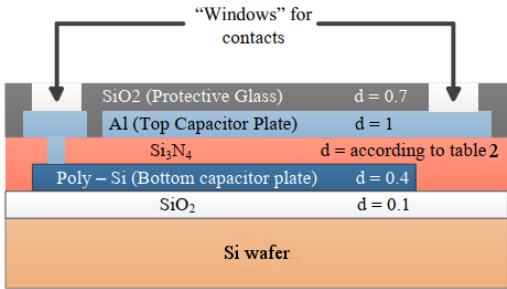
I E G U L D Ī J U M S T A V Ā N Ā K O T N Ē

Informatīvais ziņojums par ERAF projektā No. 1.1.1.1/16/A/203, “Daudzslāņu silīcija nanokondensators ar uzlabotiem dielektriskiem slāņiem” paveikto laika posmā 01.11.2018.-31.01.2019.

Pēc projekta īstenošanas 22 mēnešiem saskaņā ar projekta plānu **2018. gada 28. decembrī tika sasniegts projekta vidusposms**, un pabeigta projekta 1. aktivitātes īstenošana. 1. un 2. aktivitāšu rezultāti tika iekļauti vidusposma izvērtējumā. No 2019. gada 2. janvāra ir uzsākta 3. aktivitātes īstenošana. Projekta vidusposma galvenie rezultāti ir uzskaitīti Tabulā 1.

Tabula 1

Projekta vidusposma galvenie rezultāti

Aktivitātes Nr. un nosaukums	Aktivitātes galvenie rezultāti														
1. NC un ON...ON paraugu izgatavošana ar vienā reaktorā sintezētiem N...N slāņiem	1. Tika sasniegtas nanokondensatoru (NC) struktūras ar dažādu Si₃N₄ dielektrisko nanoslāņu skaitu un biezumu. NC struktūra ir parādīta 1.attēlā, Si₃N₄ slāņu parametri – Tabulā 2.  1.att. Sasniegto NC struktūra (<i>d</i> – slāņu biezums, μm). Tabula 2 Vienslāņa un daudzslāņa Si₃N₄ struktūru parametri <table><tr><th rowspan="2">Si₃N₄ vienslāņa un daudzslāņu struktūras biezums (<i>d</i>), nm</th><th colspan="2">Nanoslāņu skaits</th></tr><tr><th>Daudzslāņu struktūra</th><th>Vienslāņa struktūra</th></tr><tr><td>20</td><td>3</td><td>1</td></tr><tr><td>40</td><td>5</td><td>1</td></tr><tr><td>60</td><td>5</td><td>1</td></tr></table> 2. Izgatavoti NC slāņu pavadošās struktūras ar Si₃N₄ nanoslāņiem, kas uzklāti uz SiO₂ vai PolySi (2.(a) un (b) attēli). Si₃N₄ slāņu struktūra atbilst Tabulā 2 uzrādītajiem datiem.	Si ₃ N ₄ vienslāņa un daudzslāņu struktūras biezums (<i>d</i>), nm	Nanoslāņu skaits		Daudzslāņu struktūra	Vienslāņa struktūra	20	3	1	40	5	1	60	5	1
Si ₃ N ₄ vienslāņa un daudzslāņu struktūras biezums (<i>d</i>), nm	Nanoslāņu skaits														
	Daudzslāņu struktūra	Vienslāņa struktūra													
20	3	1													
40	5	1													
60	5	1													

	(a) <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Si₃N₄</td><td>d = according to table 2</td></tr> <tr><td>Poly – Si</td><td>d = 0.4</td></tr> <tr><td>SiO₂</td><td>d = 0.1</td></tr> <tr><td colspan="2">Si wafer</td></tr> </table> (b) <table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>Si₃N₄</td><td>d = according to table 2</td></tr> <tr><td>SiO₂</td><td>d = 0.1</td></tr> <tr><td colspan="2">Si wafer</td></tr> </table> 2.att. NC pavadošo paraugu struktūra (<i>d</i> – slāņu biezums, μm): (a) Si-SiO₂-PolySi-Si₃N₄; (b) Si-SiO₂-Si₃N₄. - Izgatavotie NC un to slāņu pavadošās struktūras tika raksturoti 2.aktivitātē. - Noteikts, ka 40 un 60 nm biežam Si₃N₄ dielektriķim ir mazāka graudainība nekā 20 nm biežam dielektriķim, līdz ar to, izmantojot daudzslāņu dielektriķi, ir sagaidāma augstāka NC kvalitāte. - Izstrādātas rekomendācijas par tehnoloģisko parametru izvēli N...N slāņu iegūšanai vienā reaktorā (<i>projekta iznākuma rādītājs</i>).	Si ₃ N ₄	d = according to table 2	Poly – Si	d = 0.4	SiO ₂	d = 0.1	Si wafer		Si ₃ N ₄	d = according to table 2	SiO ₂	d = 0.1	Si wafer	
Si ₃ N ₄	d = according to table 2														
Poly – Si	d = 0.4														
SiO ₂	d = 0.1														
Si wafer															
Si ₃ N ₄	d = according to table 2														
SiO ₂	d = 0.1														
Si wafer															
2. N...N, ON...ON un NC raksturošana, t.sk. pēc apstarošanas un karsēšanas	Nopublicēti 2 zinātniski raksti un 1 raksts pieņemts publicēšanai SCOPUS datubāzē iekļautajā žurnālā vai konferenču rakstu krājumā: - Avotina, L., Pajuste, E., Romanova, M., Enichek, G., Zaslavskis, A., Kinerte, V., Avotins, J., Dekhtyar, Yu., Kizane, G. Surface morphology of single and multilayer silicon nitride dielectric nano-coatings. <i>Materials Science (Medžiagotyra)</i> (pieņemts publicēšanai) - Dekhtyar, Yu., Avotiņa, L., Enichek, G., Romanova, M., Schmidt, B., Shulzinger, E., Sorokins, H., Vilken, A., Zaslavskis, A. Interface of Silicon Nitride Nanolayers with Oxygen Deficiency. <i>2018 16th Biennial Baltic Electronics Conference</i>, Estonia, Tallinn, 8-10 October, 2018. Tallinn University of Technology: 2018, pp.1-4. https://ieeexplore.ieee.org/document/8600964 - Avotiņa, L., Pajuste, E., Romanova, M., Zaslavskis, A., Enichek, G., Kinerte, V., Zariņš, A., Lescinskis, B., Dekhtyar, Yu., Kizane, G. FTIR Analysis of Electron Irradiated Single and Multilayer Si₃N₄ Coatings. <i>Key Engineering Materials</i>, 2018, 788, pp.96-101. www.scientific.net/KEM.788.96 Aktivitātes rezultāti prezentēti 11 starptautiskās zinātniskās konferencēs: A) <u>Prezentācijas konferencēs ar publikācijām konferenču rakstu krājumā vai tēžu grāmatiņā:</u> - Yu. Dekhtyar, L. Avotiņa, G. Enichek, M. Romanova, B. Schmidt, E. Shulzinger, H. Sorokins, A. Viļķens, A. Zaslavskis. Interface of Silicon Nitride Nanolayers with Oxygen Deficiency. <i>2018 16th Biennial Baltic Electronics Conference</i>, Estonia, Tallinn, 8-10 October, 2018. https://ieeexplore.ieee.org/document/8600964 L. Avotina, E. Pajuste, M. Romanova, A. Zaslavskis, G. Enichek, V. Kinerte, Yu. Dekhtyar, G. Kizane. Modifications of Silicon Nitride Bonds under Action of Accelerated Electrons. <i>RACIRI 2018 Summer School</i>, Germany, Rügen, 25 Aug-1 Sep., 2018. E. Pajuste, M. Romanova, L. Avotina, G. Enichek, A. Zaslavskis, V. Kinerte, Yu. Dekhtyar, G. Kizane. Surface Morphology of Single and														

	Multilayered Silicon Nitride Dielectric Nanocoatings. <i>20th International Conference-School "Advanced Materials and Technologies"</i>, Lithuania, Palanga, 27-31 August, 2018 4. L. Avotina, E. Pajuste, M. Romanova, A. Zaslavskis, V. Kinerte, B. Lescinskis, Yu. Dekhtyar, G. Kizane. FT-IR Analysis of Electron Irradiated Single and Multilayer Si₃N₄ Coatings. <i>8th International Conference on Silicate Materials "BaltSilica 2018"</i>, Latvia, Riga, 30 May-1 Jun., 2018. https://www.scientific.net/KEM.788.96 5. L. Avotina, Yu. Dekhtyar, M. Romanova, E. Shulzinger, B. Schmidt, A. Viļķens, A. Zaslavski, G. Enichek. Silicon Nitride Multi Nanolayer System Fabricated in One Reactor. <i>6th International Conference "Telecommunications, Electronics and Informatics (ICTEI 2018)"</i>, Moldova, Chisinau, 24-27 May, 2018. 6. M. Romanova, L. Avotiņa, R. Zariņš, A. Zariņš, J. Bitenieks, A. Vilimans, A. Zaslavskis, G. Kizane, Yu. Dekhtyar. Electrical properties of single layer and multilayer Si₃N₄ dielectric on Si substrate. <i>3rd International Conference "Innovative Materials, Structures and Technologies" (IMST2017)</i>, 27-29 September, 2017, Riga, Latvia. 7. L. Avotina, R. Zarins, E. Pajuste, M. Romanova, J. Bitenieks, J. Zicāns, A. Zaslavskis, Yu. Dekhtyar, G. Kizane. Influence of ionizing radiation on the Si₃N₄ coatings on Si substrate. <i>19th International Conference-School "Advanced Materials and Technologies 2017"</i>, 27-31 August, 2017, Palanga, Lithuania. 8. L. Avotina, R. Zarins, M. Romanova, E. Pajuste, A. Zaslavskis, Yu. Dekhtyar, G. Kizane. Characterisation of silicon nitride coatings irradiated with accelerated electrons and bremsstrahlung radiation. <i>International Conference "Functional Materials and Nanotechnologies 2017" (FMNT-2017)</i>, 24-27 April, 2017, Tartu, Estonia. <i>B) Mutiskās prezentācijas konferencēs bez publikācijas:</i> 9. T. Yager, M. Romanova, Yu. Dekhtyar, A. Zaslavskis, G. Enichek, G. Kizane. Influence of manufacturing technology and ionizing radiation on electron emission properties of Si₃N₄ dielectric nanolayers. <i>59th International Scientific Conference of Riga Technical University</i>, October 11, 2018, Riga, Latvia 10. L. Avotiņa, E. Pajuste, M. Romanova, A. Zaslavskis, J. Dehtjars, G. Kizane. Characterization of chemical bonds in nanolayers of silicon nitride with FT-IR. <i>76th International Scientific Conference of the University of Latvia</i>, Riga, Latvia, February 2, 2018. 11. M. Romanova, Yu. Dekhtyar, A. Vilimans, A. Zaslavskis, G. Kizane. Study of electrical defects in Si₃N₄ dielectric layer. <i>58th International Scientific Conference of Riga Technical University</i>, October 13, 2017, Riga, Latvia.
2.1. Morfoloģijas raksturošana	NC pavadošo slāņu morfoloģija tika raksturota, izmantojot atomspēka mikroskopiju (AFM), skenējošo elektronu mikroskopiju (SEM), optisko mikroskopiju un rentgenstarojuma fotoemisijas spektroskopijas profilēšanu (XPS <i>profiling</i>). Iegūtie galvenie rezultāti: 1. Si₃N₄ virsmas ir graudaina struktūra. Graudu izmērs palielinās, pieaugot Si₃N₄ biezumam. Graudu izmēra atšķirības vienāda biezuma vienslāņa un daudzslāņu Si₃N₄ struktūrās netika novērotas. 2. Si₃N₄ nanoslāņu raupjumu ietekmē apakšējais slānis. PolySi slāņa izmantošana sekmē būtisko Si₃N₄ slāņu raupjuma pieaugumu, kas pasliktina NC elektriskās īpašības. Tāpēc tiek piedāvāts izgatavot NC

	ar Si_3N_4 dielektriskiem nanoslāņiem, kas uzklāti uz SiO_2 vai zemās pretestības Si plāksnes. 3. Si_3N_4 slāņu šķērsriezuma mērījumi ar AFM, SEM un XPS profilēšanas metodēm apstiprināja slāņu biezuma atbilstību izgatavošanas laikā plānotajam.
2.2. Elektriskā raksturošana	NC ar daudzslāņu Si_3N_4 dielektriķi piemīt lielāks caursites spriegums un mazāka noplūdes strāva nekā NC ar vienslāņa dielektriķi, bet zemāka kapacitāte. Daudzslāņu 40 un 60 nm biezs dielektriķis ir ieteicamāks NC ražošanai.
2.3. Ķīmisko saišu raksturošana	Infrasarkanās absorbcijas spektroskopijas (FTIR) mērījumi parādīja, ka izgatavoto SiO_2 un Si_3N_4 slāņu ķīmiskais sastāvs atbilst SiO_2 un Si_3N_4 stehiometrijai.
2.4. Karsēšanas un starojuma ietekme	Daudzslāņu NC un to slāņu pavadošās struktūras uzrādīja labākas strukturālās, elektriskās un radiācijas stabilitātes raksturojumus nekā vienslāņa struktūras. 40 un 60 nm biezas daudzslāņu struktūras parādīja augstāku radiācijas stabilitāti salīdzinājumā ar 20 nm biežām struktūrām. Tomēr NC ar vienslāņa un daudzslāņu Si_3N_4 ir līdzīga termiskā stabilitāte.

Publicēts 25.02.2019.