

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA

Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

IEGULDĪJUMS TAVĀ NĀKOTNĒ

Pētījums „Augstas pretestības plāno rezistīvo slāņu pēcapstrādes procesu izzināšana”

„Latvijas elektrisko un optisko iekārtu
ražošanas nozares kompetences
centrs”

Pārskata periods
01.12.2017. – 31.05.2018.

Pētnieciskie darbi

- Rezistoru ilgtermiņa stabilitātes izzināšana.
- Dažādu aizsargslāņu ietekmes uz rezistoru parametriem novērtēšana.
- Montāžas procesu ietekmes uz parametru stabilitāti novērtēšana.
- Integrālās shēmas projektēšana, izmantojot plānās kārtiņas rezistorus.
- 18-bitu digitāla-analoga pārveidotāja (DAC) rezistīvās matricas topoloģijas izstrāde.

Stabilitātes testu veikšana

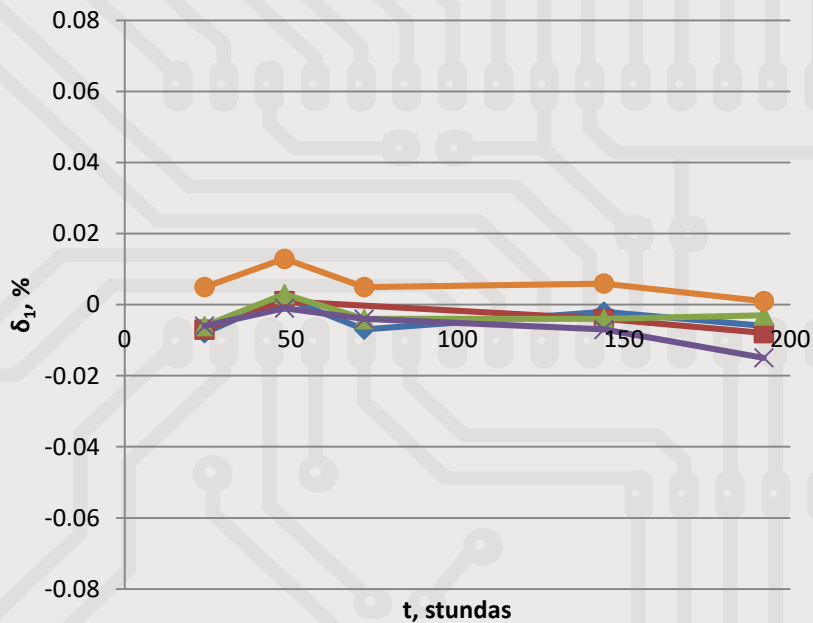
Grupa №1.

- Paraugu žāvēšana 150°C temperatūrā.
- Paraugu žāvēšana vakuumā 125°C temperatūrā.
- Paraugu montāža korpusā TO-5 slāpekļa vidē ar rasas punktu ne mazāku kā -60°C.
- Paraugu uzsildīšana līdz 85°C temperatūrai, saglabājot vienmērīgu 20V spriegumu, kas tika pievadīts rezistoriem.
- Ne ātrāk kā pēc 24 stundām tika veikta rezistoru parametru mērīšana un spriegums tika palielināts par 20V.
- Kopumā veikti 5 mērījumi un testu kopējais ilgums bija 192 stundas.

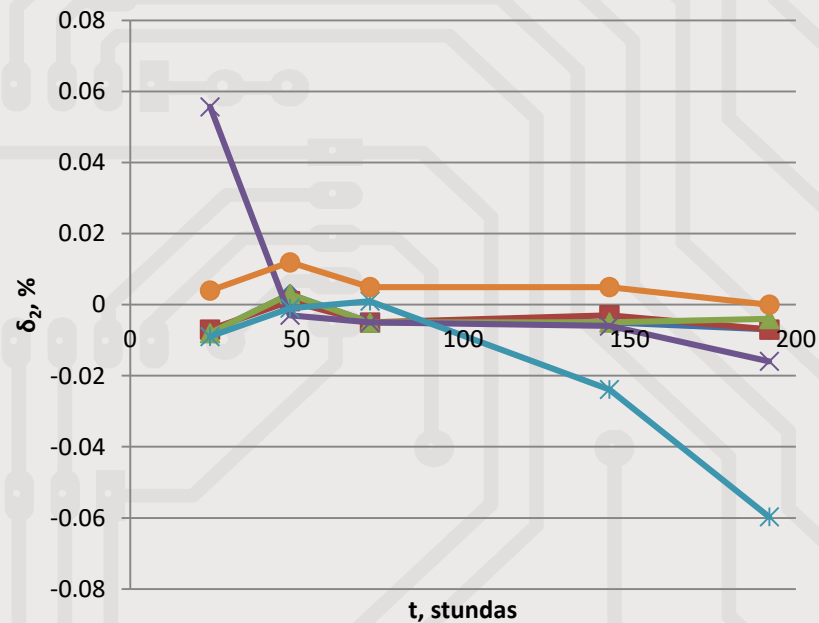
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 1.

R1 izmaiņu relatīvā kļūda



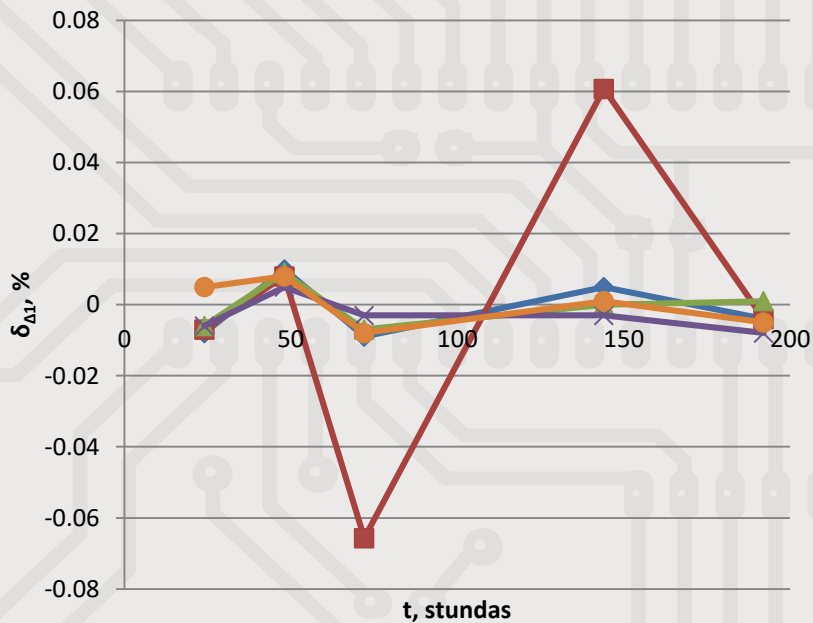
R2 izmaiņu relatīvā kļūda



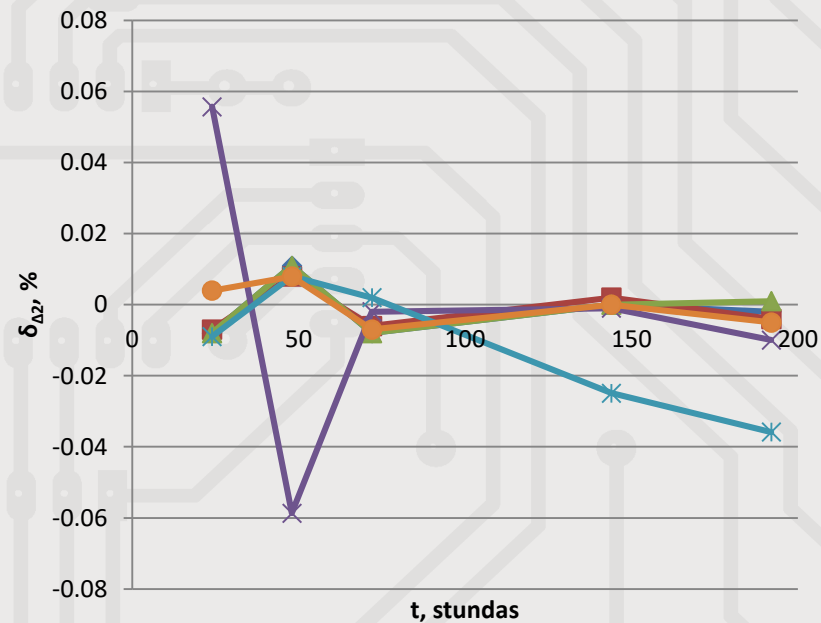
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 1.

Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R1



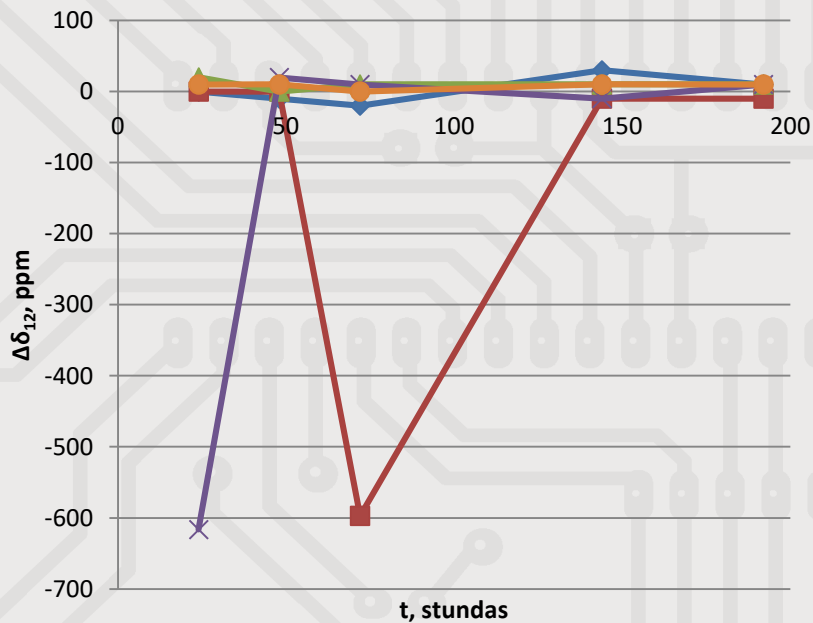
Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R2



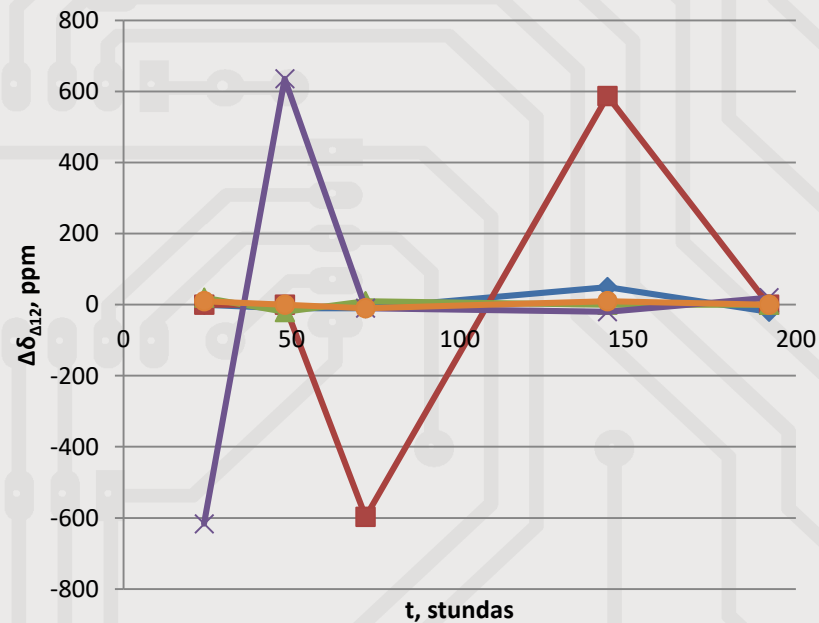
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 1.

δ_{12} absolūtā kļūda



δ_{12} absolūtās kļūdas izmaiņas



Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 2.

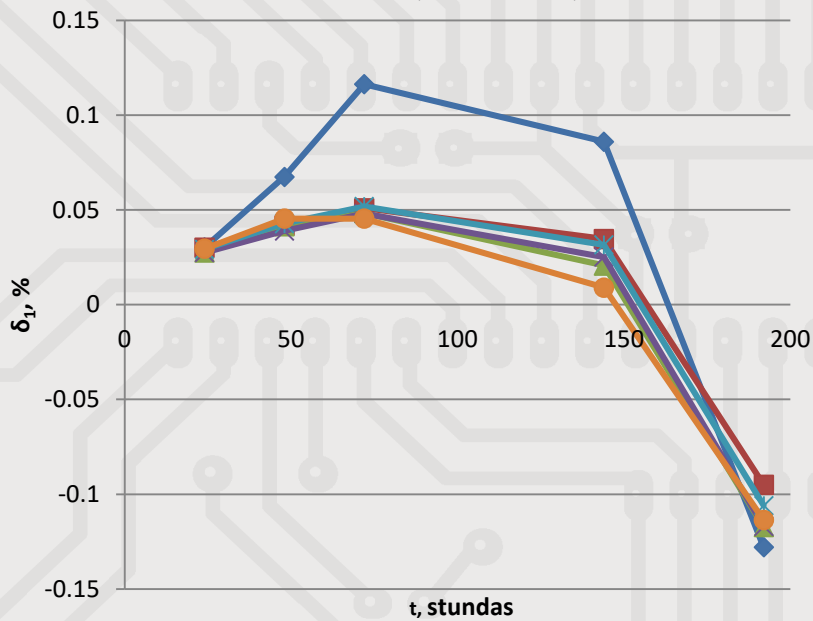
Grupa № 3.

- Izvēlēti 12 paraugi no partijas 4-47
- 6 no 12 paraugiem (grupa Nr.2) tika veikts rezistora R2 lāzertūnings līdz nominālam $50\text{k}\Omega$
- Visi 12 paraugi tika pārklāti ar aizsargslāni SiO_2
- 6 atlikušajiem paraugiem (grupa Nr.3) tika veikts rezistora R2 lāzertūnings līdz nominālam $50\text{k}\Omega$

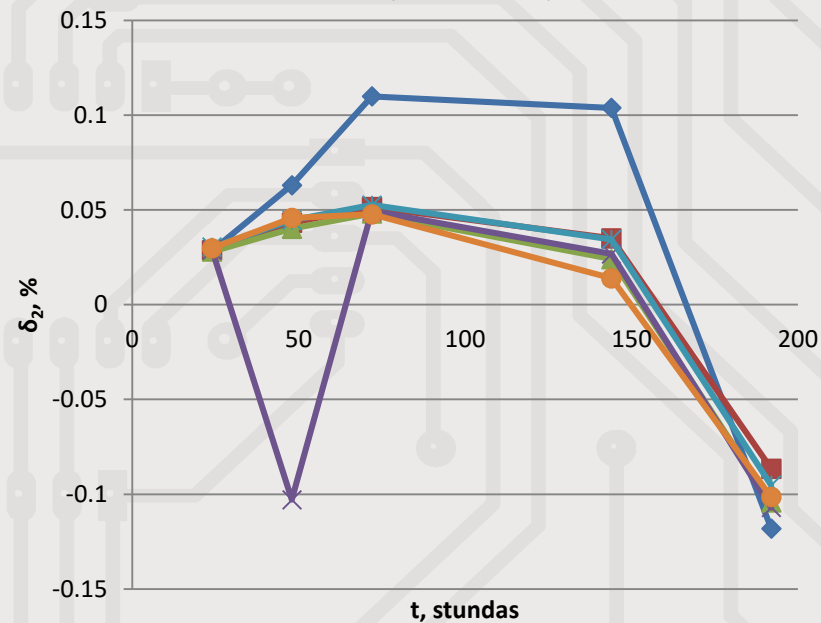
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 2.

R1 izmaiņu relatīvā kļūda



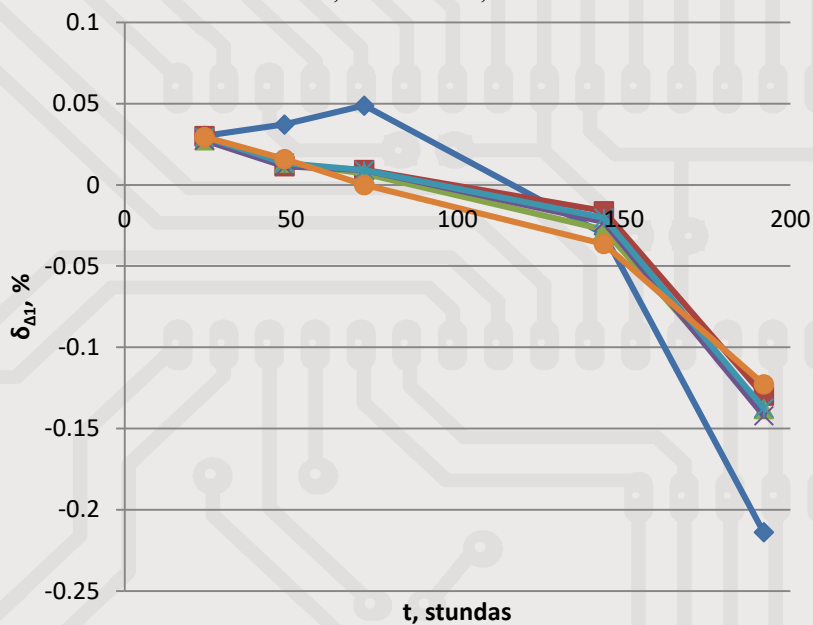
R2 izmaiņu relatīvā kļūda



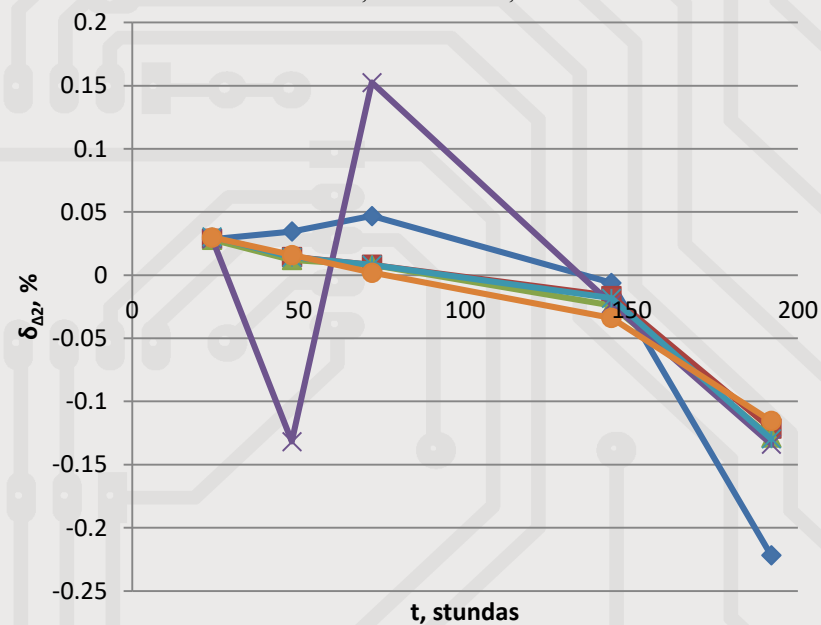
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 2.

Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R1

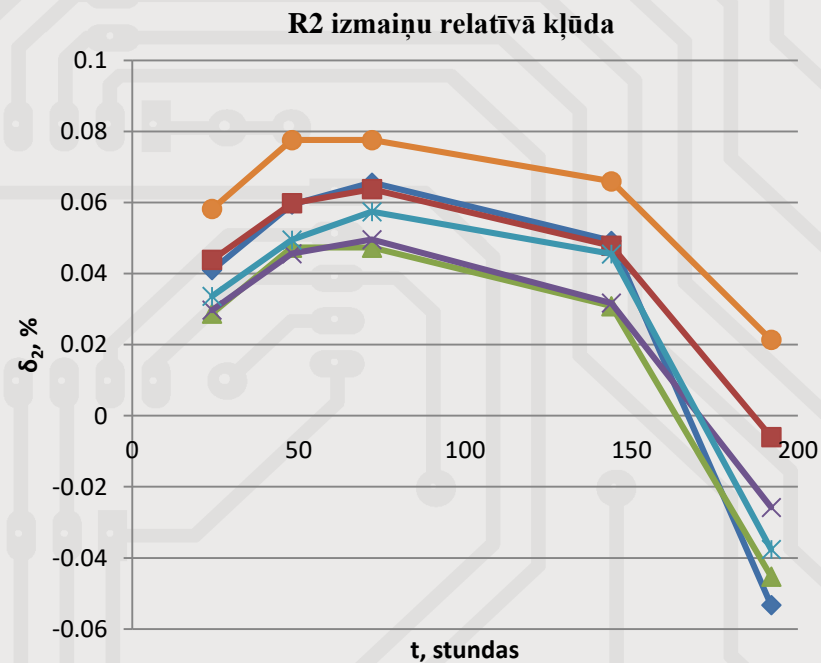
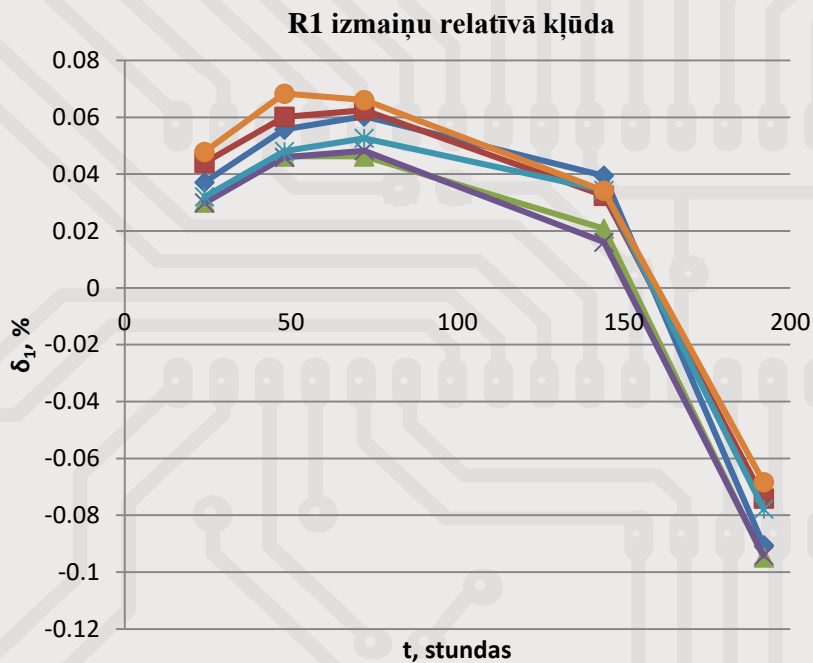


Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R1



Stabilitātes testu veikšana

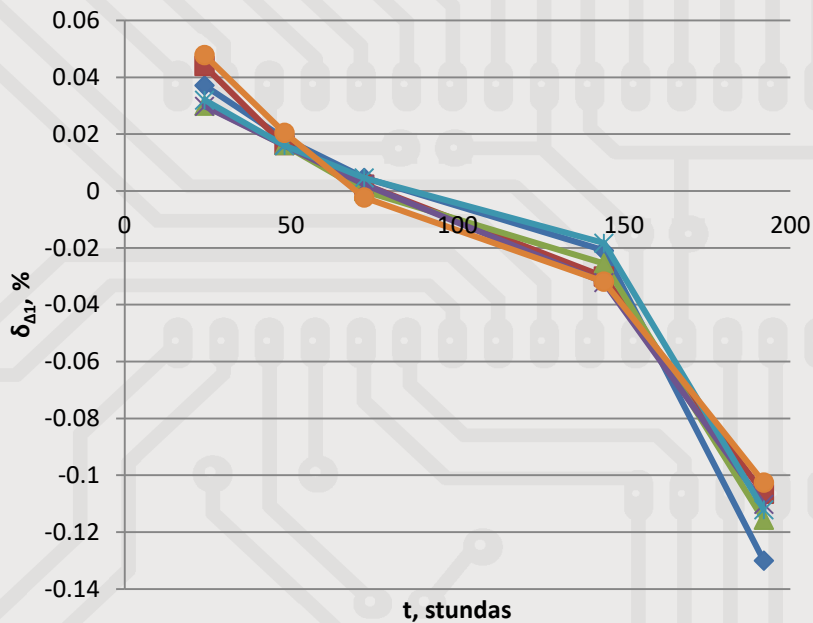
Grupa № 3.



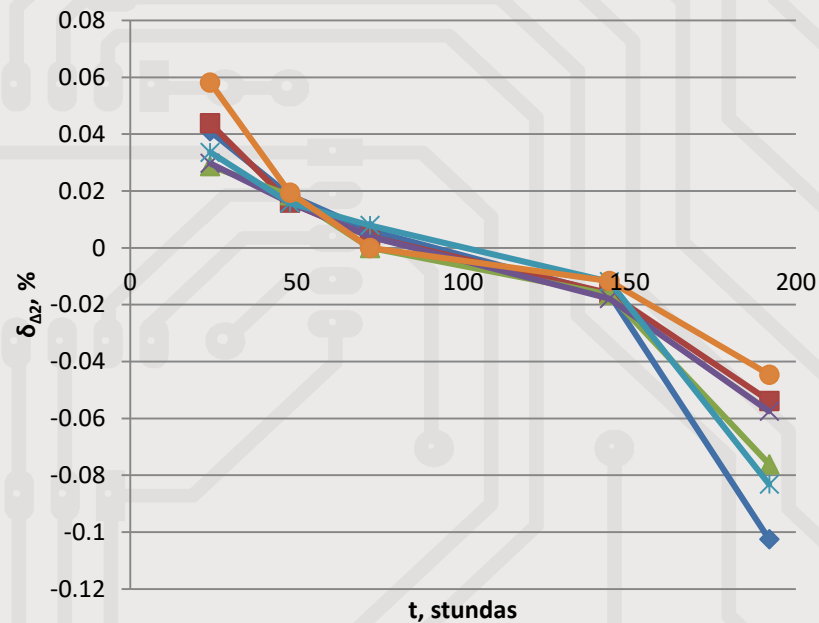
Stabilitātes testu veikšana

Grupa № 3.

Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R1



Absolūtās kļūdas izmaiņas rezistoram R2



Stabilitātes testu veikšana. Secinājumi.

- 1.grupas paraugu rezistoru pretestība testu veikšanas laikā neizmainījās. Parametru δ_1 и δ_2 izmaiņas bija mazākas par 0.02% rezistoram R1 un mazākas par 0.06% rezistoram R2. No tā secināms, ka hermetizācija slāpekļa vidē pozitīvi ietekmē testa struktūru stabilitāti.
- SiO₂ pārklājumu labāk ir veikt pirms lāzertūninga veikšanas. Lai arī pretestības izmaiņu raksturs abās grupās kopumā ir līdzīgs, tomēr paraugi no grupas Nr.2 uzrādīja sliktākus rezultātus – straujākas izmaiņas gan parametram δ_2 , gan parametram $\delta_{\Delta 2}$.

Dažādu aizsargslāņu ietekmes uz rezistoru parametriem

Aizsardzības ietekmes uz rezistoru parametriem novērtēšanai tika izgatavotas plākšņu partijas ar uz tām uzklātām testēšanas struktūrām – rezistīvā matrica-dalītājs. Visas partijas tika sadalītas 2 grupās:

- Ar zemas pretestības $R_s < 2\text{k}\Omega$ (partija 2-R8-X)
- Ar augstas pretestības $R_s > 8\text{k}\Omega$ (partija 2-R9-X)

Katra partija tika uzkaršēta līdz dažādām temperatūrām: 650°C, 675°C, 700°C, 725°C, 750°C.

Dažādu aizsargslāņu ietekmes uz rezistoru parametriem. Secinājumi.

Aizsargslāņa uzklāšana uz rezistīvajām struktūrām atstāj uz PTK dažādu ietekmi:

- Aizsargslāņa SiO_2 uzklāšana uz rezistoriem ar zemu R_s izmaina PTK vidēji par 25,8 ppm, bet uz rezistoriem ar augstu R_s – par 321,4 ppm.
- Aizsargslānis Si_3N_4 izmaina PTK par 8,5 ppm rezistoriem ar zemu R_s un par 2 ppm rezistoriem ar augstu R_s .

Secināms, ka labāk izmantot aizsargslāni Si_3N_4 it īpaši priekš rezistoriem ar augstu R_s .

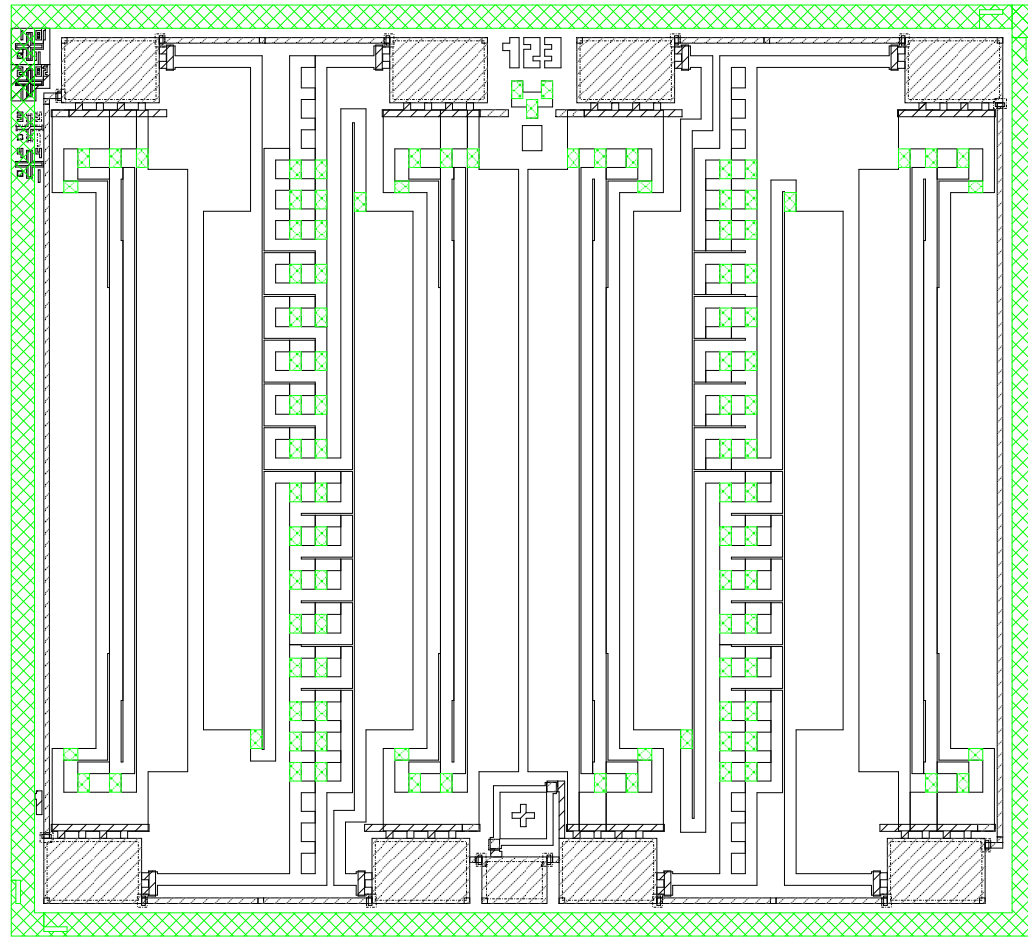
Montāžas procesu ietekmes uz parametru stabilitāti novērtēšana.

Eksperimentālās izstrādes laikā visas plāksnes tika sadalītas 2 grupās:

- Grupa Nr.1. – $R_s = 3\text{k}\Omega/\square$,
- Grupa Nr.2. – $R_s = 3.5\text{k}\Omega/\square$.

Plāksnes no partijas 4R-6-1 – 4R-6-6 tika kausētas pirms fotolitogrāfijas, bet plāksnes no partijas 4R-6-7 – 4R-6-12 pēc fotolitogrāfijas.

Montāžas procesu ietekmes uz
parametru stabilitāti novērtēšana.



Testa struktūru topoloģija

Montāžas procesu ietekmes uz parametru stabilitāti novērtēšana.

Secinājumi.

Visas plākšņu partijas uzrādīja vienādus rezultātus, izņemot 4R-6-3 (PTK izmaiņas 107ppm, fotolitogrāfija pirms kausēšanas) un 4R-6-12 (PTK izmaiņas 59ppm, fotolitogrāfija pēc kausēšanas). No tā var secināt, ka darbību secība (fotolitogrāfijas veikšanas laiks) pēc aizsargslāņa uzklāšanas neietekmē PTK vērtību.

Tomēr rekomendējams no sākuma veikt fotolitogrāfiju un tikai tad kausēt plāksni, jo šajā gadījumā fotolitogrāfijas laiks ir 12s, salīdzinot ar 5s, ja fotolitogrāfiju veiktu pēc kausēšanas.

Integrālās shēmas projektēšana, izmantojot plānās kārtiņas rezistorus.

Apkopojot iegūtās zināšanas iepriekšējos pētījumos, tika izstrādāts izgatavošanas maršruts rezistoriem ar $R_s \geq 5\text{k}\Omega/\square$, pēc aktīvo elementu formēšanas ar silīcija pamatni.

1. Silīcija nitrīda nosēdināšana.
2. Rezistīvā materiāla NiCrSi uzputināšana ar virsmas pretestību $R_s \sim 5\text{k}\Omega/\square$.
3. Ātrā kausēšana nepieciešamo parametru sasniegšanai.
4. Ti uzputināšana, kas kalpo kā barjerslānis.

Integrālās shēmas projektēšana, izmantojot plānās kārtiņas rezistorus.

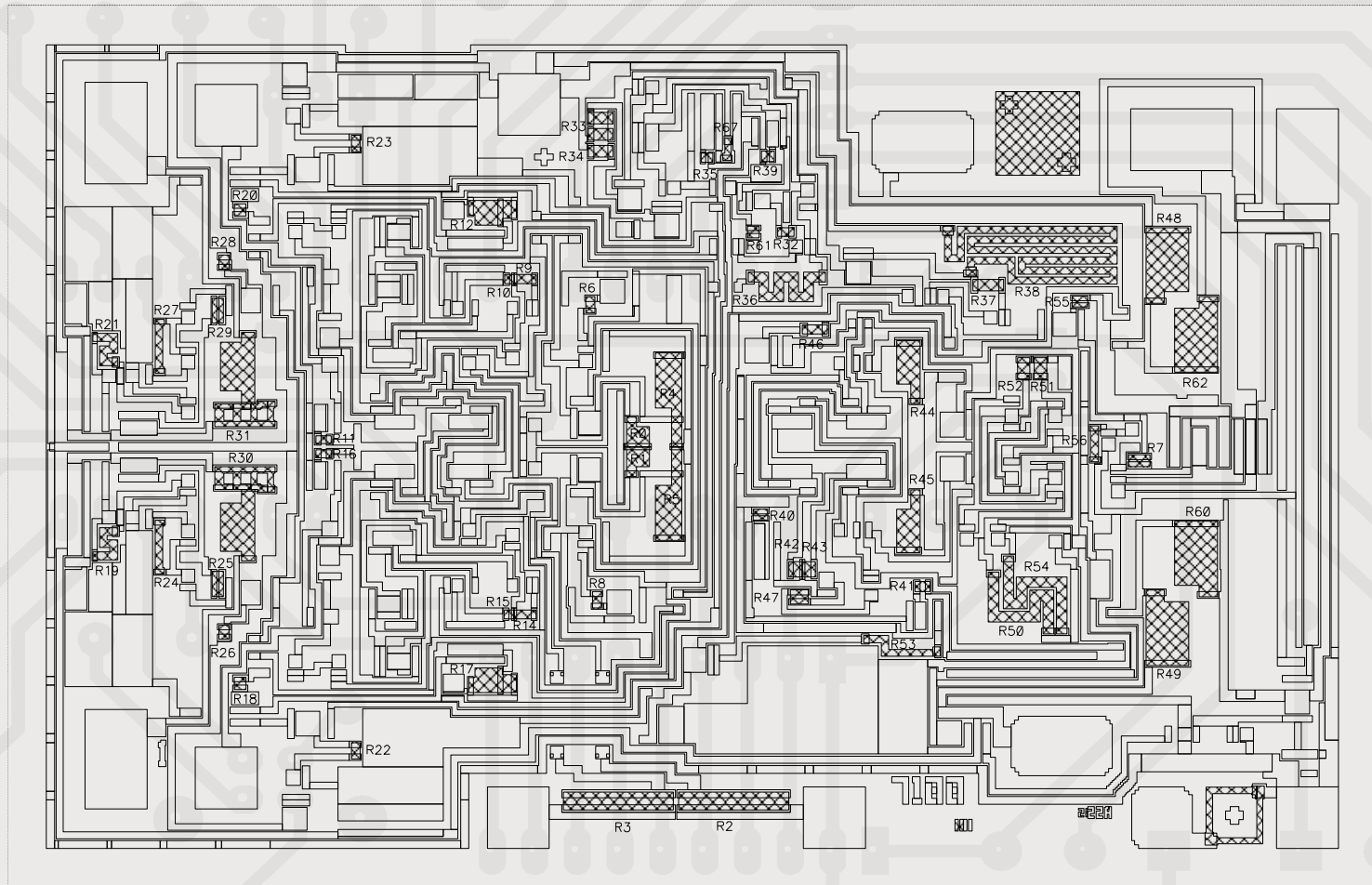
Apkopojot iegūtās zināšanas iepriekšējos pētījumos, tika izstrādāts izgatavošanas maršruts rezistoriem ar $R_s \geq 5\text{k}\Omega/\square$, pēc aktīvo elementu formēšanas ar silīcija pamatni.

5. Rezistoru formēšana ar fotomaskas palīdzību un Titāna un NiCrSi kodināšana, pēc kā fotorezists tiek noņemts.
6. Alumīnija uzputināšana, fotomaskas izveide, alumīnija un titāna kodināšana rezistoros. Al un Ti paliek pie rezistora kontaktvietām.
7. Zemas temperatūras kausēšanas veikšana priekš omisko kontaktu formēšanas.

Integrālās shēmas projektēšana, izmantojot plānās kārtiņas rezistorus.

IMS kristāla izmēri ir 3.1x2.0 mm. Kristāla biezums 380-500 mikrometri. Silīcija oksīda biezums pēc pirmās oksidēšanas (0.48 – 0.60 mikrometri), pēc dalošās difūzijas (0.20 – 0.55 mikrometri), pēc bora iestrādes (0.4 – 0.5 mikrometri), pēc emitējošās difūzijas (0.25 – 0.55 mikrometri), pirms alumīnija uzputināšanas (1.0 – 1.4 mikrometri).

Integrālās shēmas projektēšana, izmantojot plānās kārtiņas rezistorus.



Analogās IMS topoloģija ar rezistoru izvietojumu.

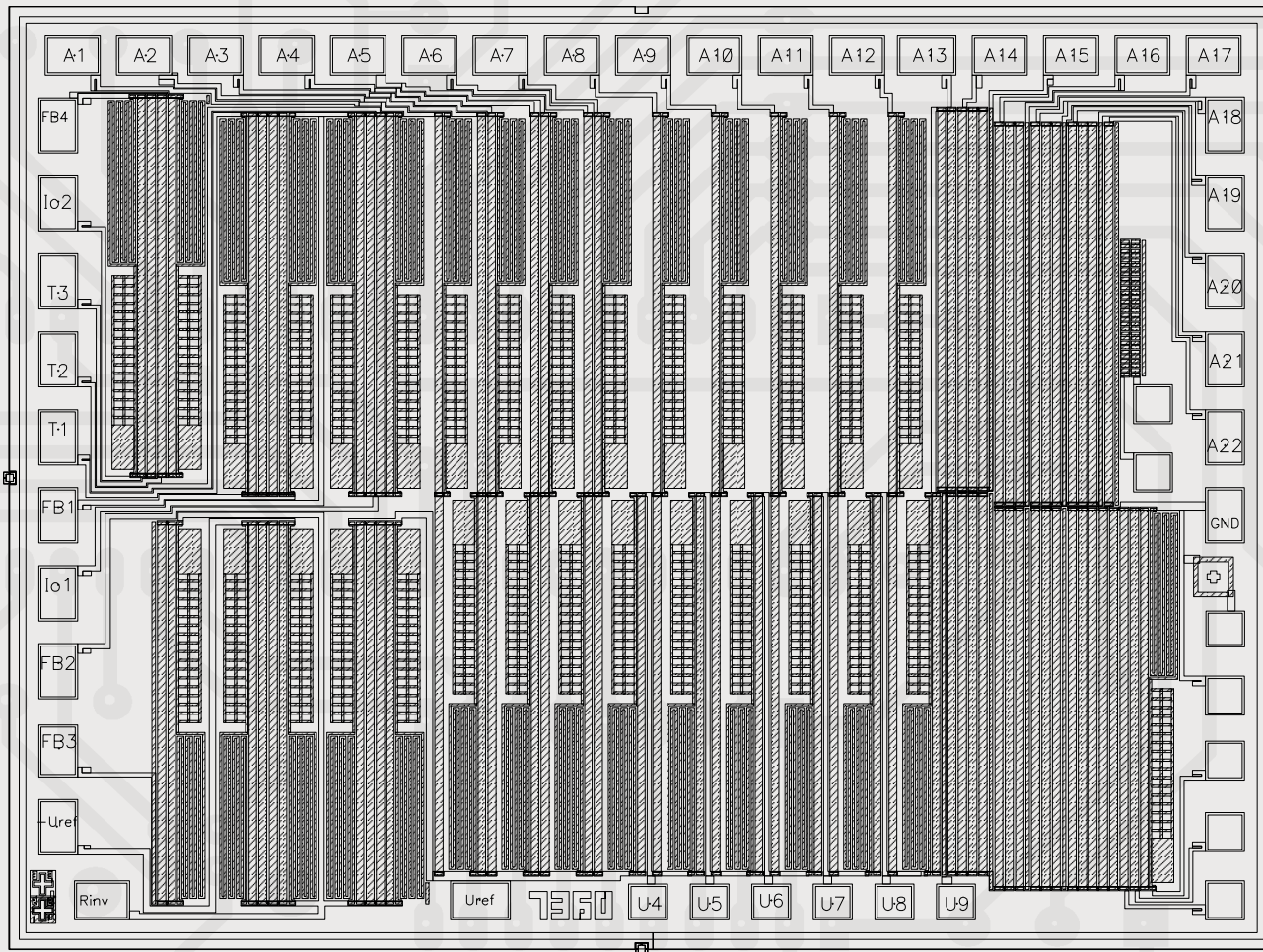
Rezistīvās matricas projektēšana uz augstas pretestības rezistoru bāzes.

Šīs aktivitātes ietvaros tika veikta rezistīvās matricas R-2R projektēšana 18-bitu ciparu-analogajam pārveidotājam (CAP).

Rezistori ar biezumu $1155\mu\text{m}$. Nepielaides platums $25\mu\text{m}$.

Nepiedzenamā rezistora nomināls pie $R_s = 5\text{k}\Omega/\square$ $235.325\text{k}\Omega$. Piedzenamais rezistors sastāv no divām iekļautām sekcijām. Nepiedzenamā daļa ir ar dziļumu $1155\mu\text{m}$, platumu $23\mu\text{m}$ un nominālu $256.15\text{k}\Omega$. Piedzenamā daļa ir ar nominālu $2.891\text{M}\Omega$, platumu $7\mu\text{m}$.

Rezistīvās matricas projektēšana uz augstas pretestības rezistoru bāzes.



Rezistīvā matrica. Topoloģija.

Secinājumi.

- Pētījuma laikā tika iegūtas zināšanas un precizēti tehnoloģiskie režīmi plāno kārtiņu rezistoru izgatavošanai, kā arī tika novērtēta rezistoru ilgtermiņa stabilitāte. Tāpat tika novērtēta iekārtas montāžas procesu un to nosacījumu ietekme uz rezistoru parametru stabilitāti.
- Iegūti labi rezultāti līdz ar rezistoru pārklājuma uz Si₃N₄ bāzes izmantošanu.

Secinājumi.

- legūtās zināšanas ir pietiekamas, lai sāktu pētnieciskās darbības un veiktu analogās mikroshēmas projektēšanu ar plānās kārtiņas rezistoru izmantošanu priekš rezistīvās matricas 18-bitu DAC. Šī pētījuma ietvaros tika izstrādāta plānotās rezistīvās matricas topogrāfija.