

KEPP EU

**Projekta „Mašīnbūves Kompetences centra izveide”
Pētījums Nr.4.5. „Tehnoloģiskie pētījumi un silīcija ražošanas ar
diametru līdz 100 mm izmantošanai vajstravas un lieljaudas
mikroelektronikas cietvielu ierīces” ID.Nr. 1.2.2.1/18/A/008**

AS KEPP EU & FMF LU & AS Alfa RPAR

**Anatolijs Kravtsovs (AS KEPP EU)
Rīgā, 22.04.2020.**

NACIONĀLAIS
ATTĪSTĪBAS
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA
Eiropas Reģionālās
attīstības fonds

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

Projekta izstrādes mērķis ir apgūt eksperimentāli rupnieciski silīcija monokristālu ražošanu, ko izmanto elektronisko ierīču ražošanai

Starpposma rezultāts			2019			2020			2021			
Rūpnieciskais pētījums no 08.2019 (mm.yyyy.) līdz 09.2021 (mm.yyyy.)	08.19.	03.21	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Monokristālu ar diametru 100 mm audzēšanas tehnoloģijas izstrāde uz iekārtas "FZ 1510";	09.19	03.20	X	X	X		X	X				
silīcija monokristālu audzēšanas procesa modelēšana, ar diametru 100 mm no pamatnes pjedestāla un dinamisko procesu daļu no izkausētas pamatnes pjedestāla ar diametru 100 - 250 mm (kausējuma savienošanos ar aizmetņa kristālu), monokristāla konusa un cilindriskās daļas augšanu diametrā 60 - 100 mm;	09.19	03.21	X	X	X	X	X	X	X			
modelēšanas rezultātu testēšana laboratorijas apstākļos izmantojot iekārtas "VU 1" maketu kā bāzi rekonstruētu infrasarkanu un elektrona kūļa punktveida apsildes veidiem;	09.19	03.21	X	X	X	X	X	X	X			
projekta 2.7 laikā izstrādātā augstas frekvences ģenerators efektivitātes uzlabošana;	01.20	06.20			X	X		X	X			
monokristālu ar diametru 100 mm audzēšanas tehnoloģijas izstrāde uz modernizētas "VU 1" iekārtas ar izvēlētu punktveida sildītāja avotu.	03.21	09.21				X	X	X	X	X	X	
Eksperimentāla izstrāde no 01.2020 (mm.yyyy.) līdz 09.2021 (mm.yyyy.)												
izgatavošana Silīcija monokristāliem monokristālu ar diametru 76 mm izgatavošana un to nodošana testēšanai partnerim ALFA;	09.19	12.19	X	X								
termiskā, mērīšanas un ķīmiskā aprīkojuma montāža, lai pabeigtu silīcija monokristālu ar diametru 100 mm izmēģinājuma ražošanas līniju;	09.19	03.20	X	X	X							
izgatavošana Silīcija monokristālu ar diametru 100 mm izgatavošana un to nodošana uz testēšanu partnerim ALFA;	04.20	03.21				X	X	X	X			
plākšņu testēšanas slēdzienu sagatavošana ALFA un citos uzņēmumos.	01.20	09.21			X	X	X	X	X	X	X	

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem) **Izstrādāta silīcija monokristālu ar diametru 100 mm audzēšanas tehnoloģija uz iekārtas “FZ 1510”.**

process data and date	21.05.19	12.08.19	08.11.19	10.12.19
initial rod diameter	60	72	103	86
single crystal diameter	60	76	65	88



1. starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

Izstrādāta silīcija monokristālu ar diametru 100 mm audzēšanas tehnoloģija uz iekārtas “FZ 1510”.

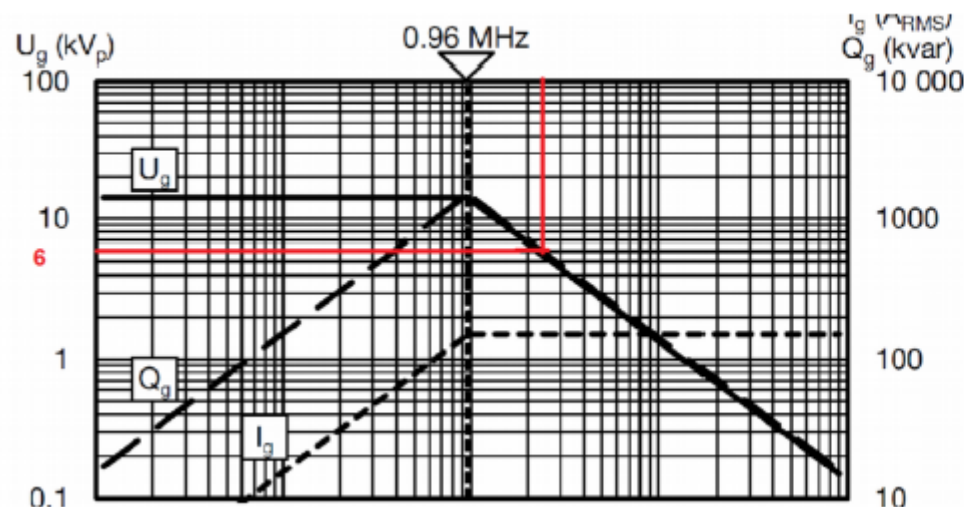


2. attēls Transformatora rekonstrukcija
starp primāro un sekundāro kontūru.

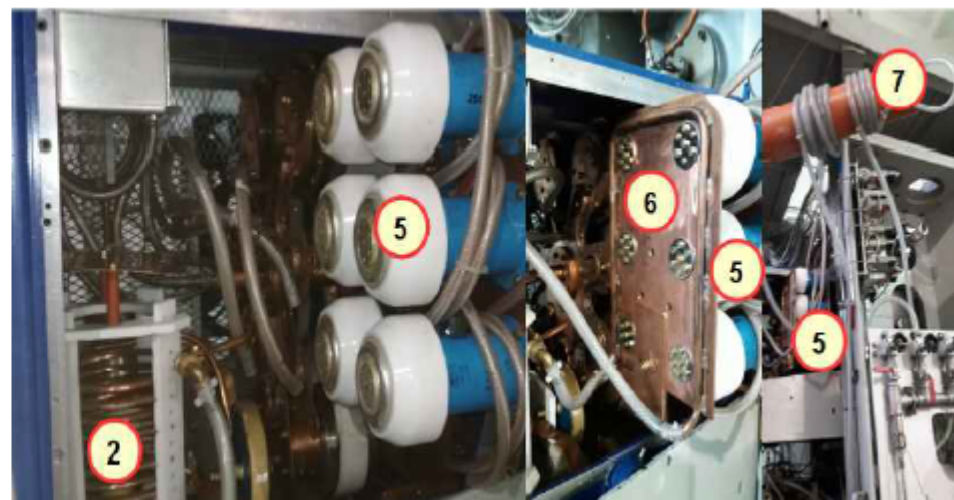
3. attēls. Kondensatoru baterijas
kapacitātes palielināšana. Pa kreisi - izmantotā
komplektēšana; vidū - kondensatoru kreisā
sekcija; pa labi - kondensatoru labā sekcija.

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

Izstrādāta silīcija monokristālu ar diametru 100 mm audzēšanas tehnoloģija uz iekārtas “FZ 1510”.



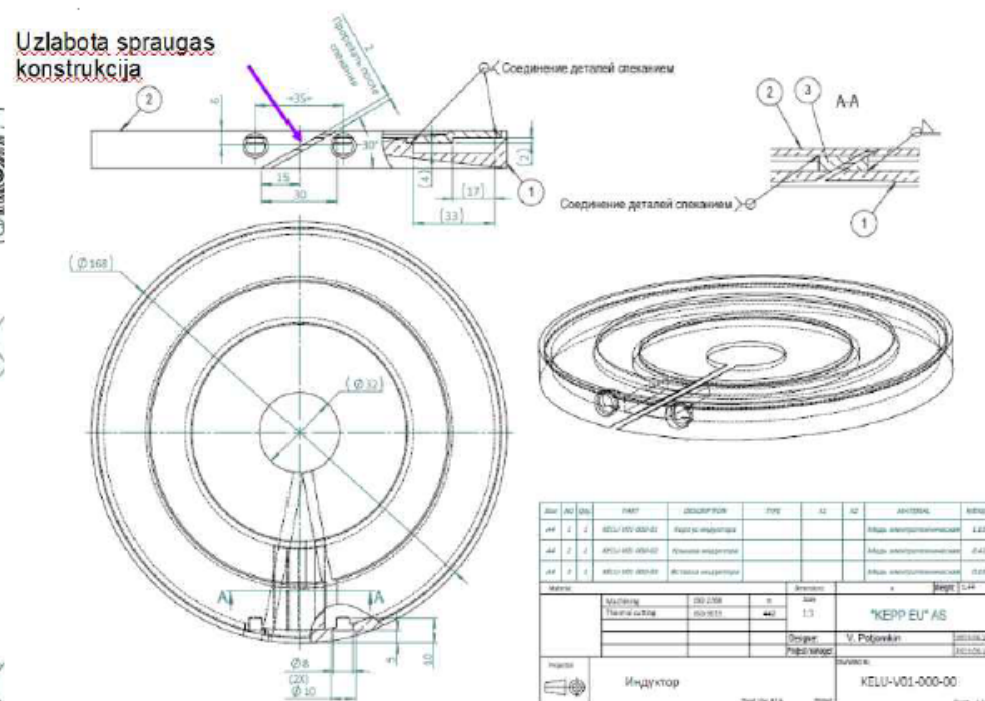
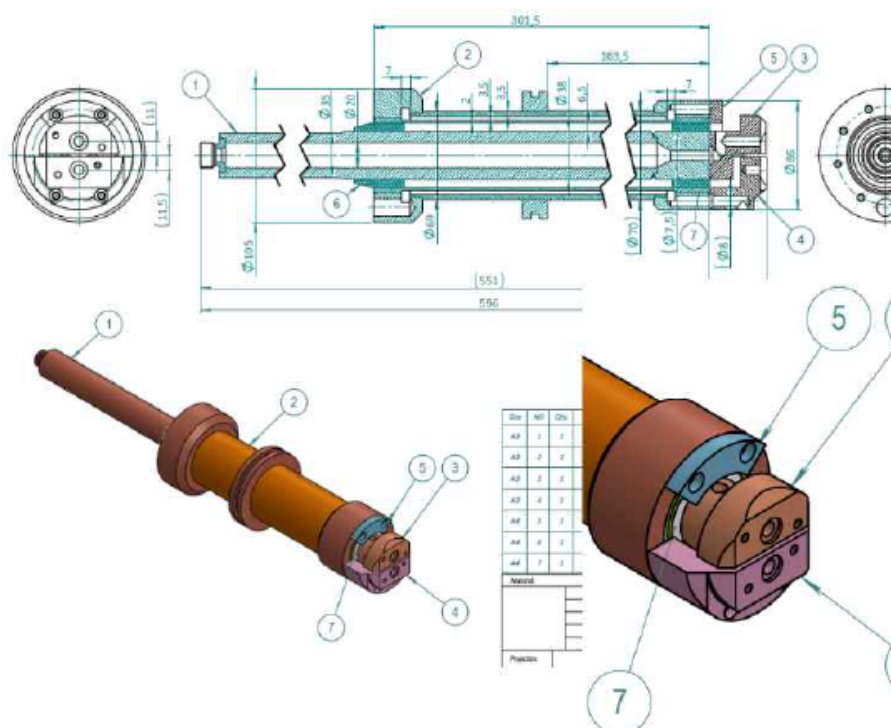
4. attēls. Pieļaujamais spriegums 2.kontūra
baterijas kondensatoros



5. attēls. FZ1510 kondensatoru baterijā
uzstādītie ūdens dzesēšanas kondensatori. 2 -
transformators; 5 - kondensatori TWFX
WF095162; 6 - vara elektrodi;
7 - ūdens izolatoru spole kondensatora
dzesēšanas ķēdē

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

**Izstrādāta silīcija monokristālu ar
diametru 100 mm audzēšanas
tehnoloģija uz iekārtas “FZ 1510”.**



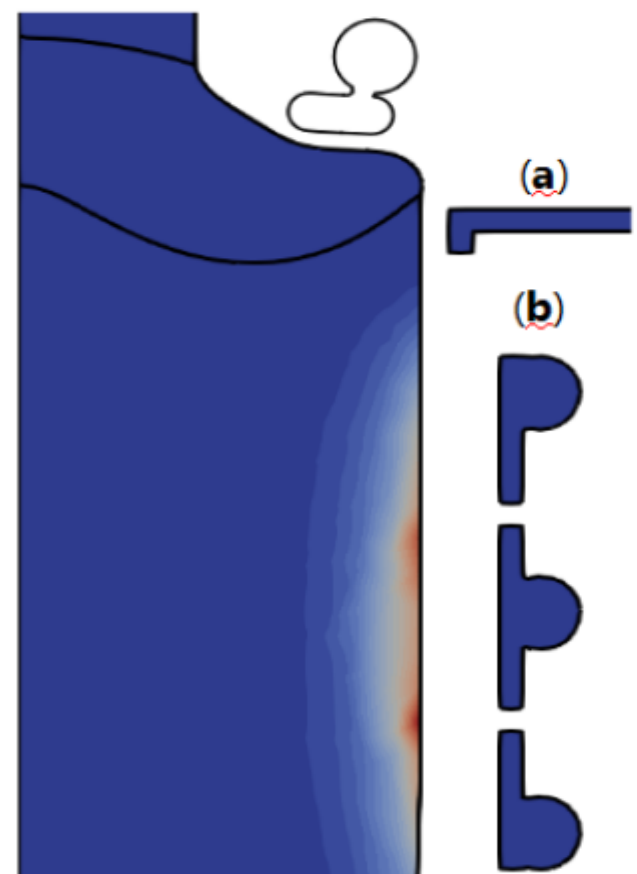
7. attēls. FZ1510 fīdera atjaunošanas
rasējumi

8. attēls. Uzlabotās konstrukcijas induktors.

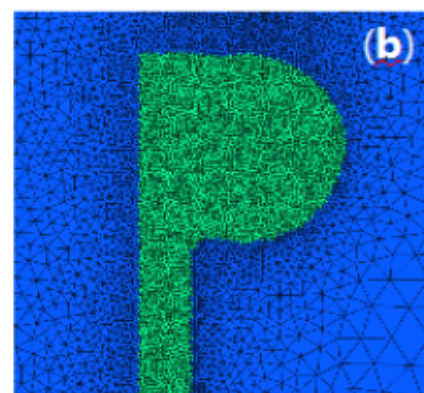
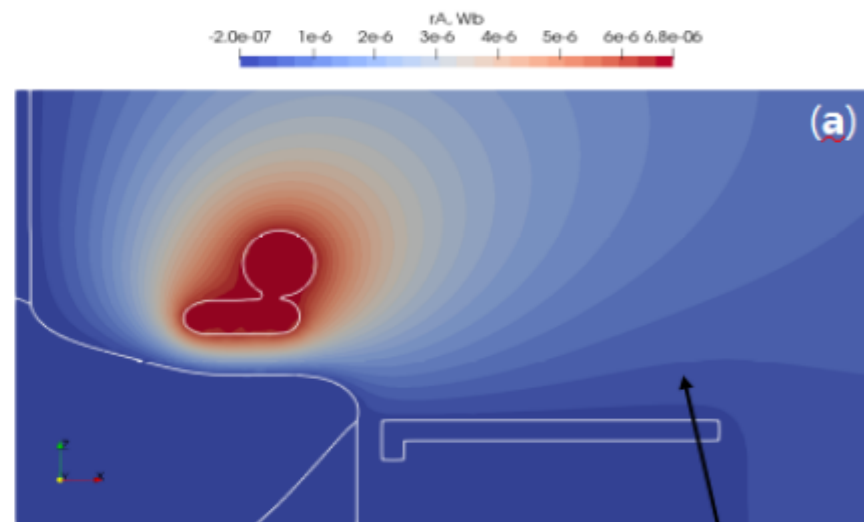
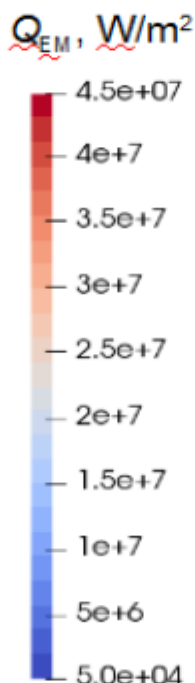
1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

silīcija monokristālu audzēšanas procesa modelēšana, ar diametru 100 mm no pamatnes pjedestāla un dinamisko procesu daļu no izkausētas pamatnes pjedestāla ar diametru 100 - 250 mm (kausējuma savienošanās ar aizmetņa kristālu), monokristāla konusa un cilindriskās daļas augšanu diametrā 60 - 100 mm;

Lai precīzāk modelētu siltuma plūsmas sistēmā, izmantojamā datorprogramma tika papildināta ar horizontālā aizsargekrāna, jeb īsslēguma rinka, modeli (a) un spirālveida zemfrekvences sānu sildītāja modeli (b).



Inducētā elektromagnētiskā jauda



augstfrekvences
magnētiskais lauks
«apliecas» ap
aizsargekrānu

tilpuma režģis, kas
lietots zemfrekvences
lauka aprēķinam

modeļa papildināšana

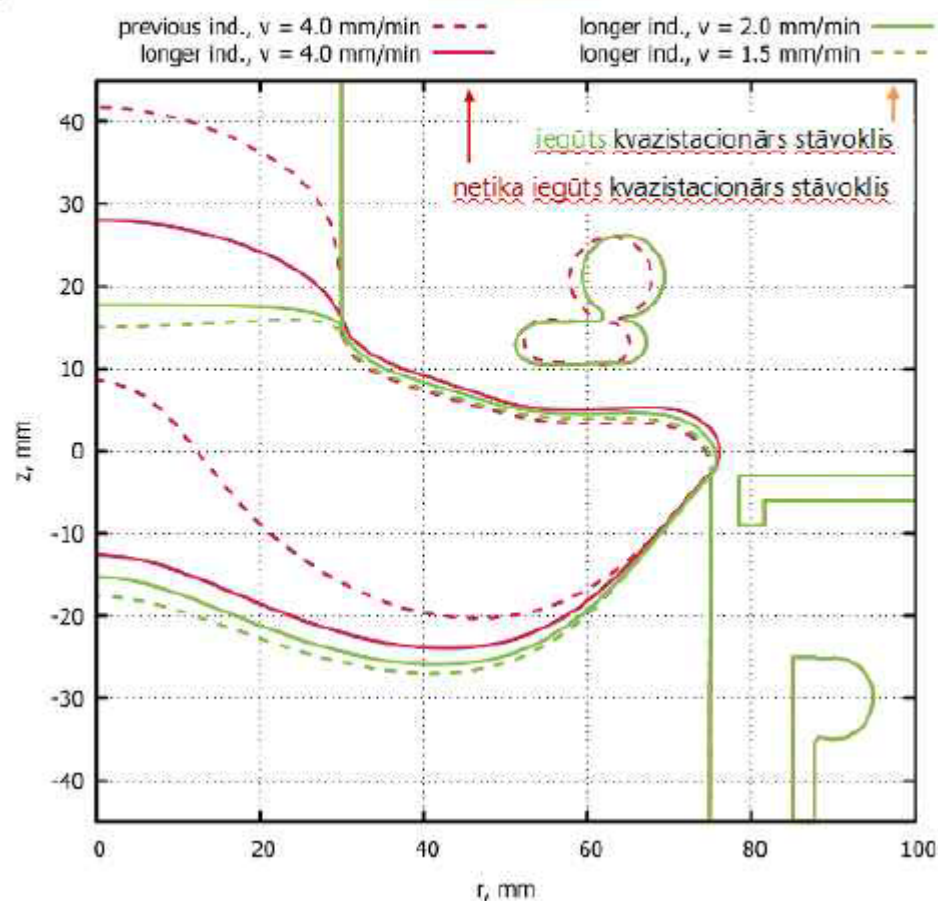
1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

silīcija monokristālu audzēšanas procesa modelēšana, ar diametru 100 mm no pamatnes pjedestāla un dinamisko procesu daļu no izkausētas pamatnes pjedestāla ar diametru 100 - 250 mm (kausējuma savienošanās ar aizmetņa kristālu), monokristāla konusa un cilindriskās daļas augšanu diametrā 60 - 100 mm;

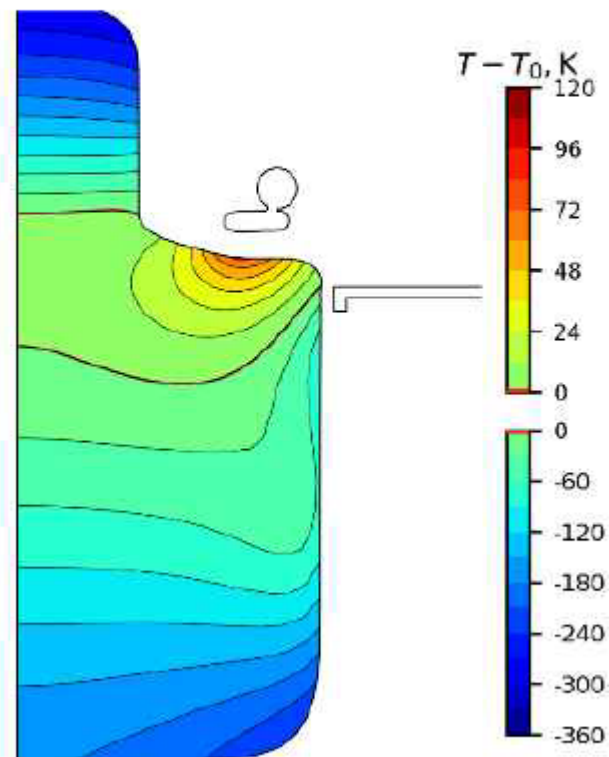
Aprēķini liecina, ka lielākam D_c ir nepieciešams

- izmainīt induktora formu (pagarināt horizontālo daļu)
- lietot mazāku audzēšanas ātrumu v

Fāzu robežas



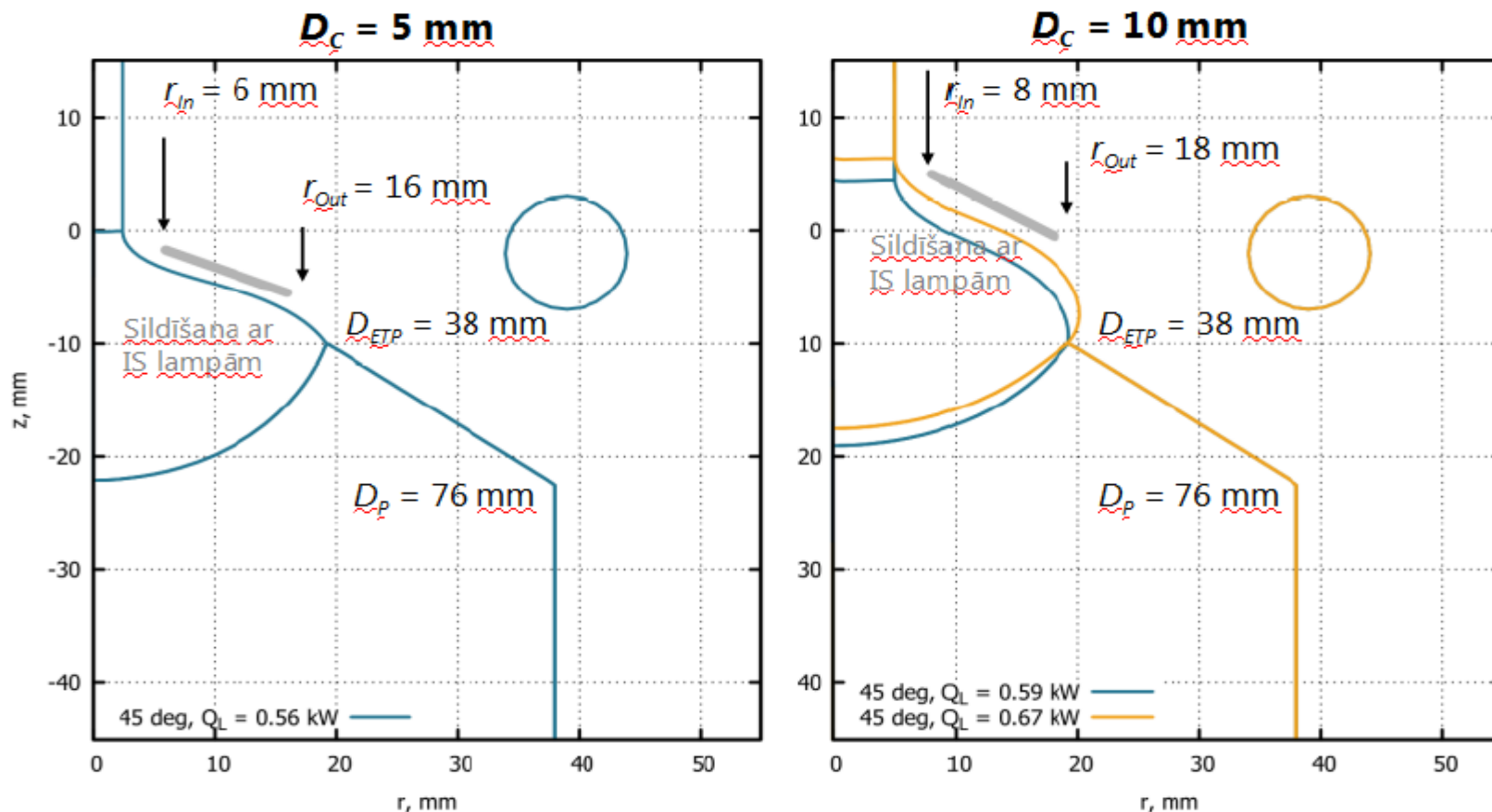
Silīcija temperatūra ar $v = 1.5$ mm/min



1. starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

silīcija monokristālu audzēšanas procesa modelēšana, ar diametru 100 mm no pamatnes pjedestāla un dinamisko procesu daļu no izkausētas pamatnes pjedestāla ar diametru 100 - 250 mm (kausējuma savienošanās ar aizmetņa kristālu), monokristāla konusa un cilindriskās daļas augšanu diametrā 60 - 100 mm;

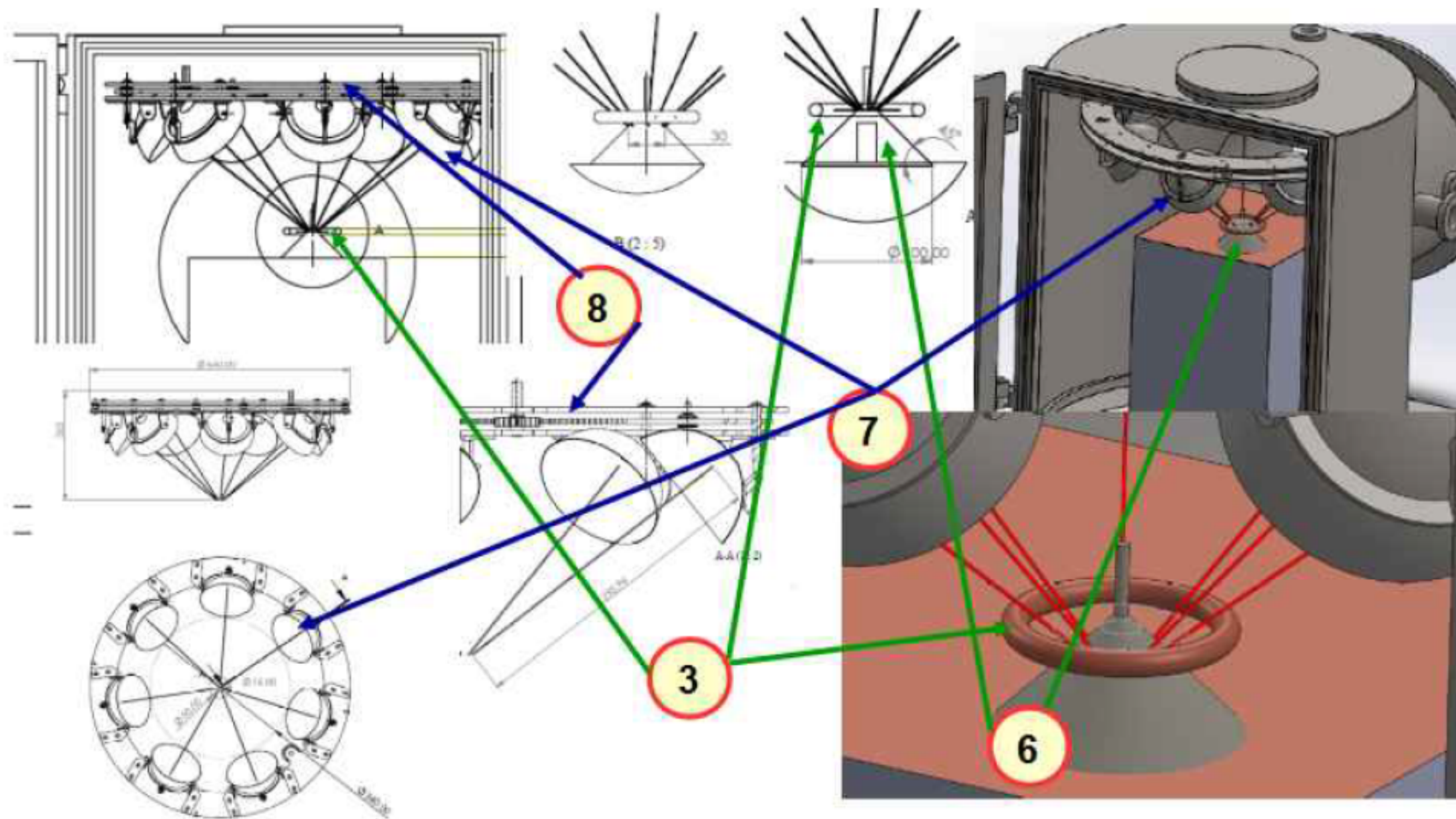
Lai nodrošinātu pilnīgāku audzēšanas procesa simulāciju, tika modelēta arī sākuma fāze ar kristāla aizmetni un mazu kristāla diametru (D_c līdz 10 mm). Tika piemeklēts izkusušās zonas diametrs $D_{ETP} = 38$ mm, kā arī apsildāmā brīvās virsmas apgabala izmēri r_{In} un r_{Out} , kas nodrošinātu stabilāku sākuma fāzes norisi.



Kristāla aizmetnis un sākuma fāze ar DC līdz 10 mm

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

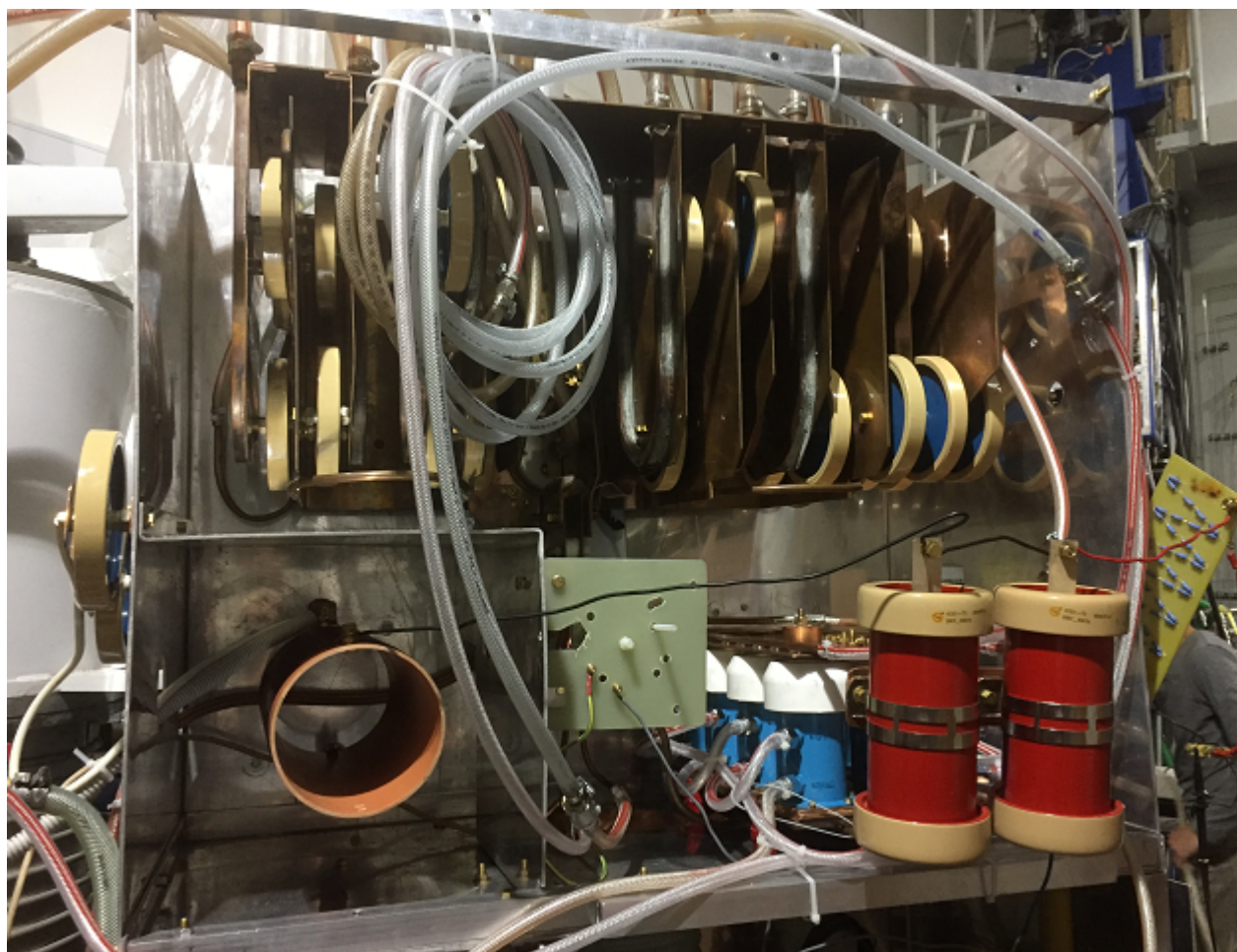
silīcija monokristālu audzēšanas procesa modelēšana, ar diametru 100 mm no pamatnes pjedestāla un dinamisko procesu daļu no izkausētas pamatnes pjedestāla ar diametru 100 - 250 mm (kausējuma savienošanas ar aizmetņa kristālu), monokristāla konusa un cilindriskās daļas augšanu diametrā 60 - 100 mm;



. izstrādāts spuldžu nostiprināšanas un pārvietošanas mehānisms. Sarkanas līnijas - staru nosacītais apzīmējums no lampas līdz fokusa attālumam; 3 - kausēšanas induktors; 6 - apstrādājamais pjedestāls; 7 - reflektori; 8 - spuldžu vadības mehānisms

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

Starpposma rezultāts		2019		2020				2021			
Rūpnieciskais pētījums no 08.2019 (mm.yyyy.) līdz 09.2021 (mm.yyyy.)	08.19. 03.21	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
modelēšanas rezultātu testēšana laboratorijas apstākļos izmantojot iekārtas "VU 1" maketu kā bāzi rekonstruētu infrasarkanā un elektrona kūļa punktveida apsildes veidiem;	09.19 03.21	X	X	X	X	X	X	X			
projekta 2.7 laikā izstrādātā augstas frekvences ģenerators efektivitātes uzlabošana;	01.20 06.20			X	X		X	X			



1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem) izgatavošana Silīcija monokristāliem monokristālu ar diametru 76 mm izgatavošana un to nodošana testēšanai partnerim ALFA;

Parameter	Requirements
material	FZ
orientation	111
Type/Dopant	(p / Boron)
Resistivity	7 – 13 Ω/cm
RRV:	< 10% (ASTM plan B)
Oxygen	< $9 \times 10^{17} \text{ at/cm}^3$ < $2 \times 10^{15} \text{ at/cm}^3$
Diameter	76+/-0.5 mm

Parameter	Requirements
material	FZ
orientation	100
Type/Dopant	(n/Fosfors) (n / Phosphorus)
Resistivity	3 – 9 Ω/cm
RRV:	< 15% (ASTM plan B)
Oxygen	< $9 \times 10^{17} \text{ at/cm}^3$ < $2 \times 10^{15} \text{ at/cm}^3$
Diameter	76+/-0.5 mm



1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem) termiskā, mērīšanas un ķīmiskā aprīkojuma montāža, lai pabeigtu silīcija monokristālu ar diametru 100 mm izmēģinājuma ražošanas līniju;



1;4;7

5

1 Input control
of raw materials
& preparation
to smelting

2 Growth of
Silicon rods with
electron beam
heating (EBR)

3 Quality control
of grown silicon
rods (EBR)*

4 Chemical &
mechanical
Treatment of rods
for FZ process

5 Silicon single
crystals growth
by FZ method
(FZSC)

6 Quality control
of grown FZSC

7 Chemical &
mechanical
processing and
cutting of FZSC

8 (GOODS #1)
Certification
of FZSC

9 Neutron
Transmutation
Dopping (NTD)**
Of FZSC

10 Chemical &
Thermal
Processing of
FZSC with NTD

11 (GOODS #2)
Certification of
FZSC + NTD

12 (GOODS #3)
Cutting, lapping,
Polishing of
FZSC Ingots
to wafers***

Delivery to
CUSTOMER



6;8;11



6;8;11

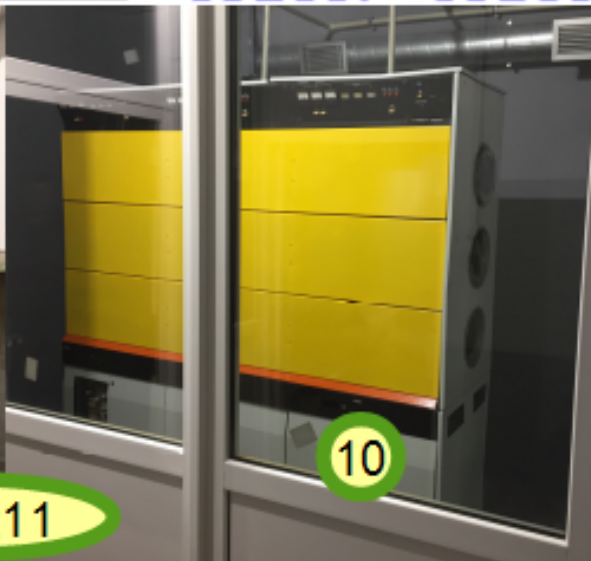


3



7;8;11

4;7;8;11



10

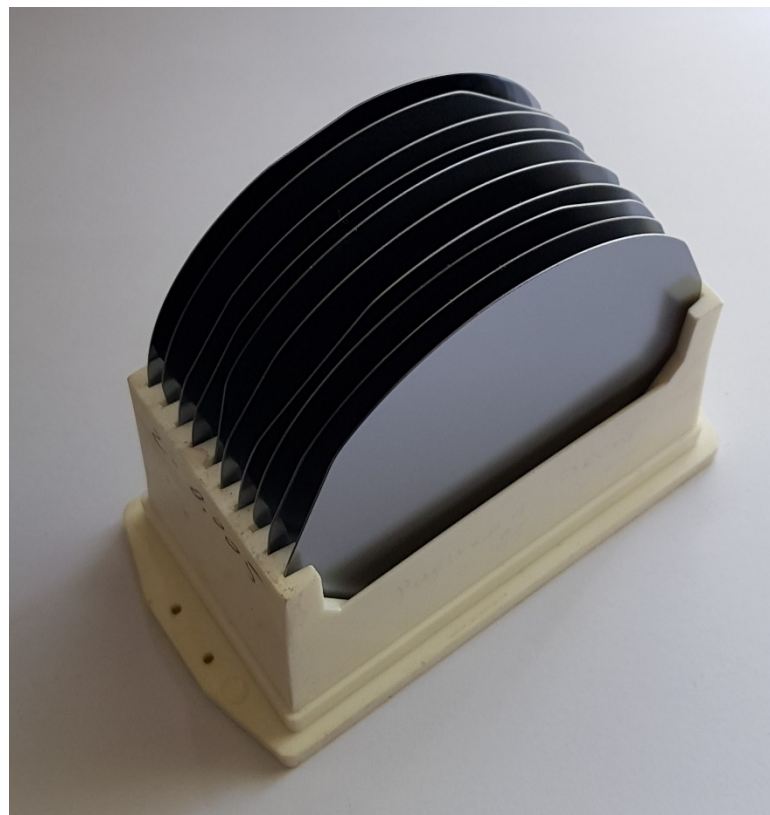


4;7;8;11

7;8;11

1.starpposma rezultāts (pēc 6 mēnešiem)

plākšņu testēšanas slēdzienu sagatavošana ALFA un citos uzņēmumos.



Silīcija monokristāl un monokristāla plaksnes 76 mm diametra

*Paldies par
uzmanību*