

Техничко решење

Минијатуризација кристалних јединки основне учестаности фреквенције 21.4MHz у циљу реализације филтра шестог реда у мањем кућишту

Аутори:

Ленкица Грубишић, Ирини Рељин, Ана Гавровска, Драги Дујковић

Година: 2021

Корисник:

Институт Михајло Пупин

Начин коришћења:

На бази висококвалитетних микроминијатурних кристалних јединки основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту УМ-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$, реализован је у мањем кућишту филтар шестог реда пропусник опсега велике селективности, са малим изобличењима групног кашњења, отпоран на ударе и потресе, применљив у екстремним климомеханичким условима.

Рецензенти:

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив	Минијатуризација кристалних јединки основне учестаности фреквенције 21.4MHz у циљу реализације филтра шестог реда у мањем кућишту
Аутори	Ленкица Грубишић (Институт Михајло Пупин), Ирини Рељин (Електротехнички факултет у Београду), Ана Гавровска (Електротехнички факултет у Београду), Драги Дујковић (Електротехнички факултет у Београду).
Категорија	Ново техничко решење примењено на националном нивоу (M82) Доказ: Протокол о тестирању
Кључне речи	кварцни кристали фреквенције 21.4MHz, микроминијатурне кристалне јединке, кристални филтри

За кога је решење рађено (правно лице или грана привреде):

Техничко решење је рађено за потребе Института Михајло Пупин

Година када је решење комплетирано:

2021

Година када је почело да се примењује и од кога:

Примена техничког решења је почела у 2021. години

Корисник: Института Михајло Пупин

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи:

Техничко-технолошке науке; информационо-комуникационе технологије ...

Рецензенти техничког решења:

Технички елаборат:

- Проблем који се техничким решењем решава
- Стање решености тог проблема у свету
- Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже
- Референце
- Рецензије техничког решења

ТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ

Проблем који се техничким решењем решава:

За примену у дигиталним комуникационим системима на бази нових микроминијатурних кристалних јединки основне учестаности развијени су филтри велике селективности, са малим изобличењима групног кашњења, отпорни на ударе и потресе, применљиви у екстремним климомеханичким условима.

Реализоване микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту UM-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$, које се уграђују у кристалне филтре за специјалне намене, обезбеђују задате електричне карактеристике филтара као и њихово функционисање у екстремним условима рада у широком радном температурном опсегу $(-40\div+85)^\circ\text{C}$ и у условима излагања поштреним климо-механичким захтевима.

Проблем остваривања што већег слабљења у непропусном опсегу филтра и спречавања присуства нежељених резонанција у пропусном опсегу решен је полирањем нове мање кварцне плочице у дубину три микрона са захтевом за план паралелност до једног интерферентног круга дуж ивице плочице као и строжим захтевом за толеранцију фреквенције после групног напаравања (са $\text{max } +1\text{kHz/MHz}$ на $+0.5\text{kHz/MHz}$).

Стање решености тог проблема у свету:

Развој нових телекомуникационих система подстиче развој нових технологија за израду компонената за стабилизацију и селекцију фреквенције.

Висококвалитетни кристални филтри доживљавају велики процват у свету, управо због нових строжих технолошких захтева у телекомуникационим мрежама. Пројектом филтра дефинишу се захтеви које мора да испуни кристална јединка која се у филтар уграђује и од које у највећој мери зависе карактеристике филтра. Кристална јединка мора да задовољи врло строге задате техничке карактеристике. Највеће проблеме у реализацији ових кристалних јединки произвођачи имају са пројектовањем и технологијом израде. Произвођачи наилазе са једне стране, на проблем реализације план-паралелне полиране кварцне плочице без рисева и крзотина, а са друге стране на проблем формирања стабилних танких филмова. Само мали број светских произвођача пружа могућности реализације филтара на основу специфичних захтева корисника. Већи је број произвођача који своју производњу заснивају на изради серијских, каталошких типова.

Опис техничког решења са карактеристикама, укључујући пратеће илустрације и техничке цртеже:

На бази висококвалитетних микроминијатурних кристалних јединки основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту UM-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$, реализован је у мањем кућишту филтар шестог реда пропусник

опсега велике селективности, са малим изобличењима групног кашњења, отпоран на ударе и потресе, применљив у екстремним климомеханичким условима.

Прорачуном филтра дефинисани су елементи еквивалентне електричне мреже и захтеви за кристалне јединке. Захтеви за кристалне јединке обухватају: дозвољени ниво нежељених резонанција; фреквенције кристалних јединки; дозвољено одступање фреквенције кристала на собној температури и у радном температурном опсегу; вредности параметара кристалне јединке; серијску и паралелну капацитивност; фактор добротe кристала (Q-фактор).

У технологији, у погледу испуњења захтева који се односи на положај и дозвољени ниво нежељених резонанција поред услова за energy-trapping (величина електроде-дебљина филма) примењене су и нове методе у реализацији кристалних јединки које доводе до побољшања ове карактеристике и остварења захтеваних резултата. Такође, у погледу захтева за фактор добротe кристала експериментално је утврђено да плочице $\Phi=5.5\text{mm}$ реализоване по стандардној технологији за плочице $\Phi=6.0\text{mm}$ које се не полирају, не остварују жељени Q-фактор тј. задате максималне вредности отпорности за исту величину електрода. Из тог разлога на кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$ у новом мањем кућишту UM-1($h=7.8\text{mm}$) за разлику од плочица пречника $\Phi=6.0\text{mm}$ у стандардном већем кућишту HC-45($h=8.8\text{mm}$), примењен је нови технолошки поступак глачања једномикронским прахом а затим полирања у дубину три микрона са захтевом за план паралелност до једног интерферентног круга дуж ивице кварцне плочице у циљу потискивања и удаљавања споредних резонанција и обезбеђивања строгог захтева за фактор добротe кристала Q-фактор ≥ 60000 . Такође, сужен је захтев за толеранцију фреквенције после групног напаравања са $\text{мах } +1\text{kHz/MHz}$ на $+0.5\text{kHz/MHz}$ чиме смо обезбедили да танки филм секундарне електроде при појединачном допаравању не утиче значајно на ниво и положај споредне резонанције и фактор добротe кристала.

Извршена је анализа технолошког поступка монтаже, цементирања и затварања после чега је уследио одабир држача кварцне плочице АНС-UM1-2P2L ради обезбеђивања строгих захтева за климо-механичке карактеристике. Увели смо ужу толеранцију угла сечења као и чешћу транспозицију плочица после друге рентгенске контроле у машинама за глачање и полирање због захтева за мало одступање фреквенције кристалних јединки у широком температурном опсегу.

У пројекту микроминијатурних кристалних јединки основне учестаности 21.4MHz водило се рачуна о пречнику електроде $d_{1,2}=1.88\text{mm}$ и $d_{3,4,5,6}=2.06\text{mm}$ и дебљини нанетог филма $t=800\text{\AA}$ због захтева за положај и потиснутост споредних резонанција. С обзиром да се ради о већем фактору напаравања $k=0.38$ као електродни материјал коришћено је сребро. Подешавање фреквенције је наношењем секундарне електроде од сребра на појединачној пумпи Balzers. Кварцна плочице су планпаралелне (PP) пречника $\Phi=5.5\text{mm}$ и реализоване су од кварца фактора добротe $Q \geq 1.8 \times 10^6$ без структурних дефеката и грешака паковања. Кристалне јединке монтиране су у RW држач типа UM-1.

Техничке карактеристике

За примену у висококвалитетним кристалним филтрима за специјалне намене, реализоване су микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности следећих карактеристика: Фреквенција $F_0=21.4\text{MHz}$. Подешеност фреквенције на 25°C је $\Delta F/F_0=\pm 5\text{ppm}$. Радни температурни опсег ($-40\div+85$) $^\circ\text{C}$. Одступање фреквенције у радном температурном опсегу је $\Delta F/F_0=\pm 15\text{ppm}$. Сопствена капацитивност: $C_{01,2}=1.9\text{pF}\pm 5\%$ и $C_{03,4,5,6}=2.3\text{pF}\pm 5\%$. Динамичка капацитивност: $C_{11,2}=7.9\text{fF}\pm 10\%$ и $C_{13,4,5,6}=10.2\text{fF}\pm 10\%$. Q-фактор ≥ 60000 . Нежељене резонанције: 1) до $f=21425\text{kHz}$ – без f_n ; 2) до $f=21600\text{kHz}$ - $f_n>30\text{dB}$. Старење кристалне јединке је $\pm 1\cdot 10^{-6}/\text{год}$.

Техничке могућности

За примену у дигиталним комуникационим системима развијени су филтари пропусници опсега шестог реда мањих димензија.

Реализоване микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту UM-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$, које се уграђују у кристалне филтре за специјалне намене, обезбеђују задате електричне карактеристике филтара као и њихово функционисање у екстремним условима рада у широком радном температурном опсегу ($-40\div+85$) $^\circ\text{C}$ и у условима излагања поштеним климо-механичким захтевима.

Проблем остваривања што већег слабљења у непропусном опсегу филтра и спречавања присуства нежељених резонанција у пропусном опсегу решен је полирањем нове мање кварцне плочице у дубину три микрона са захтевом за план паралелност до једног интерферентног круга дуж ивице плочице као и строжим захтевом за толеранцију фреквенције после групног напаравања (са $\text{max } +1\text{kHz/MHz}$ на $+0.5\text{kHz/MHz}$).

Технологија израде микроминијатурних кристалних јединки АТ-реза основне учестаности фреквенције 21.4MHz пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$ за уградњу у кристалне филтре шестог реда у мањем кућишту

На основу прорачуна филтра шестог реда централне фреквенције 21.4MHz дефинисани су захтеви за кристалне јединке.

Листа техничких података за кристалне јединке :

- | | |
|----------------|--|
| 1. Кућиште | RW-UM-1 |
| 2. фреквенција | $f_1 = 21390.386 \text{ kHz } \times 1$
$f_2 = 21399.540 \text{ kHz } \times 1$
$f_3 = 21386.868 \text{ kHz } \times 1$
$f_4 = 21399.459 \text{ kHz } \times 1$
$f_5 = 21382.108 \text{ kHz } \times 1$
$f_6 = 21404.219 \text{ kHz } \times 1$ |
| 3. Q-фактор | ≥ 60000 |

4. динамичка капацитивност	$C_{11,2}=7.9\text{fF}\pm 10\%$ $C_{13,4,5,6}=10.2\text{fF}\pm 10\%$
5. паралелна капацитивност	$C_{o1,2}=1.9\text{pF}\pm 5\%$ $C_{o3,4,5,6}=2.3\text{pF}\pm 5\%$
6. динамичка отпорност	$R_{11,2} \leq 14\Omega$ $R_{13,4,5} \leq 10\Omega$
7. подешеност фреквенције на 25°C	$df/f = \pm 5 \text{ ppm}$
8. радни температурни опсег	- 40 ÷ + 85°C
9. одступање фреквенцује у РТО	$df/f = \pm 15 \text{ ppm}$
10. старење	$df/f = 1 \text{ ppm/god} (\pm 1 \cdot 10^{-6}/\text{год})$
11. нежељене резонанције	A. до 21425 kHz - без fn B. до 21600 kHz- fn > 30 dB

У технологији микроминијатурних кристалних јединки 21.4MHz за филтре,

а) обезбедили смо:

1. кварц фактора доброте $Q \geq 1.8 \times 10^6$ без структурних дефеката и грешака паковања.
2. ужу толеранцију угла сечења ($\pm 30''$) и другу рентгенску контролу као и транспозицију плочица у машинама за глачање и полирање ради смањења шкарта кристалних јединки у широком температурном опсегу.
3. полирану плочицу без рисева и крзотина -што утиче на отпорност кварцне плочице и старење кристалне јединке.
4. планпаралелне плочице-примењен је нови технолошки поступак глачања једномикронским прахом а затим полирања у дубину три микрона са захтевом за план паралелност до једног интерферентног круга дуж ивице кварцне плочице у циљу потискивања и удаљавања споредних резонанција и обезбеђивања строгог захтева за фактор доброте кристала.
5. ужи захтев за толеранцију фреквенције после групног напаравања (+0.5kHz/MHz) чиме смо обезбедили да танки филм секундарне електроде при појединачном допаравању не утиче значајно на ниво и положај споредне резонанције и фактор доброте кристала.
6. монтажу кварцне плочице пречника $\Phi=5.5\text{mm}$ основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем електро вареном кућишту UM-1. Извршена је анализа технолошког поступка монтаже, цементирања и затварања после чега је уследио одабир држача кварцне плочице АНС-UM1-2P2L са прорезом ради обезбеђивања строгих захтева за климо-механичке карактеристике.

У пројекту микроминијатурних кристалних јединки основне учестаности 21.4MHz водило се рачуна о пречнику електроде $d_{1,2}=1.88\text{mm}$ и $d_{3,4,5,6}=2.06\text{mm}$ и дебљини нанетог филма $t=800\text{\AA}$ због захтева за положај и потиснутост споредних резонанција. С обзиром да се ради о већем фактору напаравања $k=0.38$ ($k=\Delta f/F_0^2$) као електродни материјал коришћено је сребро. Подешавање фреквенције је наношењем секундарне електроде од сребра на појединачној пумпи Balzers. Кварцне плочице су планпаралелне (PP) пречника $\Phi=5.5\text{mm}$ и реализоване су од кварца фактора добротe $Q\geq 1.8 \times 10^6$ без структурних дефеката и грешака паковања. Кристалне јединке монтиране су у RW држач типа UM-1.

Реализоване микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту UM-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$, које се уграђују у кристалне филтре за специјалне намене, обезбеђују задате електричне карактеристике филтара као и њихово функционисање у екстремним условима рада у широком радном температурном опсегу $(-40\div+85)^\circ\text{C}$ и у условима излагања поштреним климо-механичким захтевима.

А) КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОШКИ ПОДАЦИ ЗА МИКРОМИНИЈАТУРНЕ КРИСТАЛНЕ ЈЕДИНКЕ ОСНОВНЕ УЧЕСТАНОСТИ ФРЕКВЕНЦИЈЕ 21.4MHz

1.МЕХАНИЧКА ОБРАДА

РЕЗ-АТ
ФРЕКВЕНЦИЈА - $F_0=21.4\text{MHz}$
РЕЗОНАНЦИЈА - $n=1$

ОПИС РАДНИХ ОПЕРАЦИЈА

СЕЧЕЊЕ

1. Кристал кварца – Тип TOYOCOM LO8
2. Угао сечења и толеранција:
 $\varphi=35^\circ 15' 00'' \pm 30''$
3. Пречник плочице $D1 - 5.5\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$
4. Редослед кружне обраде - После II Rö Контроле
5. Одсецање - без

ГЛАЧАЊЕ

6. Глачање I. Абразив $20\ \mu$ - $f/n=(7600\pm 100)\text{kHz}$
7. I Rö контрола
8. Глачање II. Абразив $12\ \mu$ - $f/n=(11900\pm 90)\text{kHz}$
9. Глачање III. Абразив $5\ \mu$ - $f/n=(16650\pm 50)\text{kHz}$
10. II Rö контрола
11. Глачање IV. Абразив $1\ \mu$ - $f=(20770\pm 10)\text{kHz}$
12. Полирање. Абразив CeO_2 - $f_1=(21564\pm 3)\text{kHz}$

$$f_2 = (21573 \pm 3) \text{ kHz}$$

$$f_3 = (21561 \pm 3) \text{ kHz}$$

$$f_4 = (21573 \pm 3) \text{ kHz}$$

$$f_5 = (21556 \pm 3) \text{ kHz}$$

$$f_6 = (21578 \pm 3) \text{ kHz}$$

13. Промена дебљине механичким полирањем- $\Delta t = 3 \mu$
14. Планпаралелност (Na или T1) - до 1 интерферентног круга

2.ЗАВРШНА ОБРАДА

РЕЗ-АТ
 ФРЕКВЕНЦИЈА – $F_0 = 21.4 \text{ MHz}$
 РЕЗОНАНЦИЈА – $n=1$

ОПИС РАДНИХ ОПЕРАЦИЈА

15. Пречник електрода - $d_{1,2} = 1.88 \text{ mm}$
 $d_{3,4,5,6} = 2.06 \text{ mm}$
16. Оријентација плочице- Паралелно Z оси
17. Угао доводних трака- 180°
18. Ознака маске и улошка – Fotofabrication 36-180-100
19. Материјал електрода - Ag
20. Снижавање фреквенције електродама- $\Delta f = (0.38) \times F_0^2 = 174 \text{ kHz}$
21. Наношење основних електрода - $(0 \div +10) \text{ kHz}$ у односу на $f_0 (\text{kHz})$
22. поступак групног наношења:
 - вакуум - бољи од $1 \times 10^{-5} \text{ Torr}$
 - Извор - испариваћ
 - Уређај- Edwards (дифузиона)
 - Температура подлоге- 25°C
23. Тип кућишта – RW-UM1
24. Тип држача – АНС-UM1-2P2L-5.0
25. Тип поклопца- АТС-UM1-7.5
26. Цемент -ЕРОТЕК Н20Е
27. Температура и време печења цемента - 140°C , 2h
28. Поступак завршног подешавања- појединачно допаравање сребром
29. Завршна фреквенција Толеранција – $f_1 = (21390.386 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
 $f_2 = (21399.540 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
 $f_3 = (21386.868 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
 $f_4 = (21399.459 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
 $f_5 = (21382.108 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
 $f_6 = (21404.219 \pm 0.1) \text{ kHz} \times 1$
30. I стабилизација после подешавања- 1 h на 140°C
31. II стабилизација пре затварања- 30min на 140°C

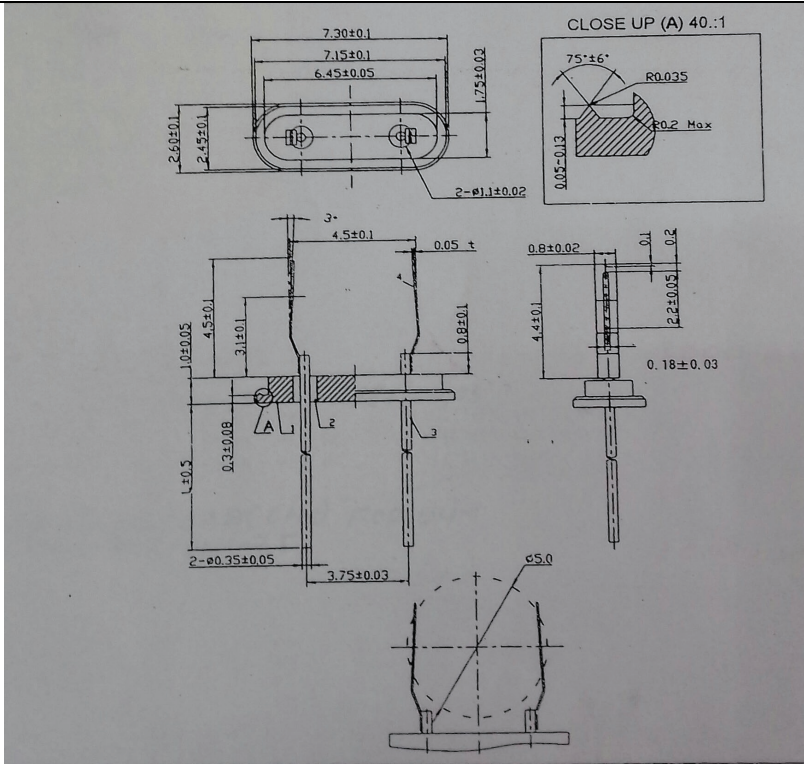
32. Поступак затварања - електро варено
33. Атмосфера у кућишту - азот
34. III стабилизација после затварања - 24h на 105°C
35. Обележавање- Боја

В) ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК МЕХАНИЧКЕ И ЗАВРШНЕ ОБРАДЕ
МИКРОМИНИЈАТУРНИХ КРИСТАЛНИХ ЈЕДИНКИ ОСНОВНЕ
УЧЕСТАНОСТИ ФРЕКВЕНЦИЈЕ 21.4MHz

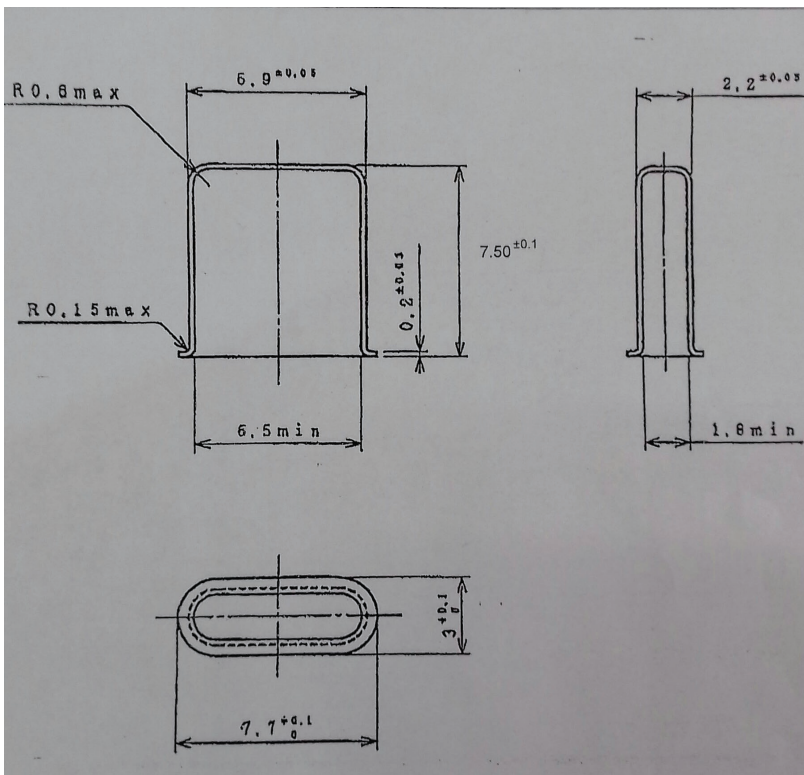
СТАРЕЊЕ	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ годишње $\pm 3 \cdot 10^{-9}$ дневно
ВРСТА КВАРЦА	ТОУОСОМ LO8: $Q = 1.8 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^6$
ЗАТВАРАЊЕ	RW
ФИЛМ	Ag

ЗАВРШНА ОБРАДА ПЛОЧИЦА ПРЕ МЕХАНИЧКОГ ПОЛИРАЊА-састав абразивне суспензије у запреминским деловима компонената	глачање: 1(1 μ абразив Al ₂ O ₃) : 9(талк) : 13(H ₂ O)
МЕХАНИЧКО ПОЛИРАЊЕ-састав абразивне суспензије у запреминским деловима компонената	1(CeO ₂) : 20(H ₂ O) : 0.5(глицерин 100%) : 0.5(HDK S-15 –пахуљице)
МЕХАНИЧКО ПОЛИРАЊЕ-плоче за полирање	Плоче од нерђајучег челика са тврдом полистирол пластиком дебљине 5мм
МЕХАНИЧКО ПОЛИРАЊЕ-носач кварцних плочица	Mylar-носач од полиестера
МЕХАНИЧКО ПОЛИРАЊЕ-прање плоча за полирање	Абразивна паста и абразивна крпа
МЕХАНИЧКО ПОЛИРАЊЕ- провера план-паралелности кварцних плочица	Интерферометар са T1 спектралном лампом
ПРАЊЕ ПЛОЧИЦА ПРЕ ГРУПНОГ НАПАРАВАЊА	Хром сумпорна киселина
СУШЕЊЕ ПЛОЧИЦА ПРЕ ГРУПНОГ НАПАРАВАЊА	1h @ +140°C у сушници
УЛАГАЊЕ ПЛОЧИЦА У МАСКЕ	стандардно
ГРУПНО НАПАРАВАЊЕ	пумпа EDWARDS, филм Ag, вакуум: $1 \cdot 10^{-5}$ 1.јонско чишћење плочица у пумпи пре метализације вакуум: $8 \cdot 10^{-5}$ 2.постизање вакуума $1 \cdot 10^{-5}$ 3.напаравање Ag на прву страну @ +25°C 4.отварање пумпе због окретања маске 5.постизање вакуума $1 \cdot 10^{-5}$ 6.напаравање Ag на другу страну @ +25°C, 7.отварање пумпе, завршен процес метализације .
ЦЕМЕНТИРАЊЕ	Стандардно сушење: 2h @ +140°C у сушници
ПРАЊЕ ПРЕ ПОЈЕДИНАЧНОГ ПОДЕШАВАЊА	Ултразвук, у алкохолу са четкицом
ПОЈЕДИНАЧНО ПОДЕШАВАЊЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ	А) из „+“: подешавање фреквенције

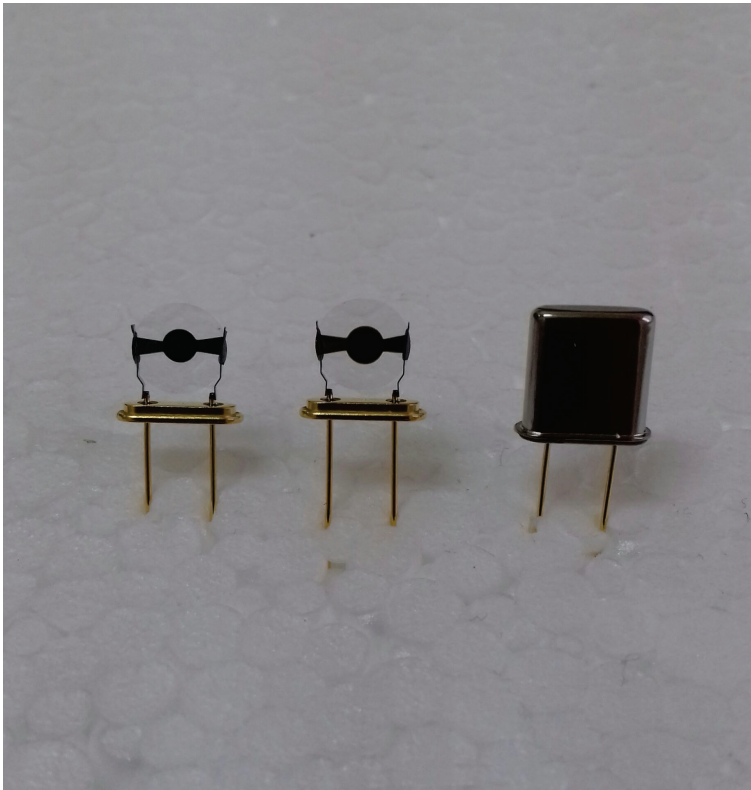
	допаравањем сребра на појединачној пумпи Balzers Б) из -: подешавање фреквенције у разблаженом цијаниду или прањем у алкохолу са четкицом
МЕРЕЊЕ	Импеданцметар
СТАБИЛИЗАЦИЈА ФИЛМА ПОСЛЕ ПОДЕШАВАЊА	0.5h @ 140 ⁰ С у сушници
МЕРЕЊЕ	Импеданцметар
ФИНАЛНО ПОДЕШАВАЊЕ ФРЕКВЕНЦИЈЕ	А) из +: подешавање фреквенције допаравањем сребра на појединачној пумпи Balzers Б) из -: подешавање фреквенције у разблаженом цијаниду или прањем у алкохолу са четкицом
МЕРЕЊЕ	Рi-четворопол
ЗАТВАРАЊЕ	загревање пре затварања : поклопци и кристали, 0.5h @ 140 ⁰ С у сушници преса: RW притисак: држач UM1, 0,5/1,3/38
СТАБИЛИЗАЦИЈА	1 дан @ +105 ⁰ С
МЕРЕЊЕ	SAUNDERS , параметри и ТК



UM-1 држач кварцине плочице



UM-1 поклопац кварцине плочице



Микроминијатурне кристалне јединке фреквенције 21.4MHz пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$ са две електроде $d=(1.88 \text{ и } 2.06)\text{mm}$ у кућишту UM-1.

Ново техничко решење развијено од стране Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета у Београду у оквиру текућег пројекта бр. TP-32048 Министарства за науку и технолошки развој

Примена

Развој нових телекомуникационих система подстиче развој нових технологија за израду компонената за стабилизацију и селекцију фреквенције.

За примену у висококвалитетним кристалним филтрима за специјалне намене, реализоване су микроминијатурне кристалне јединке АТ реза основне учестаности. Квалитет ових филтара у великој мери зависи од особина кристалних јединки које се у њих уграђују. Реализоване микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности 21,4MHz које се уграђују у кристалне филтре, обезбеђују задате електричне карактеристике филтара као и њихово функционисање у екстремним условима рада у широком радном температурном опсегу и у условима излагања поштреним климо-механичким захтевима.

Висококвалитетни кристални филтри доживљавају велики процват у свету, управо због нових строжих технолошких захтева у телекомуникационим мрежама.

Референце:

- [1] L.Maissel, R.Glaug „Handbook of Thin Film Technology“ Mc Graw-Hill, New York 1970.
- [2] Roger E. Bennett „Manufacturing Guide for „AT“ Type Units “ Niles, Illinois 1960.
- [3] H.K.Pulker „Coatings of Glass“ Elsevier, Tokyo 1984.

Доказ о примени техничког решења

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО БЕОГРАД
Број:
Датум. 2021. године
Београд

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО.

Бр. 2502/1-21

02 NOV 2021

БЕОГРАД год.

ПОТВРДА

Микроминијатурне кристалне јединке основне учестаности фреквенције 21.4MHz у новом мањем кућишту UM-1, пречника кварцне плочице $\Phi=5.5\text{mm}$ као ново техничко решење развијено у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32048 од стране Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета у Београду у примени су у производњи кристалних филтара ИМП-Пиезотехнологија доо од 1.6. 2021год.

На бази нових висококвалитетних кристалних јединки фреквенције 21.4MHz реализовани су у мањем кућишту филтри шестог реда пропусници опсега велике селективности, са малим изобличењима групног кашњења, отпорни на ударе и потресе, применљиви у екстремним климомеханичким условима.

ИМП-ПИЕЗОТЕХНОЛОГИЈА ДОО БЕОГРАД

Директор

Радослав Јевтовић, дипл.физ

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО БЕОГРАД

Директор

Проф. др Сања Вранеш, дипл.инж

Листа раније прихваћених техничких решења за сваког аутора појединачно

Ирини Рељин:

2020:

1. М. Миливојевић, Д. Дујковић, М. Паскаш, А. Гавровска, **И. Рељин**, Б. Рељин, Софтвер за статистичку анализу COVID-19 података. Техничко решење – Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми – нови софтвер Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M85**

2. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

3. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 6MHz са електродама од сребра, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

2019:

1. С. Дедић Нешић, Л. Грубишић, И. Рељин, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Висококвалитетна микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза трећег овертона фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2. С. Дедић Нешић, Л. Грубишић, И. Рељин, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Висококвалитетна ултратанка микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза основне учестаности фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин - Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, Nov, 2019.

M81

2018:

1. Л. Грубишић, И. Рељин, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018.

M81

2. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Микроминијатурна кристална јединка АТ-реза петог овертона фреквенције 172,025MHz - гранични случај на прелазу са петог на седми овертон, Институт Михајло Пупин Београд, Београд, 2018.

M81

2016:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Јевтић, **Д. Дујковић**, М. Паскаш, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки SC-реза: Механизми дегазације кућишта, 2016. **M83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, **Д. Дујковић**, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **M83**

Ана Гавровска:

2020:

1. М. Миливојевић, Д. Дујковић, М. Паскаш, **А. Гавровска**, И. Рељин, Б. Рељин, Софтвер за статистичку анализу COVID-19 података. Техничко решење – Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми – нови софтвер Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M85**

2. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

3. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 6MHz са електродама од сребра, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

2019:

1. С. Дедић Нешић, **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, А. Гавровска, М. Славковић - Илић, Кристални филтар 76.8375 MHz реализован кристалима трећег овертона, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2016:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Јевтић, Д. Дујковић, М. Паскаш, **А. Гавровска**, Технологија израде високостабилних кристалних јединки SC-реза: Механизми дегазације кућишта, 2016. **M83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Дујковић, Д. Јевтић, **А. Гавровска**, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **M83**

Драги Дујковић:

2020:

1. М. Миливојевић, Д. Дујковић, М. Паскаш, А. Гавровска, **И. Рељин**, Б. Рељин, Софтвер за статистичку анализу COVID-19 података. Техничко решење – Прототип, нова метода, софтвер, стандардизован или атестиран инструмент, нова генска проба, микроорганизми – нови софтвер Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M85**

2. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

3. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 6MHz са електродама од сребра, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

2019:

1. С. Дедић Нешић, Л. Грубишић, **И. Рељин**, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Висококвалитетна микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза трећег овертона фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2. С. Дедић Нешић, Л. Грубишић, **И. Рељин**, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Висококвалитетна ултратанка микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза основне учестаности

фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин - Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, Nov, 2019.

M81

3. С. Дедић Нешић, Л. Грубишић, **И. Рељин**, Б. Рељин, А. Гавровска, М. Славковић - Илић, Кристални филтар 76.8375 MHz реализован кристалима трећег овертона, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2018:

1. Л. Грубишић, **И. Рељин**, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018.

M81

2. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, **И. Рељин**, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурна кристална јединка АТ-реза петог овертона фреквенције 172,025MHz - гранични случај на прелазу са петог на седми овертон, Институт Михајло Пупин Београд, Београд, 2018.

M81

2016:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, **И. Рељин**, Д. Јевтић, Д. Дујковић, М. Паскаш, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки SC-реза: Механизми дегазације кућишта, 2016. **M83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, **И. Рељин**, Д. Дујковић, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **M83**

Ленкица Грубишић:

2020:

1. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

2. **Л. Грубишић**, И. Рељин, А. Гавровска, Д. Дујковић, Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 6MHz са електродама од сребра, Техничко решење - Ново техничко решење примењено на националном нивоу у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2020. **M82**

2019:

1. С. Дедић Нешић, **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, Д. Дујковић, Висококвалитетна микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза трећег овертона фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2. С. Дедић Нешић, **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, Д. Дујковић, Висококвалитетна ултратанка микроминијатурна кварцна кристална јединка АТ-реза основне учестаности фреквенције 63MHz, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин - Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, Nov, 2019.

M81

3. С. Дедић Нешић, **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, А. Гавровска, М. Славковић - Илић, Кристални филтар 76.8375 MHz реализован кристалима трећег овертона, Техничко решење - нови производ у оквиру пројекта TP-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **M81**

2018:

1. **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018.

M81

2. **Л. Грубишић**, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурна кристална јединка АТ-реза петог овертона фреквенције 172,025MHz - гранични случај на прелазу са петог на седми овертон, Институт Михајло Пупин Београд, Београд, 2018.

M81

2016:

1. **Л. Грубишић**, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Јевтић, Д. Дујковић, М. Паскаш, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки SC-реза: Механизми дегазације кућишта, 2016. **M83**

2015:

1. **Л. Грубишић**, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Дујковић, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **M83**