

Техничко решење

Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата

Аутори:

Ленкица Грубишић, Ирини Рељин, Ана Гавровска, Драги Дујковић

Година: 2020

Корисник:

Институт Михајло Пупин

Начин коришћења:

Мониторски кристали се користе за контролу процеса напаравања танких филмова у високовакуумским системима

Рецензенти:

Барбарић Жарко, редовни професор Државног универзитета у Новом Пазару, у пензији

Проф. Др Вера Марковић, Електронски факултет у Нишу

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив	Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата
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	мониторски кристал, високовакуумски системи, напаравање танких филмова.

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

Техничко решење је рађено за потребе Института Михајло Пупин

Година када је решење комплетирано:

2020

Година када је почело да се примењује и од кога:

Примена техничког решења је почела у 2020. години

Корисник: Института Михајло Пупин

Област и научна дисциплина на коју се техничко решење односи:

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

Рецензенти техничког решења:

Барбарић Жарко (редовни професор Државног универзитета у Новом Пазару, у пензији)
Проф. Др Вера Марковић (Електронски факултет у Нишу).

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:

Високостабилни мониторски кристал АТ-реза планконвексног облика PS/250 са електродама од злата је нови производ који са великом прецизношћу прати промену дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу напаравања. План-конвексним дизајном изолује се централна активна зона вибрирања (мање расипање вибрација) и повећава Q-фактор што обезбеђује већу прецизност мерења дебљине филма и продужен живот монитора. Кристали су обликовани тако да је једна страна равна а друга сферна. Разлог за овај облик је задржавање кристалних вибрација у центру а не на рубовима кристала. План-конвексни кристал се може монтирати у држач без утицаја на вибрације. Ова закривљеност је од виталног значаја за правилан рад јер план-паралелни (PP) не вибрира прецизно. Осим тога на правилан рад мониторског кристала утиче и електродни метал и његова дебљина. Електродни метал мора бити хемијски неактиван (Ag реагује на влагу, флуориде и сулфиде), такве дебљине при којој ће специфична отпорност филма достићи вредност специфичне отпорности масивног метала. Избором златних (Au) електрода дебљине најмање 1000\AA постижемо минимално напрезање у филму тј. краткорочну и дугорочну стабилност фреквенције мониторског кристала.

Стање решености тог проблема у свету:

Вечина произвођача има проблем са поновљивошћу тј. прецизним праћењем дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима. Развој мониторских кристалних јединки, настао заједничким радом Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета, довео је до реализације стабилне мониторске KJ 5MHz супериорних перформанси.

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

Индустрија оптичких, полупроводничких, соларних ћелија и екрана танких филмова (ОЛЕД) као и јединки кристала кварца које су основне компоненте за стабилизацију и селекцију фреквенције у осцилаторима и филтрима, користи мониторски кристал кварца у својим производним процесима. Мониторски кристали се користе за контролу процеса напаравања танких филмова у високовакуумским системима. Дебљину танког филма на подлози, током процеса напаравања, прати мониторској кристал преко промене фреквенције услед депоноване масе материјала. Кварцни кристали прате дебљину на нивоу

ангстрема (\AA). Овај екстремни ниво прецизности је критичан зато што одступања дебљине од само 10\AA могу имати велики утицај на перформансе производа.

Теоријски принципи

Једначина за кристале кварца [1-3] АТ-реза чији је начин осциловања дебљинско смичући која описује однос између масе танких филмова нанетих на кварцним кристалима и одговарајуће промене у резонантној фреквенцији дата је са:

$$\Delta F = -2.3 \cdot 10^6 F^2 \Delta M / A$$

где је, ΔF =промена фреквенције кристала у kHz, F =фреквенција кристала у MHz, ΔM =маса нанетог танког филма у g, A =површина електроде у cm^2 .

За израчунавање дебљине филма нанетог на кристале усвојена је метода апроксимације периодом осциловања по којој је дебљина филма дата једначином:

$$t = -C \Delta F / F_1 \cdot F_2 = C(f_1 - f_2) / F_1 \cdot F_2$$

где је, t =дебљина танког филма у μm , f_1 =фреквенција пре наношења филма у kHz, f_2 =фреквенција после наношења филма у kHz, F_1 =фреквенција пре наношења филма у MHz, F_2 =фреквенција после наношења филма у MHz, C =константа материјала који се напарава.

Техничке карактеристике

Мониторска кристална јединка реализована је на бази кварца високог Q-фактора ($>1.8 \times 10^6$). Кристална јединка је АТ-реза основне учестаности фреквенције 5MHz. АТ-рез обезбеђује добру стабилност фреквенције у температури. Пројектом је прецизно одређен угао реза ($\phi = 2^\circ 56' 30'' \pm 30''$) који обезбеђује у радном температурном опсегу од $(-55 \div +105)^\circ\text{C}$ промену фреквенције $\pm 20\text{ppm}$. Кварцна плочица је глачана једномикронским прахом а затим ецована. За изоловање централне активне зоне вибрирања развијен је нови нестандардни план-конвексни облик (PS/250) са благом сфером. Пречник плочице је $D=14\text{mm}$. Централна активна зона је $\text{def}=5.7\text{mm}$ и обезбеђује неактивну ивицу ширине

4.15мм, тј. место монтаже у држаћ са петљицом без напрезања. Као електродни метал нанет је танки филм злата дебљине $t=1500\text{\AA}$. Због боље адхерентности злата, на кварцну плочицу је прво нанет врло танки филм хрома ($t=100\text{\AA}$). Величина електроде је $d_e=5.6\text{mm}$. Кварцна плочица монтирана је у RW држач типа HC48 са изводима који су петљица без цементирања.

Техничке могућности

Захтеви за све прецизнијом контролом дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима, постављају као императив побољшање перформанси мониторинских кристалних јединки. Самим тим процес напаравања танких филмова добија на значају. У циљу прецизног праћења дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу групног напаравања у високовакуумским системима реализована је мониторинска план-конвексна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата која има дужи животни век (као последица високог Q-фактора) и бољу стабилност резонантне фреквенције од план-паралелне кристалне јединке и јединке са електродама од сребра. Реализована мониторинска кристална јединка остварује велику поновљивост.

Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата

Листа техничких података (захтева) за кристалну јединку

Захтев	Вредност
1. Фреквенција	5MHz
2. Ред овертона	основац
3. Рез	АТ
4. Кућиште	HC48
5. Радна температура	$25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

5. Подешеност фреквенције на радној темп.	$\pm 10 \text{ ppm}$
7. Радни температурни опсег (РТО)	$(-55 \div +105)^\circ\text{C}$
8. Промена фреквенције у РТО	$\Delta F/F = \pm 20 \text{ ppm}$
9. Отпорност	$R \leq 15 \Omega$
10. Фактор добротe	$Q \geq 200000$
11. Капацитет оптерећења C1	$C1 = \infty$
12. Динамичка капацитивност C1	$C1 = 11 \text{ fF} \pm 5\%$

Задатак пројектовања је реализација мониторингске кристалне јединке фреквенције 5MHz која треба да задовољи веома строге захтеве из листе техничких података са посебним акцентом на фактор добротe (Q-фактора). С обзиром да вредност Q-фактора зависи од:

- квалитета кварцне плочице
- квалитета обраде површине плочице
- адхерентности филма са кварцном плочицом
- чистоће кристалне јединке
- као и самог дизајна плочице

урађена је анализа најкритичнијих операција у технолошком поступку израде кристалних јединки АТ-реза.

Анализа технолошког поступка

У технологији, треба обезбедити план-конвексну плочицу без рисева и крзотина високе активности. Са друге стране проблем је и добијање стабилних танких филмова.

У производњи смо обезбедили:

1. -кварц фактора добротe $Q > 1.8 \times 10^6$ без структурних дефеката и грешака паковања.
2. -калоту блаже сфере полупречника кривине $R = 250\text{mm}$ за обликовање АТ плочица.
3. -бољу адхерентност филма Au уз усавршавање линије за прање кварцних плочица, додатно ултравиолетно чишћење и наношење врло танког филма хрома ($t = 100\text{Å}$) на кварцну плочицу.
4. -монтажу КЈ у одговарајући држач са минималним напрезањима. Одлучили смо се за RW држач типа HC48 са изводима који су петљица.

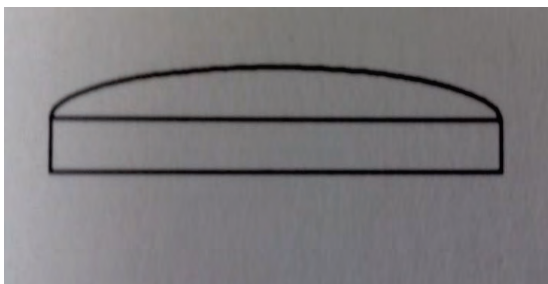
Пројекат мониторингске кристалне јединке 5MHz

Одређивање елемената за пројектовање кристалне јединке

1.Облик плочице

Због малог односа пречника и дебљине плочице ($D/t=39$) пригушивање вибрација монтажом је знатно. За изоловање централне активне зоне вибрирања одабран је нестандартни план-конвексни PS облик, јер је супериоран над осталим облицима због најбоље могућности одржавања оријентације плочице у односу на кристалографске осе кварца. Обликовањем – контуровањем плочице, постижу се два ефекта: смањење пригушивања вибрација и повећање Q-фактора јединке. Избором радијуса контуре $R_s = 250\text{mm}$ остварена је еквивалентна серијска отпорност $R \leq 15\Omega$.

У пројекту смо нашли решење за најбољи дизајн плочице, нови план-конвексни облик (PS/250), који сужава активну зону плочице са $D=14\text{mm}$ на $def=5.7\text{mm}$, и обезбеђује неактивну ивицу ширине 4.15mm , тј. место монтаже без напрезања с једне стране, и фактор доброте кристалне јединке у границама захтева ($Q \geq 200000$) с друге стране.



План-конвексни облик кварцне плочице

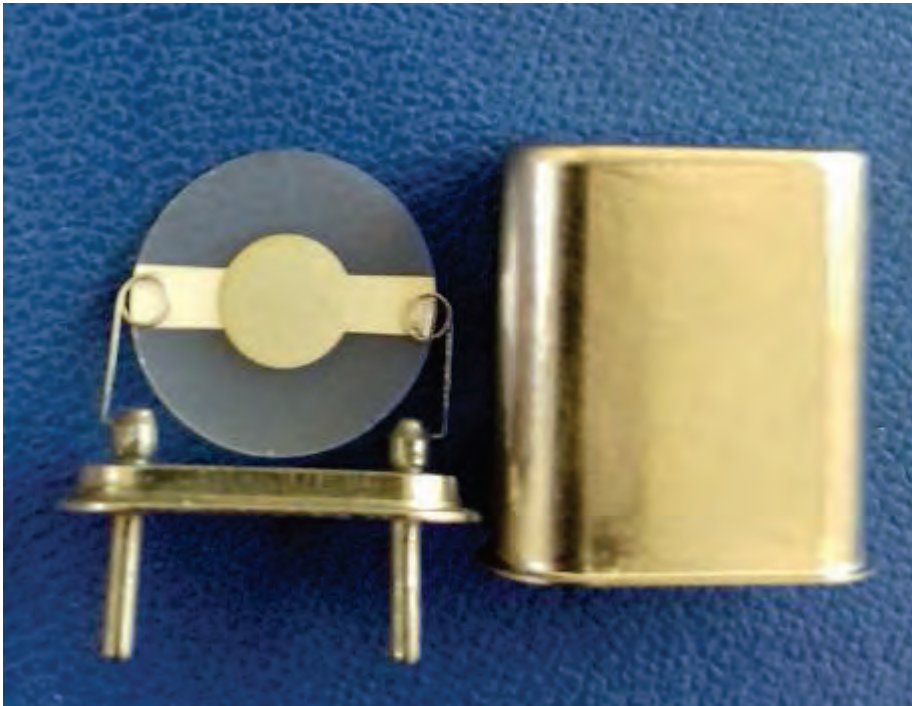
2. Угао реза

У анизотропском медијуму какав је кварц интензитет нелинеарних појава зависи од кристалне оријентације и правца простирања таласа, па се одређеном оријентацијом кварцних плочица могу нелинеарности минимизирати. Дефинисан је угао ротације при којем се овај утицај минимизира. Пројектом је прецизно одређен угао реза ($\varphi=2^{\circ}56'30'' \pm 30''$) који обезбеђује у радном температурном опсегу од $(-55 \div +105)^{\circ}\text{C}$ промену фреквенције $\pm 20\text{ppm}$.

3. Величина електроде и дебљина филма

Експериментално је потврђено да се за одређени радијус контуре повећавањем дебљине електродног филма или пречника електроде не може утицати на Q-фактор јединке, па је одређена дебљина филма злата ($t=1500\text{\AA}$) која обезбеђује густ и континуални филм као и потиснутост и удаљеност нежељених резонанција и одсуство спрезања са другим вибрацијама што кристалну јединку чини енергетски стабилном. Пројектом је одређена и

оптимална величина електроде ($d=5.6\text{mm}$) која обезбеђује, према листи техничких података за кристалну јединку 5MHz, жељену динамичку капацитивност C_1 . Због лоше адхерентности злата са кварцом, на кварцну плочицу је прво нанет врло танки филм хрома ($t=100\text{\AA}$). Танки филм злата наноси се на плочице у високовакуумској пумпи Edwards.



Реализована кристална јединка 5MHz

КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОШКИ
ПОДАЦИ ЗА АТ
КРИСТАЛНУ ЈЕДИНКУ 5MHz

1.МЕХАНИЧКА ОБРАДА

РЕЗ-АТ
ФРЕКВЕНЦИЈА – 5MHz
РЕЗОНАНЦИЈА – основна

ОПИС РАДНИХ ОПЕРАЦИЈА

СЕЧЕЊЕ

1. Кристал кварца : TOYOCOM LO14
2. Угао сечења и толеранција: - $\varphi=2^{\circ}56'30''\pm 30''$
3. Пречник плочице : $D=14.00\text{mm} +0.00/-0.05\text{mm}$
4. Одсецање : без одсецања
5. Редослед кружне обраде : После II Rö Контроле
6. Дебљина плочице у центру: $t_c=0.353\text{mm}$

ГЛАЧАЊЕ

7. Глачање I. Абразив 22 μ : $f=3460\pm 20\text{ kHz}$
8. Глачање II. Абразив 12 μ : $f=4140\pm 10\text{ kHz}$
9. Глачање III. Абразив 5 μ : $f=4597\pm 5\text{ kHz}$
10. Глачање IV. Абразив 1 μ : $f=4863\pm 2\text{ kHz}$
11. Полупречник сфере : $R= 250\text{mm}$
12. Пораст фреквенције сферним глачањем, $\Delta f= 125\text{kHz}$
13. Сферно глачање Абразив 1 μ : $f= 4988\pm 1.5\text{ kHz}$
14. Дебљина ивице : $t_i= 0.260\text{mm}$
15. I Rö контрола : После глачања I
16. II Rö контрола : После глачања III

2.ЗАВРШНА ОБРАДА

РЕЗ-АТ
ФРЕКВЕНЦИЈА – 5MHz
РЕЗОНАНЦИЈА – основна

ОПИС РАДНИХ ОПЕРАЦИЈА

17. Пораст фреквенције нагризањем : $K_{ес}=1.7, \Delta f= 44\text{kHz}$

18. Нагривање - Завршна фреквенција: $f=5032.0\text{kHz} \pm 0.5\text{kHz}$
19. Пречник електрода : $d_1= 5.6\text{mm}$
20. Оријентација плочице : Паралелно Z оси
21. Угао доводних трака : 180°
22. Ознака маске и улошка : Fotofabrication
23. Материјал електрода : Au
24. Снижавање фреквенције електродама : $K=\Delta f/F^2= 1.3$; $\Delta f = 32\text{kHz}$
25. Наношење основних електрода : $+0.5 \text{ kHz/MHz}$ у односу на f_0
26. поступак групног наношења:
 - вакуум : бољи од 1×10^{-6} Торра
 - Извор : испариваћ
 - Уређај : Edwards
 - Температура подлоге : 25°C
27. Тип кућишта : HC48 са петљицом
28. Цемент : ЕРОТЕК Н20Е
29. Завршна фреквенција Толеранција : $f=5000 \text{ kHz} \pm 1 \text{ kHz}$



Edwards – високовакуумска пумпа за напаравање

Примена

Индустрија оптичких, полупроводничких, соларних ћелија и екрана танких филмова (ОЛЕД) као и јединки кристала кварца које су основне компоненте за стабилизацију и селекцију фреквенције у осцилаторима и филтрима, користи мониторински кристал кварца у својим производним процесима. У циљу прецизног праћења дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу групног напаравања у високовакуумским системима реализована је мониторинска план-конвексна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.

Референце:

- [1] G. Sauerbrey, Z. Phys., 155 (1959), p.206.
- [2] C.D. Stockbridge, Vac. Microbalance Tech., 5 (1996), p.193.
- [3] M. Lostis, Ph.D. dissertation, Faculty of Science, University of Paris, 1958.

Број:-----

Датум. 02.12.2020.

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума
за признање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије (Службени гласник РС бр. 38/2008), **рецензент: проф. др Жарко Барбарић, оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:**

Назив: Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.

(Пројекат са евиденционим бројем TP-32048 Развој висококвалитетних уређаја посебне намене на бази нових технологија кристалних јединки (руководилац пројекта: доц. др Ана Гавровска)

Аутори: Ленкица Грубишић, Ирини Рељин, Ана Гавровска, Драги Дујковић

Категорија техничког решења: M82 „**Ново техничко решење примењено на националном нивоу**”

Образложење

Прегледом материјала рецензент је утврдио да је предложено решење урађено за Институт Михајло Пупин.

Субјект који решење користи је Институт Михајло Пупин.

Предложено решење је урађено 01.10.2020. године

Субјект који је решење прихватио и примењиваће га: Институт Михајло Пупин

Предложено решење се користи на следећи начин:

Мониторски кристали се користе за контролу процеса напаравања танких филмова у високовакуумским системима. Дебљину танког филма на подлози, током процеса напаравања, прати мониторинг кристал преко промене фреквенције услед депоноване масе материјала.

Високостабилна мониторинг кристална јединка фреквенције 5MHz АТ-реза план-конвексног облика PS/250 са електродама од злата је нови производ који са великом прецизношћу прати промену дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу напаравања. План-конвексним дизајном изолује се централна активна зона вибрирања (мање расипање вибрација) и повећава Q-фактор што обезбеђује већу прецизност мерења дебљине филма и продужен живот монитора. Осим тога на правилан рад

мониторског кристала утиче и електродни метал и његова дебљина. Електродни метал мора бити хемијски неактиван (Ag реагује на влагу флуориде и сулфиде). Избором златних (Au) електрода дебљине најмање 1000\AA ($1 \cdot 10^{-7}\text{m}$) постижемо минимално напрезање у филму тј. краткорочну и дугорочну стабилност фреквенције мониторског кристала.

Области на које се техничко решење односи су Телекомуникације и електроника.

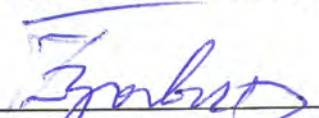
Проблем који се техничким решењем решава: У циљу прецизног праћења дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу групног напаравања у високовакуумским системима реализована је мониторинска план-конвексна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата која има дужи животни век (као последица високог Q -фактора) и бољу стабилност резонантне фреквенције од план-паралелне кристалне јединке и јединке са електродама од сребра. Реализована мониторинска кристална јединка остварује велику поновљивост.

Стање решености проблема у свету: Захтеви за све прецизнијом контролом дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима, постављају као императив побољшање перформанси мониторинских кристалних јединки. Самим тим процес напаравања танких филмова добија на значају. Већина произвођача има проблем са поновљивошћу тј. прецизним праћењем дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима. Развој мониторинских кристалних јединки, настао заједничким радом Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета, довео је до реализације стабилне мониторинске КЈ 5MHz супериорних перформанси.

Могућности примене предложеног техничког решења су следеће: Индустрија оптичких, полупроводничких, соларних ћелија и екрана танких филмова (ОЛЕД) као и јединки кристала кварца које су основне компоненте за стабилизацију и селекцију фреквенције у осцилаторима и филтрима, користи мониторински кристал кварца у својим производним процесима. У циљу прецизног праћења дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу групног напаравања у високовакуумским системима реализована је мониторинска план-конвексна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.

На основу наведеног рецензент оцењује да резултат научноистраживачког рада под називом „*Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.*“ представља оригинални научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос, и одговара категорији „*Ново техничко решење примењено на националном нивоу*” (M82).

Рецензент техничког решења



Барбарих Жарко, редовни професор
Државног универзитета у Новом Пазару, у пензији

Број:-----
Датум 17.11.2020.

**Предмет: Мишљење о испуњености критеријума
за признање техничког решења**

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије („Службени гласник РС“ бр. 38/2008), **рецензент: проф. др Вера Марковић** оценила је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.
(Пројекат са евиденционим бројем TP-32048 Развој висококвалитетних уређаја посебне намене на бази нових технологија кристалних јединки (руководилац пројекта: др Ана Гавровска)

Аутори: Ленкица Грубишић, Ирини Рељин, Ана Гавровска, Драги Дујковић

Категорија техничког решења: M82 „**Ново техничко решење примењено на националном нивоу**”

Образложење

Прегледом материјала рецензент је утврдио да је предложено решење урађено за Институт Михајло Пупин.

Субјект који решење користи је Институт Михајло Пупин.

Предложено решење је урађено 01.10.2020. године

Субјект који је решење прихватио и примењиваће га: Институт Михајло Пупин

Предложено решење се користи на следећи начин:

Високостабилна мониторинска кристална јединка фреквенције 5MHz АТ-реза план-конвексног облика PS/250 са електродама од злата је нови производ који са великом прецизношћу прати промену дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди) у процесу напаривања. План-конвексним дизајном изолује се централна активна зона вибрирања (мање расипање вибрација) и повећава Q-фактор што обезбеђује већу прецизност мерења дебљине филма и продужен живот монитора. Осим тога на правилан рад мониторинског кристала утиче и електродни метал и његова дебљина. Електродни метал мора бити хемијски неактиван (Ag реагује на влагу флуориде и сулфиде). Избором златних (Au) електрода дебљине најмање 1000Å (10^{-7}) постижемо минимално напрезање у филму тј. краткорочну и дугорочну стабилност фреквенције мониторинског кристала.

Реализоване су мониторинске кварцне јединке у RW држачу типа HC48 следећих карактеристика:

Фреквенција $F_0=5\text{MHz}$. Подешеност фреквенције на 25°C је $\Delta F/F_0 = \pm 10\text{ppm}$. Радни температурни опсег $(-55\div+105)^\circ\text{C}$. Одступање фреквенције у радном температурном опсегу је $\Delta F/F_0 = \pm 20\text{ppm}$. Отпорност $R \leq 15\Omega$. Динамичка капацитивност $C_1 = 11\text{fF} \pm 5\%$. Q – фактор > 200000 .

Области на које се техничко решење односи су Телекомуникације и електроника.

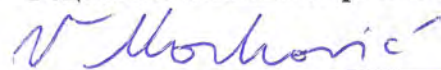
Проблем који се техничким решењем решава: Захтеви за све прецизнијом контролом дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима, постављају као императив побољшање перформанси мониторинских кристалних јединки. Самим тим процес напаравања танких филмова добија на значају. У циљу прецизног праћења дебљине танких филмова од различитих материјала (метали, оксиди, сулфиди, флуориди), у процесу групног напаравања у високовакуумским системима, реализована је мониторинска план-конвексна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата, која има дужи животни век (као последица високог Q -фактора) и бољу стабилност резонантне фреквенције од план-паралелне кристалне јединке и јединке са електродама од сребра. Реализована мониторинска кристална јединка остварује велику поновљивост.

Стање решености проблема у свету: Већина произвођача има проблем са поновљивошћу тј. прецизним праћењем дебљине танких филмова у процесу напаравања у високовакуумским системима. Развој мониторинских кристалних јединки, настао заједничким радом Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета, довео је до реализације стабилне мониторинске $KJ\ 5\text{MHz}$ супериорних перформанси.

Могућности примене предложеног техничког решења су следеће: Индустрија оптичких, полупроводничких, соларних ћелија и екрана танких филмова (ОЛЕД) као и јединки кристала кварца које су основне компоненте за стабилизацију и селекцију фреквенције у осцилаторима и филтрима, користи мониторински кристал кварца у својим производним процесима. Мониторински кристали се користе за контролу процеса напаравања танких филмова у високовакуумским системима. Дебљину танког филма на подлози, током процеса напаравања, прати мониторинској кристал преко промене фреквенције услед депоноване масе материјала. Кварцни кристали прате дебљину на нивоу ангстрема ($\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$). Овај екстремни ниво прецизности је критичан зато што одступања дебљине од само 10\AA могу имати велики утицај на перформансе производа.

На основу наведеног рецензент оцењује да резултат научноистраживачког рада под називом „Мониторска план-конвексна кварцна кристална јединка фреквенције 5MHz са електродама од злата.“ представља оригинални научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос, и одговара категорији „Ново техничко решење примењено на националном нивоу” (M82).

Рецензент техничког решења



Проф. др Вера Марковић

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО БЕОГРАД

Број:

Датум. 2020. године

Београд

ПОТВРДА

Мониторски кристал 5MHz као ново техничко решење развијено у оквиру пројекта технолошког развоја TP-32048 од стране Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета у Београду у примени је у процесу напаравања у високовакуумским системима ИМП-Пиезотехнологија доо од 1.10.2020. год.

ИМП-ПЬЕЗОТЕХНОЛОГИЈА ДОО БЕОГРАД

Директор

Радослав Јевтовић, дипл. физ.

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО БЕОГРАД

Директор

Проф. др Сања Вранеш, дипл. инж

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. **М85**

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. **М81**

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. **М81**

2018:

1. Л. Грубишић, И. Рељин, Б. Рељин, **Д. Дујковић**, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018. **М81**

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. **М81**

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. **М83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, **Д. Дујковић**, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **М83**

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. **М85**

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. **М81**

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. **М83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Дујковић, Д. Јевтић, **А. Гавровска**, Технологија
израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **М83**

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. **М85**

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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **М81**

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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин - Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, Nov, 2019. **М81**

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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **М81**

2018:

1. Л. Грубишић, **И. Рељин**, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018. **М81**

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. **М81**

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. **М83**

2015:

1. Л. Грубишић, С. Дедић Нешић, **И. Рељин**, Д. Дујковић, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **М83**

Ленкица Грубишић:

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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **М81**
 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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин - Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Београд, Nov, 2019. **М81**
 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 ТР-32048, Институт Михајло Пупин – Електротехнички факултет у Београду, Београд, Nov, 2019. **М81**
1. **Л. Грубишић**, И. Рељин, Б. Рељин, Д. Дујковић, Микроминијатурне кристалне јединке АТ-реза основне учестаности фреквенције 45MHz, Институт Михајло Пупин, Београд, 2018. **М81**
 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. **М81**
- 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. **М83**
- 2015:
1. **Л. Грубишић**, С. Дедић Нешић, И. Рељин, Д. Дујковић, Д. Јевтић, А. Гавровска, Технологија израде високостабилних кристалних јединки СЦ-реза - инкапсулација, 2015. **М83**