

Техничко решење

Технолошки поступак подешавања фреквенције кристалних јединки са електродама од сребра електролитским наношењем никла-никловање

Аутори:

Ленкица Грубишић, Ирини Рељин, Ана Гавровска, Драги Дујковић

Година: 2021

Корисник:

Институт Михајло Пупин

Начин коришћења:

Поступак групног наношења танких филмова сребра на кварцне плочице у вакуумским системима не обезбеђује довођење кристалне јединке на жељену-номиналну фреквенцију. Завршно подешавање учестаности стабилних кристалних јединки које имају захтев за старење реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год стандардно се обавља појединачним допаравањем сребра у вакуумској пумпи. Ново у технологији израде стабилних кристалних јединки на бази танких филмова Ag је финално подешавање фреквенције у уским толеранцијама ($\pm 5 \text{ppm}$) методом никловања уз потпуну контролу брзине раста стабилног слоја Ni(глатки талози без примеса), која резултује у контролисаној промени фреквенције кристалне јединке и старењу реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год. Овај технолошки поступак је за разлику од стандардног у основи врло једноставан и економичан, јер не захтева скупу опрему.

Рецензенти:

ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Назив	Технолошки поступак подешавања фреквенције кристалних јединки са електродама од сребра електролитским наношењем никла-никловања
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	кварцна кристална јединка, танки филмови, подешавање фреквенције, никловање.

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:

Поступак групног наношења танких филмова сребра на кварцне плочице у вакуумским системима не обезбеђује довођење кристалне јединке на жељену-номиналну фреквенцију. Завршно подешавање учестаности стабилних кристалних јединки обавља се појединачним допаравањем сребра у вакуумској пумпи. За кристалне јединке које имају захтев за старење реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год. (стабилне кристалне јединке) развијен је поступак електролитског наношења никленог филма (никловање) на електроде резонатора јер је у основи врло једноставан и економичан, јер не захтева скупу опрему. Највећа му је предност у томе што се накнадни слој наноси равномерно по целој површини електрода тако да се не јављају проблеми услед неравномерног механичког оптерећења као код допаравања у вакууму где се делимично наноси додатна количине електродног материјала (секундарна електрода) што узрокује појаву нежељених резонанција или појачавање постојећих.

На основу експерименталних и теоријских података одређени су оптимални услови рада са изабраним никленим купатилом из кога се добијају глатки талози, без примеса које би као нечистоћа утицале на смањење активности резонатора. Одређени су услови при којима је брзина таложења никла на катоди довољно спор процес да обезбеди могућност подешавања фреквенције у уским толеранцијама ($\pm 5 \text{ppm}$). Такође, у циљу побољшања старења кристалних јединки које су подешаване никловањем, уведена је операција жарења КЈ пре затварања (инкапсулације).

Ново у технологији израде стабилних кристалних јединки на бази танких филмова Ag је финално подешавање фреквенције методом никловања уз потпуну контролу брзине раста стабилног слоја Ni (глатки талози без примеса), која резултује у контролисаној промени фреквенције кристалне јединке и старењу реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год.

Стање решености тог проблема у свету:

Технологија израде стабилних кристалних јединки на бази танких филмова сребра је веома захтевна и скупа. Нови технолошки поступак финалног подешавања фреквенције у уским толеранцијама ($\pm 5 \text{ppm}$) са танким филмом никла који обезбеђује старење реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год. и строго дефинисане захтеве за споредне резонанције, у основи је врло једноставан и економичан јер не захтева скупу опрему.

Највеће проблеме у реализацији стабилних кристалних јединки произвођачи имају управо са технологијом израде стабилних кристалних јединки на бази танких филмова сребра. С обзиром да су реализоване кристалне јединке по новом технолошком поступку (финално подешавање фреквенције методом никловања) по својим карактеристикама боље од кристалних јединки већине произвођача очекујемо њихов продор на страно тржиште.

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

Технолошки поступак подешавања фреквенције кристалних јединки са електродама од сребра електролитским наношењем никла-никловање

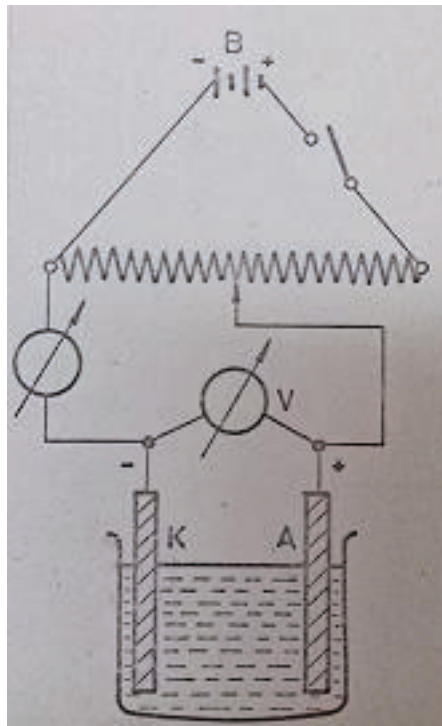
С обзиром да је технологија израде стабилних кристалних јединки (старење реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год.) финалног подешавања фреквенције у толеранцијама $\pm 5 \text{ppm}$ са Ag-секундарним филмом захтевна и скупа, а постојећа технологија са танким Ni-филмом одговарајућа само за производњу стандардних кристалних јединки (старење реда $\pm 2 \div 3 \times 10^{-6}$ /год) финалног подешавања фреквенције у толеранцијама $\pm 10 \text{ppm}$, било је потребно извршити развој постојече технологије подешавања кристалних јединки са Ni (никловање) која обезбеђује производњу KJ са нарочитим акцентом на:

- ужу толеранцију подешености фреквенције у границама $\pm 5 \text{ppm}$ - која се постиже контролом брзине никловања.
- бољу активност (отпорност)- која се постиже квалитетним талозима никла без примеса.
- бољу временску стабилност (старење) реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год- која се постиже жарењем кристалних јединки после никловања у циљу десорпције водоника на повишеним температурама.

Анализом теоријског приказа поступка електролитског таложења метала из раствора са свим факторима који утичу на брзину таложења и квалитет талога као и на основу експерименталних података дефинисани су оптимални услови рада са изабраним купатилом при појединачном подешавању KJ. Такође, анализиране су и најкритичније операције у технолошком поступку израде кристалних јединки (ецовање, чишћење кварцне плочице, групно напаровање, затварање) обзиром на њихов утицај на активност и временску стабилност јединки.

Механизам процеса електролитског наношења никла

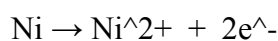
Наношење никла на электроду од сребра засновано је на феномену електрокристализације никла електролизом раствора његових соли- електролита. Електрохемијски процеси при електролизи одигравају се на два електродама међусобно повезаним електролитичком и електричном везом. Слика 1. Приказује схему апаратуре за електролизу.



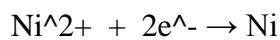
Сл.1

Схема апаратуре за електролизу

Једна се електрода поларизује анодно, у нашем случају никлена електрода, повезивањем са позитивним полом извора струје. Електрохемиска реакција се усмерава с лева на десно и на електроди се одвија процес оксидације-растварање метала.



Друга електрода се поларизује катодно, у нашем случају кристална јединка, повезивањем са негативним полом извора струје. Електрохемиска реакција се усмерава с десна на лево а на електроди се одвија процес редукције-таложeње метала.



Металне превлаке добијене на катоди су кристалне природе. Особине настале превлаке зависе од услова рада, природе и концентрације електролита. Да ли ће се добити ситнозрна или крупнозрна структура исталоженог метала зависи од активационе енергије потребне за формирање кристалног језгра. Уколико је потребна активациона енергија мања утолико се образује већи број центара кристализације на површини на којој се талози метал. Како активациона енергија зависи од потенцијала катодe и концентрације раствора то се из концентрованијих раствора и при већим густинама струје добијају ситнозрнији талози.

При избору електролита водило се рачуна о томе да не садржи додатке ради добијања одређеног квалитета никлене превлаке. Додаци захтевају честе поправке купатила а постоји и могућност таложeња додатака заједно са металом. Ово би представљало нечистоће и нехомогеност превлаке које би утицале на активност кристалне јединке. Такође, како се при подешавању фреквенције процес електролизе мора водити довољно споро ми смо изабрали купатило најмање концентрације. Најравномернији талози се

добијају при процесу при коме је разелектрисавање јона најспорији процес. У том случају постоји линеарна зависност између потенцијала катоде и логаритма густине струје.

$$\eta = a - b \log i$$

где је: η = потенцијал катоде
 a и b = константе
 i = густина струје

Ово је случај у разређеним растворима. Код концентрованих раствора линеарна зависност не постоји. За мање концентрације раствора електролита могу се користити мањи напони тј. мање густине струје, при чему је брзина таложења мала. При малој брзини таложења добијају се крупнозрни глатки талози што погодује и за активност кристалних јединки јер је дужи пут електрона кроз хомогену средину, тј. мањи је број граница фаза које пружају отпор кретању електрона.

Апаратура за финално подешавање фреквенције никловањем

Апаратура се састоји од ћелије за електролизу (стаклена чаша са полукружном електродом од никла и електролитом), исправљача 1-3V/mA, побудног осцилатора 9-12MHz, бројача фреквенције за мерење промене фреквенције електролизом, чаше са алкохолом, дејонизованом и дестилованом водом за испирање кристалних јединки као и чаше са раствором KCN за стањивање филма сребра код оних резонатора код којих је ова дебљина сувише велика.

На сл.2 приказана је апаратура за финално подешавање фреквенције кристалних јединки електролитским наношењем никла.



Сл.2
Апаратура за никловање

На основу експерименталних резултата и података из литературе закључак је да је најбоље радити са најразблаженијим густинама купатила при рН- вредностима купатила од 4-5 и густини струје $3\text{mA}/\text{cm}^2$ из следечих разлога:

1. Добијају се крупнозрни глатки талози- боља активност КЈ
2. Брзина таложења довољно спора да обезбеди могућност подешавања фреквенције у толеранцијама $\pm 5\text{ppm}$
3. Обезбеђује поновљивост појединачног подешавања фреквенције у границама $\pm 10\%$

Одабран је састав купатила из кога се добијају крупнозрни глатки талози жељених карактеристика :

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	240 g/l
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	28 g/l
H_3BO_3	28 g/l
рН	4-5
Густина струје	$3\text{mA}/\text{cm}^2$

Услед врло малог црпљења купатила, одсуства примеса у аноди, одржавање оптималне густине струје и свакодневна контрола рН вредности довољан је услов за одржавање константних карактеристика купатила. Подешавање рН вредности у границама 4-5 врши се помоћу борне киселине.

Анализиране су и најкритичније операције у технолоском поступку израде кристалних јединки (ецовање, чишћење кварцне плочице, групно напаривање, затварање) обзиром на њихов утицај на активност и временску стабилност јединки.

Промена отпорности (уз појаву повечане активности) са температуром и побудом, као и промена фреквенције са временом, последица су несавршености средине кроз коју талас пролази тј:

- квалитета кварцне плочице (у том циљу обезбедили смо кварц без структурних дефеката и грешака паковања)
- квалитета обраде површине плочице (у том циљу плочице глачане једномикронским прахом се ецују у дубину 1μ)
- адхерентности филма са кварцном плочицом (за чишћење кварцних плочица коришћен је поступак ултразвучног чишћења у загрејаној до кључања хром-сумпорној киселини и испирање у дејонизованој води ($10\text{M}\Omega$), уведено је и додатно ултравиолетно чишћење кварцне плочице (UVOX), затим јонско и термичко чишћење у вакуумском систему пре депозиције Ag.)
- чистоће кристалне јединке (уведено је “одпуштање “филма Ag-Ni, у високовакуумској печи у трајању од 4h на 120°C пре затварања.)

Примена

Стабилне кристалне јединке урађене у новој технологији уграђују се у кристалне филтре и осцилаторе за специјалне намене. Квалитет филтара и осцилатора у великој мери зависи од особина кристалних јединки, односно, може се рећи да кристална јединка има пресудни утицај на особине филтара и осцилатора.

ТЕХНОЛОШКИ ПОСТУПАК ЗАВРШНЕ ОБРАДЕ СТАБИЛНИХ КРИСТАЛНИХ ЈЕДИНКИ СА ЕЛЕКТРОДАМА ОД СРЕБРА

СТАРЕЊЕ	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ годишње $\pm 2.7 \cdot 10^{-9}$ дневно
ВРСТА КВАРЦА	ОБИЧАН: $Q = 1.8 \cdot 10^6$
ЗАВРШНА ОБРАДА ПЛОЧИЦЕ	ецовање: 1 μ
ЗАТВАРАЊЕ	RW
ФИЛМ	Ag

ПРАЊЕ ПЛОЧИЦА ПОСЛЕ МЕХАНИЧКЕ ОБРАДЕ	хром- сумпорна киселина
СУШЕЊЕ ПЛОЧИЦА ПРЕ НАГРИЗАЊА / УЈЕДНАЧАВАЊА	1h @ +140°C у сушници у петријевим зделама
НАГРИЗАЊЕ – ЕЦОВАЊЕ/ УЈЕДНАЧАВАЊЕ	у раствору амонијум бифлуорида са 2 капи Zonil-a
ПРАЊЕ ПОСЛЕ НАГРИЗАЊА / УЈЕДНАЧАВАЊА	обична вода, дестилована вода, алкохол, сушење 10min @ 100°C
ПРАЊЕ ПРЕ ГРУПНОГ НАПАРАВАЊА	хром- сумпорна киселина
СУШЕЊЕ ПЛОЧИЦА ПРЕ ГРУПНОГ НАПАРАВАЊА	1h @ +140°C у сушници у петријевим зделама
ЧИШЋЕЊЕ ПЛОЧИЦА У UVOX-у ПРЕ ГРУПНОГ НАПАРАВАЊА	30 минута
УЛАГАЊЕ ПЛОЧИЦА У МАСКЕ	стандардно
ГРУПНО НАПАРАВАЊЕ	пумпа EDWARDS, филм Ag, вакуум: $8 \cdot 10^{-6}$ 1.жарење плочица у пумпи пре метализације: 10min @ +80°C уз јонско чишћење 2.хлађење до температуре T= +30°C 3.напаравање Ag на прву страну @ +30°C 4.отварање пумпе због окретања маске 5.жарење плочица у пумпи пре метализације: 10min @ +80°C уз јонско чишћење 6.напаравање Ag на другу страну @ +30°C,
ЦЕМЕНТИРАЊЕ	Стандардно одма после групног напаравања

	сушење: 2h @ +140°C у сушници
ПРАЊЕ ПРЕ ПОЈЕДИНАЧНОГ ПОДЕШАВАЊА	ултразвук у алкохолу са четкицом
ПОЈЕДИНАЧНО ПОДЕШАВАЊЕ	Никловање
ПРАЊЕ ПОСЛЕ ПОЈЕДИНАЧНОГ ПОДЕШАВАЊА	Стандардно : ултразвук у алкохолу
МЕРЕЊЕ	Pi- четворопол
СТАБИЛИЗАЦИЈА ФИЛМА ПОСЛЕ ПОДЕШАВАЊА	„одпуштање“ кристала / плочица на температури T= +120°C 4h у високовакуумској печи
ЗАТВАРАЊЕ	загревање пре затварања : поклопци и кристали, 1h @ 140°C преса: RW
СТАБИЛИЗАЦИЈА	1 дан @ +105° C
МЕРЕЊЕ	Saunders, параметри и ТК

Технолошки поступак развијен од стране Института Михајло Пупин и Електротехничког факултета у Београду у оквиру текућег пројекта бр.ТР-32048 Министарства за науку и технолошки развој

Референце:

- [1] L.Maissel, R.Glaug „Handbook of Thin Film Technology“ Mc Graw-Hill, New York 1970.
- [2] Ljiljana Spasic „ Podesavanje frekvencije dualnih rezonatora elektrolitskim nanosenjem nikla“ Beograd 1973.
- [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. 2501/1-21

02 NOV 2021 год.
БЕОГРАД

ПОТВРДА

Технолошки поступак подешавања фреквенције кристалних јединки са електродама од сребра електролитским наношењем никла- никловање, 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 производњи кристалних јединки ИМП-Пиезотехнологија доо од 1.11. 2021год. Стабилне кристалне јединке урађене у новој технологији уграђују се у кристалне филтре и осцилаторе за специјалне намене. Нови технолошки поступак финалног подешавања фреквенције у уским толеранцијама($\pm 5\text{ppm}$) са танким филмом никла обезбеђује старење реда $\pm 1 \times 10^{-6}$ /год.

ИМП-ПИЕЗОТЕХНОЛОГИЈА ДОО БЕОГРАД
Директор


Радослав Јевтовић, дипл.физ

ИНСТИТУТ МИХАЈЛО ПУПИН ДОО БЕОГРАД

Директор

Проф. др Сања Бранеш, 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 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:

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**