



УКРАЇНА

(19) UA (11) 20319 (13) U

(51) МПК (2006)

H01J 25/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) МАГНЕТРОН

1

2

(21) u200608463

(22) 27.07.2006

(24) 15.01.2007

(46) 15.01.2007, Бюл. № 1, 2007 р.

(72) Єрьомка Віктор Данилович, Дзюба Валентин Павлович, Захрабов Микола Нурушевич, Митник Анатолій Петрович, Токовенко Олексій Микитович  
(73) ІНСТИТУТ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О.Я. УСИКОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, ЗАВОД "ГЕНЕРАТОР" МІНІСТЕРСТВА ПРОМИСЛОВОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ

(57) 1. Магнетрон, який містить у собі коаксіально розташовані анод із круглим отвором діаметром

$D_a$  та холодний катод, який складається із круглого трубчастого або стержневого керна та закріплених на його поверхні вторинно-електронного і польового емітерів, причому вторинно-електронний емітер виконано із елементів електропровідного емісійно-активного матеріалу у вигляді циліндричних втулок із зовнішнім діаметром  $D_{se}$ , а польовий емітер - із фольги тугоплавких металів та їх сплавів товщиною 0,5-10,0 мкм у вигляді плоских кілець із зовнішнім діаметром  $D_{fe}$ , при цьому  $D_{fe} - D_{se} = 0,1 \div 0,2 \cdot (D_a - D_{se})$ , плоскі кільця встановлені між циліндричними втулками, а відповідні торці кілець та втулок примикають один до одного, який відрізняється тим, що плоскі кільця польового емітера виконані із периметром у вигляді системи рівновисоких гострокутових виступів із періодом  $L$ , при цьому  $10 \text{ мкм} \leq L \leq 150 \text{ мкм}$ , товщина плоских кілець 1,0-150,0 мкм, а кут при вершині виступів  $\alpha \leq 20^\circ$ .

2. Магнетрон за п. 1, який відрізняється тим, що плоскі кільця польового емітера виконані із фольги тугоплавких металів, переважно Mo, Nb, Ta, W, із домішками активаторів у вигляді одного або декількох лужноземельних металів Ba, Sr, Ca.

3. Магнетрон за п. 1, який відрізняється тим, що плоскі кільця польового емітера виконані із фольги

сплавів тугоплавких металів із домішками лужно-земельних металів Ba, Sr, Ca.

4. Магнетрон за п. 1, який відрізняється тим, що плоскі кільця польового емітера виконані із плівки високолегованого кремнію товщиною 10,0-150,0 мкм, при цьому період системи  $10 \text{ мкм} \leq L \leq 150 \text{ мкм}$ .

5. Магнетрон за пп. 2-4, який відрізняється тим, що плоскі кільця польового емітера покриті ультратонкою діелектричною плівкою, наприклад діамантовою плівкою (ДП), діамантоподібною плівкою (ДПП) або плівкою із діамантоподібного вуглецю (ДПВ).

6. Магнетрон за пп. 1-5, який відрізняється тим, що всі елементи польового емітера у вигляді плоских кілець закріплені на керні так, що леза вершин виступів мають спільні площини симетрії.

7. Магнетрон за пп. 1-5, який відрізняється тим, що елементи польового емітера закріплені на керні так, що вершини виступів одного елемента зміщені на половину періоду відносно вершин другого.

8. Магнетрон за пп. 1-7, який відрізняється тим, що робоча емісійна поверхня елементів вторинно-електронного емітера виконана у вигляді періодичної системи кутових виступів із висотою

$$h_e \leq \frac{(0,1 \div 0,2)(D_a - D_{se})}{2}$$
 та кутом  $90^\circ \leq \beta \leq 110^\circ$  при вершині.

9. Магнетрон за пп. 1-8, який відрізняється тим, що робоча емісійна поверхня елементів вторинно-електронного емітера виконана у вигляді періодичної системи кутових виступів, при цьому площини симетрії виступів паралельні між собою та перпендикулярні осі катода.

10. Магнетрон за пп. 1-9, який відрізняється тим, що робоча емісійна поверхня елементів вторинно-електронного емітера виконана у вигляді періодичної системи кутових виступів, при цьому площини симетрії кожного із виступів проходять через ребро його вершини та вісь катода.

(13) U

(11) 20319

(19) UA

Корисна модель відноситься до електроніки НВЧ та КВЧ і може знайти широке використання в джерелах електромагнітних коливань М-типу, а саме, в магнетронах дециметрового, сантиметрового та міліметрового діапазонів із малим часом готовності та великим терміном безвідмовної роботи. Потужні когерентні електромагнітні коливання в дециметровому, сантиметровому та міліметровому діапазонах довжин хвиль отримують, частково, з допомогою ефективних електровакуумних автогенераторів М-типу, таких, наприклад, як магнетрон. В магнетронах повний робочий струм складається із двох складових - струму збудження та струму вторинної емісії. Струмом збудження є або струм термоелектронної емісії, або струм польової (автоелектронної) емісії. В традиційних магнетронах струм збудження і робочий струм генератора забезпечують, як правило, за допомогою термоелектронних катодів. Термін готовності до роботи магнетрона із термоелектронним катодом (термокатодом) складає десятки секунд - одиниці хвилин. Окрім того, магнетрони із термокатодом мають порівняно невеликий термін служби - декілька сотень годин, обумовлений втратою емісійної здібності катода внаслідок додаткового перегрівання його емітера при бомбардуванні зворотними електронами. Значний термін готовності та порівняно невеликий термін безвідмовної роботи відносять до суттєвих недоліків магнетронів із термокатодом. Усунути вказані недоліки прагнуть шляхом створення магнетрона із холодним (без розжарювання) катодом.

Для стимулювання емісії із вторинно-електронних емітерів з метою формування робочого струму в магнетронах із холодним катодом застосовують первинні електрони тунельовані із польового емітера (автоелектрони) при наявності імпульсів електричної напруги між анодом та холодним катодом. Первинні електрони стимулюють процес вторинно-електронного розмноження, внаслідок якого в зазорі (просторі взаємодії) між анодом і холодним катодом в схрещених електричному і магнітному полях виникає хмара просторового заряду певної щільності (електронна втулка). Внаслідок нерівномірності щільності просторового заряду хмари, дії кулонівських сил сприяють бомбардуванню вторинно-електронного емітера зворотними електронами.

Відомий магнетрон [Патент Франції №1306999, МКІ Н01J25/50. Магнетрон. 1961р.], який містить у собі анод та розташований коаксіально усередині нього холодний катод, який складається із круглого трубчастого керна із розташованими на його циліндричній поверхні емісійно-активними елементами, які чергуються один із одним та забезпечують первинну та вторинну емісії.

Суттєвим недоліком такого магнетрона є недостатня величина напруженості електричного поля на робочій циліндричній поверхні елементів холодного катода у вигляді паралельних або перпендикулярних його осі стрічок або кілець із активними речовинами, які призначені для отримання польової емісії електронів, не може забезпечити величини струму, що створить умови для запуску

процесу генерації електромагнітних автоколивань. Крім цього в такому магнетроні характеристики емітерів первинних та вторинних електронів не можуть бути стабільними у часі при роботі генератора, тому що має місце перенесення активної речовини із катода на анод, а також зворотній процес - перенесення активних речовин із аноду на катод і, як наслідок, утворення однорідно перемішаного покриття по всій поверхні катода.

Відомий також магнетрон [Патент США №3109123, МКІ Н01J25/50, Магнетрон. 1962р.], який містить у собі анод із отвором, розташований коаксіально на осі отвору катод, в конструкції якого для отримання струму запуску та робочого струму, а також для концентрації електричного поля частину поверхні холодного катода виконано у вигляді дисків із загостреними окрайками та з розташованою на окрайках множиною тонких голок. В цьому ж магнетроні із тією ж метою на кожному торці катода встановлено екран спеціальної форми. На ці екрани подають різні потенціали відносно керна катода.

Недоліками вказаного магнетрона є відсутність можливості отримати струм збудження, а також необхідний робочий струм магнетрона тільки за рахунок забезпечення польової емісії електронів із гострих окrajок дисків та множини тонких голок із тугоплавких металів, закріплених на їх периметрах, а також забезпечити стабільну польову емісію електронів, внаслідок зміни форми гострих окrajок та погіршення їх так званого форм-фактору в процесі роботи магнетрона, що призводить до зменшення інтенсивності електричного поля на окrajках. Крім того, наявність великої кількості тонких металевих голок та необхідність їх закріплення на гострих окrajках суттєво ускладнює конструкцію та технологію відтворення катода.

Найбільш близьким за технічною сутністю та сукупністю ознак до даного технічного рішення аналогом (прототипом) є магнетрон [Патент Російської Федерації №2007777. Магнетрон. М.кл.<sup>5</sup> Н01J25/50, 1994г.], який містить у собі коаксіально розташовані анод із круглим отвором діаметром  $D_a$  та холодний катод, який складається із круглого трубчастого або стержневого керна та закріплених на його поверхні елементів вторинно-електронного і польового емітерів, при чому елементи вторинно-електронного емітера (БЕЕ) виконано із електропровідного емісійно-активного матеріалу у вигляді циліндричних втулок із зовнішнім діаметром  $D_{se}$ , а елементи польового емітера первинних електронів (ПЕПЕ) - із фольги тугоплавких металів та їх сплавів товщиною 0,5-10,0мкм у вигляді суцільних плоских кілець із зовнішнім діаметром  $D_{fe}$ , при цьому  $D_{fe} - D_{se} = 0,1 \div 0,2 \cdot (D_a - D_{se})$ , суцільні плоскі кільця встановлені між циліндричними втулками, а відповідні торці кілець та втулок примикають один до одного.

Така конструкція магнетрона забезпечує генерування імпульсної потужності височастотних електромагнітних коливань 5...50кВт у 2-см та 3-см діапазонах довжин хвиль, характеризується раптову готовністю до роботи, значним терміном безвідмовної роботи (біля 3000 годин), можливіс-

тю миттєвого переходу від режиму із малим коефіцієнтом заповнення до режиму з великим коефіцієнтом заповнення та навпаки, підвищеною економічністю внаслідок відсутності споживання потужності в ланцюгу розжарювання, невеликими габаритами та масою.

Суттєвими недоліками конструкції магнетрона - прототипу є: 1) підвищена вірогідність появи ефекту пропускання імпульсів ефективного генерування електромагнітних коливань при значній крутизні фронту імпульсу робочої анодної напруги, наприклад, більшій, ніж 35-45кВ/мкс, що обумовлено формою елементів (у вигляді суцільних плоских кілець) польового емітера, який не забезпечує величину струму запуску магнетрона за рахунок польової емісії первинних електронів значно більшу за 60-70мА, внаслідок чого при такому струмі зменшується надійність запуску магнетрона в режимі імпульсного генерування електромагнітних автоколивань; 2) відсутність можливості зменшити екранування робочої поверхні вторинно-електронного емітера (БЕЕ), а саме спроможних до емісії частин поверхні елементів у вигляді циліндричних втулок, які суміжні з елементами польового емітера у вигляді тонких металевих суцільних плоских кілець. Наслідком екранування (створення тіні) є відсутність дії напруженості електричного поля на частині робочої поверхні БЕЕ поблизу торців циліндричних втулок, тобто фактичне виключення затіненої поверхні із вторинно-емісійного процесу, що призводить до зменшення робочого струму магнетрона; 3) товщина 0,5-10,0мкм фольги із тупоплавких металів елементів польового емітера первинних електронів (ПЕПЕ) у вигляді суцільних плоских кілець із центральним отвором, діаметр якого дорівнює зовнішньому діаметрові керна, обумовлює їх недостатню механічну міцність та стійкість форми при дії пондермоторних сил у полі потужних електромагнітних коливань надвисокої частоти (НВЧ), ускладнює технологію відтворення холодного катоду та створює умови для прискореної ерозії суцільних плоских кілець під дією заряджених часток, які рухаються між кінцевими областями холодного катоду, що призводить до зменшення надійності запуску процесу ефективної генерації електромагнітних коливань, терміну безвідмовної роботи холодного катоду та магнетрону в цілому.

В основу корисної моделі поставлено задачу удосконалити магнетрон шляхом удосконалення холодного катоду, що забезпечить збільшення надійності магнетрона при генеруванні коротких імпульсів стійких електромагнітних коливань.

Поставлена задача вирішується тим, що у магнетроні, який містить у собі коаксально розташовані анод із круглим отвором діаметром  $D_a$  та холодний катод, який складається із круглого трубчастого або стержневого керна та закріплених на його поверхні вторинно-електронного і польового емітерів, при чому БЕЕ виконано із елементів електропровідного емісійно-активного матеріалу у вигляді циліндричних втулок із зовнішнім діаметром  $D_{se}$ , а елементи ПЕПЕ із фольги тупоплавких металів та їх сплавів товщиною 0,5-10,0мкм у вигляді плоских кілець із зовнішнім діаметром  $D_{fe}$ , при цьому  $D_{fe} - D_{se} = 0,1 \div 0,2 \cdot (D_a - D_{se})$ , плоскі

кілець встановлені між циліндричними втулками, а відповідні торці кілець та втулок примикають один до одного, згідно із корисною моделлю, плоскі кілець польового емітера - виконані із периметром у вигляді системи рівновисоких гострокутових виступів із періодом  $L$ , при цьому  $10\text{мкм} \leq L \leq 150\text{мкм}$ , товщина плоских кілець 1,0-150,0мкм, а кут при вершині виступів  $\alpha \leq 20^\circ$ .

Елементи польового емітера, які забезпечують первинну емісію, можуть бути виконані із одного з тупоплавких металів, переважно Mo Nb, Ta, W, із домішками активаторів, зокрема одного або декількох лужноземельних металів Ba, Sr, Ca, або із сплавів вказаних тупоплавких металів та металів активаторів.

Елементи польового емітера, які забезпечують первинну емісію, можуть бути виконані із високолегованого кремнію.

Елементи польового емітера, які забезпечують емісію первинних електронів, можуть бути виконані із тупоплавких металів, переважно Mo Nb, Ta, W, з домішками активаторів, зокрема одного або декількох лужноземельних металів Ba, Sr, Ca, або із сплавів вказаних тупоплавких металів та металів активаторів, або із високолегованого кремнію та покриті ультратонкою діелектричною плівкою, наприклад, діамантовою плівкою (ДП), діамантоподібною плівкою (ДПП), або плівкою із діамантовоподібного вуглецю (ДПВ).

Робоча емісійна поверхня елементів БЕЕ може бути виконана у вигляді періодичної системи кутових виступів із висотою  $h_e \leq \frac{(0,1 \div 0,2)(D_a - D_{se})}{2}$  та кутом  $90^\circ \leq \beta \leq 110^\circ$  при вершині.

Причинно-наслідковий зв'язок між сукупністю ознак корисної моделі, що заявляються, та технічним результатом, що досягається полягає в наступному.

Виконання елементів ПЕПЕ - плоских кілець із центральними отворами, які є джерелом емісії струму збудження, із фольги тупоплавких металів та їх сплавів товщиною 1,0-150,0мкм, або плівок високолегованого кремнію товщиною 10,0-150,0мкм із периметром у вигляді системи рівновисоких гострокутових виступів із періодом  $L$ , при цьому  $10\text{мкм} \leq L \leq 150\text{мкм}$ , а кут при вершині виступів  $\alpha \leq 20^\circ$ , забезпечує необхідну і достатню величину струму польової емісії для надійного збудження магнетрона в режимі автоколивань та його функціонування при підвищеній крутизні фронту імпульсу робочої анодної напруги, підвищення їх механічної міцності та стійкості форми при дії пондермоторних сил у потужному полі електромагнітних коливань НВЧ, спрощення технології виготовлення холодного катоду, суттєве зменшення екранування робочої поверхні БЕЕ, а саме спроможних до емісії частин поверхонь циліндричних втулок, які суміжні із плоскими кільцями ПЕПЕ, виконаними із периметром у вигляді системи рівновисоких гострокутових виступів та впадин із періодом  $L$ , внаслідок цього частини робочої поверхні БЕЕ поблизу торців циліндричних втулок, суміжні із впадинами, які були екрановані суціль-

ними плоскими кільцями у технічному рішенні-прототипі, в даному винаході знаходяться під дією електричного поля анодної напруги та вносять вклад в величину робочого струму магнетрона.

Виконання елементів польового емітера - плоских кілець із фольги тугоплавких металів та їх сплавів товщиною 1,0-150,0мкм або плівок високолегованого кремнію товщиною 10,0-150,0мкм із периметром у вигляді системи рівновисоких гострокутових виступів із періодом  $L$ , при цьому  $10\text{мкм} \leq L \leq 150\text{мкм}$ , а кут при вершині виступів

$\alpha \leq 20^\circ$ , та покриття їх ультратонкою діелектричною плівкою, наприклад, діамантовою плівкою (ДП), або діамантовоподібною плівкою (ДПП), або плівкою із діамантовоподібного вуглецю (ДПВ), забезпечує необхідну і достатню величину струму для надійного запуску режиму стійкого імпульсного генерування магнетроном електромагнітних коливань, підвищення їх механічної міцності та стійкості форми при дії пондермоторних сил у потужному полі електромагнітних коливань НВЧ та при бомбардуванні емісійних зон ПЕПЕ зарядженими частками, а також збільшення терміну безвідмовної роботи як ПЕПЕ, так і магнетрона в цілому при вакуумі  $10^{-4}$ - $10^{-6}$ мм ртутного стовпчика.

Виконання по новому профілю робочої емісійної поверхні елементів ВЕЕ -  $10\text{мкм} \leq L \leq 150\text{мкм}$  циліндричних втулок у вигляді періодичної системи кутових виступів із висотою

$$h_e \leq \frac{(0,1 \div 0,2)(D_a - D_{se})}{2} \text{ та кутом } 90^\circ \leq \beta \leq 110^\circ$$

при вершині дає можливість збільшити коефіцієнт вторинної емісії та робочий струм магнетрона, а також суттєво зменшити час (його можна визначити як кількість періодів НВЧ електромагнітних коливань), за який струм магнетрона зростає від величини струму польової емісії (ПЕ) - струму збудження до величини струму вторинно-електронної емісії (ВЕ) - робочого струму магнетрона.

Розташування по новому емітуючих лез плоских кілець зменшує взаємне екранування елементами ПЕПЕ робочої поверхні елементів ВЕЕ. Це сприяє забезпеченню необхідного робочого струму магнетрона і підвищенню надійності запуску процесів збудження магнетрона і генерування ним електромагнітних коливань в дециметровому, сантиметровому і міліметровому діапазонах довжин хвиль, а також зменшує вірогідність пропуску імпульсів при збільшеній крутизні фронту імпульсу робочої анодної напруги, наприклад, більший, ніж 35-45кВ/мкс, та при тривалості імпульсів анодної напруги 20-70нс.

Сутність корисної моделі пояснюється ілюстраціями. На Фіг.1 показано у розтині простір взаємодії магнетрона, на Фіг.2 - повздовжній розтин холодного катоду, на Фіг.3 показано поперечний перетин холодного катоду, на Фіг.4 та Фіг.5 показано фрагменти виконання периметрів плоских кілець - елементів польового емітера, вкритих ультратонкою діелектричною плівкою, на Фіг.6 - зовнішній вигляд одного із варіантів зборки вузла холодного катоду, на Фіг.7 та Фіг.8 показано варіанти втулок - елементів вторинно-електронного емітера холодного катоду, на Фіг.9 - фото зовнішнього вигляду магнетрона.

Магнетрон містить у собі коаксіально розташовані анод 1 із круглим отвором діаметром  $D_a$  та холодний катод 2, який складається із круглого трубчастого або стержневого керна 3 та закріплених на його поверхні вторинно-електронного 4 і польового 5 емітерів, при чому вторинно-електронний емітер 4 виконано із елементів електропровідного емісійно-активного матеріалу у вигляді циліндричних втулок 6 із зовнішнім діаметром  $D_{se}$ , а польовий емітер 5 - із фольги тугоплавких металів та їх сплавів у вигляді плоских кілець 7 із зовнішнім діаметром  $D_e$ , плоскі кільця 7 встановлені між циліндричними втулками 6, а відповідні торці втулок 6 та кілець 7 примикають один до одного. З метою захисту елементів 7, які забезпечують ПЕ первинних електронів від можливості їх руйнування в результаті хімічної та фізичної взаємодії із матеріалом елементів 6, які забезпечують ВЕ, між ними може бути встановлено прокладки із захисних матеріалів у вигляді шайб (на фігурах не показані). Наприклад, при використанні плоского кільця 7 із фольги танталу, як елемента, який забезпечує ПЕ (автоелектронну), а циліндричної втулки 6 із сплаву паладій - барій, як елемента, який забезпечує ВЕ, між вказаними елементами 6,7 може бути встановлена захисна шайба із вольфраму. При покритті плоских кілець 7 ПЕПЕ ультратонкою діелектричною плівкою (Фіг.4 та Фіг.5) захисні шайби із вольфраму не встановлюють.

На циліндричному трубчастому керні 3 закріплені також фокуруючі екрани 8. Циліндричний керна 3 холодного катоду 2, як правило, виготовляють із молібдену у вигляді трубки, в середині якої розміщують спіральний підігрівник 9, призначений для технологічної обробки ВЕЕ 4 і ПЕПЕ 5 холодного катоду 2 з метою обезгажування та досягнення їх емісійної здатності при откачці та тренуванні магнетрона; в разі виконання керна 3 у вигляді суцільного циліндричного стержня для прогрівання катоду 2 може бути використано підігрівник аналогічний підігрівнику паяльника.

В якості активного матеріалу втулок 6, які забезпечують ВЕ можуть бути використані імпрегновані катоди, а також катоди на основі сплавів металів, включно з металами Pt, Ir, Os, Ru, Rh, Pd платинової групи із домішками активаторів у вигляді одного або декількох лужноземельних металів Ba, Sr, Ca.

В якості елементів, які забезпечують ПЕ можуть використовуватись плоскі кільця 7 із периметрами у вигляді періодичної системи гострокутових лезоподібних виступів 10 та впадин 11 (Фіг.4-Фіг.6). Лезоподібні виступи 10 виготовлені методом електроерозії, гідроекструзії або плазмохімічного фрезерування із фольги товщиною від 1 мікрона до 150 мікрон. В якості елементів ПЕПЕ холодного катоду можуть бути використані плоскі кільця 7 із високолегованого кремнію. Функціональними емісійними ділянками (зонами) елементів ПЕПЕ, які забезпечують ПЕ, є періодична послідовність тонких лез 10 розташованих по периметру плоских кілець 7 із періодом  $L$  паралельно та дзеркально симетрично осі катоду, які знаходяться на висоті  $h$  (Фіг.4 та Фіг.5) над поверхнею циліндричних втулок 6 - елементів ВЕЕ, які забезпечують

емісію робочого струму магнетрона. Висота  $h$ , на якій над поверхнею циліндричних втулок 6 розташовані функціональні емісійні зони лез 10 плоских кілець 7, вибирається із умови, що вона рівна або менша ефективного розміру хмари (синхронної „електронної втулки”) просторового заряду в магнетроні. Для магнетронів різних конструкцій значення  $h$ , як правило, складає 10-20% від величини міжелектродного зазору  $\frac{D_a - D_{se}}{2}$ . В залежності

від типу магнетрона, його конструкції та величини „пускового” струму (струму збудження) ПЕПЕ має у своєму складі як одно, так і декілька плоских кілець 7, що забезпечують ПЕ. При застосуванні ПЕПЕ із декількома елементами 7 (Фіг.1, Фіг.2, Фіг.6) мінімальна відстань  $l$  (Фіг.2) між ними вздовж осі катоду, як це показують теоретичні оцінки та експериментальні дослідження, із метою ослаблення їх обопільного екранування та екранування емісійної поверхні втулок 6 ВЕЕ може бути визначена як

$$L = (4-6)h,$$

де  $h$  - висота, на якій знаходиться функціональні емісійні дільниці (леза) 10 плоских кілець 7, які забезпечують ПЕ.

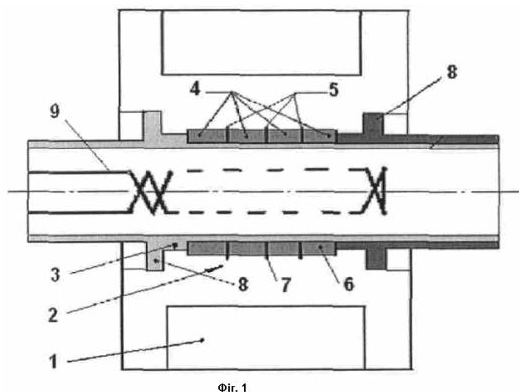
Емісійна поверхня втулок 6 ВЕЕ суміжна із впадинами 11 не піддається екрануванню. Максимальна величина струму запуску процесу генерації магнетрона є сумою струмів із усіх лез 10 окремих плоских кілець 7 із врахування впливу їх взаємного екранування.

Магнетрон працює таким чином.

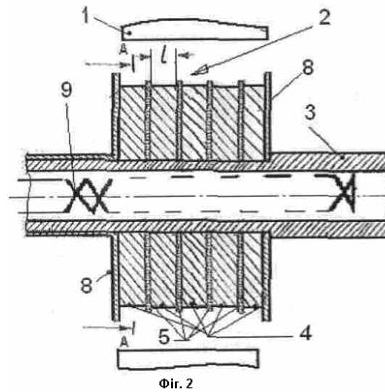
Струм збудження магнетрона забезпечують за рахунок польової емісії із повернутих до аноду 1 лез 10, розташованих на периметрах елементів 7 у вигляді системи гострокутих виступів із періодом  $L$ , які забезпечують ПЕ. Польова емісія первинних електронів із лез 10 викликається сильним електричним полем за рахунок прикладеної різниці потенціалів (імпульсної анодної напруги) між анодом 1 та катодом 2 (Фіг.1). Електрони, емітовані під дією високої напруженості імпульсів електричного поля із емісійних дільниць у вигляді періодичних лез 10 (Фіг.3 ÷ Фіг.6), що розташовані на периметрах плоских кілець 7 в площинах перпендикулярних площині симетрії кілець, потім прискорюються, змінюють напрямок руху під дією статичних схрещених електричного  $E$  і магнітного

В полів та створюють хмару просторового заряду в проміжку між анодом 1 та катодом 2. Частки „електронної втулки”, рухаючись, в тому числі і вздовж осі простру взаємодії, в кінцевих областях холодного катоду біля торців анодного блоку (поруч із екранами 8 на Фіг.1), де напруженість електричного поля спадає, здобувають додаткову енергію і бомбардують плоску або гофровану робочу поверхню кінцевих втулок 6 ВЕЕ холодного катоду, які, емітують вторинні електрони і збільшують щільність просторового заряду в „електронній втулці”. Кулонівські сили неоднорідної по щільності просторового заряду „електронної втулки” сприяють ефективному лавинному розмноженню вторинних електронів. Впадини 11 периметрів плоских кілець 7 створюють певні умови „прозорості” для електронів „електронної втулки”, які рухаються на висоті меншій  $h$  до розташованих поряд із екранами 5 циліндричних втулок 6 в кінцевих областях холодного катоду 2. Таким чином забезпечується ефективний процес розмноження вторинних електронів та достатній робочий струм приладу для генерування потужних електромагнітних коливань в процесі взаємодії із електромагнітним полем поблизу робочої поверхні періодичної системи резонаторів аноду 1 магнетрона при тривалості імпульсів анодної напруги 20-70нс.

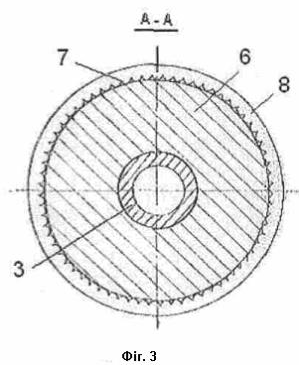
У відповідності із формулою корисної моделі створені та випускаються серійно магнетрони 3-х сантиметрового діапазону хвиль (Фіг.9). Створені магнетрони характеризуються раптовістю готовності (готовність із першого імпульсу), високою надійністю запуску і імпульсним генеруванням електромагнітних коливань (без пропуску імпульсів) при збільшеній крутизні фронту імпульсу робочої анодної напруги, наприклад, більшій, ніж  $35 \div 45 \text{ кВ/мкс}$ , та при тривалості імпульсів анодної напруги  $20 \div 70 \text{ нс}$ , можливістю безінерційного переходу від імпульсного режиму із малим коефіцієнтом заповнення до імпульсного режиму із великим коефіцієнтом заповнення та навпаки, високою економічністю, менш складною (порівняно із прототипом) технологією відтворення вузла катода без розжарювання (холодного катоду), довготривалістю дії більше 5000 годин. Використання такого магнетрона в НВЧ передавачах сучасних радарів дозволяє суттєво спростити їх схему живлення, зменшити габарити та масу.



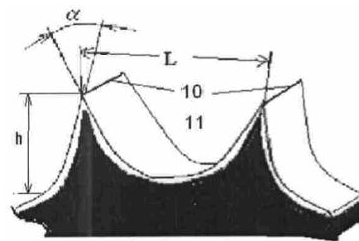
Фіг. 1



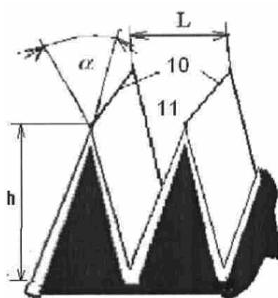
Фіг. 2



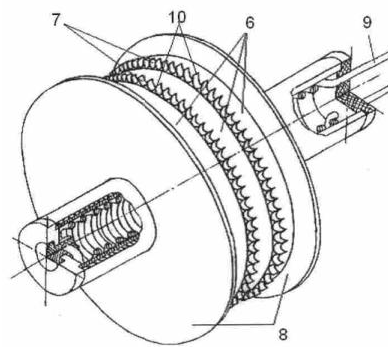
Фиг. 3



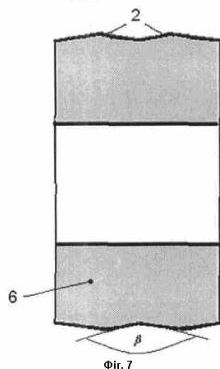
Фиг. 4



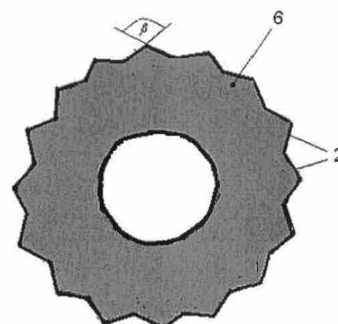
Фиг. 5



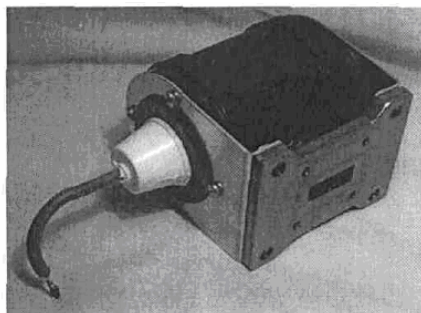
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9