

Винахід відноситься до області радіозв'язку й може бути використаний в якості самостійної антенної решітки або антенної підрешітки для базових станцій бездротових систем зв'язку дециметрового й сантиметрового діапазонів довжин хвиль, а також може бути застосований в радіоелектронних системах різного призначення.

Відомі панельні двополяризаційні антенні решітки, що складаються із напівхвильових вібраторних випромінювачів, що живляться через відрізки коаксіального кабелю й дільники потужності [патент США 6339407 В1, патент США 6333720 В1, патент США 6310584 В1]. Недоліками зазначених вібраторних антенних решіток є: необхідність застосування великої кількості паяних кабельних з'єднань, що в значній мірі ускладнює та здорожує їх виробництво; принципова неможливість одержати високі кросполяризаційні характеристики (рівень кросполяризаційного випромінювання в робочому секторі кутів у них не краще – 16 дБ, а рівень розв'язки між ортогонально поляризованими каналами не краще 30 дБ), що істотно позначається на якості некорельованої поляризаційної обробки сигналів абонентів базовою станцією системи мобільного зв'язку. Відомі також панельні двополяризаційні антенні решітки, побудовані на основі смужкових випромінювачів [патент WO 98/36472, патент США 610437, патент США 6225950 В1, патент WO 98/36473]. У патенті WO 98/36472 для створення однакових діаграм спрямованості для взаємо-ортогональних лінійних поляризацій (без модифікації розмірів екранної пластини) із двох бічних сторін кожного випромінюючого смужкового елемента прямокутної форми введені додаткові підстроювальні елементи. Кожний випромінюючий елемент збуджується на одній поляризації. Випромінюючі елементи для кожної поляризації розташовані по черзі, створюючи лінійну антенну решітку. У патенті США 6225950 В1 для збільшення розв'язки між каналами з ортогональними лінійними поляризаціями запропоновано використати два ряди прямокутних смужкових випромінюючих елементів, кожний для своєї лінійної поляризації. А у патенті WO 98/36473 заявлена лінійна антенна решітка, у якій використовуються двополяризаційні смужкові випромінюючі елементи, кожний з яких оточений металевою рамкою, що розташована над екранною пластинкою. У патенті США 6104347 випромінюючі смужкові елементи для кожної поляризації також розташовані по черзі в лінійній решітці, але для зменшення зв'язку між сусідніми випромінювачами їхня форма модифікована до багатокутника й еліпса. Недоліками відомих пристроїв є неможливість одночасного забезпечення широкої робочої смуги частот, ідентичності діаграм спрямованості для обох ортогональних лінійних поляризацій, низьких рівнів кросполяризаційного й бічного випромінювань, а також складність конструкцій.

Найбільш близькою за технічною сутністю до антени, на яку подається заявка, є двополяризаційна смужкова антенна решітка [патент США 6008763], обрана прототипом. Антенна решітка являє собою плоску чотирьохшарову випромінюючу структуру, закриту позаду та з боків металевим коробом. Вона включає ряд двополяризаційних нахилених під кутом 45° однорезонаторних прямокутних смужкових випромінювачів, у яких електромагнітні коливання ортогонального типу збуджуються за допомогою двох перпендикулярних щілин зв'язку. Щілини зв'язку, у свою чергу, збуджуються знизу й зверху двома взаємно перпендикулярними парними розімкнутими шлейфами смужкових ліній, що живляться через смужкові дільники потужності. Задне випромінювання багатшарової структури екрановано металевим коробом з металевими перегородками, які призначені для запобігання поширення електромагнітних хвиль у порожній структурі короба, здатних призвести до значних втрат НВЧ-потужності, і для зменшення взаємного впливу ортогональних щілин зв'язку сусідніх випромінюючих елементів антенної решітки, що повинно забезпечувати поліпшення кросполяризаційної розв'язки. Недоліками прототипу є складність структури (особливо фідерних ліній), вузька робоча смуга частот (менш ніж 10%) і посередні кросполяризаційні характеристики. Це обумовлено тим, що смужкова фідерна система для однієї з поляризацій неекранована зверху, і тому здатна випромінювати, спотворюючи діаграму спрямованості антеною решітки. Крім того, взаємний зв'язок між ортогональними модами сусідніх випромінювачів може здійснюватися не тільки в металевому коробі, але й у просторі, де розташовані самі смужкові випромінюючі елементи. Нарешті, металеві перегородки виявляються розташованими під кутом 45° до хрестоподібних щілин зв'язку, що збільшує зв'язок між ортогональними щілинами хреста.

Завданням винаходу є створення двополяризаційної смужкової антенної решітки, що забезпечує у широкій смузі частот ідентичність діаграм спрямованості для обох ортогональних поляризацій, високий рівень розв'язки каналів з ортогональними поляризаціями (більше 30 дБ) і низький рівень кросполяризаційного випромінювання (до -30 дБ), а також простоту конструкції, низьку собівартість і високу надійність.

Розв'язок поставленого завдання досягається тим, що двополяризаційна смужкова антенна решітка містить ряд випромінюючих смужок, розташованих над шаром діелектрика, ряд із такої ж кількості пар взаємно перпендикулярних щілин зв'язку, розташованих під шаром діелектрика, ряд із такої ж кількості пар елементів збудження щілин зв'язку, зроблених зі смужок, які живляться через дільники потужності і які є перпендикулярними щілинам зв'язку, і металевий короб.

Новим є те, що над кожною випромінюючою смужкою розташовані шар діелектрика і інша випромінююча смужка, випромінюючі смужки і шари діелектриків розташовані на зовнішньому боці дна металевого короба й зафіксовані між поздовжніми бічними металевими ребрами, щілини зв'язку в кожній парі не перекриваються і розташовані Т-подібно у дні металевого короба, кожна пара елементів збудження щілин зв'язку складається із двох смужок, розташованих у металевому коробі, а металевий короб закритий металевою пластинкою.

Крім того, щілини зв'язку, випромінюючі смужки й поздовжні бічні металеві ребра розташовані таким чином, що вони мають дзеркальну площину симетрії, що проходить через середини зазначених щілин зв'язку і випромінюючих смужок і посередині між поздовжніми бічними металевими ребрами.

Крім того, поздовжні бічні металеві ребра можуть мати різні профілі: замкнуті у формах трапеції або прямокутника, розімкнуті у формах трапеції або прямокутника; розімкнутий прямокутно-напівкруглий та ін.

Крім того, смужкові лінії живлення для кожної поляризації, що включають і дільники потужності, зроблені у вигляді тривимірної лінії з можливістю проходження уздовж бічних і торцевих стінок усередині короба.

Крім того, смужки разом із дільниками потужності розташовані у спеціальних ложементях, зроблених у діелектричній плиті, розташованій на дні металевого короба і притиснутій до дна металевого короба металевою пластиною безпосередньо або через проміжну діелектричну плиту.

Крім того, смужки для двох ортогональних поляризацій мають різні конфігурації і розміри.

Крім того, щілини зв'язку для двох ортогональних поляризацій мають різні конфігурації й розміри.

Крім того, елементи збудження щілин зв'язку розташовані між двома діелектричними пластинами, які притискаються до дна металевого короба металевою пластиною.

Крім того, над кожною випромінюючою смужкою розташований шар діелектрика і інша випромінююча смужка, щілини зв'язку не перекриваються, розташовані Т-подібно і зроблені у верхньому провідному покритті діелектричної пластини із двостороннім провідним покриттям, пара елементів збудження щілин зв'язку містить дві смужки і разом із дільниками потужності пари виконані в нижньому провідному покритті діелектричної пластини із двостороннім провідним покриттям, а між діелектричною пластиною із двостороннім покриттям і металевим коробом розташована діелектрична плита.

Крім того, щілини зв'язку і випромінюючі смужки розташовані таким чином, що вони мають дзеркальну площину симетрії, що проходить через середини зазначених щілин зв'язку і випромінюючих смужок.

Крім того, випромінюючі смужки зроблені на окремій діелектричній пластині із двостороннім провідним покриттям, а між першою і другою діелектричними пластинами із двостороннім провідним покриттям розташована діелектрична плита.

Крім того, діелектрична плита зроблена у вигляді короба із виступами на стінках або без них.

Крім того, бічні та торцеві стінки металевого короба мають різні висоти та товщини.

Крім того, над кожною випромінюючою смужкою розташовано один над іншим кілька шарів діелектрика і випромінюючих смужок.

Сутність винаходу пояснюється кресленнями. На Фіг.1 показаний загальний вид першого варіанту антенної решітки, що заявляється. Тут 1, 2, 4 і 7 – діелектричні плити з малими втратами й низкою діелектричною проникністю; 22 і 24 – випромінюючі смужки; 23 і 25 – діелектричні вставки, що фіксують у правильному положенні випромінюючі смужки відносно щілин зв'язку; 21 – прорізи в діелектричній плиті для фіксації діелектричних вставок із випромінюючими смужками; 3 – металевий короб; 31 – дно короба; 32 – бічні стінки короба; 33 – торцеві стінки короба; 311 і 312 – щілини зв'язку, зроблені (прорізані) у дні короба; 331 і 332 – отвори під коаксіальні роз'єми, що приєднуються до смужкових ліній живлення; 341 і 342 – поздовжні бічні металеві ребра; 41 і 42 – щілини, виконані в діелектричній плиті 4 для можливості проходження через них виступаючих частин вставок 25, що слугують ложементами для смужок (розімкнутих шлейфів смужкових ліній живлення), що збуджують щілини зв'язку 311 і 312; 5 і 6 – смужкові лінії живлення з дільниками потужності і різними елементами збудження щілин зв'язку 53 і 63 для двох ортогональних поляризацій, зроблені у вигляді розімкнутих шлейфів смужкових ліній живлення; 8 – металева плита.

На Фіг.2 зображений варіант реалізації антенної решітки, в якому смужкові лінії живлення розташовані у спеціальних ложементах, що сформовані в діелектричній плиті 74.

На Фіг.3 зображена в деталях діелектрична плита 74 зі сформованими у ній спеціальними ложементами 745 та 746 під смужкові лінії живлення.

На Фіг.4 зображені можливі варіанти виконання профілів поздовжніх бічних металевих ребер 341 і 342 відповідно до винаходу.

На Фіг.5 показані смужкові лінії живлення 5 і 6 для кожної поляризації з дільниками потужності 51, 52 і 61, 62 і елементами збудження щілин зв'язку 53 і 63, виконані у вигляді трьохвимірної лінії з листового металу.

На Фіг.6 показана дзеркальна площина симетрії 9, що проходить через середини щілин зв'язку 311, 312 та випромінюючих смужок (не показані) та посередині між поздовжніми бічними металевими ребрами 341 і 342.

На Фіг.7 зображена в деталях діелектрична вставка 25 з виступами 251 і 252 і ложементами 253 і 254.

На Фіг.8 зображений другий варіант двополяризаційної смужкової антенної решітки, що заявляється, який реалізується в мікросмужковому виконанні. Випромінюючі смужки 22 та 24 розташовані над шарами діелектриків 27 і 26 відповідно. Щілини зв'язку 311 та 312 розташовані Т-подібно та зроблені у верхньому провідному покритті діелектричної пластини 28 із двостороннім провідним покриттям, пара елементів збудження щілин зв'язку 53 та 63 разом із дільниками потужності зроблені у нижньому провідному покритті діелектричної пластини 28 із двостороннім провідним покриттям, а між діелектричною пластиною із двостороннім провідним покриттям та металевим коробом 30 розташована діелектрична плита 29.

На Фіг.9 зображена модифікація двополяризаційної смужкової антенної решітки у мікросмужковому виконанні, що представлена на Фіг.8, в якій випромінюючі смужки 22 та 24 зроблені на окремій діелектричній пластині 261 із двостороннім провідним покриттям, а між діелектричними пластинами 261 та 28 із двостороннім провідним покриттям розташована діелектрична плита 271.

Крім того, діелектрична плита 291 зроблена у вигляді коробу із виступами на бокових стінках, в якому зафіксовані діелектричні пластини 28, 271 та 261.

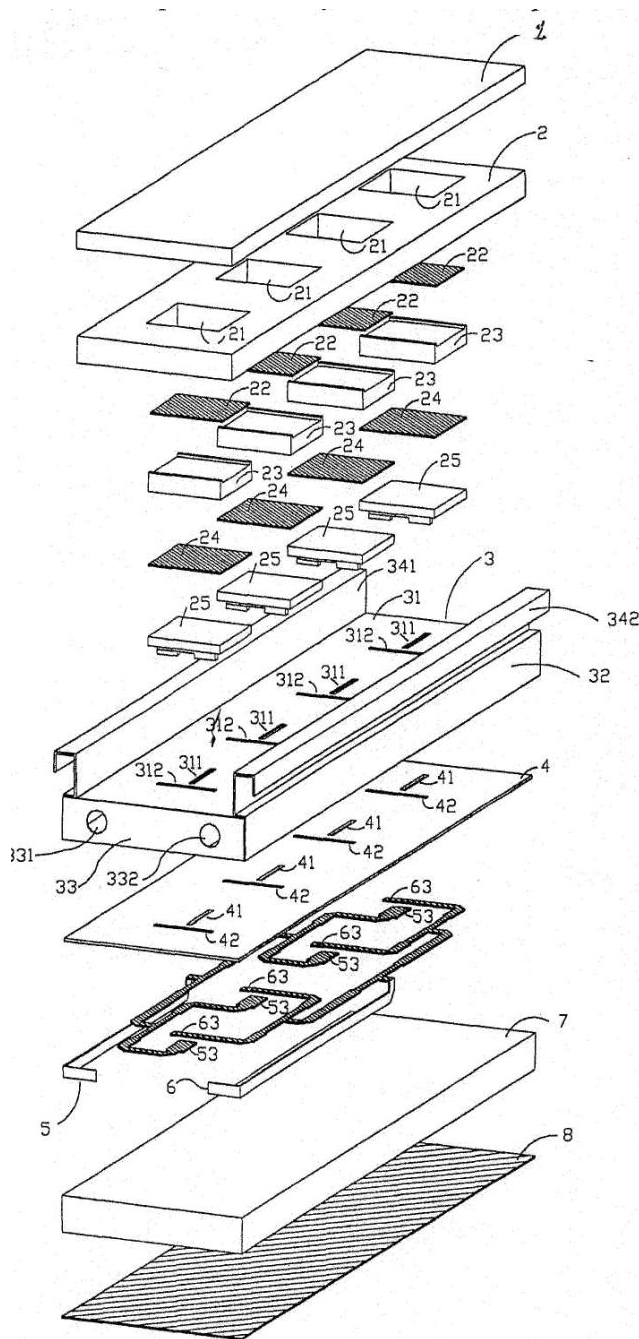
У першому варіанті, представленому на Фіг.1, антенна решітка, що заявляється, працює таким чином. Радіосигнали, що підлягають випромінюванню на ортогональних лінійних поляризаціях, подаються по окремих кабелях через коаксіальні роз'єми, вмонтовані в торцевій стінці 33 металевого короба 3 в отворах 331 і 332, на смужкові лінії живлення 5 і 6, елементи

збудження щілин зв'язку 53 і 63, зроблені у вигляді розімкнутих шлейфів, які збуджують щілини зв'язку 311 і 312, що зроблені у дні металевого коробу. Останні у свою чергу збуджують випромінюючі смужки 24 і 22 на ортогональних лінійних поляризаціях. Для розширення робочої смуги частот застосовуються зв'язані дворезонаторні смужкові випромінювачі, кожен з яких складається із двох прямокутних випромінюючих смужок 22 і 24, розташованих одна над іншою. Площина симетрії випромінюючих смужок збігається із площиною симетрії щілин зв'язку 311 і 312. Ортогонально поляризовані моди в смужкових випромінювачах збуджуються за допомогою двох перпендикулярних щілин зв'язку 311 і 312, що не перекриваються і розташовані Т-подібно у дні 31 металевого короба, зовнішня сторона якого служить металевим екраном дворезонаторних смужкових випромінювачів, як показано на Фіг.1 і 2. Металевий короб 3 виготовлений з металевої пластини, зігнутої за формою короба й провареної на кутах торців 33 для забезпечення надійного електричного контакту. Ширина короба мінімізована для виключення можливості резонансного збудження електромагнітних коливань у робочому діапазоні частот, що приводять до неприпустимих додаткових енергетичних втрат. До ортогональних щілин зв'язку кожного смужкового випромінювача для збудження ортогонально поляризованих електромагнітних коливань підводять елементи збудження 53 і 63 у вигляді розімкнутих шлейфів смужкових ліній живлення так, як показано на Фіг.5. При Т-подібному розташуванні щілини зв'язку 311 і 312 зсунуті на різні відстані від центра смужкового випромінювача, тому для забезпечення оптимального зв'язку фідерних ліній і випромінюючих смужок для обох поляризацій у робочій смузі частот довжини й ширини елементів збудження щілин зв'язку 53 і 63, а також довжини й ширини щілин 311 і 312 для ортогональних поляризацій можуть бути різними. Смужкові лінії живлення 5 і 6 для кожної поляризації містяться у собі дільники потужності 51, 52 і 61, 62 і можуть являти собою єдину деталь, виготовлену з тонкої металевої пластини. Для зменшення поперечних розмірів смужкових фідерних ліній 5 і 6 із дільниками потужності 51, 52 і 61, 62 вони зігнуті на 90°, проходять уздовж бічних стінок 32 і торцевої стінки 33 металевого короба 3 і приєднуються до коаксіальних роз'ємів, що розташовані на торцевій стінці 33 у місцях 331 і 332. У загальному випадку коаксіальні роз'єми можуть розташовуватися як на бічній поверхні, так і на торцевій поверхні металевого короба. Оскільки ширини діаграм спрямованості в Е- і в Н-площинах окремого дворезонаторного смужкового випромінювача зі щілинним збудженням різні, то для їх вирівнювання на певній відстані від смужкових випромінювачів уздовж всієї антенної решітки по обидва боки на зовнішній стінці дна короба симетрично розташовуються бічні поздовжні металеві ребра 341 і 342, профіль і розміри яких оптимізуються. Можливі профілі поздовжніх бічних металевих ребер показані на Фіг.4. Випромінюючі смужки 22 і 24, дно металевого коробу 31 із щілинами зв'язку 311 і 312 і смужкові лінії живлення 5 і 6 розділені між собою діелектриками з малими втратами і низькою діелектричною проникністю, зокрема, у першому варіанті конструкції, що заявляється - пінополістиролом, що має тангенс кута втрат менше 0,001. Технічно це реалізується шляхом об'єднання в багатшаровий пакет декількох пластин із пінополістиролу, що мають різну товщину й ложементи під провідні смужкові елементи. Електричні характеристики, у першу чергу, рівень кросполяризаційного випромінювання й розв'язка каналів з ортогональними поляризаціями двополяризаційної антенної решітки, що заявляється, чутливі до зсуву щілин зв'язку і смужкових елементів один щодо іншого. Ця проблема вирішена шляхом створення спеціальних пазів і виступів у діелектричних вставках 25, які проходять через щілини зв'язку 311 і 312 і центрують елементи збудження щілин зв'язку 53 і 63 смужкових ліній живлення щодо щілин зв'язку і смужкових випромінювачів, як показано на Фіг.1 і 7. У цілому випромінюючі смужки 22 і 24, щілини зв'язку 311 і 312, діелектричні вставки 23 і 25, діелектрична плита 2 із прорізами 21 і бічні металеві ребра 341 і 342 виконані таким чином, що в сукупності вони мають дзеркальну площину симетрії, що проходить через середини зазначених щілин зв'язку, випромінюючих смужок, діелектричних вставок та середину діелектричної плити й посередині між поздовжніми бічними металевими ребрами. Ця симетрія принципово необхідна для досягнення низьких рівнів кросполяризаційного випромінювання й високої розв'язки каналів з ортогональними поляризаціями.

Другий конструктивний варіант двополяризаційної смужкової антенної решітки (Фіг.8, 9), що заявляється, реалізований у мікросмужковому виконанні і працює аналогічно першому варіанту. Застосування мікросмужкової технології в даному варіанті дозволяє створювати двополяризаційні смужкові антенні решітки у сантиметровому та міліметровому діапазонах довжин хвиль. Радіосигнали, що підлягають випромінюванню на ортогональних лінійних поляризаціях через коаксіальні роз'єми (на Фіг.8, 9 не показані) попадають на входи смужкових ліній живлення 5,6, зроблених на нижній стороні діелектричної пластини із двостороннім провідним покриттям 28, і далі після дільників потужності - на елементи збудження щілин зв'язку 53, 63, які збуджують щілини зв'язку 311 і 312, що зроблені на верхній стороні 28. Останні у свою чергу збуджують випромінюючі смужки 24 та 22 на ортогональних лінійних поляризаціях. Як і в першому варіанті (Фіг.1), для розширення робочої смуги частот застосовуються зв'язані дворезонаторні смужкові випромінювачі, кожен з яких складається із двох прямокутних випромінюючих смужок 22 та 24, розташованих одна над іншою. Випромінюючі смужки 24 та 22 розташовані над двома діелектричними пластинами 26, 27 (Фіг.8) або виготовлені на одній пластині з двостороннім провідним покриттям 261, що розташована над діелектричною пластиною 271 (Фіг.9). Для запобігання небажаного зсуву щілин зв'язку і смужкових елементів один щодо іншого і об'єднання діелектричних пластин в багатшаровий пакет застосовуються центруючі спеціальні отвори, що з високою точністю зроблені у всіх трьох діелектричних пластинах, і гвинти (на Фіг.8,9 не показані). Площина симетрії випромінюючих смужок збігається із площиною симетрії щілин зв'язку 311 і 312. Ортогонально поляризовані моди в смужкових випромінювачах збуджуються за допомогою двох перпендикулярних щілин зв'язку 311 і 312, що не перекриваються і розташовані Т-подібно. Останні два конструктивних рішення дозволяють в даному варіанті досягти високих кросполяризаційних характеристик смужкової антенної решітки. Заднє випромінювання двополяризаційної смужкової антенної решітки екрановано металевим коробом 30, який

притискається до діелектричних пластин через суцільну діелектричну плиту 29 (Фіг.8) або діелектричну плиту 291, що зроблена у вигляді короба із фіксуючими виступами на стінках або без них (Фіг.9). Для досягнення високого коефіцієнта корисної дії двополяризаційної смужкової антенної решітки у мікросмужковому виконанні, що заявляється, необхідно використовувати діелектричні матеріали, що мають низькі втрати у робочому діапазоні частот.

На підставі запропонованого технічного рішення було розроблено, виготовлено й випробувано кілька зразків панельних двополяризаційних смужкових антенних решіток з коефіцієнтом підсилення 14 дБ і 17 дБ для базових станцій систем мобільного зв'язку стандартів GSM-900 і GSM-1800. На практиці підтверджені в робочих діапазонах частот ідентичність діаграм спрямованості для обох ортогональних лінійних поляризацій, низькі рівні кросполяризаційного випромінювання (до -30 дБ) й високі рівні розв'язки каналів з ортогональними лінійними поляризаціями (більше 35 дБ), малі енергетичні втрати, компактність конструкції, висока повторюваність параметрів, а також можливість досягнення низької собівартості при серійному виробництві.



Фіг.1

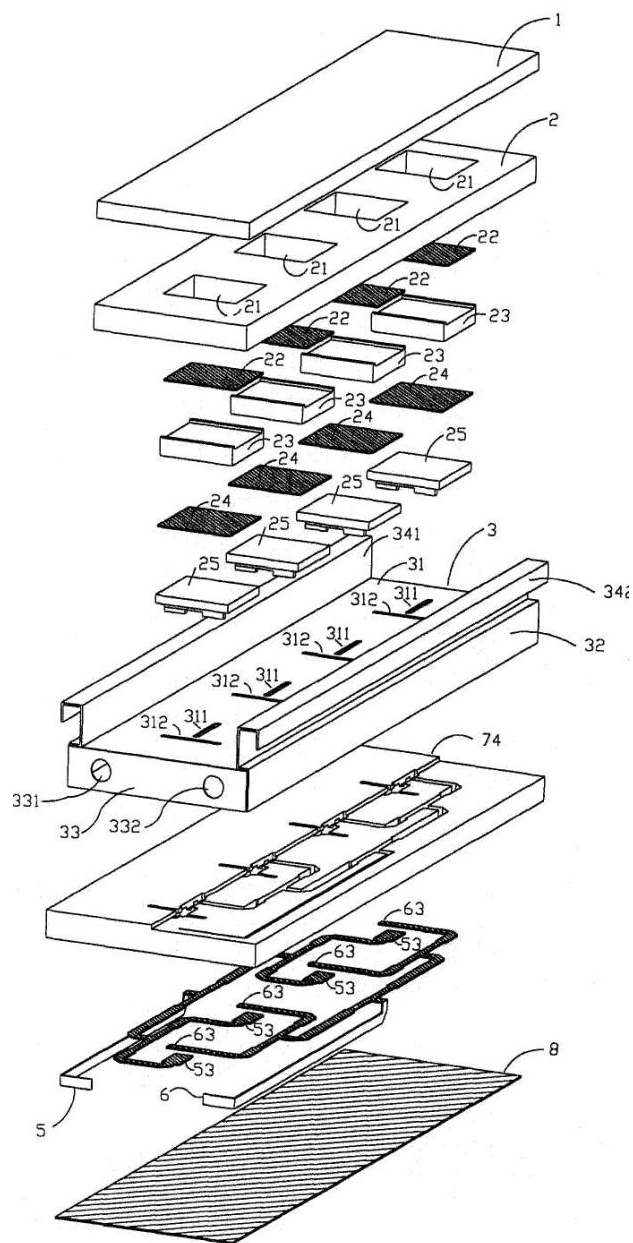


Fig. 2

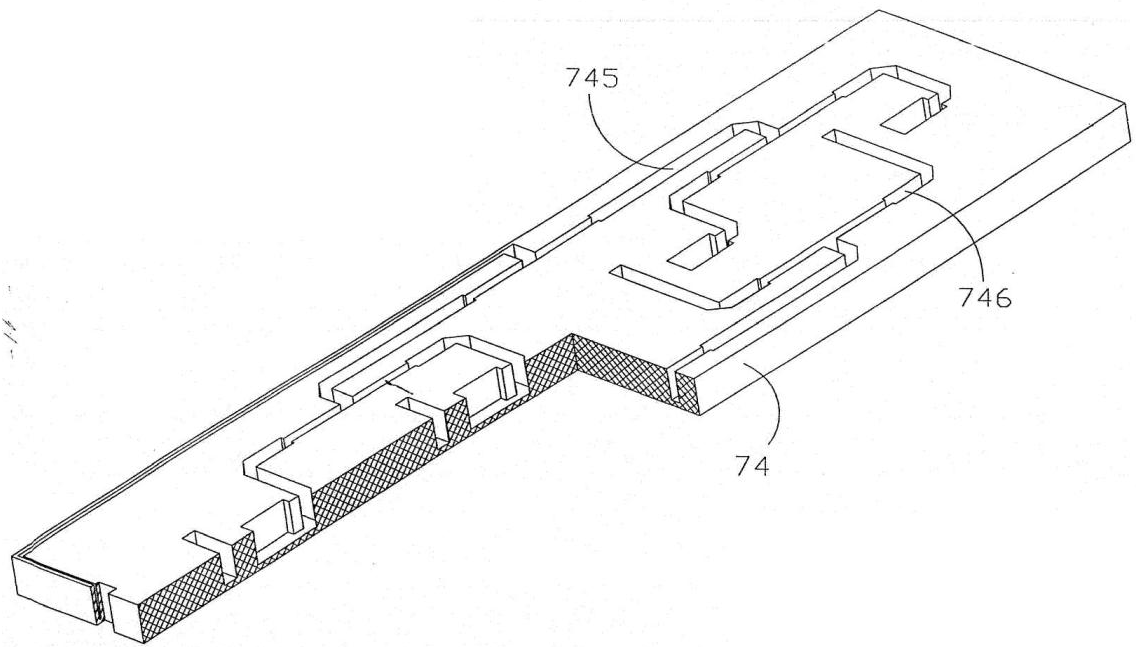
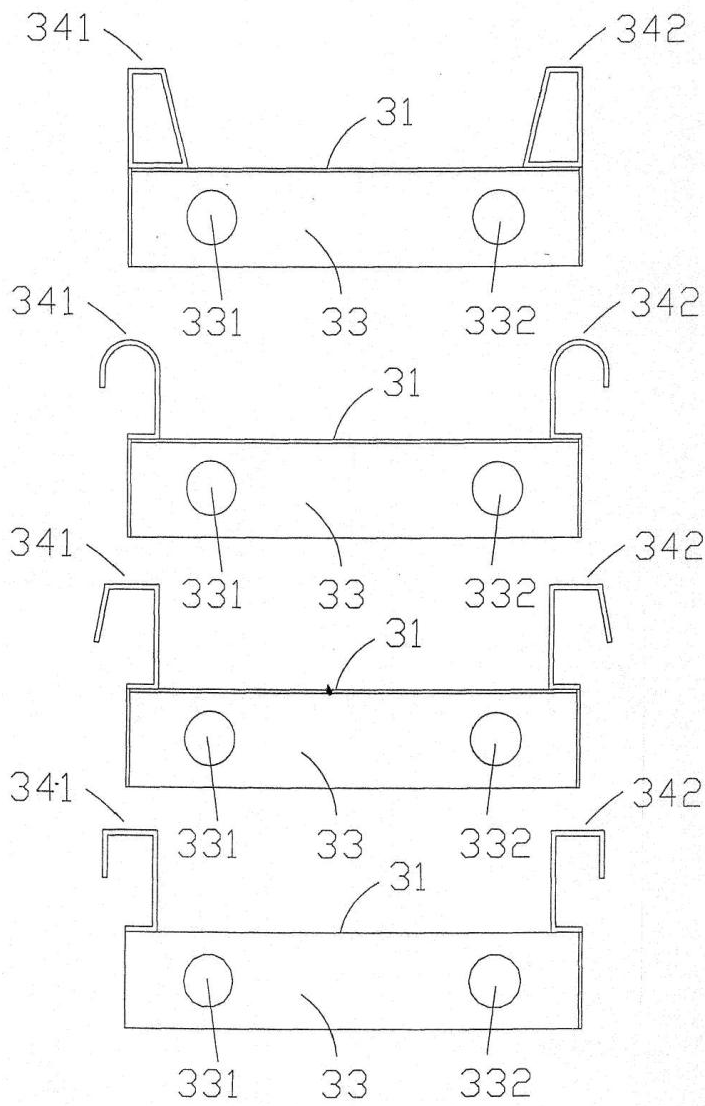
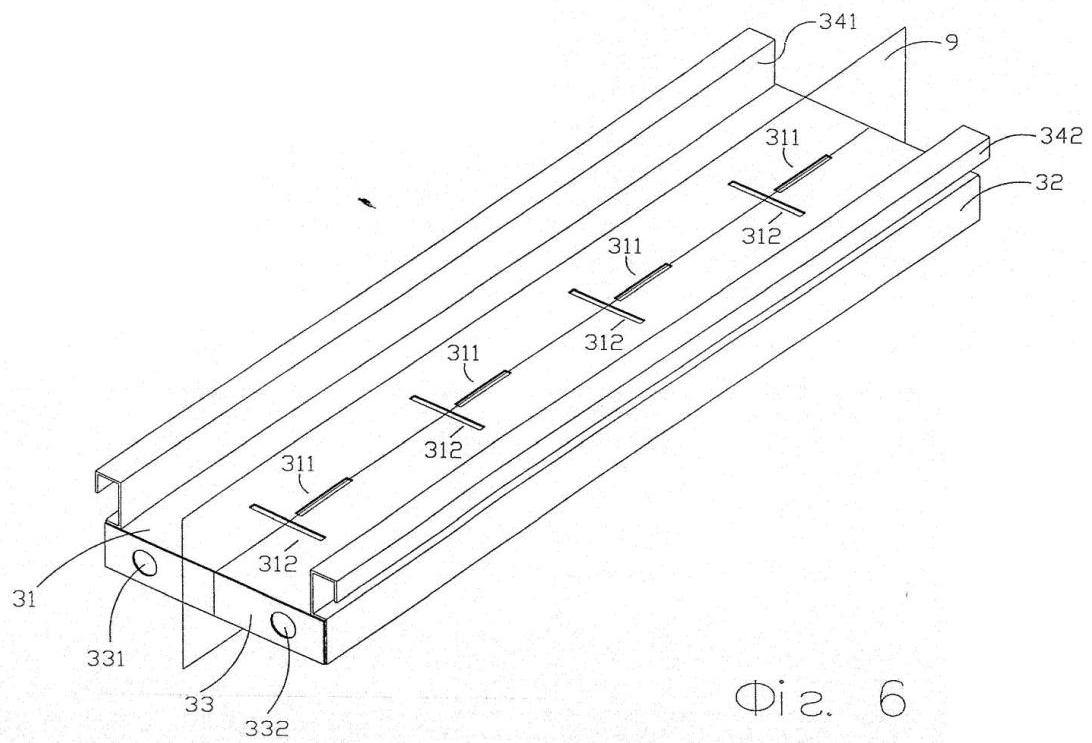
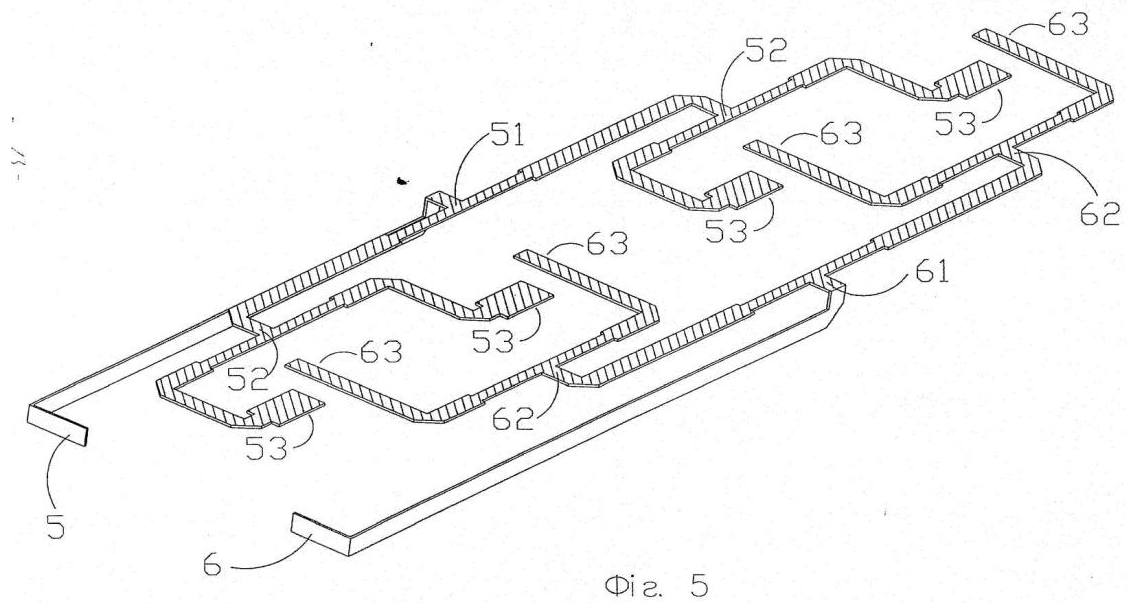


Fig. 3



- 12 -

Fig. 4



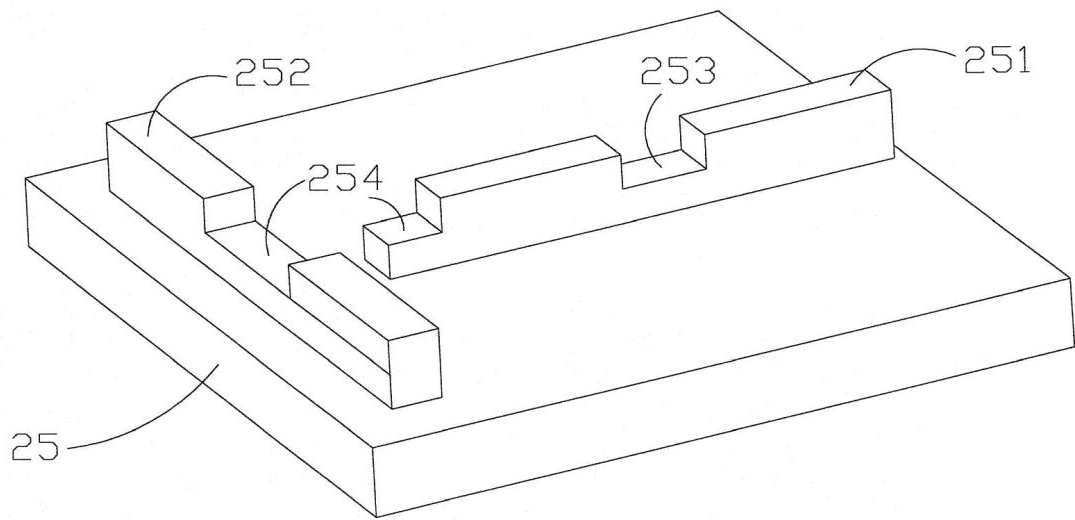


Fig. 7



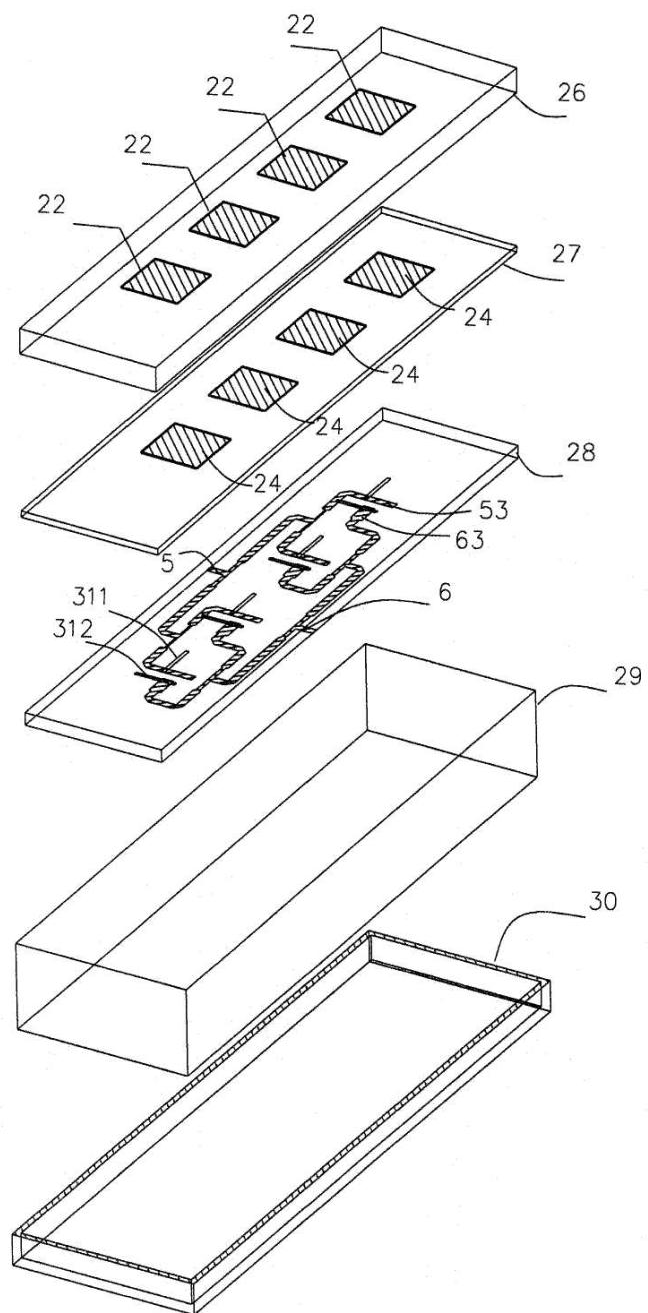


Fig. 8

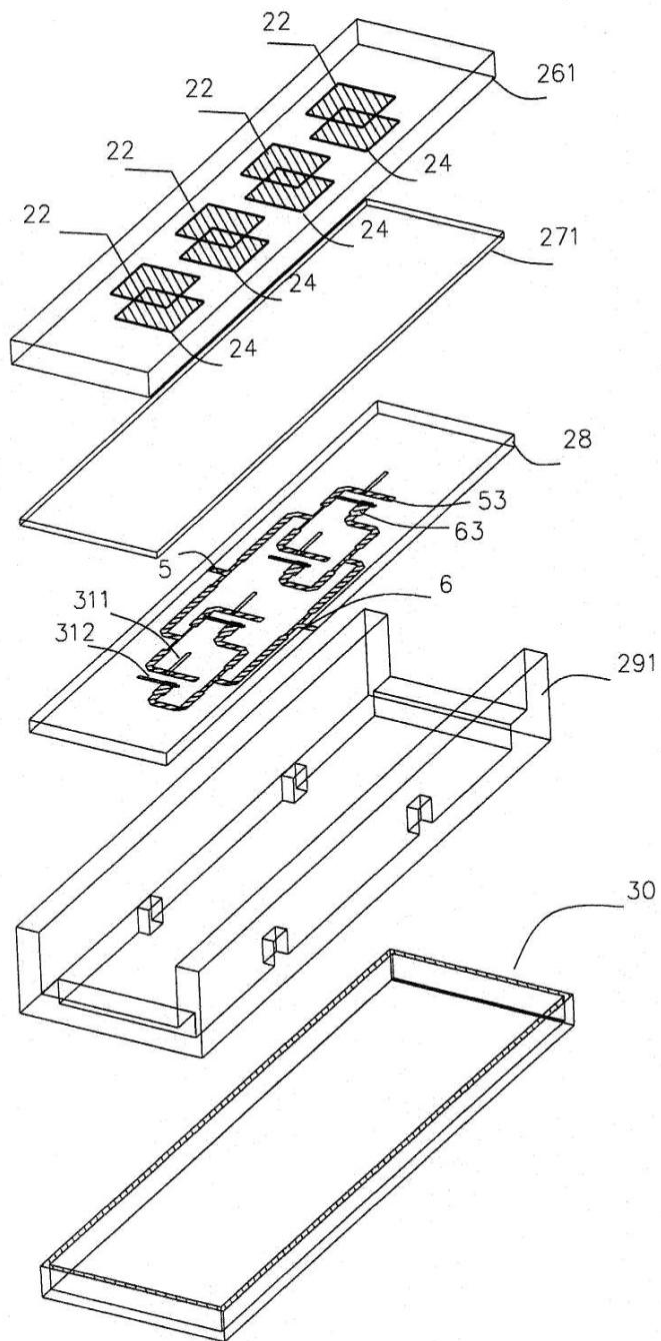


Fig. 9