**Цалієв Тамерлан Амранович. Апертурні антени з дискретною робочою поверхнею(основи теорії та дифракційний аналіз) : Дис... д-ра наук: 05.12.07 - 2007.**

|  |  |
| --- | --- |
|

|  |
| --- |
| **Цалієв Т. А. Апертурні антени з дискретною робочою поверхнею** (основи теорії та дифракційний аналіз). – Рукопис.Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.12.07 – антени та пристрої мікрохвильової техніки. – Одеська національна академія зв’язку ім. О.С. Попова, Одеса, 2007.Дисертацію присвячено розробці основ теорії, розвитку методів дифракційного аналізу й дослідженню електродинамічних характеристик нового класу апертурних антен – пристроїв із дискретними робочими поверхнями. Сформульовані визначення, здійснена класифікація, представлені ідеї та принципи побудови дискретних поверхонь, які розглядаються як елементи апертурних антен. Запропоновані й удосконалені методи дифракційного аналізу, які засновані на розв'язку інтегральних рівнянь. Метод дифракційного аналізу характеристик антенних елементів з ідеально провідною дискретною поверхнею, складається в послідовному двохетапному чисельному рішенні відповідної дифракційної задачі. Його розвитком й удосконаленням є розроблений та апробований метод фазової корекції.З використанням запропонованих методів і створених математичних моделей реалізовано чисельне рішення відповідних двовимірних дифракційних задач та проведено аналіз властивостей різноманітних дискретних поверхонь. Вперше вивчені основні фізичні закономірності при змінах кількості шарів, геометричних параметрів, довжини хвилі, характеру поверхневого імпедансу та амплітудного розподілу падаючого поля. Проведено порівняння напрямлених, фокусуючих і частотних властивостей усіх досліджуваних антенних пристроїв з аналогічними властивостями суцільних параболічних дзеркал. На основі проведених натурних експериментів досліджені спрямовані властивості дзеркальних і лінзових антен з дискретною й модифікованою дискретною робочою поверхнею. |

 |
|

|  |
| --- |
| У дисертаційному дослідженні дані теоретичне узагальнення й нове вирішення наукової проблеми, що полягає в розробці основ теорії, дифракційному аналізі й експериментальному дослідженні характеристик нового класу апертурних антен – антенних пристроїв з дискретними робочими поверхнями. Основні наукові й прикладні результати дисертаційної роботи наступні:1. З використанням системного підходу вперше сформульовані необхідні визначення, здійснена класифікація, представлені ідеї та принципи побудови дискретних поверхонь, які розглядаються як елементи апертурних антен, запропоновані й удосконалені методи дифракційного аналізу, що засновані на розв'язку інтегральних рівнянь. Цей підхід уперше дає можливість коректного й адекватного дослідження направлених, фокусуючих і частотних властивостей плоских і неплоских, одношарових і багатошарових, симетричних, асиметричних і конформних, ідеально провідних й імпедансних двовимірних дискретних поверхонь. Отримані результати слугуватимуть для подальшого розвитку теоретичних та практичних досліджень, аналізу та синтезу електродинамічних властивостей таких антен.
2. Особливість запропонованого в роботі методу дифракційного аналізу характеристик антенних елементів з ідеально провідною дискретною поверхнею складається в послідовному двохетапному підході до чисельного рішення відповідної дифракційної задачі, за якого спочатку шляхом рішення еталонній задачі розраховується АФР поверхневої щільності струмів і розсіяних полів, уточнюються положення фокальних точок, і тільки після цього дифракційна задача вирішується заново й визначаються потрібні електродинамічні характеристики. Розвитком й удосконаленням такого двохетапного підходу є запропонований й апробований у дисертації метод фазової корекції, що дозволяє скорегувати геометричні параметри дискретної поверхні з урахуванням фазового розподілу падаючого поля.
3. З використанням запропонованих методів і створених математичних моделей реалізовано чисельне рішення відповідних двовимірних дифракційних задач і проведений аналіз властивостей дискретно-плоских поверхонь. Вперше вивчені основні фізичні закономірності, що стосуються розподілів струмів на поверхні дискретних елементів, АФР полів у розкриві, на поздовжній осі та у фокальній області, діаграм спрямованості й розсіювання, змін величини КСД і розташування фокальних точок для дискретно-плоских лінз і рефлекторів різного типу при зміні геометричних параметрів, довжини хвилі, характеру поверхневого імпедансу та амплітудного розподілу падаючого поля.
4. Сформульовані ідеї та розроблені принципи побудови дискретно-плоских поверхонь нового типу – модифікованих поверхонь Френеля. З використанням запропонованих методів і створених математичних моделей реалізовано чисельне рішення відповідних дифракційних задач і проведено аналіз електродинамічних характеристик, за якого вперше вивчені основні фізичні закономірності, що стосуються АФР полів у розкриві, на поздовжній осі та у фокальній області, діаграм спрямованості й розсіювання, змін величини КСД і розташування фокальних точок модифікованих лінз і рефлекторів Френеля при варіації геометричних параметрів і довжини хвилі.
5. Розроблені принципи побудови й створені математичні моделі дискретно-неплоских симетричних й асиметричних, параболічних і кругових, еліптичних і гіперболічних, а також конформних поверхонь, розглянутих як рефлектори дзеркальних антен. З використанням запропонованих методів реалізовано чисельне рішення відповідних дифракційних задач і проведено аналіз, за якого вперше вивчені фізичні закономірності, що стосуються основних електродинамічних характеристик таких рефлекторів.
6. Проведено порівняння направлених, фокусуючих і частотних властивостей всіх досліджуваних антенних пристроїв з аналогічними властивостями нерозривних ПД, що дозволило детально вивчити особливості впливу орієнтації векторів падаючого поля, геометричної конфігурації й характерних розмірів дискретно-плоских поверхонь на їхні характеристики й з'ясувати можливості практичного використання їх як елементів антен, об'єктивно виявити можливі переваги й недоліки. Сформульовано поняття ефективності випромінювання для оцінки завадозахищеності антен середньої й високої спрямованості в межах заданого кутового сектора..
7. Шляхом чисельного рішення дифракційних задач із застосуванням відповідних двовимірних математичних моделей досліджено характеристики дзеркальних антен з дискретно-параболічним або з багатошаровим дискретно-плоским рефлектором і опромінювачем у вигляді плоского хвилеводу.

В постановці цих задач система "рефлектор - опромінювач" розглядається як єдина багатозв'язна незамкнута поверхня, що дозволило врахувати не тільки взаємні затінення й перевідбиття між елементами самого рефлектора, але й ефекти затінення розкриву дзеркала й розсіювання поля опромінювачем, багаторазові перевідбиття в системі "рефлектор - опромінювач", а також спрямовані властивості самого опромінювача. Вперше установлені основні закономірності й частотні властивості характеристик спрямованості й розсіювання антен із дискретною робочою поверхнею різних типів.1. На основі проведеного натурного експерименту досліджені спрямовані властивості дзеркальних і лінзових антен з дискретною й модифікованою робочою поверхнею, з осьовою симетрією й офсетних. Результати вимірів виконаних на реальних макетах таких антен дозволили проаналізувати діаграми спрямованості й поляризаційні діаграми спрямованості, обчислити коефіцієнти підсилення, і дали можливість зіставити результати вимірів характеристик досліджуваних об'єктів із результатами чисельного аналізу та експериментально підтвердити можливість практичного використання антенних елементів на основі дискретно-плоских і модифікованих поверхонь.
2. На основі запропонованих математичних моделей і чисельного рішення відповідних дифракційних задач уперше досліджені характеристики антен, що представляють собою системи близько розташованих смужкових випромінювачів з плоскою й циліндричною робочою поверхнею. Проведено аналіз електродинамічних характеристик, впливу форми й характерних розмірів на діаграми спрямованості, а також досліджено характер змін максимального КСД при зміні довжини хвилі. Такий аналіз дозволяє детальніше вивчити спрямовані властивості подібних антен, указує на нові можливості застосування пасивних елементів у мікросмужкових антенних решітках.
3. Більшість досліджених антенних елементів мають низькопрофільну геометричну конфігурацію й плоску (або майже плоску) робочу поверхню і можуть застосовуватися в різноманітних антенних системах наземного й космічного зв'язку, а також у радіоастрономії. Багатошарові дискретно-плоскі поверхні таких антен можуть виготовлятися добре відпрацьованими методами, застосовуваними при виготовленні друкованих плат, а дискретно-імпедансні антенні елементи можуть бути реалізовані у вигляді тонких плівок, на поверхні яких шляхом напилювання металу, діелектрика й магнетика створюються потрібні імпедансні покриття. Плоскі низькопрофільні конструкції АДРП дають можливість реалізувати нескладну технологію збирання антен великих і дуже великих розмірів з відносно невеликих однотипних плоских сегментів.

У дисертації відзначаються переваги низькопрофільних АДРП: конструктивна простота, висока технологічність виробництва, можливе зниження негативного впливу теплових і механічних деформацій, низька металоємність і масо-габаритні характеристики, знижена радіолокаційна помітність поза робочою смугою частот, можливість конструктивного синтезу й оптимізації профілю антени, невисокий рівень кросполяризації, можливість створення оптично малопомітних конформних конструкцій.Конструкція АДРП у вигляді модифікованих лінз Френеля проста й не потребує особливої точності виготовлення її елементів. Такі лінзи можуть бути використані як коліматори й фокусуючі пристрої, наприклад, у системах радіобачення. Порівняно зі дзеркальними антенами вони, маючи малу металоємність і хороші масо-габаритні характеристики, у той же час забезпечують малі перевідбиття в системі "досліджуваний об'єкт" – "лінза", а порівняно з лінзами Френеля мають кращі АФР поля в розкриві. Антени на основі модифікованих лінз Френеля можуть також знайти застосування в тих ситуаціях, коли істотні поздовжні аеродинамічні або гідродинамічні потоки не дозволяють застосовувати апертурні антени інших типів.Циліндричні дискретно-смужкові антени, маючи колову діаграму спрямованості, можуть використовуватися, наприклад, у системах мобільного зв'язку або цифрового радіомовлення та телебачення, їхні конструктивні особливості сприяють можливості використання несучої конструкції (щогли) як елемента антени, високої технологічності виготовлення й простої системи живлення антени, зниженню масо-габаритних показників і вартості при масовому виробництві. |

 |