

АНТЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО СКАНИРОВАНИЯ

А.В. Хлуднева, М.В. Михайлов, В.В. Паслен

Донецкий национальный технический университет, Украина

Рассматриваются модели новых антенных систем электронного сканирования, принцип работы которых базируется на свойствах реверсивных сред, а также обосновывается целесообразность применения реверсивных сред в антенной технике. Что позволяет достичь высоких скоростей сканирования и усовершенствовать характеристики антенных систем, а именно получить диаграмму направленности антенн необходимой ширины и производить оперативное управление ее формой во время сканирования по заданному закону.

Введение

Неотъемлемыми составными частями современных радиотехнических средств являются антенные системы. Их используют для определения направления на источник излучения или для исследования положения многих источников излучения в окружающем пространстве, что делает актуальными задачу оперативного управления формой характеристики направленности антенны и, в частности, задачу сканирования диаграммы направленности в пространстве. Существующие ранее способы механического и электромеханического сканирования не удовлетворяют современным требованиям к скорости обзора пространства и не дают возможности одновременно следить за перемещениями нескольких быстро движущихся объектов. Нами предлагается способ электронного сканирования, основанный на выполнении зеркала антенны из радиопрозрачного материала, покрытого реверсивной пленкой.

В предлагаемом нами способе сканирования поверхность реверсивной среды освещается интенсивным световым пятном необходимой формы и размеров, изменение размеров светового пятна приводит к изменению ширины диаграммы направленности и ее формы в заданной плоскости. С помощью последовательного перемещения освещенной (возбуждаемой) области по поверхности зеркала производится сканирование диаграммы направленности в пространстве. При этом скорость сканирования ограничивается только скоростями перехода реверсивной среды из непроводящего состояния в проводящее и перемещения светового воздействия; заданный закон изменения положения освещенной области, а следовательно, и диаграммы направленности антенны в пространстве может быть любым.

Таким образом, данный способ позволяет получить заданную форму и ширину диаграммы направленности антенны в СВЧ-диапазоне, а также управлять диаграммой направленности антенны в процессе сканирования по заданному закону, обеспечивая гибкость траектории и скорость развертки.

Описанный способ сканирования заложен в основу функционирования некоторых разработанных нами антенн, таких как многолучевая сканирующая, многолучевая двухзеркальная сканирующая, многолучевая зеркальная и многолучевая зеркальная со сферическим сканированием. В данных антенных системах за счет воздействия сигналами управления на внутреннюю поверхность зеркала по очереди происходит изменение электродинамических параметров различных участков реверсивного материала, при этом обеспечивается сканирование лучей многолучевой диаграммы направленности в пространстве.

1. Многолучевая сканирующая антенна

Многолучевая сканирующая антенная система имеет зеркало в виде внутренней поверхности тела вращения параболической образующей вокруг оси симметрии и облучатели, расположенные на фокальном кольце. Зеркало антенны выполнено из радиопрозрачного материала, поверхность которого покрыта реверсивным материалом. Кроме того, данная система имеет источник управляющих сигналов, а облучатели расположены с возможностью перемещения в плоскости фокального кольца. Структурная схема антенны изображена на рис. 1.

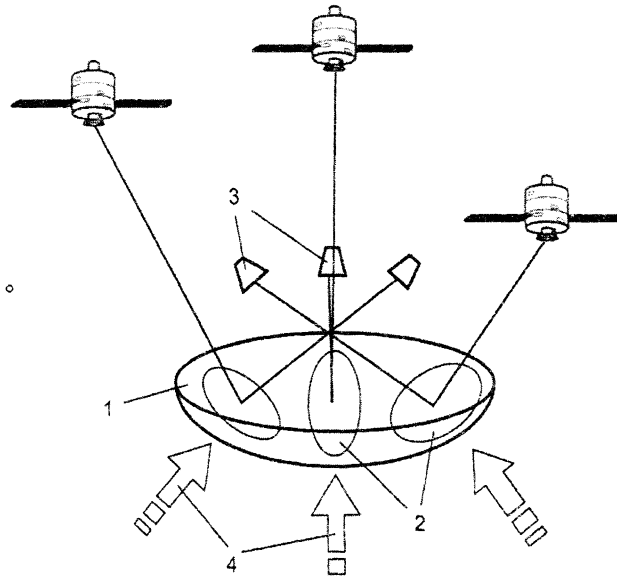


Рис. 1. Многолучевая сканирующая антенна

Данное устройство работает следующим образом. Облучатели 3 перемещаются в плоскости фокального кольца. Источник управляющих сигналов воздействует на поверхность реверсивного материала в областях 2 сигналами 4 на зеркале 1. В областях падения света на реверсивный материал происходит резкое изменение параметров материала за счет генерации неравновесных носителей тока, которые изменяют электромагнитные характеристики материала, материал приобретает металлические свойства, что позволяет отражаться электромагнитной волне. Это приводит к формированию нескольких лучей диаграммы направленности.

Перемещение области управляющего воздействия позволяет по очереди изменять проводимость различных участков полупроводниковых пластин. Это дает возможность сканирования лучей диаграммы направленности в широком секторе углов.

Таким образом, использование данной многолучевой сканирующей зеркальной антенны позволяет создавать многолучевую диаграмму направленности антенны с возможностью сканирования лучей диаграммы направленности в широком секторе углов [1].

2. Многолучевая двухзеркальная сканирующая антенна

В рассмотренной выше конструкции не представляется возможным расширение сектора сканирования, потому что угол раскрытия антенны является неизменным для зеркала фиксированного диаметра. Конструкция не предусматривает увеличение усиления антенны на величину большую, чем максимально возможная величина для данного зеркала, и уменьшение ширины лучей диаграммы направленности.

Данные недостатки устраняются за счет усовершенствования рассмотренной антенной системы путем введения в ее состав помимо основного еще и дополнительного параболического зеркала, выполненного из радиопрозрачного материала. Основное зеркало расположено в области раскрыва дополнительного параболического, причем фокус основного параболического зеркала совпадает с фокусом дополнительного параболического, а внутренняя поверхность основного зеркала и внешняя поверхность дополнительного параболического покрыты реверсивным материалом. Кроме того, антенна имеет дополнительный источник управляющих сигналов, расположенный на обратной стороне дополнительного параболического зеркала.

В соответствии с заданным сектором сканирования, шириной лучей диаграммы направленности и усилением антенны выбирается зеркало, которое будет находиться в режиме отражения электромагнитных волн, а также источник управляющих сигналов, который будет воздействовать сигналами управления на выбранное зеркало. При этом другое зеркало, на которое не будут воздействовать сигналы управления, находится в режиме пропускания электромагнитных волн. Облучатели обеспечивают создание лучей диаграммы направленности. Возможность выбора параболического зеркала, которое будет отражать электромагнитные лучи, обеспечивает расширение сектора сканирования, создание лучей диаграммы направленности различной ширины, а также возможность изменения усиления антенны. Структурная схема антенны изображена на рис. 2.

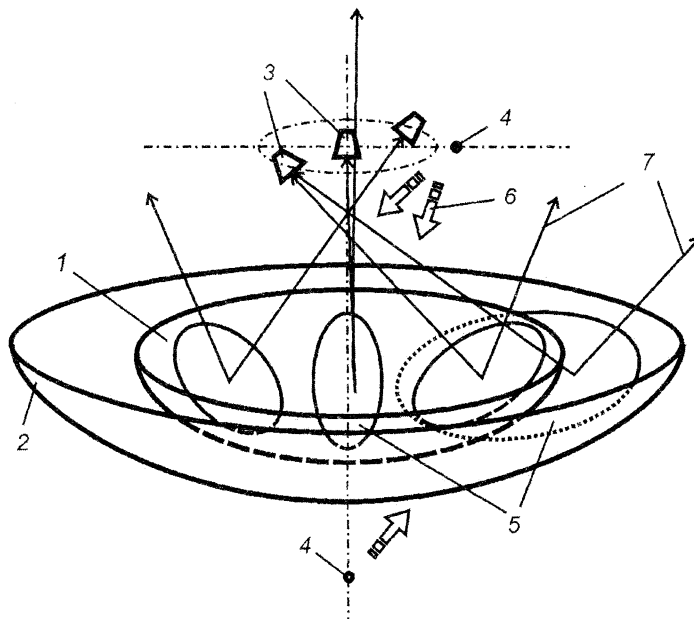


Рис. 2. Многолучевая двухзеркальная сканирующая антенна

Принцип осуществления сканирования данной антенной системой аналогичен принципу осуществления сканирования в многолучевой сканирующей антенне. Таким образом, использование данной многолучевой двухзеркальной сканирующей антенны

позволяет расширять сектор сканирования, создавать лучи диаграммы направленности различной ширины, а также изменять усиление антенны [2].

3. Многолучевая зеркальная антенна

В многолучевой зеркальной антенне зеркало выполнено в виде внутренней поверхности тела вращения параболической образующей вокруг оси, перпендикулярной фокальной оси и проходящей через фокус параболы. Зеркало выполнено из радиопрозрачного материала, а его внутренняя поверхность покрыта реверсивным материалом. Антенная система имеет в своем составе источник управляющих сигналов и облучатели, расположенные таким образом, чтобы иметь возможность перемещаться на оси, перпендикулярной фокальной оси, которая проходит через фокус параболы. Структурная схема антенны изображена на рис. 3.

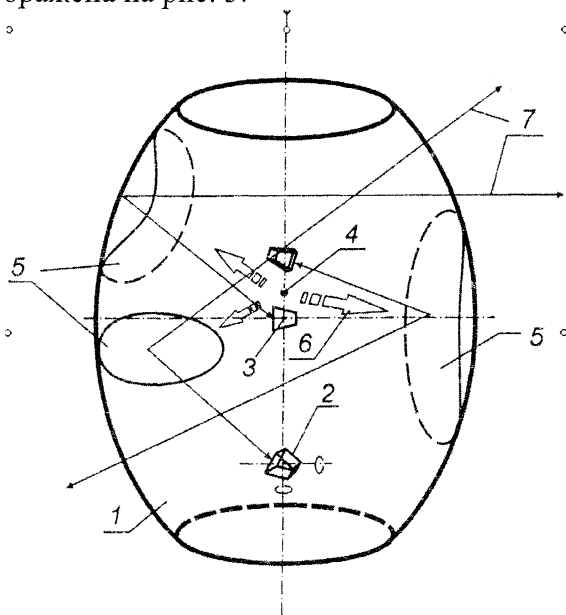


Рис. 3. Многолучевая зеркальная антенна

Описанное устройство работает следующим образом. Облучатели 2 перемещаются по оси, перпендикулярной фокальной оси, которая проходит через фокус 3 параболы. Источник управляющих сигналов 4 воздействует на поверхность реверсивного материала в областях 5 сигналами 6 на зеркале 1. В областях падения света на реверсивный материал происходит изменение электропроводности этого материала, в результате чего он приобретает металлические свойства, что позволяет отражать электромагнитные волны. Это приводит к формированию нескольких лучей диаграммы направленности.

Перемещение области управляющего воздействия позволяет по очереди изменять проводимости различных участков полупроводниковой пластины. Это дает возможность кругового сканирования лучей диаграммы направленности в пространстве. Ширина лучей диаграммы направленности зависит от размера, формы и ориентации возбужденных областей.

Таким образом, использование данной многолучевой зеркальной антенны позволяет создавать многолучевую диаграмму направленности антенны с круговым сканированием лучей диаграммы направленности в пространстве [3].

4. Многолучевая сферическая зеркальная антенна

Конструкция многолучевой сферической зеркальной антенны имеет ряд недостатков. В конструкции невозможно производить сканирование под углом, близким к перпендикуляру фокальной оси, т. е. невозможно производить сферическое сканирование лучей диаграммы направленности в пространстве. Кроме того, особенности конструкции данной антенны не позволяют получить неизменную диаграмму направленности в широком секторе углов.

Устранение перечисленных недостатков реализуется в многолучевой сферической зеркальной антенне. Зеркало данной антенны 1 образовано вращением круговой образующей, за счет чего геометрическая форма возбужденного участка поверхности зеркала не зависит от направления воздействия сигнала управления, что позволяет получить неизменную диаграмму направленности в пространстве и дает возможность сферического сканирования ее лучей. Кроме того, облучатели размещены с возможностью перемещения по сфере фокуса. Структурная схема многолучевой сферической зеркальной антенны изображена на рис. 4.

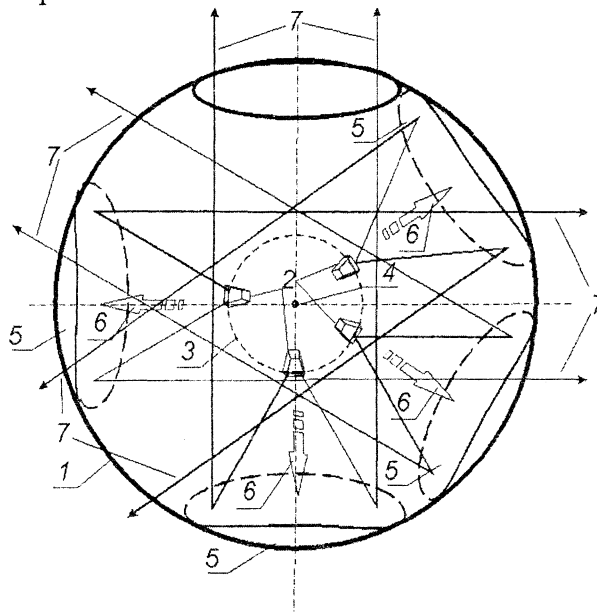


Рис. 4. Многолучевая сферическая зеркальная антенна

Работу данного устройства можно описать следующим образом. Облучатели 2 перемещаются по сфере фокуса 3. Источник управляющих сигналов 4 воздействует на поверхность реверсивного материала сигналами управления 6, и на внутренней поверхности антенны формируются возбужденные области 5, геометрическая форма которых не зависит от направления сигнала управления. При этом формируется несколько лучей диаграммы направленности.

Перемещение области управляющего воздействия позволяет по очереди изменять проводимость различных участков реверсивной поверхности. Это дает возможность сферического сканирования лучей диаграммы направленности в пространстве. Ширина лучей диаграммы направленности зависит от размеров и формы возбужденных областей.

Итак, использование данной многолучевой сферической зеркальной антенны позволяет создавать многолучевую диаграмму направленности антенны со сферическим сканированием лучей диаграммы направленности в пространстве [4].

Заклучение

Рассмотренный в статье метод электронного сканирования обладает рядом преимуществ, которые существенно расширяют возможности его дальнейшего использования, что видно из разработанных моделей антенных систем. Возможность применения данного метода сканирования неоднократно докладывалась на международных конференциях в Днепропетровске, Таганроге и Харькове [5-8].

Список литературы

1. Багатопроменева дзеркальна антена: деклараційний пат. № 13225 України / А.А. Хорхордин, В.В. Паслен; опубл. 15.03.06 // Бюл. № 3. – 2006.
2. Багатопроменева дзеркальна антена: деклараційний пат. № 20355 України / М.В. Михайлов, А.А. Хорхордин, В.В. Паслен; опубл. 15.01.07 // Бюл. № 1. – 2007.
3. Багатопроменева дзеркальна антена: деклараційний пат. № 13127 України / А.А. Хорхордин, В.В. Паслен; опубл. 15.03.06 // Бюл. № 3. – 2006.
4. Багатопроменева дзеркальна скануюча антена: деклараційний пат. № 20781 України / А.А. Хорхордин, М.В. Михайлов, В.В. Паслен; опубл. 15.02.07 // Бюл. № 2. – 2007.
5. Хорхордин А.А., Носко Ю.В., Паслен В.В. О возможности использования реверсивных сред в антенной технике // VI Международная молодежная научно-практическая конференция «Человек и космос»: сборник тезисов. – Днепропетровск: НЦАОМУ, 2004. – С. 296.
6. Хорхордин А.А., Паслен В.В. Применение реверсивных сред в антенной технике / Излучение и рассеяние электромагнитных волн: Материалы Международной конференции «Излучение и рассеяние ЭМВ – ИРЭМВ-2005». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – С. 312–314.
7. The new antenna systems with electronic scanning / A.V. Khludneva, M.V. Mihailov, P.A. Petrushkevich [et al.] // Излучение и рассеяние электромагнитных волн: труды Международной конференции «Излучение и рассеяние ЭМВ – ИРЭМВ-2007». Т.1. – Таганрог: Изд-во ТТИЮФУ, 2007. – С. 61–64.
8. Хорхордин А.А., Михайлов М.В., Паслен В.В. Новое в технике антенного сканирования // Международная научно-практическая конференция «Университетские микроспутники – перспектива и реальность»: сборник тезисов. – Днепропетровск: НЦАОМУ, 2006. – С. 69.