

УДК 621.373 (043.3)

В.И. Карпенко, Г.А. Моисеева

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ОТРАЖЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ, СОДЕРЖАЩЕЙ ПОЛУПРОВОДНИК, В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Проведен анализ комплексного коэффициента отражения многослойной структуры, содержащей полупроводниковый слой, в миллиметровом диапазоне длин волн. Сформулированы требования к основным параметрам многослойных структур, обеспечивающим повышение эффективности управления их отражательными характеристиками.

комплексный коэффициент отражения, многослойная структура, полупроводник

Введение

В настоящее время серьезное внимание уделяется разработке материалов с изменяющимися отражательными характеристиками для использования их в различных областях техники и для проведения научных исследований [1 – 6].

Анализ, проведенный в [6], подтверждает сделанный ранее вывод [4] о возможности повышения эффективности отражения электромагнитного поля миллиметрового диапазона длин волн при помещении управляемого полупроводникового слоя в резонансную интерференционную систему.

Однако, проанализированная в [6] интерференционная система, состоящая из полупроводникового слоя на кварцевой подложке, установленного на металлический экран, обладает существенным недостатком: система с подобной структурой эффективна по управлению лишь для фиксированной длины волны СВЧ излучения. При изменении длины волны либо направления прихода электромагнитного излучения (не по нормали к покрытию) система снижает свою эффективность.

Целью настоящей работы является выявление возможностей повышения эффективности управления комплексным коэффициентом отражения электромагнитного излучения в многослойных структурах, содержащих полупроводниковый слой, в миллиметровом диапазоне длин волн.

Основной материал

Для гибкой подстройки управляемого покрытия под изменяющуюся длину волны СВЧ излучения или под угол прихода излучения целесообразно ввести между полупроводниковым слоем на кварцевой подложке и металлическим экраном регулируемый воздушный промежуток. Так как полупроводниковый слой на кварцевой подложке достаточно хрупок, то целесообразно закрепить его на материале с показателем преломления, близким к показателю преломления кварца. Такими материалами могут служить оргстекло ($n = 2,1 \dots 2,2$) или полистирол ($n = 1,9 \dots 2,0$). С конструктивной точки зрения целе-

сообразно закрепить подложку с полупроводниковым слоем на оргстекле или полистироле таким образом, чтобы регулируемый воздушный зазор находился бы между полупроводником и металлическим экраном. Управляемое покрытие с предлагаемой структурой схематически представлено на рис. 1.

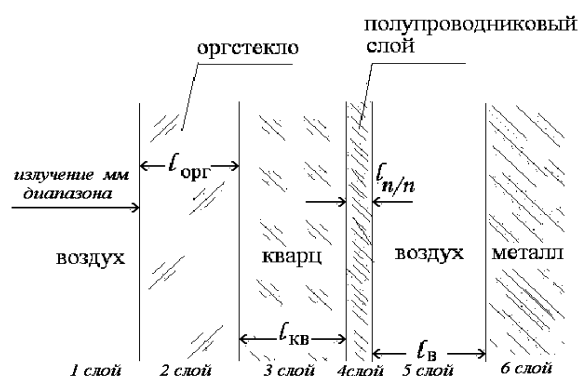


Рис. 1. Управляемое покрытие с закреплённой на оргстекле подложкой с полупроводниковым слоем

Произведен расчет квадрата модуля коэффициента отражения покрытия с заданной структурой при помощи компьютерного моделирования. Параметры структуры при этом выбирались следующими:

$$l_{\text{орг}} = l_2 = 4 \text{ мм}; \quad n_{\text{орг}} = n_2 = 2,2; \quad l_{\text{кв}} = l_3 = 1 \text{ мм};$$

$$n_{\text{кв}} = n_3 = 1,95; \quad l_{\text{пп}} = l_4 = 0,2 \text{ мм}; \quad \epsilon = 11,6;$$

$$l_5 = l_в - \text{переменный параметр (0–8 мм)}; \quad \lambda = 8 \text{ мм}.$$

Для определения оптимальной величины воздушного зазора, при которой рассматриваемое интерференционное покрытие становится резонансным, исследовалась зависимость квадрата модуля коэффициента отражения R_0 от толщины воздушного промежутка l_5 . Проводимость G задавалась фиксированной, $G = 3, 10, 30 \text{ (Ом}^{-1}\text{м}^{-1}\text{)}$. Результаты расчётов R_0 от толщины воздушного промежутка l_5 представлены на рис. 2. Из полученных графиков следует, что интерференционная система данной структуры становится резонансной при толщине воздушного зазора $l_5 = 1,6 \text{ мм}; 5,6 \text{ мм}$ и т.д.

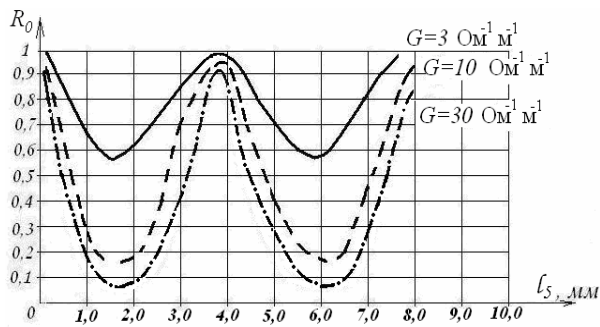


Рис. 2. Зависимость квадрата модуля коэффициента отражения от толщины воздушного промежутка

Для оценки возможности эффективного управления данной структурой исследованы зависимости квадрата модуля коэффициента отражения покрытия от проводимости G при $\lambda = 8$ мм, $l_s = l_B = 1,6$ мм. Проводимость G изменялась от 0 до 100 ($\text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$). Результаты расчёта приведены на рис. 3.

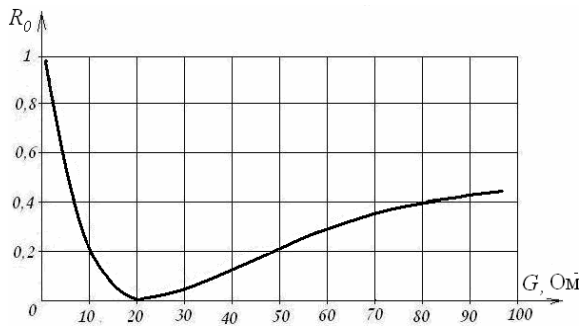


Рис. 3. Зависимость квадрата модуля коэффициента отражения покрытия от проводимости

Анализ зависимости, приведенной на рис. 3, показывает, что при изменении проводимости G в пределах от 0 до 30 ($\text{Ом}^{-1}\text{м}^{-1}$) квадрат модуля коэффициента отражения изменяется практически от значений, близких к единице, до значений, близких к нулю.

Выводы

Таким образом, проведенный анализ подтверждает сделанный ранее вывод о том, что использование многослойных интерференционных покрытий с полупроводниковым управляемым слоем значительно

повышает эффективность управления коэффициентом отражения СВЧ излучения по амплитуде. Причём, в резонансных интерференционных покрытиях может быть достигнута практически стопроцентная амплитудная модуляция коэффициента отражения при фиксированном изменении проводимости полупроводникового управляемого слоя различными способами, и, в первую очередь, электрическими.

Управляемый по глубине воздушный зазор при фиксированных параметрах полупроводникового покрытия может эффективно использоваться для гибкой подстройки интерференционного покрытия к условиям резонанса при изменении длины волны либо угла прихода электромагнитного излучения.

Список литературы

1. Андреев Г.А. Отражение и рассеяние миллиметровых волн земными покровами // *Зарубежная радиоэлектроника*. – 1980. – № 9. – С. 3-34.
2. Андреев Г.А. Статистические характеристики сигналов, отражённых от радиолокационных целей в миллиметровом диапазоне волн // *Научный Вестник МГТУГА*. – 1999. – № 21. – С. 155-157.
3. Характеристики рассеяния радиолокационных целей / Е.Л. Казаков, В.Б. Бзот, А.Е. Казаков, В.Л. Павлов, Ю.М. Шишкин; Под ред. Е.Л. Казакова. – Х., 2006. – 185 с.
4. Карпенко В.И., Голуб Ю.В., Франков А.В. Применение среды с высокой диэлектрической проницаемостью для увеличения сектора сканирования диаграммы направленности антенны в мм диапазоне длин волн // *Тез. докл. I Межд. конф. «Теория и техника антенн»*. – Х., ХТТУРЭ, 1995. – С. 37.
5. Доля Г.Н., Катунин А.Н., Моисеева Г.А., Ганжа Д.Н., Тыщук С.А. Экспериментальные исследования особенностей отражения лазерного излучения от комбинированных дифракционно-отражающих покрытий // *Збірник наукових праць ХВУ*. – Х.: ХВУ, 2003. – Вип. 3 (46). – С. 79-81.
6. Моисеева Г.А. Анализ возможности управления комплексным коэффициентом отражения многослойной структуры, содержащей полупроводник, в мм диапазоне // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХУПС, 2006. – № 9 (58). – С. 62-65.
7. Борн М., Вольф Э. *Основы оптики*; пер. с англ. – М.: Наука, 1973. – 855 с.

Поступила в редколлегию 7.02.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Карлов, Харьковский университет Воздушных сил им. И. Кожедуба, Харьков.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ КОМПЛЕКСНИМ КОЕФІЦІЄНТОМ ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ БАГАТОШАРОВОЇ СТРУКТУРИ, ЩО МІСТИТЬ НАПІВПРОВІДНИК, В МІЛІМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ ДОВЖИН ХВИЛЬ

Карпенко В.І., Моисеева Г.О.

Проведено аналіз комплексного коефіцієнта віддзеркалення багатошарової структури, що містить напівпровідниковий шар, в міліметровому діапазоні довжин хвиль. Сформульовано вимоги до основних параметрів багатошарових структур, що забезпечують підвищення ефективності управління їх відбивними характеристиками.

Ключові слова: комплексний коефіцієнт віддзеркалення, багатошарова структура, напівпровідник.

INCREASE OF EFFICIENCY MANAGEMENT COMPLEX COEFFICIENT OF REFLECTION OF MULTI-LAYERED STRUCTURE, CONTAINING SEMICONDUCTOR, IN MILLIMETRIC RANGE OF WAVE-LENGTHS

Karpenko V.I., Moiseeva G.A.

The analysis of complex coefficient of reflection of multi-layered structure, containing a semiconductor layer is conducted, in the millimetric range of wave-lengths. Requirements are formulated to the basic parameters of multi-layered structures, to providing the increase of efficiency of management their reflecting descriptions.

Keywords: complex coefficient of reflection, multi-layered structure, semiconductor.