

Предлагаемые решения позволяют решить как техническую задачу повышения эксплуатационного ресурса изделий, эксплуатируемых под землей, так и вопросы утилизации отработанных отходов РТИ, т. к. резиновая крошка «Модус-0,6» представляет собой продукт переработки вторичного резинового сырья.

Практическое применение полученных результатов видится в обеспечении антикоррозионной защиты оборудования нефтехимической отрасли, эксплуатируемого под землей.

Литература

1. Притула, В.В. Подземная коррозия трубопроводов и резервуаров / В.В. Притула – М.: Акела, 2003. – 225 с.
2. Оленев, Н.М. Хранение нефти и нефтепродуктов. 3-е изд. / Н.М. Оленев – Ленинград: Издательство «Недра», 1964. – 429 с., ил.
3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Подземные резервуары. – Режим доступа: <http://aluva.ru/podzemnye-rezervuary/>. – Дата доступа: 04.10.2014.
4. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Подземные резервуары и емкости. – Режим доступа: <http://mrezervuar.ru/podzemnye-rezervuary-i-emkosti.html>. – Дата доступа: 04.10.2014.
5. Стрижевский, И.В. Подземная коррозия и методы защиты / И.В. Стрижевский – М., 1986. – 324 с.
6. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
7. Кузнецов, М.В. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров / М.В. Кузнецов, В.Ф. Новоселов, П.И. Тугунов, В.Ф. Котов – Москва: Изд-во «Недра», 1992. – 240 с.

В.С. Асадчий (УО «ГГУ им. Ф. Скорины», Гомель)

Науч. рук. **И.В. Семченко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

ЧАСТОТНО-ИЗБИРАТЕЛЬНЫЕ ТЕРАГЕРЦОВЫЕ ПОГЛОТИТЕЛИ ДЛЯ ПЕЧАТИ НА БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЯХ

В последнее время активно исследуются поглотители электромагнитных волн с оптически малыми толщинами. Множество разнообразных моделей таких поглотителей было предложено и исследовано (см. обзор [1]). Однако, большинство всех предложенных поглотителей включают в себе непроницаемую металлическую подложку (отражатель), которая сильно ограничивает возможности и применения данных поглотителей.

Проектирование поглотителей без металлической подложки позволило бы использовать их в качестве «невидимых» сенсоров, волновых фильтров и т. д. В то же время известные терагерцовые поглотители, как правило, имеют линейные размеры, в тысячи раз превышающие размеры их структурных элементов и длину волны, на которой они функционируют. Это приводит к усложнению процесса изготовления терагерцовых поглотителей: необходимо изготавливать структуры с площадями порядка нескольких тысяч квадратных сантиметров, в то время как точность изготовления структурных элементов поглотителя должна быть порядка нескольких десятков микрометров.

Цель данной работы заключается в проектировании печатных (плоских) терагерцовых поглотителей без металлической подложки. Изготовление данных поглотителей может быть проведено с использованием новейшего технологического процесса широкоформатной печати плосковых антенн («roll-to-roll reverse-offset printing»). Данная технология сейчас активно развивается в технологическом центре VTT в Эспоо (Финляндия). Она предоставляет возможность изготавливать образцы с площадью до нескольких квадратных метров и точностью до одного микрометра.

Для того, чтобы оптически тонкая периодическая структура (состоящая из двумерного массива структурных ячеек) полностью поглощала нормально падающее электромагнитное излучение, элементы в каждой структурной ячейке должны иметь следующие электрическую и магнитную поляризуемости:

$$\eta_0 \alpha_{ee} = \frac{1}{\eta_0} \hat{\alpha}_{mm} = i \frac{S}{\omega}, \quad (1)$$

где η_0 – волновой импеданс свободного пространства, ω – циклическая частота, S – площадь ячейки, $\hat{\alpha}_{ee}, \hat{\alpha}_{mm}$ – коллективные электрическая и магнитная поляризуемости каждой ячейки. Поляризуемости связывают электрические и магнитные диполи, индуцированные в ячейке, с известными амплитудами полей падающей волны. Как видно из формулы (1), эффективные поляризуемости, нормированные на импеданс свободного пространства, должны быть равными (что соответствует сбалансированным электрическим и магнитным свойствам всей периодической структуры) и чисто мнимыми (что соответствует резонансу структуры). В работе [2] мы исследовали реализацию данного случая на примере массива правильно подобранных металлических спиралей, спроектированных так, что их электрические и магнитные свойства равнозначны. Каждая ячейка массива содержала одинаковое число право- и левовитковых спиралей. Распределение спиралей должно быть рацемическим,

для того, чтобы в среднем скомпенсировать киральный эффект во избежание паразитной прошедшей волны ортогональной поляризации.

В данной работе исследуется возможность реализации поглотителя, удовлетворяющего условиям (1), с использованием только плоских металлических элементов (полосок). Необходимая геометрия элементарной ячейки поглотителя, состоящая из двухслойного массива металлических полосок, напечатанных на обеих сторонах диэлектрической подложки, изображена на рисунке 1(а).

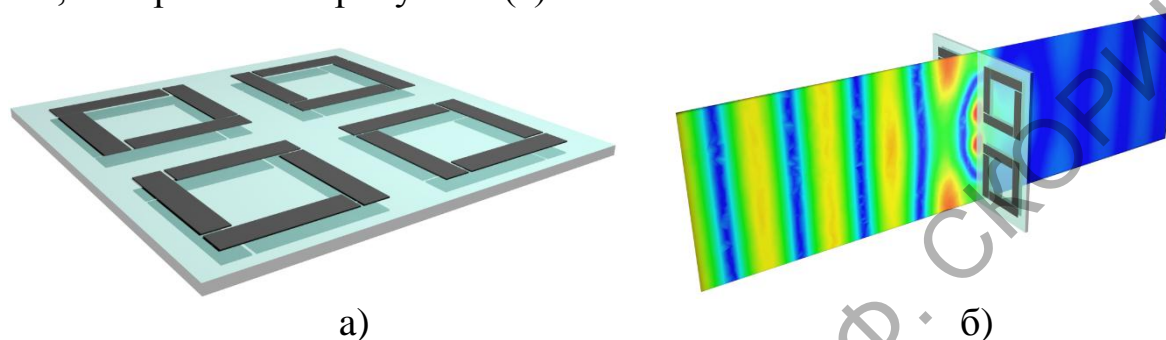


Рисунок 1 – Элементарная ячейка исследуемого поглотителя(а).
Распределение электрического поля падающей волны при взаимодействии с поглотителем(б).

Изображена только одна ячейка. Каждая ячейка состоит из восьми наборов металлических полосок: четыре на одной стороне и четыре на другой стороне диэлектрической подложки [3].

Для того, чтобы достичь необходимого уровня диссипативных потерь энергии в поглотителе, использовались металлические чернила из специального сплава с правильно подобранной электрической проводимостью. Так как поглотитель представляет собой двумерный массив субволновых резонансных элементов, высокий уровень поглощения будет наблюдаться при небольших отклонениях падающей волны от нормали. Распределение электрического поля падающей на поглотитель волны, найденное численно с использованием программного пакета ANSYS HFSS, изображено на рисунке 1(б) (подразумевается резонансная частота). Из рисунка видно, что отражение от структуры пренебрежительно мало (полные поля с левой стороны приблизительно равны полям падающей волны), в то время как прошедшая волна практически отсутствует. Данный поглотитель имеет высокую эффективность (96%) и функционирует одинаково для волн, падающих с обеих сторон.

Реализация плоских широкомасштабных поглотителей, работающих в терагерцовом диапазоне, может найти множество применений для терагерцовых сенсоров, болометров, антенн и других систем. Отсутствие непроницаемой металлической подложки позволит использовать данные поглотители в качестве волновых фильтров или «невидимых» сенсоров.

Литература

1. Ra'di, Y. Thin Perfect Absorbers for Electromagnetic Waves / Y. Ra'di, C.R. Simovski, and S.A. Tretyakov // Phys. Rev. Applied. – 2015. – Vol. 3. – P. 037001.
2. Asadchy, V.S. Broadband Reflectionless Metasheets: Frequency-Selective Transmission and Perfect Absorption / V.S. Asadchy, I.A. Faniayeu, Y. Ra'di, S.A. Khakhomov, I.V. Semchenko, and S.A. Tretyakov // Phys. Rev. X. – 2015. – Vol. 5. – P. 031005.
3. Ye, Y. 90 Degree Polarization Rotator Using a Bilayered Chiral Metamaterial with Giant Optical Activity / Y. Ye, and S. He // Appl. Phys. Lett. – 2010. – Vol. 96. – No. 20. – P. 203501.

А.В. Баглов (УО БГУИР, Минск)

Науч. рук. **В.Е. Борисенко**, д-р физ.-мат. наук, профессор

НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫЕ ПЛЕНКИ ДИОКСИДА ТИТАНА, СФОРМИРОВАННЫЕ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

Приведены результаты по структурным свойствам золь-гель сформированных пленок из диоксида титана, содержащих наноразмерные частицы диоксида титана, микроразмерные частицы диоксида титана и их комбинацию. Установлено, что наиболее пористые покрытия содержат одновременно нано- и микроразмерные частицы титана. Нанесение на пористые покрытия титансодержащего золя уменьшает их удельную площадь, формируя сглаженные, почти монолитные пленки.

Диоксид титана (TiO_2) считается практически идеальным полупроводником для использования в качестве фотокатализатора благодаря его стабильности, высокой фоточувствительности, приемлемой ширине запрещенной зоны, низкой стоимости, безвредности для человека и окружающей среды, а также высокой электронной проводимости [1,2]. Макроскопический диоксид титана принадлежит к числу наиболее часто используемых фотокатализаторов. Использование наноструктурированного диоксида титана повышает его удельную фотокаталитическую эффективность. Значительную роль играют структурные свойства покрытий из наноструктурированного диоксида титана.

Целью наших исследований является сравнительный анализ структурных свойств золь-гель сформированных покрытий из диоксида титана, содержащих наноразмерные, микроразмерные частицы этого материала и их комбинацию в весовой пропорции 1:1, а также оценка влияние нанесения титансодержащего золя на полученные покрытия.