

В целом, прогнозирование показателей качества БРЭУ является важным процессом, который требует тщательной подготовки, использования соответствующих методов и анализа большого количества данных. Это позволяет инженерам и специалистам создавать более надежные и безопасные устройства, что в конечном итоге приводит к повышению эффективности и экономии средств.

Список использованных источников

1. Быков А.П., Пиганов М.Н. Прогнозирование показателей качества бортовых радиоэлектронных устройств // Труды МАИ. 2021. № 116.

Бем Павел Петрович, аспирант каф. КТЭСиУ, bem@testelektro.ru.

Матвеев Дмитрий Викторович, магистрант гр. 6131-110403D, matveev_d.v.1993@mail.ru

УДК 535-15

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТИОТРАЖАЮЩИХ СТРУКТУР НА НЕПЛОСКИХ ОПТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

С.С. Ермаков

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: антиотражающие структуры, инфракрасная оптика, теория эффективных сред.

Практические задачи уменьшения массогабаритных характеристик оптических устройств, например, для датчиков систем ориентации космических аппаратов [1], упрощения юстировки и снижения энергетических потерь оптических систем [2,3] определяют новые требования к разрабатываемым оптическим элементам.

Для снижения потерь энергии на френелевское отражение необходима разработка оптических элементов с антиотражающими покрытиями или антиотражающими структурами на неплоских поверхностях. При работе с плоскими поверхностями низкие значения оптических потерь обеспечивают субволновые антиотражающие структуры [4], одним из преимуществ которых перед интерференционными покрытиями является устойчивость к температурному расширению [5], что позволяет использовать такие структуры для просветления оптических элементов, применяемых в лазерных технологических установках [6]. С учетом необходимости просветления оптических элементов сложной формы актуальна разработка методов расчета и реализации антиотражающих структур на неплоских оптических поверхностях.

Для расчета антиотражающих структур инфракрасного диапазона на неплоских оптических поверхностях целесообразно использовать методы теории эффективных сред [7], при этом необходимо отдельно

рассматривать случаи s и p поляризаций света. Моделирование работы рассчитанных антиотражающих структур с учетом субволновых погрешностей используемой технологии изготовления целесообразно проводить в рамках строгой электромагнитной теории, например, с помощью разностного решения уравнений Максвелла [8].

В данной работе проведен расчёт, оптимизация и численное моделирование бинарных антиотражающих структур на поверхности алмазной подложки ($n = 2,4$) для рабочей длины волны $\lambda = 10,6$ мкм. Выбор длины волны излучения обоснован распространённостью CO₂-лазеров, работающих на данной длине волны, в научных и технических приложениях, таких как медицина [9], лазерное сверление [10] и лазерная резка [11].

Представлен расчёт субволновых антиотражающих структур, осуществленный при помощи теории эффективных сред, показано, как будет меняться коэффициент отражения от таких структур при изменении угла падения света, а также в случае изменения размера и периода структуры при s и p поляризациях падающего излучения.

Приведены результаты численного моделирования рассчитанных структур, выполненного в рамках строгой теории.

Список использованных источников

1. Одинокоев С.Б., Создание ДОО для формирования точечных эталонных изображений в оптических системах [Текст] / С.Б. Одинокоев, Г.Р. Сагателян, М.С. Ковалёв, А.Б. Соломашенко, Е.А. Дроздова // Компьютерная оптика. - 2013. - том 37. - №3. - С. 341-351.

2. Володкин Б.О., Моделирование распространения излучения через антиотражающую решетку, сформированную по технологии штамповки на торец галогенидного ИК-волновода [Текст] / Б.О. Володкин, Д.Л. Головашкин, О.Ю. Моисеев, Ю.А. Орехова, В.С. Павельев // Компьютерная оптика. - 2008. - том 32. - №2. - С. 191-194.

3. Головашкин Д.Л., Моделирование влияния клина травления на фокусировку излучения цилиндрическими микролинзами с высокой числовой апертурой [Текст] / Д.Л. Головашкин, Е.Н. Кашайкина, Ю.А. Орехова // Компьютерная оптика. - 2008. - том 32. - № 1. - С. 47-49.

4. Raguin. D.H., Anti-reflection structured surfaces / D.H. Raguin, G. Michael Morris // Optics and Photonics News. - 1992. - vol. 3. - № 12. - P. 33-33.

5. Jing Liu, Fabrication of micro-nano surface texture by CsCl lithography with antireflection and photoelectronic properties for solar cells / Jing Liu, Marina Ashmkan, Gangqiang Dong, Bo Wang, Futing Yi // Solar Energy Materials and Solar Cells. - 2013. - vol. 108. - P. 93-97.

6. Lynda E. Busse, Antireflective surface structures on optics for high energy lasers / Lynda E. Busse, Catalin M. Florea, L. Brandon Shaw, Jesse A. Frantz, Shyam Bayya, Menelaos K. Poutous, Rajendra Joshi, Ishwar D.

Aggarwal, Jasbinder S. Sanghera // Solid State Lasers XXIII: Technology and Devices. - 2014. - vol. 8959

7. Brent C. Berger, Effective medium approximations for modeling optical reflectance from gratings with rough edges / Brent C. Berger, Thomas A. Germer, Thomas J. Suleski // Journal of the Optical Society of America A. - 2010. - vol. 27. - P. 1083-1090.

8. Головашкин Д.Л., Анализ распространения излучения через фрагменты ДОО с технологическими погрешностями микрорельефа [Текст] / Д.Л. Головашкин // Известия Сибирского отделения Российской академии наук. - 2002. - том 4. - № 1. - С. 68-72.

9. Slatkine M., Sharplan 10.6 μm CO₂ Lasers and Waveguides for Arthroscopic Laser Surgery / Michael Slatkine, Douglass Mead // Arthroscopic Laser Surgery. - 1995. - P. 117-118.

10. Mahdi, M.N., Influence of Exposure Parameters on Nanoliquid-Assisted Glass Drilling Process Using CO₂ Laser / Mohaimen Najah Mahdi, Ahmed Issa, Hala Salman Hasan, Ahmed R. Al-Hamaoy, Muammel M. Hanon // *Photonics*. - 2023. - vol. 10. - № 1. - P. 89-95.

11. Radovanovic M., Experimental investigations of CO₂ laser cut quality: A review. / Miroslav Radovanovic, Milos Madic // Nonconventional Technologies Review. - 2011. - №4. - P. 35-42.

Ермаков Сергей Сергеевич, студент гр. 6282-030401D, ermakov_ss@inbox.ru.

УДК 621.382

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДГОНКИ ТОЛСТОПЛЁНОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Е.В. Исмагилова, Г.П. Шопин, Д.Н. Новомейский
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: толстоплёночный резистор, факельный генератор, точность, электрод.

Существующие методы подгонки толстоплёночных резисторов не позволяют производить точную подгонку с одним рабочим электродом. Решить эту проблему можно путем использования специальным образом установленной группы рабочих электродов.

Предложено устройство для подгонки толстоплёночных резисторов. Отмечены его особенности применения.

Устройство работает по двухтактной схеме следующим образом. В течение первого такта с помощью измерителя сопротивления Z измеряется сопротивление подгоняемого резистора I_2 . При этом измеритель сопротивления Z формирует постоянное напряжение, пропорциональное этому сопротивлению, которое сохраняется на протяжении двух тактов.