

Методы моделирования микрооптоэлектромеханических подсистем.
77-30569/256111

11, ноябрь 2011

авторы: Косолапов И. А., Зинченко Л. А.

УДК. 21474

МГТУ им. Н. Э. Баумана

maks_benbou@mail.ru

Введение

В настоящее время большое распространение получили микросистемы, сочетающие в себе различные физические эффекты. Разработка методов моделирования подсистем различной физической природы [1 – 3], а так же методов перехода между подсистемами различной физической природы, является одним из важнейших задач моделирования.

В работе на примере микрооптоэлектромеханического акселерометра на основе интерферометра Фабри-Перо рассматривается моделирование подсистем различной физической природы, а так же методы перехода между ними с использованием языка формального описания VHDL-AMS.

Междисциплинарные связи между подсистемами различной физической природы

В микрооптоэлектромеханических системах [6] можно выделить три основные подсистемы: оптическую, механическую и электрическую/

Оптическая подсистема моделировалась в пакете MATLAB/Simulink. Данный пакет выбран, исходя из совместимости с языком VHDL-AMS.

VHDL это формальный язык описания цифровой аппаратуры. Расширение AMS позволяет описывать смешанные аналого-цифровые устройства. В [4, 7] приведены математические модели оптической подсистемы исследуемого микрооптоэлектромеханического акселерометра:

$$I = I_0 \frac{R_0 + F \sin \eta \left[R_1 \sin \eta - \frac{\rho_1 \tau_1 \tau'_1}{\rho'_1} \sin(\eta + 2\eta_0) \right]}{1 + F \sin^2(\eta)} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{4\pi}{\lambda} nt \cdot \cos(\theta') \quad (2)$$

$$\tau_1 \tau_2' = \sqrt{T_1 T_2'} = T \quad \rho_1' \rho_2' = \sqrt{R_1' R_2'} = R \quad \text{и} \quad \alpha_1' + \alpha_2' = \alpha \quad (3)$$

$$I = I_0 \frac{T_1 T_2'}{(1 - \rho_1' \rho_2') + 4 \rho_1' \rho_2' \cdot \sin^2 \left(\frac{\alpha_1' + \alpha_2' + \delta}{2} \right)} \quad (4)$$

$$I = I_0 \frac{T^2}{(1 - R)^2 + 4R \cdot \sin^2 \left(\frac{\alpha + \delta}{2} \right)} \quad (5)$$

Выбранные модели были реализованы в специальном модуле в пакете MATLAB/Simulink, позволяющем рассчитывать параметры интерферометра. На основе разработанного программного обеспечения были получены зависимости чистоты отражения от коэффициента отражения зеркала (рис. 1), зависимость коэффициента контрастности от коэффициента отражения (рис. 2), а так же интенсивность излучения после прохождения интерферометра (рис. 3).

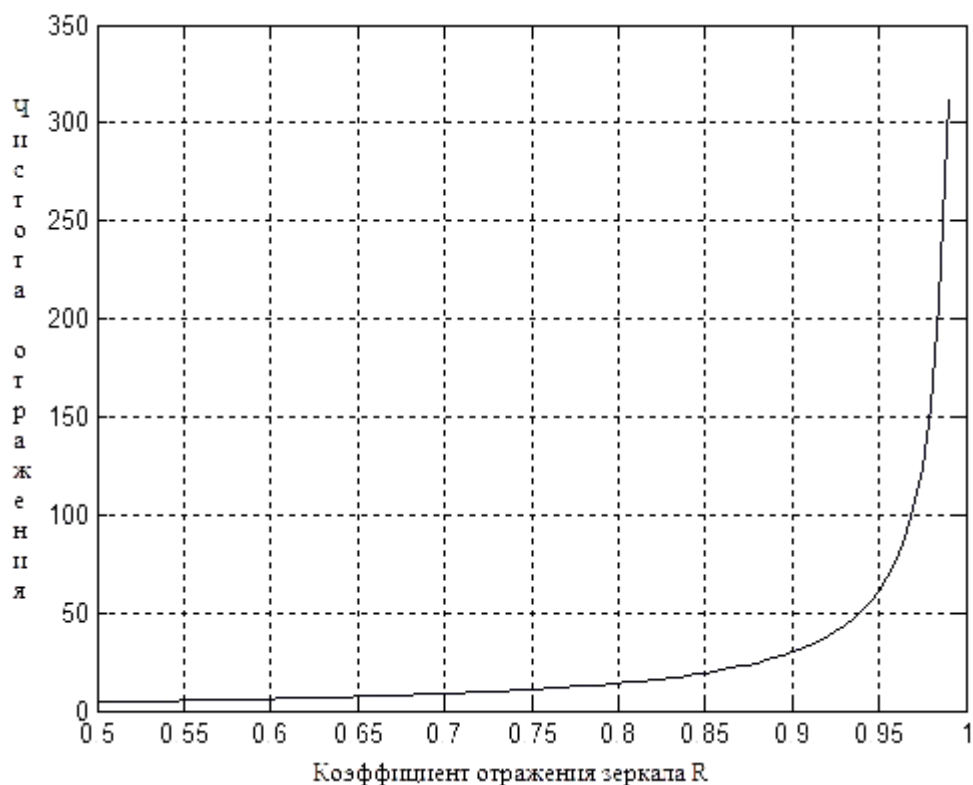


Рисунок 1 - Зависимость чистоты отражения от коэффициента отражения зеркала R.

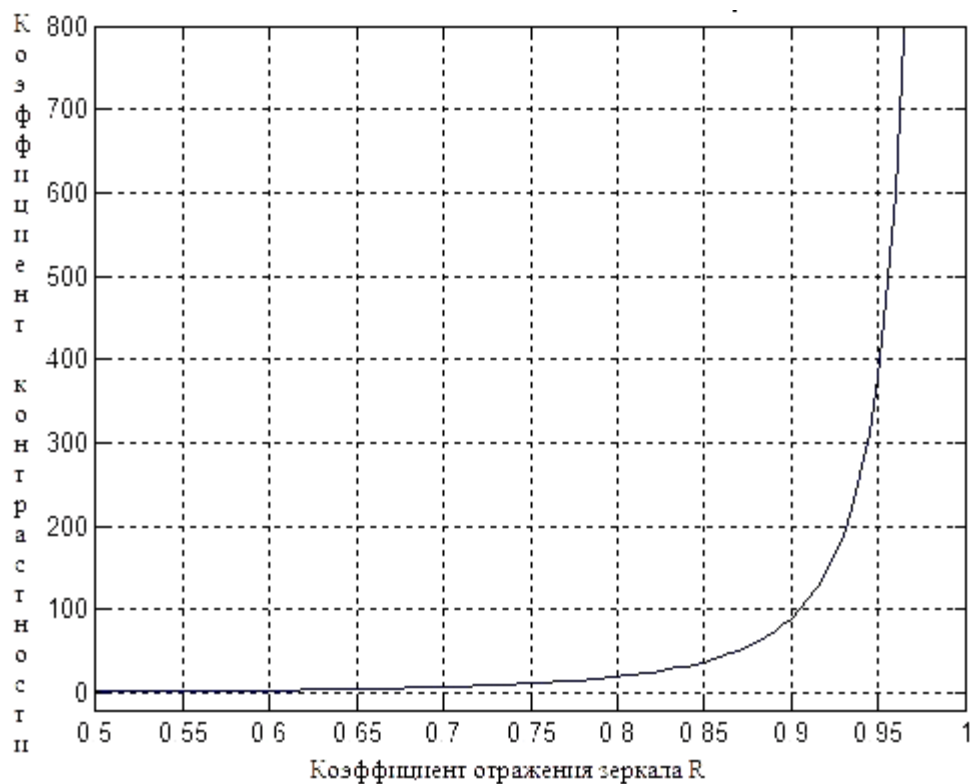


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента контрастности от коэффициента отражения зеркала R.

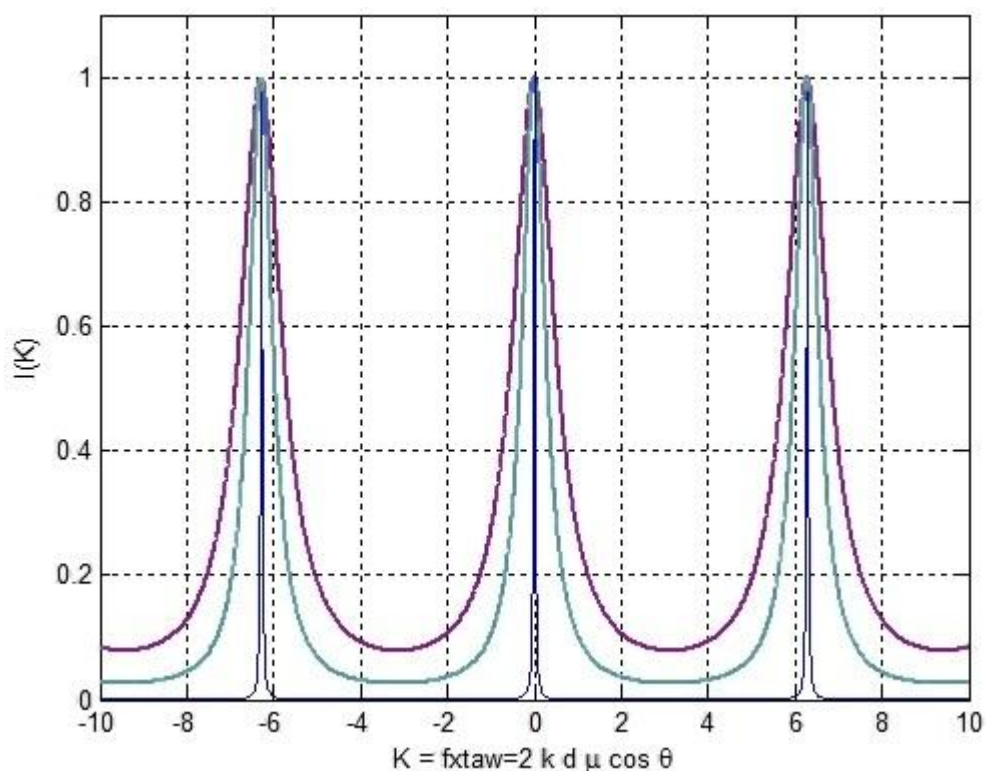


Рисунок 3 - Интенсивность излучения интерферометр после прохождения интерферометра.

Моделирование механической подсистемы проводилось в программном комплексе ANSYS. В качестве объекта моделирования была выбрана подвижная масса

микрооптоэлектромеханического акселерометра. На рисунке 4 представлена модель подвижной массы, созданная в программном комплексе ANSYS. Данный программный комплекс для решения использует метод конечных элементов [5]. При моделировании использовалась эквивалентная модель подвижной массы. Входящая в состав программного комплекса утилита ROMTool позволяет представить созданный объект в виде описания на языке VHDL-AMS.

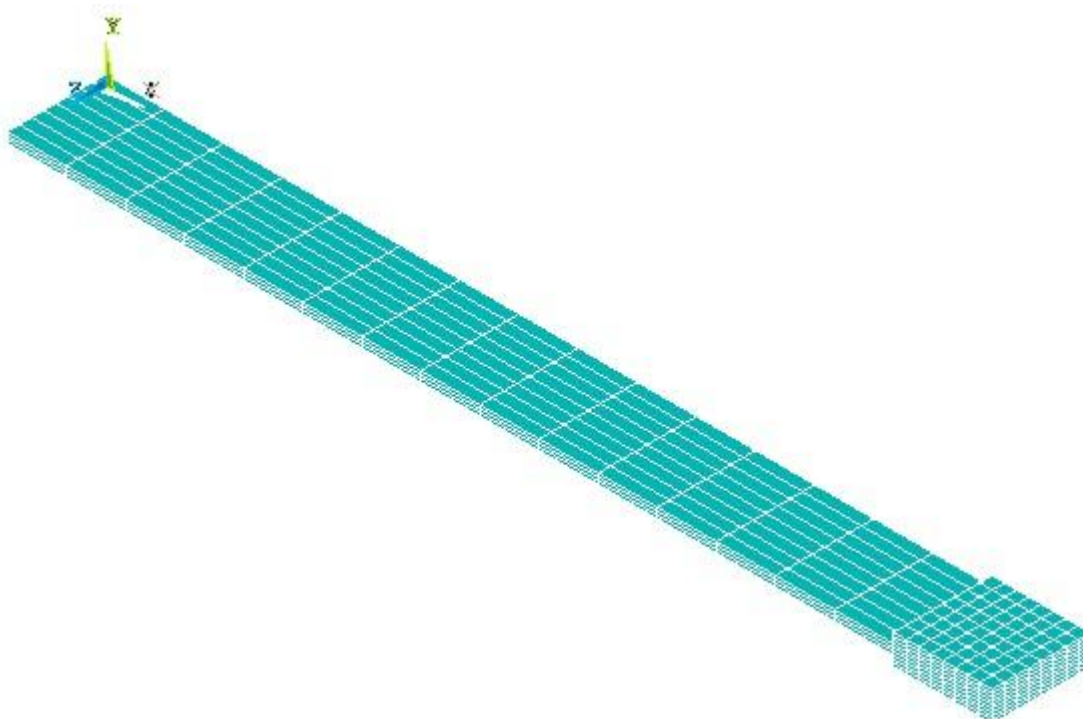


Рисунок 4 – Модель подвижной массы микрооптоэлектромеханического акселерометра.

Для осуществления контроля микрооптоэлектромеханического акселерометра необходима управляющая подсистема. В ее функции входит контроль параметров микрооптоэлектромеханического акселерометра, а так же снятие, преобразование и вывод сигнала. Подсистема представляет собой матрицу светочувствительных диодов, подключенную к усилителю, а затем к модулю сбора, преобразования и вывода информации. Данная система также описывается на языке VHDL-AMS при помощи программного продукта SMASH.

Методы перехода между оптической, механической и управляющей подсистемами, с учетом иерархического подхода, приведены на рисунке 5.

Заключение

Разработка методов переходов между подсистемами различной физической природы, выявление достоинств и недостатков этих методов, а так же их применение для решения

практических задач имеет большое значение при проектировании микрооптоэлектромеханических систем.

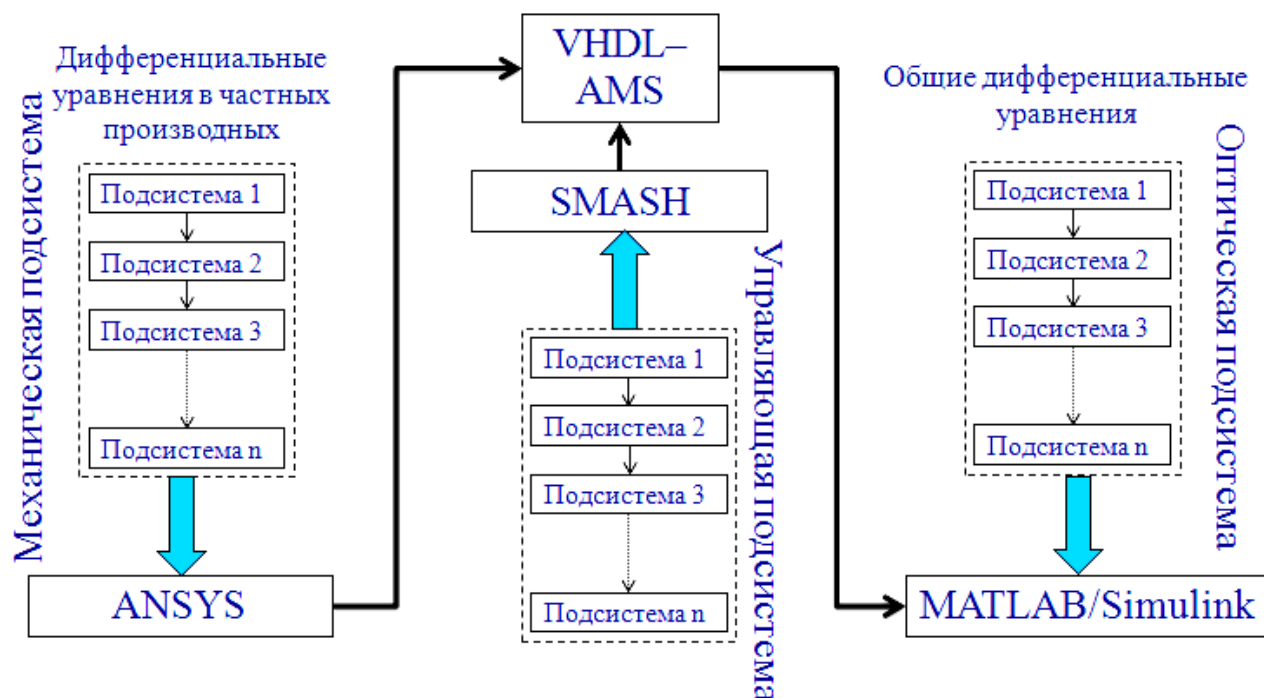


Рисунок 5 – Методы перехода между оптической, механической и управляющей подсистемами.

Преимуществом использования языка VHDL-AMS является его универсальность, возможность описания смешанных аналого-цифровых систем, а так же поддержка многими программными пакетами, используемыми при моделировании микрооптоэлектромеханических систем.

Литература

1. А.А. Самарский, А.П. Михайлов. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М: Наука, 1997. — 320 с.
2. Введение в математическое моделирование. Учебное пособие. Под ред. П. В. Трусова. — М.: Логос, 2004.
3. А. Д. Мышкис. Элементы теории математических моделей. — 3-е изд., испр. — М.: КомКнига, 2007.
4. И.А. Косолапов. Моделирование микроакселерометра на основе интерферометра Фабри-Перов САПР ANSYS, 9 молодежная международная научно-техническая конференция «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы». — М.: МГТУ, 2009. — С.108-111.
5. Р. Галлагер. Метод конечных элементов. Основы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1984.
6. В.А. Шахнов, Л.А. Зинченко. Особенности математического моделирования в задачах проектирования наносистем. Информационные технологии и вычислительные системы, №4, 2009. С. 84-92.
7. И.А. Косолапов. Иерархическое многомасштабное моделирование микрооптомеханических систем, III Всероссийская школа-семинар для студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «Наноинженерия» - Калуга : КФ МГТУ, 2010. — С.187 – 191.

8. Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (грант 10-07-00171-а).

Methods for micro-optical-electrical-mechanical subsystems modeling

77-30569/256111

11, November 2011

authors: Kosolapov I.A., Zinchenko L.A.

Bauman Moscow State Technical University

maks_benbou@mail.ru

Modeling of MEM subsystems with different physical nature and methods of transition between them, using formal description language VHDL-AMS were considered in this article, based on micro-optical-electrical-mechanical accelerometer with Fabry-Perot interferometer. Optical, mechanical and control subsystems were modeled during the research, the results were included in the article. It was noticed, that the advantages of VHDL-AMS are its versatility, ability to describe mixed analog-digital systems; it's also supported in many programming complexes, used for MEM modeling.

Publications with keywords: [mikro-Opto-Elektromechanischen Systeme](#)

Publications with words: [mikro-Opto-Elektromechanischen Systeme](#)

Reference

1. A.A. Samarskii, A.P. Mikhailov, Mathematical Modeling: Ideas. Methods. Examples, Moscow, Nauka, 1997, 320 p.
2. In: P. V. Trusov (Ed.), Introduction to Mathematical Modeling, Moscow, Logos, 2004.
3. A.D. Myshkis, Elements of the theory of mathematical models, Moscow, KomKniga, 2007.
4. I.A. Kosolapov, in: Proc. of the 9 Youth International Scientific Conference "High Technologies and Intelligent Systems", Moscow, MGTU - BMSTU, 2009, pp. 108-111.
5. R. Gallager, The finite element method. Basics, Moscow, Mir, 1984.
6. V.A. Shakhnov, L.A. Zinchenko, Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy 4 (2009) 84-92.
7. I.A. Kosolapov, in: Proc. of the III All-Russia school-seminar for students, post-graduate students and young scientists in the direction "Nanoinzheneriya", Kaluga: KF MGTU - Kaluga branch of BMSTU, 2010, pp. 187 – 191.