

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

# Моделирование термоупругих напряжений вблизи зеркал резонаторов лазерных диодов

О. А. Иванов<sup>1</sup>, В.П. Гордеев<sup>1</sup>, В. В. Безотосный<sup>2</sup>

*<sup>1</sup>Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»*

*ул. Каширское ш., д.31, Москва, Россия*

*<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физический институт имени П.Н.  
Лебедева Российской академии наук*

*ул. Ленинский проспект, д.53, Москва, Россия*

*<sup>1</sup>e-mail: [OAivanov@mephi.ru](mailto:OAivanov@mephi.ru), <https://orcid.org/0000-0002-5608-4624>, тел. 8 (999) -971-24-23*

*<sup>2</sup>e-mail: [vs.gordeev@yandex.ru](mailto:vs.gordeev@yandex.ru)*

*<sup>3</sup>e-mail: [bezotosnyjvv@lebedev.ru](mailto:bezotosnyjvv@lebedev.ru).*

# Цель работы и актуальность

- **Целью работы** является расчетное теоретическое исследование полей термоупругих напряжений, возникающих в областях сколотых граней резонаторных зеркал вследствие различий к.т.р. и упругих констант материалов лазерной гетероструктуры и защитно-упрочняющих просветляющих и отражающих покрытий.

**Актуальность:** Присутствие термоупругих напряжений оказывает существенное влияние на важнейшие характеристики лазерных диодов, в том числе на выходную мощность, спектр излучения, надёжность и долговечность.

# Построение модели и выбор сетки

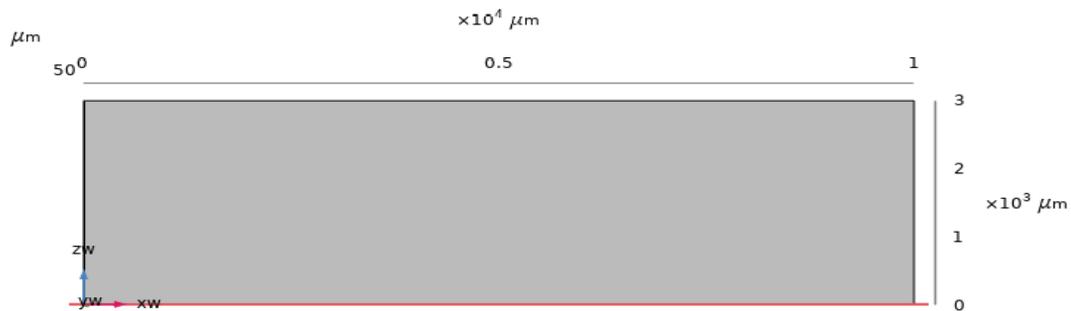


Рис. 1 Вид моделируемой лазерной линейки

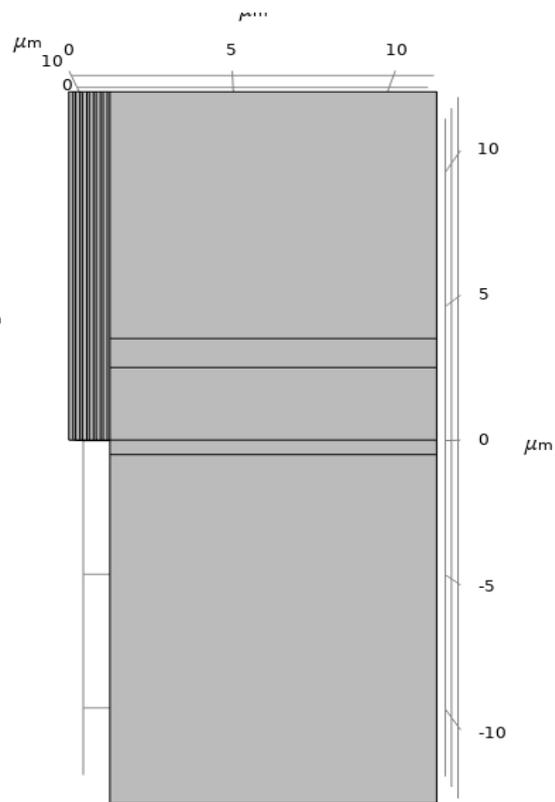


Рис. 2 Моделируемая часть лазерной линейки

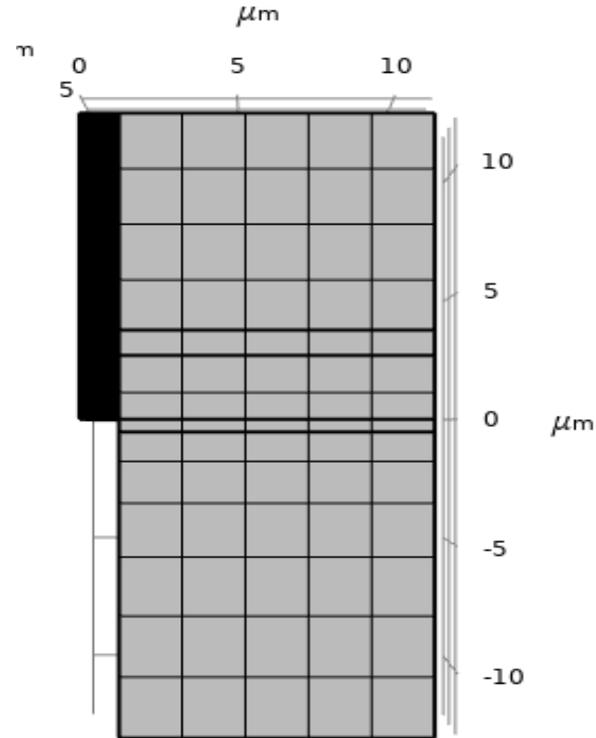


Рис. 3 Вид Сетки

Был рассмотрен модельный объект – фрагмент линейки лазерных диодов (ЛЛД) для выяснения картины распределения механических термоупругих напряжений в слоях многослойных диэлектрических интерференционных покрытий зеркал и в приповерхностных областях лазерной гетероструктуры, оценки их абсолютной величины в зависимости от параметров многослойных покрытий с целью выяснения их влияния на выходные характеристики лазерных диодов, включая надёжность и срок службы приборов

# Результаты вычисления

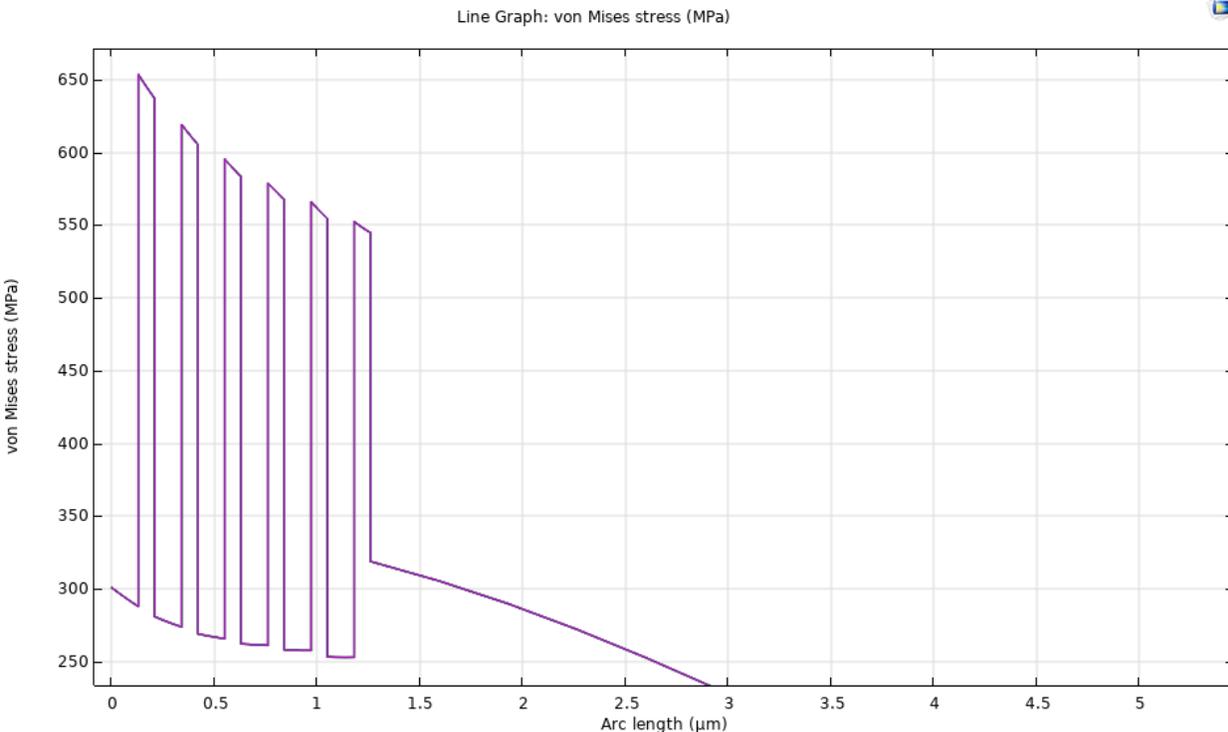


Рис.4 Расчетный профиль распределения напряжений по длине участка ЛЛД включая нанесенные зеркала в плоскости активной области лазера при длине волны 808 нм. Слои нанесенных пленок имеют оптическую толщину  $\lambda/4$ .

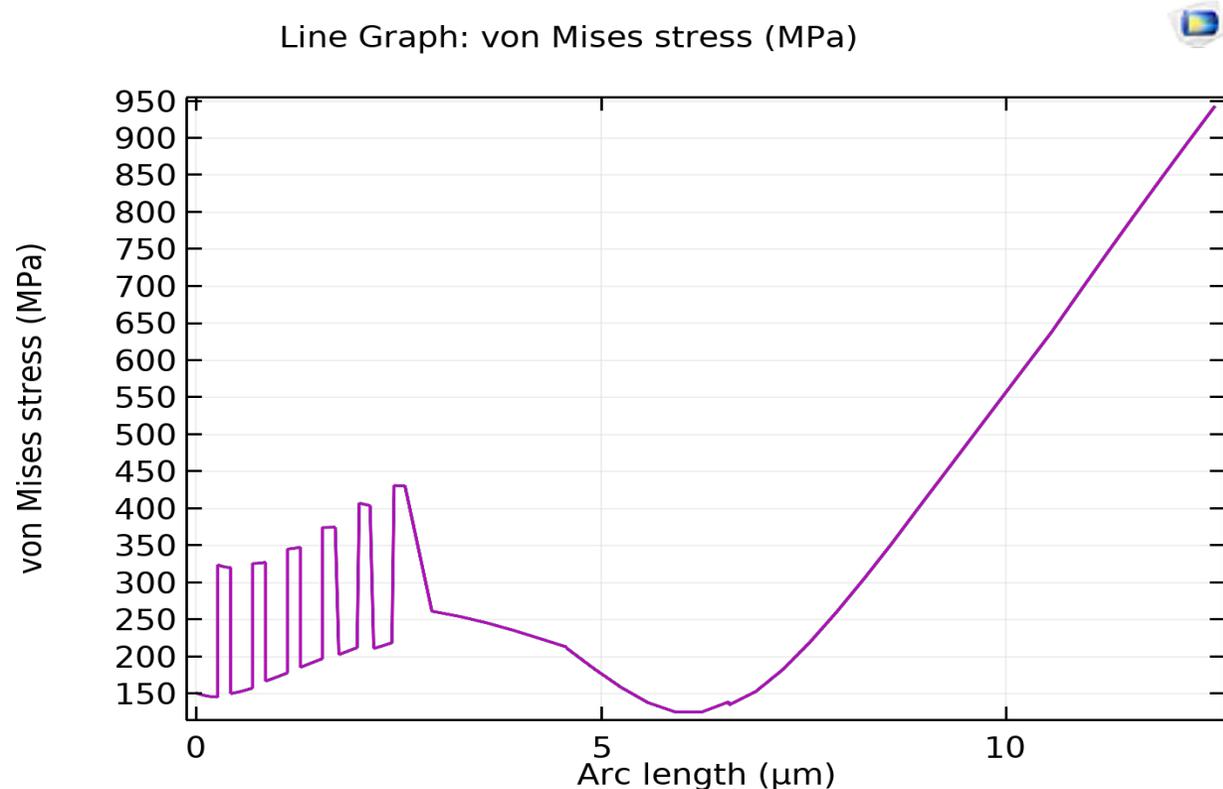


Рис.5 Расчетный профиль распределения напряжений по длине участка ЛЛД включая нанесенные зеркала в плоскости активной области при длине волны 808 нм для полуволновых слоёв.

# Результаты при моделировании однослойной конструкции

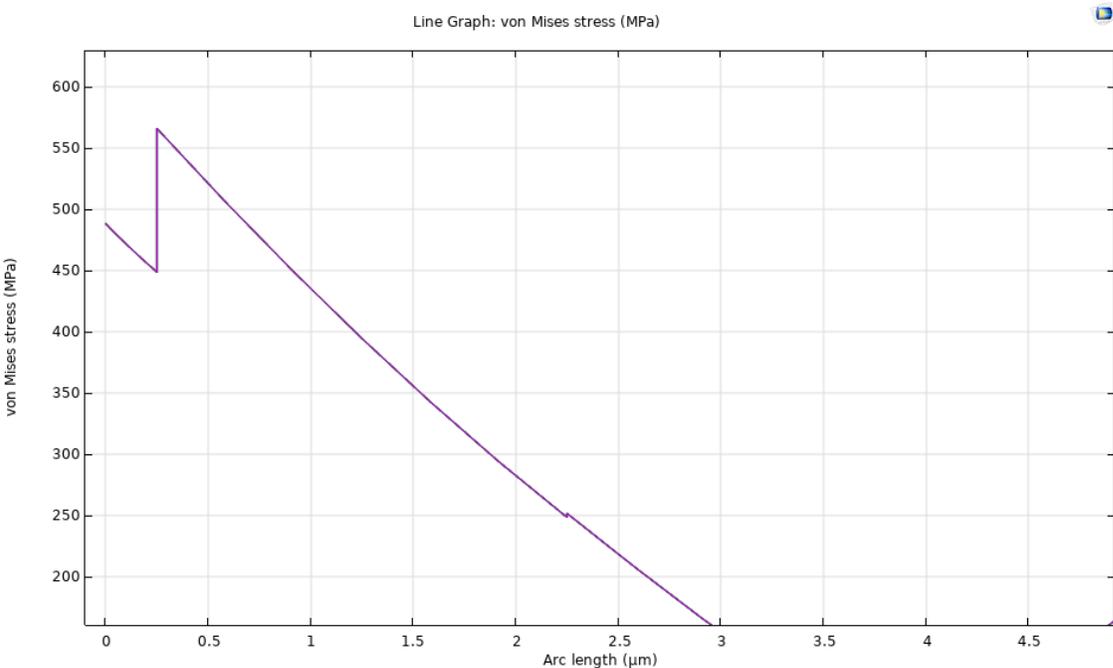


Рис.6 Расчетный профиль распределения напряжений по длине участка ЛЛД включая нанесенные зеркала в плоскости активной области при толщине однослойного зеркала из SiO<sub>2</sub> 0.25 мкм.

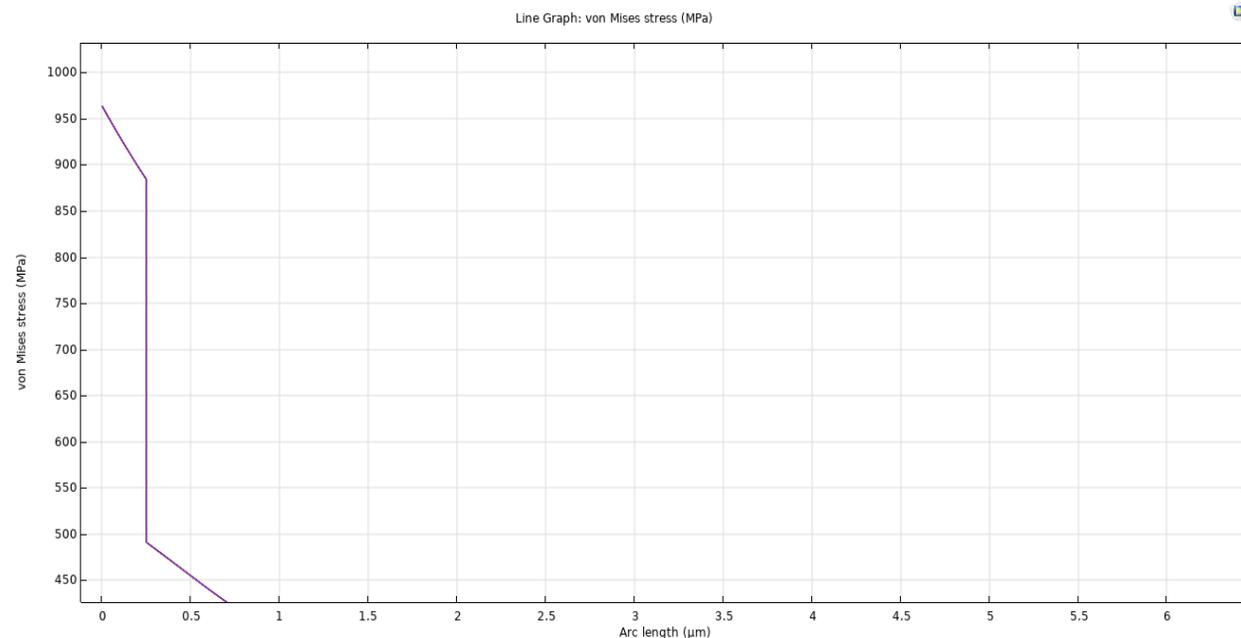


Рис.7 Расчетный профиль распределения напряжений по длине участка ЛЛД включая нанесенные зеркала в плоскости активной области при толщине однослойного зеркала из TiO<sub>2</sub> 0.25 мкм.

# Заключение

1. Построена модель ЛЛД и проведены численные моделирования распределения термоупругих напряжений.
2. С помощью модели появилась возможность отслеживания величины термоупругих напряжений в непрерывном режиме работы лазера при различных параметрах многослойных диэлектрических покрытий зеркал резонаторов.
3. Для более детального понимания распределения термоупругих напряжений модель была упрощена до толщины одного слоя  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  со следующими размерами: 0.25; 0.5 мкм. Из полученных результатов был сделан вывод, что характер изменения максимального и минимального напряжений при изменении толщины однослойного покрытия для плёнок  $\text{SiO}_2$  и  $\text{TiO}_2$  одинаков, при увеличении толщины максимальное и минимальное напряжения, а также скачки напряжений на границе с подложкой снижаются. Возможной причиной снижения напряжений в плёнках покрытий и скачков напряжений на границах различных материалов покрытий при увеличении толщины покрытий является перераспределение напряжений между нанесенными слоями пленок и подложки. Тонкие плёнки вызывают незначительные напряжения в подложке, по мере увеличения толщины пленок напряжения в подложке возрастают.

**Благодарю за внимание!**