

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования**

**«Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина»**

**IX РЕСПУБЛИКАНСКАЯ  
НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ**

Сборник материалов

18 мая 2007 года

Под общей редакцией  
доктора географических наук  
**К. К. КРАСОВСКОГО**

**БрГУ имени А.С. Пушкина**  
2007

УДК:537.312.62:541.123.3:546.562

Т.В. ВОЛЧИК, А.А. ПАВЛЕНКО  
Минск, БГАТУ

## О ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ КОНСТАНТ СРЕД ПО СПЕКТРАМ ПРОПУСКАНИЯ

При регистрации спектров отражения и пропускания, записываемый прибором сигнал определяется в первую очередь соотношением между значениями величины вещественной и мнимой составляющих показателя преломления. Кроме того, интенсивность, как прошедшего, так и отраженного прозрачными средами света, определяется и толщиной слоя вещества. Следует отметить, что более удобной с точки зрения обеспечения процедуры регистрации при сравнении двух сигналов в условиях нормальности падения является запись спектров пропускания, но проблемы просвечивания сильно поглощающих сред при этом, конечно, остаются и в таких условиях единственный способ заключается в применении техники отражения. С другой стороны, исследование свойств материалов, применяемых в оптических системах передачи и обработки информации, сопровождается поиском способов воздействия на показатель преломления, что достигается при легировании исходных материалов некоторыми добавками. Для контроля за изменением оптических характеристик при легировании требуется надежно регистрировать оптические постоянные.

В сообщении представлены результаты по изучению спектральных зависимостей оптической плотности и некоторые предположения о возможности восстановления компонент показателя преломления по данным пропускания на примере материалов на основе иттриевого феррограната. Иттриевый феррогранат характеризуется наличием области прозрачности. Край полосы поглощения в зависимости от толщины и наличия легирующих примесей, замещающих ионы иттрия, находится в красной области спектра. Типичные спектры пропускания этого материала отображают воздействие различных механизмов, связанных с поглощением как самого исходного материала, так и дополнительного поглощения от замещения основных ионов в узлах кристаллической решетки ионами лигатуры, как дефектами структуры (рисунок 1). На кривых, представленных на рисунке 1, отображена оптическая плотность как натуральный логарифм отношения интенсивностей падающего излучения к прошедшему. Видно, что в частично замещенном феррите, сдвиг края полосы поглощения в коротковолновую область сопровождается существенным увеличением мнимой со-

ставляющей показателя преломления, которая по совокупному воздействию ослабляет свет сильнее, чем в объемном образце.

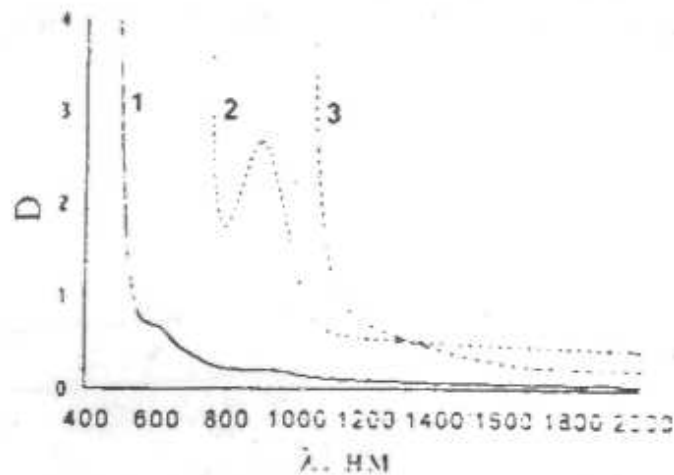


Рисунок 1 – Типичные спектры пропускания иттриевого феррограната: пленка незамещенного иттриевого феррограната на подложке из галлий-гадолиниевого граната (1), аморфная пленка твердого раствора с частичным замещением ионов иттрия на ионы висмута на кварцевой подложке (2), объемный незамещенный образец толщиной 3 мм (3)

Сравнение спектров незамещенного феррита для объемного и пленочного образцов свидетельствует, что увеличение оптической плотности в образце большой толщины по сравнению с пленочным нельзя отнести только к действию подложки. Как ни воздействовала бы подложка в сторону ухудшения прозрачности, все равно в пленке микронной толщины пропускание остается лучше, чем в объемном образце миллиметровой толщины.

В соответствии с общими представлениями отношение интенсивностей прошедшего света к падающему на двуслойную структуру пленка – подложка при однократном прохождении можно представить

$$\frac{I}{I_0} = \left[ \frac{4(nn' + kk')}{n + 2nn' + n'^2 + k^2 + 2kk' + k'^2} \right] \left[ \frac{4n}{n^2 + 2n + k^2} \frac{4n'}{n'^2 - 2n'k' + k'^2} \right] \exp\left(-\frac{2\pi}{\lambda}(kd + k'd')\right)$$

здесь  $n$ ,  $n'$  и  $k$ ,  $k'$  вещественные и мнимые компоненты материалов пленки образца и подложки, которые имеют толщины  $d$  и  $d'$  соответственно. Замечим, что это выражение гораздо проще для анализа, нежели выражение, которое пришлось бы записать при умозрительной возможности регистрации спектра в отраженных лучах. В отраженных лучах сигнал формировался бы не произведением как здесь, а суммой трех составляющих по интенсивности от отражения на трех границах раздела. Причем в суммы входили бы и экспоненты, учитывающие затухание.

Полученное выражение позволяет в принципе определить компоненты оптических констант путем перебора возможных комбинаций входящих переменных в физически разумных пределах. В качестве первого шага отобразим результаты численного моделирования оптической плотности объемного образца (рисунок 2).

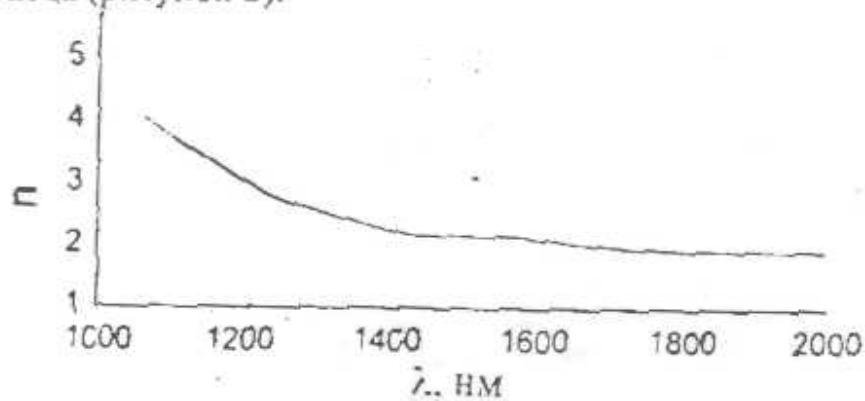


Рисунок 2 – Вещественная составляющая показателя преломления незамещенного иттриевого феррограната при двух пробных значениях мнимой компоненты:  $k = 10^{-5}$  ( $\lambda < 1500$  нм) и  $k = 10^{-9}$  ( $\lambda > 1500$  нм)

В ходе расчета мнимая компонента выбиралась как пробный параметр, а значения вещественной составляющей численно моделировались в соответствии с записанной ранее формулой для однослойной структуры путем перебора до совпадения с результатами эксперимента. Привлеченный массив значений для  $k$  в диапазоне  $10^{-4} - 10^{-10}$  позволил охватить весь масштаб длин волн 1000 – 2000 нм. Представленный вид показателя и наиболее оптимально коррелирует с экспериментом и соответствует литературным данным по этой группе материалов.

Дальнейшее развитие представленной методологии просматривается в разработке алгоритма позволяющего уменьшить протяженность задаваемых пробных отрезков по одной из неизвестных переменных задачи, вплоть до шага сканирования спектра в эксперименте. Кроме этого следует искать пути подключения к процедуре расчета и других пробных переменных, чтобы получить достоверные сведения по свойствам слоистой среды, при возможности численного контроля степени изменения оптических параметров подложки, которые могут измениться в ходе нанесения пленки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Берикашвили, В. Ш. Магнитооптические модуляторы и датчики на основе железо – иттриевого граната с висмутом / В. Ш. Берикашвили, Н. Т. Ключник, М. Я. Яковлев // Высокие технологии в промышленности России : материалы XII Междунар. науч.-техн. конф. – 2006. – С. 255–260.