

УДК 622.831.1:620.171.5

ДИСПЕРСИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД

Янина Т.И., к.т.н., доцент,
Гуменный А.С., к.т.н., доцент
Чирва В. С., студент ХНб-201
Научный руководитель: Ким Т.Л., доцент

Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф.Горбачева

Система контроля напряженного состояния массива горных пород, разработанная на кафедре физики, включает в себя волоконные и оптические элементы, для которых необходимо знание основных оптических характеристик.

В работе были исследованы приповерхностные слои оптических стекол (кроны К5, К14), модифицированные ионами калия, серебра, таллия при низкотемпературной ионной диффузии из расплавов. Исследования приповерхностных слоев проводились неразрушающим методом лазерного зондирования на глубине от 3 до 25 мкм с помощью резонансного возбуждения волноводных мод с призмными элементами связи в видимом диапазоне света на длинах волн 632 нм, 588 нм, 546 нм, 436 нм.

Дисперсия показывает зависимость скорости света в среде от длины волны. К параметрам, характеризующим дисперсию, относят среднюю дисперсию $n_f - n_c$, относительную частную дисперсию γ , коэффициент дисперсии или число Аббе v_e .

Относительная частная дисперсия определялась по формуле

$$\gamma = \frac{n_1 - n_2}{n_f - n_c},$$

коэффициент дисперсии по формуле

$$v_e = \frac{n_e - 1}{n_f - n_c},$$

где n_f, n_c, n_1, n_2 - показатели преломления для соответствующих длин волн.

Отклонение относительной частной дисперсии модифицированного слоя (в координатах γ, v_e) от нормальной прямой дисперсии исходных стекол позволяет судить об оптических свойствах полученных поверхностей.

Особый интерес представляет анизотропия модифицированных поверхностей, разность между показателями преломления измеренными для света с разной поляризацией $n_{TM} - n_{TE}$.

Анизотропия TI -модифицированных слоев значительно отличается от анизотропии K -модифицированных по величине, по знаку, по характеру изменения $n_{TM} - n_{TE}$ с глубиной слоя.

Например, для отдельных TI -модифицированных слоев $n_{TM} - n_{TE}$ составляет $-33 \cdot 10^{-4}$, для K -модифицированных - $+12 \cdot 10^{-4}$. При этом для тех и других слоев анизотропия незначительно увеличивается при переходе из длинноволновой области в коротковолновую часть спектра.

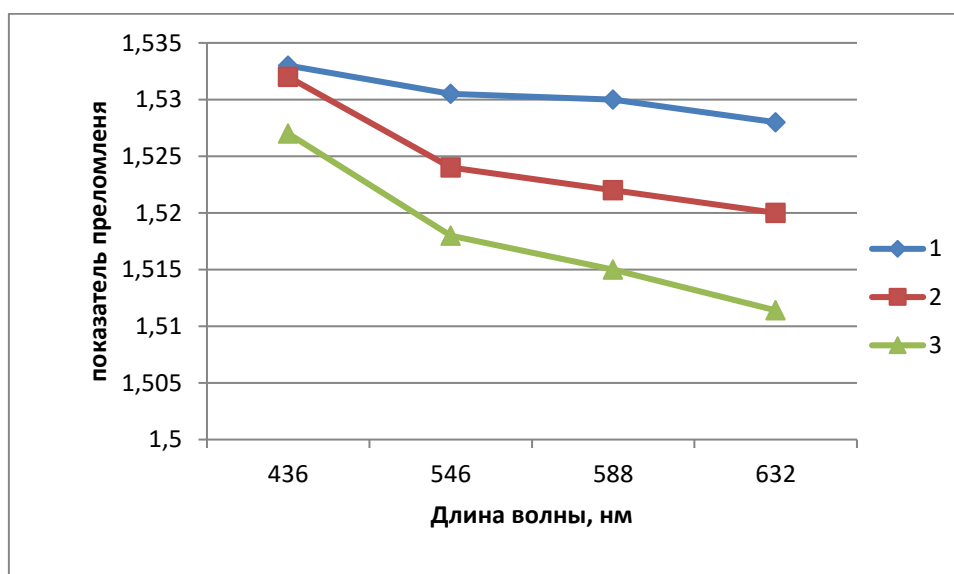


Рис.1. Зависимость показателей преломления от длины волны для K -модифицированных оптических поверхностей

- 1-показатель преломления на поверхности модифицированного слоя,
- 2- показатель преломления внутри модифицированного слоя,
- 3- показатель преломления исходного стекла.

На рис.1 приведены дисперсии K -модифицированных оптических поверхностных слоев на различной глубине. Полученные зависимости повторяют ход дисперсии для чистого оптического стекла К5 и хорошо описываются формулой Каши: $n(\lambda) = a + \frac{b}{\lambda^2} + \frac{c}{\lambda^4}$. Расхождение между экспериментальными и расчетными значениями показателей преломления не превышало $2 \cdot 10^{-4}$.

Ход дисперсии модифицированных слоев соответствует ходу нормальной дисперсии, т.е. область поглощения находится за пределами видимой области, и все поверхности оптических элементов – прозрачны (ри.1,2).

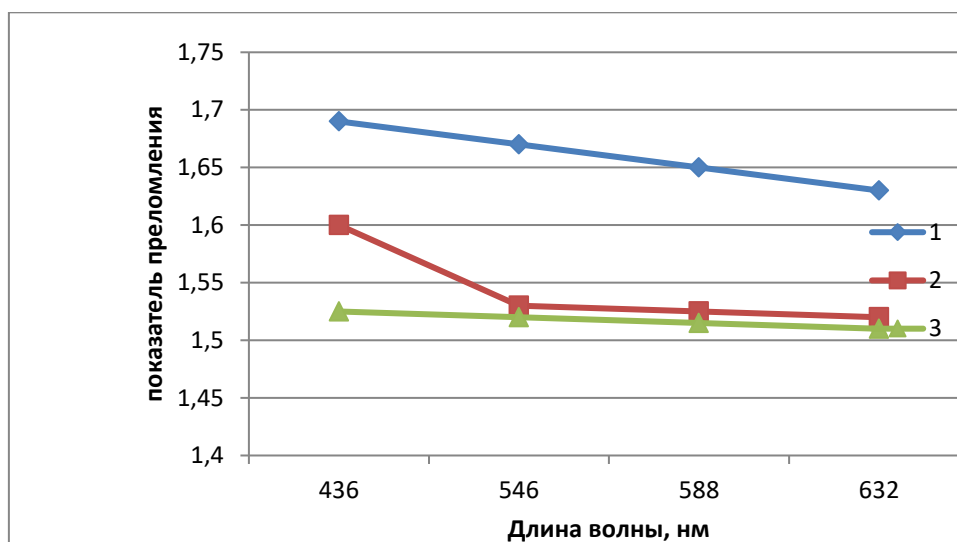


Рис.2. Зависимость показателей преломления *Tl*-модифицированных поверхностей.

- 1- показатель преломления на поверхности модифицированного слоя,
- 2- показатель преломления на границе модифицированного слоя и исходного стекла,
- 3- показатель преломления исходного стекла.

Средние дисперсии *K*-модифицированных поверхности и исходного стекла равны 0,0115 и 0,0105 соответственно. Значительные отличия средних дисперсий наблюдаются у *Ag*- и *Tl*-модифицированных (рис.2) поверхностей и составляют 0,320 и 0,0180 соответственно. Анализ дисперсионных данных даёт возможность определить коэффициенты в эмпирической формуле Коши.

Исходя из хода нормальной дисперсии (рис.1,2), при работе системы в коротковолновой части видимого спектра глубина модифицированного слоя может быть значительно уменьшена, но при этом наблюдается увеличение затухания по сравнению с длинноволновой частью спектра, которое может привести к частичной или полной потере сигнала.

Проведенные исследования характеристик оптических элементов системы контроля позволят выбрать оптимальное сочетание обработки поверхности, используемой длины волны для эффективной работы системы.

Список литературы

1. Гуменный А.С. Зависимость параметров интерференционной картины сплошного фотоупругого датчика от механических напряжений / В.В. Дырдин, Т.И. Янина / Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности – 2011. – № 2. – С. 69-72
2. Гуменный А.С. Оценка напряжений в краевых зонах массива горных пород с помощью сплошного фотоупругого датчика / В.В. Дырдин, Т.И. Янина / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №11. – С. 103-107.

3. Зимина В. С. Расчет распределенной нагрузки в массиве горных пород по изменению интерференционной картины с фотоупругого датчика./ В. С.Зимина, Е. А.Штенин, Т. И. Янина, Гуменный А.С.// Материалы XII Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах». – Кемерово: КузГТУ, 22–23 ноября 2017 г. – С. 131.
4. Янина Т.И. Физические основы работы сплошного фотоупругого датчика в условиях полного сцепления со стенками скважины. / Гуменный А.С.// Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2016». – Кемерово, КузГТУ, 23–24 ноября 2016 г.,