

УДК 535.514.4:539.216

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ ПЛЕНКИ ДЛЯ БЛИЖНЕЙ ИК-ОБЛАСТИ СПЕКТРАН.А. ИВАНОВА¹, В.Е. АГАБЕКОВ¹, О.А. ДАЙНЕКО¹, И.Ю. ГЛОБА¹ О.В. ЦАРЮК²¹*Институт химии новых материалов НАН Беларуси,
ул. Ф.Скорины 36, Минск, 220141, Беларусь*²*Институт физики им.Б.И.Степанова НАН Беларуси,
пр-т Независимости 68, Минск, 220072, Беларусь**Поступила в редакцию 3 апреля 2008*

В данной работе представлены результаты исследований, направленных на разработку процесса формирования поляроидов для ближней инфракрасной области спектра (ИК1 – 750-850 нм и ИК2 – 1100нм) на основе созданной в ИХНМ НАН Беларуси технологии изготовления йодного поляроида Н-типа на опытной линии. Установлено, что можно повысить поляризующую способность йодных поляроидов в диапазоне длин волн 750-850 нм, если изменить состав композиции из поливинилового спирта (ПВС), используемой для формирования Н-поляроида, и увеличить время окислительной обработки пленки. Показано, что для изготовления ИК-поляроида, эффективного при $\lambda \geq 1100$ нм, следует дегидратировать насыщенные йодом ПВС пленки при 200°C, то есть создать поливиниленовые фрагменты в ПВС-матрице.

Ключевые слова: поливиниловый спирт, ближняя ИК-область спектра, светопропускания в двух ортогональных направлениях, поляризующая способность, поливиниленовые фрагменты.

Введение

Перспективными и успешно развивающимися отраслями производства в РБ являются электронное и оптическое приборостроение, лазерная техника, техника средств связи, индустрия защиты ценных бумаг и товарных знаков, в изделиях которых использованы эффекты поляризации света. Основные типы используемых в промышленности поляроидов были разработаны для видимой области спектра. Расширение ассортимента продукции и рынков сбыта вызывает потребность в новых видах поляризующих материалов, в том числе таких дефицитных, как ИК поляроиды. Они необходимы для создания приборов и устройств спецназначения, например, для техники средств связи, автомобильной промышленности, лазерной техники, для оптических затворов в микроэлектронике, проекционных дисплеев, для различных оптических приборов: эллипсометров, спектрометров, дефектоскопов и т.д. В настоящее время промышленностью РБ и СНГ ИК-поляроиды не производятся.

Работы по созданию ИК-поляроидов проводились и проводятся во всех странах с высоким промышленным потенциалом (Японии, США, Германии, Великобритании, Южной Кореи). Сведения о таких разработках имеются в патентной литературе, но доступ к ним ограничен, так как поляроиды этого типа традиционно относятся к материалам специального назначения.

В связи с этим, освоение технологии изготовления пленочных поляризаторов данного вида дополняет программу создания отечественного производства поляроидов в РБ для различных областей спектра и является актуальной задачей.

Первые поляроиды для ближней инфракрасной области (НR-типа), выпускаемые в 40-50х годах фирмами «Polaroid Corporation», «Carl Zeiss Company», были созданы на основе технологий изготовления поляроидов Н- и К- типов. Для их формирования использовались те же вещества: йод, поливинилен и поливиниловый спирт [1-3]. Созданию дихроичной структуры в полимерной матрице из ПВС предшествовало насыщение пленки иодом, причем в значительной степени [1,4]. После ориентации растяжением поляроидную пленку подвергали кратковременному воздействию высоких температур (свыше 200°С) или частично дегидратировали в присутствии кислот (соляной, борной [5,6]), либо сильных дегидратирующих агентов [7,8]. В такой пленке образуется сложный ПВС-поливиниленйодный комплекс, способный поляризовать инфракрасное излучение в диапазоне длин волн 700-3000 нм [1,4,9].

С разработкой технологий изготовления поляроидов Н- и L-типов, созданием опытной линии по их производству, в лаборатории поляроидных пленок ИХНМ НАН Б была подготовлена база для создания поляроидов, работающих в ИК спектральном диапазоне.

Цель настоящего исследования заключалась в разработке технологического процесса изготовления пленочных поляризаторов для ближней ИК-области с требуемыми спектрально-поляризационными и эксплуатационными характеристиками, которые предназначены для нужд промышленности РБ.

Экспериментальная часть

Материалы для композиции и их назначение

При изготовлении композиций для отлива пленки были использованы те же материалы, методика и оборудование, что и для иодных Н- поляроидов. Так, в качестве полимерной основы для формирования поляризующих пленок был использован поливиниловый спирт (ПВС) марки «Moviol 28-99» производства фирмы Hoechst Akiengesllschaft (Германия). Данная марка наиболее соответствует требованиям, предъявляемым к полимерному материалу для изготовления поляроидов: высокомолекулярное состояние; минимальное содержание ацетатных групп; хорошая растворимость; способность к образованию оптически прозрачных растворов.

Ранее нами было установлено [10-12], что в смешанном растворителе – вода-этиловый спирт ПВС образует более однородные растворы, чем в чистой воде. Их вязкость и прозрачность при введении спирта повышаются. Спиртовая добавка облегчает сушку ПВС-пленок, а в готовых пленках играет роль пластификатора, совместно с глицерином.

Введение борной кислоты и буры способствует достижению «технологической» вязкости раствора – $(150-300) \cdot 10^{-3}$ Па·с, из которого поливом, с помощью фильеры мажущего типа, можно формировать ПВС пленки. Кроме того, желирующие добавки упрочняют высушенные пленки-заготовки и позволяют производить одновременно их обработку и растяжение в ваннах с водными растворами.

Источником агента поляризации является иодид калия, концентрация которого в композиции для изготовления ИК поляроидов была увеличена по сравнению с таковой для Н-поляроидов.

Методы исследования поляризационных пленок

Основными оптическими характеристиками поляроидов являются: светопропускание одинарной пленки (T_0), двух пленок с параллельным (T_{\parallel}) и скрещенным (T_{\perp}) расположением осей растяжки, поляризующая способность (ПС), которую рассчитывали по формуле [9]:

$$ПС = \sqrt{(T_{\parallel} - T_{\perp}) / (T_{\parallel} + T_{\perp})} \cdot 100, \%$$

Измерения в неполяризованном свете для видимой области спектра – 500-700нм и в ближнем ИК– диапазоне – 800-1100нм, проводили на спектрофотометре СФ-46.

Оценку термостабильности пленок осуществляли методом дифференциально-термического анализа (ДТА). Измерения проводили на дериватографе системы Паулик-Эрден фирмы MOM (Венгрия). Из дифференциальных кривых методом двойного логарифмирования определяли энергию активации ($E_{ак}$) деструкции пленок по методике, описанной в работе [13].

Способ выделения йода из йодида калия

Известно, что поляризующую способность йодного поляроида обеспечивает дихроичный комплекс $[ПВС-(I_2)]_в$, образующийся в объеме ПВС-пленки в присутствии молекулярного йода [1,3,4]. В отличие от известных методов насыщения ПВС пленки йодом в растворе, содержащем KI и I_2 [1,4] или парами I_2 [3], нами был разработан новый способ [14], в котором для окрашивания ПВС-пленки, содержащей KI, использован окислительный раствор состава: $(NH_4)_2S_2O_8-CuSO_4-KI-KCl-H_2SO_4-H_2O$. Изучение роли KI в окислительном растворе, а также механизма окрашивания ПВС-пленки при ее обработке в данном растворе, позволило установить пути превращения KI в объеме пленки, и как результат – возможность регулирования процесса накопления в ней йода. Время контакта пленки с окислительным раствором оказывает существенное влияние на ее окрашивание.

Технологический процесс формирования поляроида Н-типа

Включает следующие основные стадии:

1. Приготовление исходной композиции для отлива ПВС-пленок;
2. Полив композиции на зеркальные стекла;
3. Сушка ПВС-пленок;
4. Окрашивание пленок выделяющимся йодом;
5. Одноосная вытяжка пленок в растворе борной кислоты;
6. Задубливание в растворе, содержащем Zn^{+2} ;
7. Термофиксация (сушка пленок);
8. Заклейка с двух сторон триацетатцеллюлозными пленками.

Йодные поляроиды, изготовленные по данной технологии, имеют высокие спектрально-поляризационные характеристики в видимом спектральном диапазоне: 400-700нм и практически не поляризуют излучение с длиной волны ≥ 850 нм.

Результаты и их обсуждение

Влияние состава композиции на спектрально-поляризационные характеристики поляроидных пленок

Для решения вопроса о введении дополнительного количества I_2 в ПВС пленку был изменен количественный состав исходной композиции, использованной ранее для формирования Н-поляроидов [11,12]. Изучено влияние концентраций H_3BO_3 и KI на спектрально-поляризационные характеристики полученных поляроидов. Установлено, что при увеличении содержания в композиции борной кислоты свыше 0,13 мас.%, поляризующая способность сформированных пленок падает (табл. 1), как в видимой, так и в ближней ИК-области спектра. Этот факт указывает на то, что избыточное количество борной кислоты в пленке приводит к снижению ее проницаемости, препятствует диффузии в нее окислителя из раствора и накоплению дихроичного комплекса $[ПВС-(I_2)]_n$.

Таблица 1. Влияние условий формирования поляризационных пленок на их спектрально-поляризационные характеристики в видимой и ближней ИК-областях спектра

№ опыта	Содержание в композиции для отлива пленок			Время обработки в ваннах, мин		$\lambda=550\text{nm}$			$\lambda=850\text{nm}$		
	[KI], %	$[H_3BO_3]$, %	$\frac{[KI]}{[H_3BO_3]}$	№1 **	№3 ***	T_{\parallel} , %	T_{\perp} , %	ЭП, %	T_{\parallel} , %	T_{\perp} , %	ЭП, %
4	0,025	0,128	0,2	1	4	27,1	0,7	97,4	66,7	57,0	27,9
2	0,05	0,064	0,8	1	2	31,2	0,7	97,8	55,0	41,9	36,7
26/04*	0,05	0,128	0,4	1	2	35,6	0,5	98,5	58,3	46,7	33,1
1	0,05	0,256	0,2	1	2	33,3	0,4	98,8	64,5	54,6	28,8
8/2	0,15	0,128	1,2	1	2	28,3	0,25	99,1	54,9	36,9	44,4
7/1	0,25	-«-	2,0	1	2	25,4	0,2	99,1	51,9	31,4	49,6
7/2	0,25	-«-	2,0	1	6	25,1	1,1	95,5	62,9	43,3	42,9
9/1	0,5	-«-	4,0	1	2	18,2	0,04	99,7	50,4	28,3	53,0
9/2	0,5	-«-	4,0	3	2	12,1	0,03	99,7	46,3	14,5	72,3
10/1	0,5	-«-	4,0	4	2	11,2	0,2	98,1	44,9	10,2	79,3
10/2	0,5	-«-	4,0	6	2	5,6	0,075	98,7	43,4	5,6	87,8
11/1	1,0	-«-	8,0	4	2	9,3	0,045	99,5	44,4	6,4	86,5
11/2	1,0	-«-	8,0	6	2	7,7	0,09	98,8	43,0	4,05	90,1
12	1,0	0,256	4,0	6	2	7,1	0,4	93,9	43,0	6,0	86,9

Примечание: * стандартные технологические условия формирования Н-поляроида (на опытной линии)

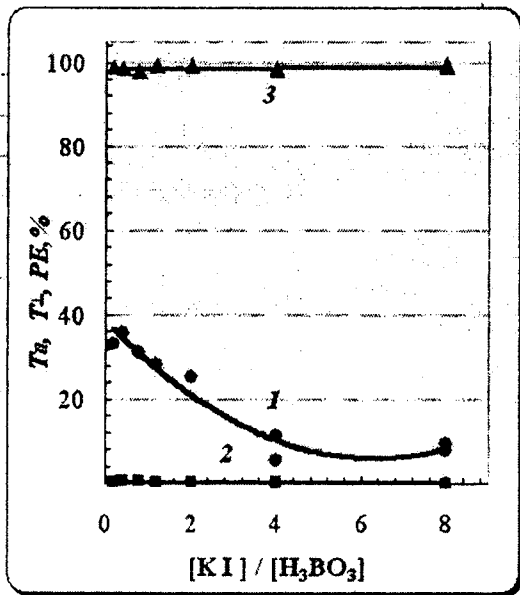
** ванна №1 - окисления и насыщения пленки йодом

*** ванна №2 - борирования и одноосной вытяжки

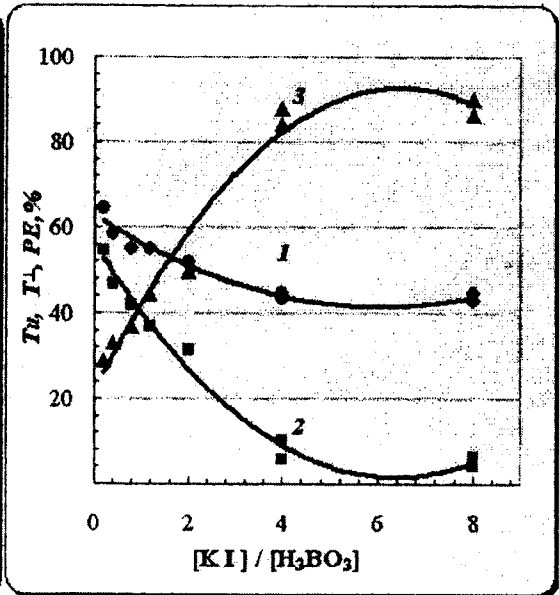
Установлено, что увеличение соотношения концентраций KI к H_3BO_3 в композиции из ПВС приводит к снижению светопропускания двух образцов пленки в параллельной (T_{\parallel}) и скрещенной (T_{\perp}) ориентациях, как в видимой ($\lambda=550\text{nm}$), так и в ближней ИК ($\lambda=850\text{nm}$) области спектра (рис. 1). Это связано с ростом интенсивности поглощения света пленками за счет увеличения в них содержания дихроичного комплекса $- [ПВС-(I_2)]_n$.

Обнаружено, что снижение T_{\parallel} и T_{\perp} пленки практически не влияет на ее ПС при $\lambda=550\text{nm}$ (рис.1,а, табл.1), но сопровождается резким увеличением ПС при $\lambda=850\text{nm}$ (рис.1б), которая достигает максимальных значений при $[KI]/[H_3BO_3] \geq 4$, т.е. $[KI] \geq 5$ мас.%.

Светопропускания неполяризованного света пленками- T_0 , T_{\parallel} и T_{\perp} , а также их поляризующая способность зависят не только от содержания $[KI]/[H_3BO_3]$ или KI в исходной композиции, но и от длины волны падающего излучения (рис.2).



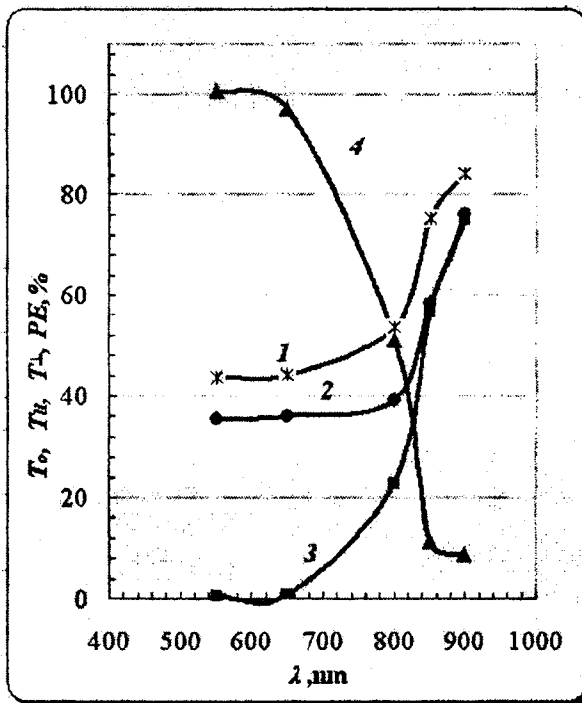
a) $\lambda = 550 \text{ nm}$



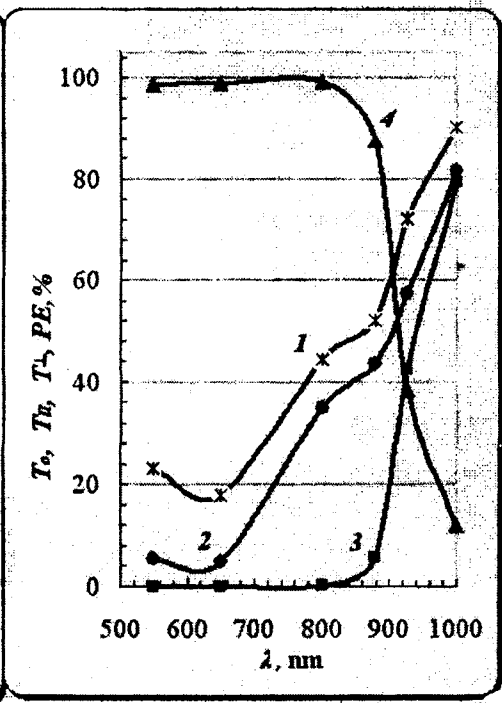
б) $\lambda = 850 \text{ nm}$

Рис. 1 Влияние добавок KI и H_3BO_3 в композиции для отлива пленок на оптические свойства поляризаторов в видимой (а) и ближней ИК (б) областях спектра:

1. – светопропускание двух пленок в параллельной ориентации (T_{\parallel}), %;
2. – светопропускание двух пленок в перпендикулярной ориентации (T_{\perp}), %;
3. – поляризующая способность (PE), %.



a)



б)

Рис. 2 Оптические свойства поляроидных пленок, содержащих оптимальные добавки KI йодный Н-поляриод для видимой $\lambda \leq 700 \text{ nm}$; $[\text{KI}]_{\text{в пленке}} = 0,5\%$; (а)

HR- поляриод для ближней ИК областей спектра $\lambda \leq 850 \text{ nm}$; $[\text{KI}]_{\text{в пленке}} = 10\%$ (б):

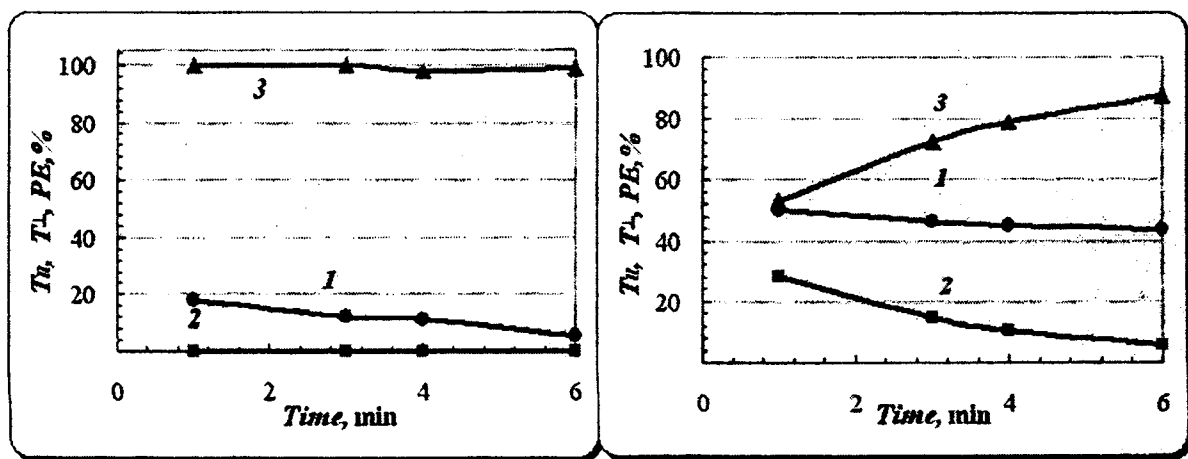
1. – светопропускание одинарной пленки (T_0), %;
2. – светопропускание двух пленок в параллельной ориентации (T_{\parallel}), %;
3. – светопропускание двух пленок в перпендикулярной ориентации (T_{\perp}), %;
4. – поляризующая способность (PE), %.

Видно, что для двух поляроидов с параллельными осями поляризации кривая светопропускания (рис. 2 а,б; кривая 2) практически параллельна кривой светопропускания одиночным образцом (рис. 2 а,б; кривая 1). Для поляроидов с пересеченными осями светопропускание не превышает 1% при длинах волн ≤ 650 нм (табл.1; рис. 2 а,б; кривая 3), означая, что прошедший через пленку свет в значительной степени поляризован. Из графика зависимости поляризующей способности от длины волны (рис. 2 б; кривая 4 и данных табл. 1) следует, что можно получить пленку, поляризующую излучение с $\lambda \leq 850$ нм, но только при введении в исходную композицию не менее 0,5-1 мас.% KI ([KI] в пленке = $5 \div 10$ мас.%). Однако, при больших концентрациях KI ухудшается гомогенность раствора ПВС и повышается его вязкость, что препятствует изготовлению пленок методом полива и снижает их качество.

Влияние режимов химической обработки и одноосной вытяжки

Как отмечалось выше [14], создание дихроичной структуры Н-поляроидов – комплексов $[ПВС-(I_2)]_n$, происходит за счет окисления йодид-ионов в пленке диффундирующими из окислительного раствора периодат-ионами. Последние образуются в результате ряда окислительно-восстановительных превращений в ванне №1. Ранее [11] было найдено, что для изготовления Н-поляроида оптимальное время выдержки ПВС пленки в окислительном растворе составляет ~1 минуту, затем количество I_2 в пленке уменьшается из-за диффузии его в раствор и окислительного превращения.

Для пленки, сформированной из композиции с повышенным содержанием KI, также был определен оптимальный временной режим окрашивания (табл.1). Из данных, приведенных в табл. 1 и на рис. 3, следует, что продолжительность окислительной обработки пленок по-разному влияет на их поляризующую способность в видимом и ближнем ИК спектральных диапазонах. Так, если для формирования структуры, эффективно поляризующей при $\lambda=550$ нм, оптимальное время выдерживания в ванне №1 составляет не более 1 минуты, то для $\lambda=850$ нм оно должно быть увеличено до 6 минут.



а) $\lambda = 550$ нм

б) $\lambda = 850$ нм

Рис. 3. Влияние времени обработки пленок в ванне №1 на их оптические характеристики в видимой (а) и ближней ИК (б) областях спектра:

1. – светопропускание двух пленок в параллельной ориентации ($T_{||}$), %;
2. – светопропускание двух пленок в перпендикулярной ориентации (T_{\perp}), %;
3. – поляризующая способность (ПС), %.

Некоторое ухудшение поляризующей способности пленок наблюдалось при их ориентировании в растворе борной кислоты (в ванне №3) в течение более 2 минут, поэтому оптимальным считали данное время (табл.1).

Дегидратация йодных поляроидов и их оптические свойства для $\lambda \geq 1100\text{нм}$

Заключительной стадией изготовления поляризующей структуры ИК2– поляроида для области спектра с $\lambda \geq 1100\text{нм}$ является каталитический отжиг ИК1 в течение 0,5–2 минут при температуре $\sim 200^\circ\text{C}$, который приводит к частичной дегидратации и улетучиванию части молекул йода. Изменение окраски пленки из серо-синей в красно-коричневую указывает на образование поливиниленовых фрагментов в молекуле ПВС [1,4], что подтверждается появлением в ИК спектрах интенсивной полосы поглощения при 1536 см^{-1} . При этом происходит уменьшение светопропусканий – T_0 , T_{\parallel} , T_{\perp} и ЭП в видимой области (при $\lambda=550\text{нм}$) для всех отожженных образцов по сравнению с исходными (табл. 1 и табл. 2), независимо от первоначального содержания в них KI и H_3BO_3 . Пленки, содержащие данные компоненты в соотношении ≥ 4 и десятикратное количество KI по сравнению со стандартным йодным Н-поляроидом (№26/04), становятся практически непрозрачными для наблюдения в видимой области спектра (табл. 2). В ближнем ИК-диапазоне, начиная с $\lambda=800\text{нм}$, наблюдается обратная картина: светопропускания пленок увеличиваются для обеих групп образцов, а поляризующая способность практически отсутствует у пленок, в которых $[\text{KI}] / [\text{H}_3\text{BO}_3] \leq 4$, и заметно возрастает для образцов с повышенным содержанием иодида калия и при $[\text{KI}] / [\text{H}_3\text{BO}_3] \geq 4$. Начиная же с $\lambda=1100\text{нм}$, у первой группы наблюдается обращение дихроизма: светопропускание двух параллельных образцов становится меньше, чем двух ортогональных.

Данные, приведенные в табл. 2, также подтверждают ранее полученные сведения о том, что оптимальное время обработки пленок в ванне окисления должно равняться 6 минутам. За это время в пленке создаются высокие концентрации полииодидного комплекса с ПВС, который при дегидратации преобразуется в дихроичную структуру, содержащую поливиниленовые фрагменты, с повышенной поляризующей способностью в данной ИК-области спектра.

Таблица 2. Спектрально-поляризационные характеристики дегидратированных пленок

№ опыта	Содержание в композиции для отлива пленок			Время обработки в ваннах, мин		$\lambda=550\text{нм}$			$\lambda=1100\text{нм}$		
	[KI], %	$[\text{H}_3\text{BO}_3]$, %	$\frac{[\text{KI}]}{[\text{H}_3\text{BO}_3]}$	№1 **	№3 ***	T_{\parallel} , %	T_{\perp} , %	ЭП, %	T_{\parallel} , %	T_{\perp} , %	ЭП, %
1	0,05	0,256	0,2	1	4	3,85	0,37	82,5	68,0	70,0	-1,0
2	0,05	0,064	0,8	1	2	3,9	0,3	85,7	55,0	70,0	-12,0
26/04*	0,05	0,128	0,4	1	2	4,92	0,36	86,36	77,3	75,14	1,42
7/1	0,25	-«-	2,0	1	2	3,34	0,66	67,0	62,1	62,0	0,00
10/2	0,5	-«-	4,0	6	2				44,21	28,81	21,1
12	1,0	0,256	4,0	6	2	0,21	0,2	0,02	50,57	40,01	20,52
13/6	1,0	0,128	8,0	4	2				39,3	25,92	11,67
14/8	1,0	-«-	8,0	6	2				39,63	24,09	33,46

(Примечание: *, **, *** см. ссылки к таблице 1)

При изучении термостойкости изготовленных пленок, было получено доказательство, что борная кислота действительно является катализатором дегидратации ПВС-пленок, также как при получении поляроида К-типа [9,15], который состоит из полностью дегидратированных молекул ПВС. Из данных термогравиметрического анализа, приведенных в табл. 3, следует, что в присутствии борной кислоты заметно снижается температура дегидратации поляроидных пленок и энергия активации данного процесса.

Следует отметить, что все экспериментальные образцы обрабатывались по технологии изготовления Н-поляроидов: последовательно в ванне окисления (№1), в ванне борирования (№3), где они подвергались одноосному ориентированию, а затем в ванне закрепления, содержащей кроме добавок иодида калия также хлорид цинка. В то же время, по имеющимся в литературе данным, соли цинка уменьшают инфракрасный дихроизм аналогичных поляризующих

систем. В связи с этим при изготовлении опытных образцов из стадии химической обработки была исключена операция обработки пленки в ванне закрепления, что дало положительный результат – позволило повысить способность ИК2 поляроида поляризовать излучения с $\lambda=1100$ нм с эффективностью свыше 80%.

Таблица 3. Температуры деструкции и энергии активации термораспада образцов поляроида

Шифр образца	$E_{акт}$, кДж/моль	$T_{деструкции}$, °С	Примечания
26/04*	54,0	245	Образец Н-поляроида, изготовленный на опытной линии (серийный)
ИК 1	42,0	234	Образец с повышенным содержанием I_2
12	26,0	202	Образец с повышенным содержанием H_3BO_3
ИК 2	29,0	220	Образец 11/1, прогретый 30 сек при 200 °С

Характеристики поляроидов для ближней ИК области спектра

Внешний вид: гибкий лист однородной окраски, без видимых неоднородностей
Толщина : 60-80мкм (без защитной пленки).

Термическая устойчивость: устойчивы при температуре -50°С до +60°С.

Маркировка поляроида	ИК1	ИК2
Цвет:	Темно серый с зеленоватым оттенком	Кирпично-красный
λ , нм	≤ 850	≥ 1100
Светопропускание одиночного образца в поляризованном свете,	≥ 70	≥ 70
Светопропускание двумя параллельными образцами,	33-43	35
Светопропускание двумя ортогональными образцами	0,1-4	2
Поляризующая способность, %	$\geq 99-83$	≥ 80

Поляроиды предназначены для использования в системах оптической и телекоммуникационной связи, лазерной технике, оптических приборах и устройствах спецназначения.

Заключение

1. Разработан оптимальный состав исходной композиции для отлива пленок с повышенным в 10-20 раз содержанием иодида калия по сравнению с используемой для изготовления Н-поляроида. Установлено, что поляризующая способность ПВС-пленок повышается с увеличением концентрации иодида калия в исходной композиции (йода в пленке) и зависит от длины волны излучения в спектральном диапазоне - 650-850 нм. Определено, что при соотношении компонентов $[KI]/[H_3BO_3] \geq 4$ в ПВС композиции, из нее можно получить пленки, эффективно поляризующие излучение с $\lambda = 800-850$ нм.

2. Разработаны условия химобработки неокрашенной ПВС пленки в растворах окисления и борирования. Для каждой стадии процесса определены оптимальные условия ее проведения.

3. Найдено, что для изготовления ИК поляроидов, эффективных при $\lambda \geq 1100$ нм, следует использовать композиции с $[KI]/[H_3BO_3] \geq 4$ и «отжигать» пленки при 200°С в течение до 30 сек.

4. Экспериментально подтверждено, что для повышения поляризующей способности ИК поляроида из стадии химической обработки следует исключить операцию закрепления пленок в цинк содержащем растворе. Изготовлена опытная партия ИК2 поляроидов, поляризующих излучение $\lambda=1100$ нм с эффективностью ≥ 90 %.

THE POLARIZING FILMS FOR THE NEAR IR SPECTRUM AREA

N.A. IVANOVA, V.E. AGABEKOV, O.A. DAINKO, I.YU. GLOBALA, A.V. TSARUK

Abstract

This paper presents the results of the research directed on development the formation process of polarizers for near infra red area of the spectrum (IR1 – 750-850 nm and IR2 – 1100nm) on the basis of the created in IChNM of NAS of Belarus manufacturing techniques of iodine H-type polarizer on a skilled line. It is made the conclusion that it is possible to increase polarizing ability of the iodine polarizers in a range of lengths of waves of 750-850 nanometers if to change structure of a composition from polyvinyl alcohol (PVA), used for formation of H- type polarizer and to increase time of oxidizing processing of a film. It is shown, that for manufacturing IR-polarizer, which is effective at $\lambda \sim 1100\text{nm}$, follows to dehydrate sated by iodine the PVA-films at 200 °C that is to create the polyvinylene fragments in the PVA-matrix.

Литература

1. Пат.2494686 США МКИ G 02 В 5/30 P1 Infrared light-polarizing material and method of manufacture // *Blake Robert P.* (USA) / Polaroid corp.- № US19450580227; Заявл. 04.05.1939; Оpubл. 17.01.1950.
2. *Land E.H.* // Journ. Opt. Soc. Amer.1951. V 41, N12. P. 957-968.
3. Пат. 1015236 Германия МКИ G 02 В 5/30 P1 Ultrarot-Polarisationsfilter und Vtrfahren zu seiner Herstellung / Drechsel Dipl-Phys Ludwig (GM) / Zeiss Jena Veb Carl. № DE1956V010074; Заявл. 23.01.1956; Оpubл. 05.09.1957.
4. *Blake R.P., Makas A.S., West C.D.* // J.Opt.Soc. Amer. 1949. V 39. P.1054-1062.
5. Пат. 2173304 США МКИ G 02 В 5/30 P1 Light-polarizer // *Land Edwin H, Rodger Howard G* (USA) / Polaroid corp.- № US19390271814; Заявл. 04.05.1939; Оpubл. 19.09.1939.
6. Пат.973834 США МКИ G 02 В 5/30 P1. Polarizing film // *Kigoshi Shoji, Kitaura Koichi* (JP) / Toray industries.- № JP19900339735; Заявл. 30.11.1990; Оpubл. 27.07.1992.
7. Пат. №5973834 США, МКИ G 02 В 5/30 P1. Polarizing film // *Kigoshi Shoji, Kitaura Koichi* (JP) / Toray industries.- № JP19900339735; Заявл. 30.11.1990; Оpubл. 27.07.1992.
8. Пат. №5513035 США, МКИ G 02 В 5/30 P1. Infrared polarizer // *Miyatake Yoshito, Sannohe Shinya* (JP) / Matsushita Electric Ind Co LTD Toray industries.- № US19940294951; Заявл. 24.08.1994; Оpubл. 30.04.1996.
9. *Шерклифф У. М.* Поляризованный свет: Мир. 1965. С.70-86.
10. Пат.1706 РБ, МКИ C08L 29/04, C08J 5/18, B 29D 11/80 Способ получения поляроидных пленок для видимой области спектра // *Арико Н.Г., Кенигсберг Т.П., Агабеков В.Е.* и др. / ИФОХ НАН Б (РБ).
11. *Космачева Т.Г., Глоба И.Ю., Арико Н.Г., Агабеков В.Е.* // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2002. №3. С.120-123.
12. *Агабеков В.Е., Арико Н.Г., Иванова Н.А.* // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2002. №4. С.99-121.
13. Практикум по химии и физике полимеров. Учебное издание// *Авакумов Н.И., Бударин Л.В., Дивгун С.М.* и др. под ред. В.Ф.Куренкова. М.:Химия.1990. С.255-266.
14. *Арико Н.Г., Агабеков В.Е.* // Журн. прикл. химии. 2003. Т.76, вып.10. С.1715-1719.
15. Пат №4204907 Япония МКИ G 02 В 5/30 Method for the manufacture of a light-polarizing polyvinylene sheet // *Kadaba Narendra S; Shah Lori P* (USA) / Polaroid corp. EP - № US19970994885 ; Заявл. 19.12.1997; Оpubл. 26.10.1999.
16. Пат.№ 0000209 EP МКИ G02 B5/30 Visible-range light polarizer with an iodine-stained polyvinyl alcohol film, and method for its preparation // *Schuler Norman William* (USA) / Polaroid corp. EP.- №US19780200002, Заявл. 29.06.1978; Оpubл. 10.01.1979.