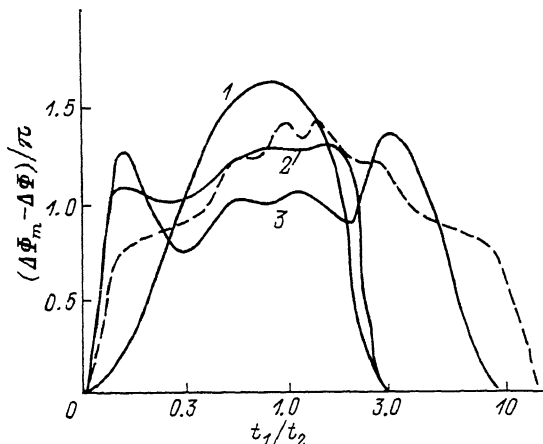


ИМПУЛЬСНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЯЧЕЙКОЙ
ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ФАЗОВОГО КОРРЕКТОРАА.А. Васильев, А.Ф. Наумов, С.А. Свистун,
В.Г. Чигринов

Применение жидкокристаллических пространственно-временных модуляторов света (ЖК-ПВМС) для формирования требуемого распределения светового поля и коррекции фазовых искажений светового пучка позволяет в значительной степени преодолевать трудности, существующие в адаптивных оптических системах с деформируемыми зеркалами [1]. Использование в качестве элементов управления ЖК-ПВМС делает возможным создание высокоразрешающих адаптивных оптических систем, расширяет их динамический диапазон, упрощает конструкцию и снижает стоимость. Важнейшей проблемой остается повышение быстродействия жидкокристаллических фазовых корректоров. Одним из путей ее решения является двухчастотное управление двулучепреломлением слоя жидкого кристалла (ЖК), обладающего инверсией знака диэлектрической анизотропии. Известны работы, в которых двухчастотное управление применяется для повышения быстродействия электрически управляемых ЖК транспарантов, в режиме периодической модуляции интенсивности светового пучка [2] и для сокращения времени стирания фазового рельефа в оптически управляемых ЖК-ПВМС [3]. В данной работе рассмотрены особенности двухчастотного импульсного управления ЖК ячейкой с целью получения контролируемого изменения фазовой задержки прошедшего через эту ячейку светового пучка. Этот режим наиболее удобен в случае формирования управляющего напряжения цифровыми методами.

Традиционный аналоговый метод управления разностью фазовой задержки между обыкновенным и необыкновенным лучами в слое жидкого кристалла состоит в изменении среднеквадратичного (действующего) значения напряжения на этом слое. Обычно зависимость фазовой задержки от напряжения для ориентационных S и B эффектов является монотонной, т. е. каждому значению напряжения соответствует единственное значение фазовой задержки [4]. Для ЖК с низкочастотной инверсией знака диэлектрической анизотропии $\Delta\epsilon$ изменение фазовой задержки может быть достигнуто не только за счет изменения амплитуды, но и путем манипуляции частотой питающего напряжения. Пусть, например, к слою ЖК приложено достаточно большое постоянное напряжение в течение времени $t, > 1/f_0$, где f_0 — частота инверсии. Возникающее при этом ориентационное воздействие электрического поля на слой жидкого кристалла ($\Delta\epsilon > 0$) приводит к уменьшению фазовой задержки $\Delta\Phi$ или к увеличению электрооптического отклика жидкого кристалла $\Delta\Phi_m - \Delta\Phi$ ($\Delta\Phi_m = = 2\pi n d / \lambda$, n — оптическая анизотропия слоя ЖК, d — его толщина). Если время достаточно велико, то ЖК успевает полностью



Зависимость действующего значения низкочастотных компонент электрического поля (пунктирная линия) и постоянной составляющей электрооптического отклика жидкого кристалла от t_1/t_2 : 1 - 30 В, 2 - 50 В, 3 - 60 В; толщина слоя ЖК-999 ($f_0 = 8.5$ кГц - частота инверсии $\Delta \mathcal{E}$) - $d' = 5$ мкм, $\tau = 0.083$.

переориентироваться, и фазовая задержка уменьшается до нуля. Однако процесс переориентации можно приостановить путем подачи на ячейку в момент времени t_1 серии из N импульсов длительностью $\tau < 1/f_0$. Тогда в течении времени $t_2 = N\tau$ жидкий кристалл будет обладать отрицательной анизотропией и произойдет обратная переориентация молекул ЖК, т. е. фазовая задержка начнет увеличиваться. Такой способ управления удобен для замкнутых следящих систем, в которых осуществляется переключение частот напряжения питания в соответствии с изменением электрооптического отклика слоя жидкого кристалла с целью компенсации указанного

Гарм.	Отношение				
кГц	0.091	0.200	0.333	0.500	0.714
1	0.168	0.311	0.460	0.539	0.628
2	0.173	0.251	0.347	0.251	0.173
3	0.181	0.168	0.181	0.000	-0.181
4	0.192	0.084	0.000	-0.084	-0.192

$$\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2}$$

	0.358	0.442	0.604	0.601	0.703
--	-------	-------	-------	-------	-------

изменения [5]. Однако импульсное управление возможно и в оптических системах прямого управления при условии, что

$$t_1 d\phi_{\text{вкл}}/dt > t_2 d\phi_{\text{выкл}}/dt, \quad (1)$$

где $d\phi_{\text{вкл}}/dt$ - скорость "включения", а $d\phi_{\text{выкл}}/dt$ - "выключения" ЖК. Тогда для периодического сигнала с периодом $T = t_1 + t_2$ фазовая задержка с течением времени выходит на некоторый постоянный уровень. Точность установления требуемого значения фазовой задержки при изменении соотношения t_1/t_2 определяется амплитудой периодических осцилляций фазы, которая уменьшается с уменьшением периода T . Например, для ячейки с ЖК-999 толщиной 5 мкм при $T = 0.52$ мс, $\tau = 0.056$, $t_1/t_2 = 0.886$ глубина фазовых осцилляций составляла 0.09 рад ($\lambda = 0.633$ мкм). Эти результаты были получены при питании ячейки от схемы управления через дифференцирующую RC цепочку с постоянной времени 1 мс, которая позволяла устранить постоянную составляющую напряжения питания.

На рисунке представлены измеренные в интерферометре зависимости постоянной составляющей электрооптического отклика K от соотношения t_1/t_2 для $\tau = 0.083$ мс при различных амплитудах напряжения питания. Видно, что с ростом t_1/t_2 величина вначале растет, а затем уменьшается т. е. одно и то же значение фазовой задержки достигается как при малых, так и при больших значениях t_1/t_2 . Объяснение этому легко найти из анализа коэффициентов ряда Фурье питающего напряжения при различных N (см. таблицу). Так, коэффициент a_1 , соответствующий первой гармонике $f_1 = 1/T$, с ростом N сначала растет, а затем уменьшается. Следует отметить, что именно низкочастотные компоненты спектра питающего напряжения, для которых $\Delta\varepsilon > 0$, приводят к уменьшению $\Delta\phi$. Именно поэтому изменение электрооптического отклика в зависимости от t_1/t_2 практически повторяет аналогичную зависимость для

времен t_1/t_2					
1.000	1.400	2.000	3.000	5.000	11.00
0.623	0.628	0.539	0.460	0.311	0.168
0.000	-0.173	-0.251	-0.347	-0.251	-0.173
-0.168	-0.181	0.000	0.181	0.168	0.181
0.000	0.192	0.084	0.000	-0.084	-0.192
0.645	0.703	0.601	0.604	0.442	0.358

величины $\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2}$, т. е. для действующего значения низкочастотных компонент электрического поля.

Таким образом, при управлении в конечном интервале соотношением t_1/t_2 может быть получена любая величина фазовой задержки светового пучка из полного диапазона ее изменения. Предложенный метод позволяет сравнительно легко реализовать управление непосредственно от цифровых схем ключевого типа, что удобно при формировании управляющего воздействия с помощью ЭВМ.

В заключение авторы выражают благодарность за полезные обсуждения В.В. Беляеву и А.В. Парфенову.

Л и т е р а т у р а

- [1] Н а r d y J.W. – Soc. Phoop. Inst. Eng., 1981, v. 293, p. 214–221.
- [2] Б а р н и к М.И., И в а ш е н к о А.В. – Оптико-механическая промышленность, 1980, № 5, с. 25–29.
- [3] В а с и л ь е в А.А., К о м п а н е ц И.Н., П а р ф е н о в А.В. – Квантовая электроника, 1983, т. 10, № 6, с. 1079–1088.
- [4] Б л и н о в Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. 384 с.
- [5] М а л о в А.Н., Н а у м о в А.Ф. В сб.: Лазеры в народном хозяйстве. М., 1986, с. 84–88.

Физический институт
им. П.Н. Лебедева АН СССР,
Москва

Поступило в Редакцию
10 декабря 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 5

12 марта 1988 г.

КОЛОКОЛООБРАЗНЫЕ C-V ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ПРОВОДИМОСТЬ МТДП СТРУКТУР

В.Н. Д о б р о в о л ь с к и й, С.Т. Ж у б а е в,
Г.К. Н и н и д з е

Изменение емкости и проводимости структур металл-диэлектрик-полупроводник (МДП) и металл-туннельно-тонкий диэлектрик-полупроводник (МТДП) под действием различных факторов используется для создания приборов электроники (например, варикап и фотоварикап [1–3]). До сих пор наблюдалось только монотонное изменение емкости области пространственного заряда таких структур с изменением напряжения на полевом электроде и их положительная проводимость. Нами обнаружено, что МТДП структуры описанной в