

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫХ ЦВЕТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ НА НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ

В. И. Максимов и Г. Б. Кириченко

Проведенные экспериментальные исследования электрически управляемых оптических фильтров на нематических жидких кристаллах показали, что изменение длины волны света на их выходе по относительно линейным функциям в диапазоне видимого света можно осуществлять путем изменения амплитуды, длительности или частоты повторения импульсов управляющего напряжения. Причем основное влияние на изменение длины волны света оказывает потребляемая ячейкой от источника управляющего напряжения импульсная энергия.

При построении цветных оптических фильтров [1], управляемых транспарантов [2, 3] и цветных индикаторов [4, 5] на жидких кристаллах (ЖК) могут быть использованы различные электрооптические эффекты в нематических жидких кристаллах (НЖК). К ним относятся «гость-хозяин» [6], вращение плоскости поляризации света НЖК в сочетании с использованием анизотропных свойств пассивных элементов [7] и управляемое двойное лучепреломление света в гомогенно [8, 9] и гомеотропно ориентированном слое ЖК (*B*-эффект) [10].

В работе [7] показано, что с помощью индикаторов, состоящих из слоя скрученного нематика и пассивного элемента, можно получить цвет, яркость и насыщенность которого не зависят от температуры и толщины НЖК. Однако применение пассивного элемента приводит к сокращению возможностей индикаторов, т. е. получением только одного дискретного цвета. Для формирования нескольких дискретных цветов необходимо использовать и несколько расположенных друг за другом ячеек [11].

В работе [8] исследовалась задержка необыкновенного луча по отношению к обыкновенному в ячейке с НЖК, имеющей гомогенную исходную ориентацию молекул (*S*-эффект), в зависимости от частоты повторения F_n и амплитуды импульсов при фиксированных значениях длительности последних и длины волны излучения λ . Здесь же приведены зависимости коэффициента пропускания ячейки от λ при различных F_n модулирующих импульсов и импульсов смещения. Эксперимент выполнен при помешении ячейки между параллельными поляроидами. В этой же работе указано, что частотный диапазон модуляции цвета можно изменять путем изменения длительности и амплитуды импульсов смещения.

Целью настоящей статьи является получение количественных экспериментальных зависимостей длины волны света, прошедшего через цветной электрически управляемый фильтр на НЖК с использованием *B*-эффекта. Причем исследуемый здесь фильтр в отличие от описанных в [7, 8, 11] позволяет непрерывно изменять цвет.

В исследуемом цветном фильтре использовался слой смеси НЖК типа МББА+ЭББА (50%+50% веса) толщиной 20 мкм, заключенный между стеклянными подложками, на внутренние стороны которых нанесены прозрачные электроды толщиной 0.5 мкм из двуокиси олова. Площадь рабочей поверхности такой ячейки составляла 15×12 мм².

Зондирующий пучок представлял собой поток нефокусированного белого света, равномерно распределенного по всей площади ячейки и обеспечивающего освещенность последней, равную 3000 лк. Длина волны света на выходе фильтра измерялась с помощью монохроматора типа УМ-2 при подаче непосредственно на его вход пучка света.

В связи с тем что управление названными выше жидкокристаллическими фильтрами в системах оптической обработки информации будет осуществляться в импульсном режиме [2, 5], то при исследовании ячейки, помещенной между скрещенными поляроидами, к ее электродам прикладывалось управляющее напряжение $U_{упр.}$ прямоугольной формы. Исследования проводились при температуре $+20^\circ\text{C}$.

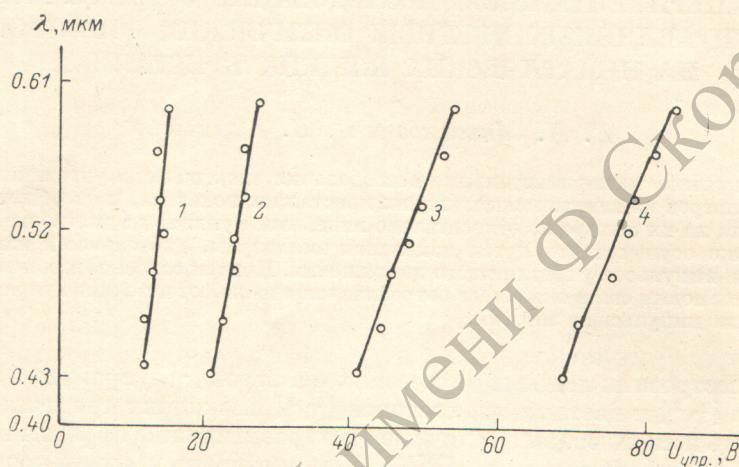


Рис. 1. Зависимость длины волны света на выходе оптического фильтра от величины управляющего напряжения.

Кривые 1—4 сняты при частоте следования импульсов 10 кГц и длительностях 10, 5, 2 и 1 мкс соответственно.

На рис. 1 показаны зависимости длины волны света λ , имеющего наибольшую интенсивность на выходе анализатора фильтра, от величины $U_{упр.}$ при $F_n = 10$ кГц и длительностях импульсов τ_n , равных 10, 5, 2 и 1 мкс (кривые 1—4 соответственно).

Из рис. 1 видно, что зависимости $\lambda = f(U_{упр.})$ при F_n и $\tau_n = \text{const}$ почти линейны. С увеличением амплитуды импульсов λ на выходе анализатора смещается в область более длинных волн. Причем чем меньше длительность импульсов, тем большая величина $U_{упр.}$ требуется для получения одной и той же λ . Так, при $\lambda = 0.43$ мкм на выходе анализатора и при $\tau_n = 10$ мкс требуемая величина $U_{упр.}$ равна 13 В (кривая 1), а при $\tau_n = 1$ мкс — 68 В (кривая 4), что соответствует применительно к исследуемой ячейке значениям импульсной энергии $4.6 \cdot 10^{-8}$ и $5 \cdot 10^{-8}$ Дж или величинам удельной импульсной энергии $2.55 \cdot 10^{-8}$ и $2.77 \cdot 10^{-8}$ Дж/см². Кроме того, для перестройки фильтра во всем диапазоне видимых волн при уменьшении длительности импульсов требуется больший диапазон изменения величины управляющего напряжения $\Delta U_{упр.}$. Так, при $\tau_n = 10$ мкс (кривая 1) эта величина $\Delta U_{упр.} = 4.7$ В, а при $\tau_n = 1$ мкс (кривая 4) — 16 В, т. е. для получения одного и того же цвета на выходе фильтра при различных τ_n и амплитуде импульсов $U_{упр.}$ требуется одна и та же затраченная удельная энергия (кривые 1 и 4), пропорциональная среднему току. Это обусловлено тем, что используемый здесь эффект проявляется не только под действием электрического поля, как чисто полевой, но и в значительной степени он обусловлен воздействием носителей тока на молекулы ЖК.

На рис. 2 показаны зависимости λ от частоты следования импульсов F_n при $U_{упр.} = 60$ В и τ_n , равных 10, 5 и 2 мкс (кривые 1—3 соответственно),

а также зависимости λ от τ_n при $F_n=4$ кГц и величинах $U_{упр.}$, равных 60, 40 и 30 В (кривые 4—6 соответственно).

Из этого рисунка видно, что с увеличением частоты повторения импульсов при $U_{упр.}=\text{const}$ (кривые 1—3), а также с увеличением τ_n при $F_n=\text{const}$ (кривые 4—6) длина волны света на выходе фильтра смещается в область более длинных λ . Кроме того, с ростом τ_n (кривые 1—3) и $U_{упр.}$ (кривые 4—6) крутизна зависимостей увеличивается. Так, перестройка фильтра во всем видимом диапазоне λ при $U_{упр.}=60$ В (кривая 4) происходит при изменении длительности импульсов $U_{упр.}$ $\Delta\tau_n=1$ мкс, а при $U_{упр.}=30$ В (кривая 6) — 3 мкс. Это говорит об основном влиянии на длину волны

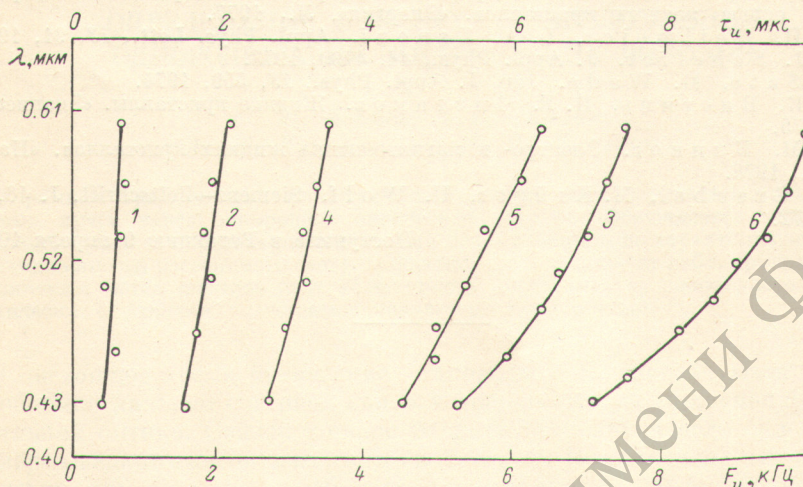


Рис. 2. Зависимость длины волны света на выходе фильтра от частоты следования (кривые 1—3) и длительности (кривые 4—6) импульсов.

Кривые 1, 2, 3 сняты для величины управляющего напряжения 60 В и длительностей импульсов 10, 5 и 2 мкс, а кривые 4, 5, 6 — для частот следования импульсов 4 кГц и величин управляющих напряжений 60, 40 и 30 В соответственно.

света на выходе фильтра потребляемой ячейкой удельной импульсной энергии.

Характер приведенных кривых (рис. 1 и 2) обусловлен нормальной дисперсией необыкновенного луча. Это говорит о линейной зависимости показателя преломления ЖК от параметров $U_{упр.}$, что свидетельствует о том, что данные ячейки обладают практически линейной модуляционной характеристикой.

Интенсивность и частота света на выходе ячейки при указанной освещенности достаточны для использования этих ячеек в устройствах отображения коллективного пользования [5]. При разработке цветных непрерывно перестраиваемых фильтров на ЖК важно правильно выбрать режимы работы, а также обеспечить стабилизацию параметров управляющего напряжения. Заметим, что при больших длительностях импульсов управляющего напряжения управление длиной волны света на выходе фильтра путем изменения амплитуды импульсов усложняется, так как отклонение управляющего напряжения в небольших пределах ($2 \div 3$ В) приводит к изменению длины волны света во всем видимом диапазоне.

Проведенные исследования позволяют сделать нижеследующие выводы. Изменение длины волны света на выходе жидкокристаллического фильтра по относительно линейным функциям можно осуществлять путем изменения амплитуды, длительности или частоты повторения импульсов управляющего напряжения. Причем с уменьшением длительности импульсов диапазон изменения величины управляющего напряжения, необходимый для перестройки фильтра во всем видимом диапазоне волн, увеличивается, т. е. основное влияние на изменение длины волны света на выходе фильтра

при постоянном значении частоты повторения импульсов оказывает потребляемая ячейкой от источника управляющего напряжения удельная импульсная энергия.

Литература

- [1] А. П. Капустин. Экспериментальное исследование жидких кристаллов. «Наука», М., 1978.
- [2] И. Н. Компанец, В. В. Никитин. Нематические кристаллы в оптоэлектронных устройствах. Препринт ФИАН № 127, М., 1973.
- [3] В. И. Максимов, Г. Б. Кириченко. Зарубежная радиоэлектроника, 6, 91, 1978.
- [4] Japan Electr. Eng., November, № 72, 40, 1972.
- [5] А. А. Грошев, В. Б. Сергеев. Устройства отображения информации на основе жидких кристаллов. «Энергия», Л., 1977.
- [6] G. H. Heilmeyer, L. A. Zanoni. Appl. Phys. Lett., 13, 91, 1968.
- [7] T. J. Scheffer. J. Appl. Phys., 44, 4799, 1973.
- [8] S. Sato, M. Wada. Jap. J. Appl. Phys., 13, 559, 1974.
- [9] Л. К. Вистинь, И. Г. Чистяков. Жидкие кристаллы. «Знание», М., 1975.
- [10] Л. М. Блинов. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. «Наука», М., 1978.
- [11] W. Greubel, H. Krüger, U. Wolf. Siemens-Zeitschrift, J. 46, 862, 1972.

Поступило в Редакцию 9 апреля 1979 г.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. Скорины