

ПОЛЯРИЗАТОР ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КВАЗИОДНОМЕРНОГО ПРОВОДНИКА

А.А. Волков, Б.П. Горшунов, Г.В. Козлов, Я. Петцелт*, К.С. Якобсен**

Демонстрируется возможность использования кристаллов квазиодномерного проводника для изготовления эффективного и широкополосного поляризатора электромагнитного излучения.

При поляризационных измерениях оптических свойств веществ необходимым элементом спектрометра является поляризатор — прибор для получения линейно-поляризованного излучения. В оптическом и инфракрасном (ИК) диапазонах в качестве поляризаторов применяются пластины (стопки пластин) из диэлектрика, ориентированные под углом Брюстера к волновому вектору излучения, а также одномерные металлические решетки /1/. При использовании этих поляризаторов возникают трудности, связанные с дисперсией угла Брюстера, с интерференционными эффектами при отражении излучения от граней пластин, а также, в случае решеток, с падением эффективности поляризации при уменьшении длины волны излучения. В последнем случае поляризационные свойства решеток сохраняются для излучения с длиной волны $\lambda \geq D/3$ /1/, где D — период решетки. Чтобы расширить рабочий диапазон решеточных поляризаторов в область высоких частот, необходимо использовать решетки с возможно более мелким периодом. В связи с этим представляется интересным рассмотреть поляризационные свойства так называемых квазиодномерных проводников — к настоящему времени уже довольно широкого класса соединений, обладающих сильной анизотропией металлических свойств /2,3/. Их строение можно представить как совокупность параллельных молекулярных цепочек, вдоль которых относительно свободно могут перемещаться носители заряда, что обуславливает металлический характер проводимости. В поперечном направлении перенос заряда затруднен, и проводимость сравнительно мала. Подобные кристаллы, таким образом, можно рассматривать как металлические решетки с расстояниями между проволоками всего в несколько ангстрем. Естественно ожидать, что поляризаторы на их основе будут обладать высокими поляризационными характеристиками вплоть до весьма больших частот.

В данном сообщении приводятся результаты исследования поляризационных свойств образца на основе органического кристалла тетрагидрофульвален-7,7,8-тетрациан-п-хинодиметана (ТТФ-ТСНҚ), типичного представителя семейства квазиодномерных проводников. При комнатной температуре статические проводимости вдоль и поперек проводящей оси \mathbf{b} в ТТФ-ТСНҚ составляют соответственно $\sigma_{\parallel} = 500-1000$ и $\sigma_{\perp} \approx 0,5 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ /2,4/ (анизотропия проводимости $\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp} > 1000$). Оптические и ИК спектры отражения $R(\nu)$ также сильно анизотропны /5,6/: в ориентации $\mathbf{E} \parallel \mathbf{b}$ (\mathbf{E} — вектор электромагнитного поля) спектр R_{\parallel} имеет характерный металлический вид с плазменным краем около 7000 см^{-1} ($R_{\parallel} = 0,6-0,7$), в то время как при $\mathbf{E} \perp \mathbf{b}$ отражение мало и слабо изменяется в широком диапазоне частот ($R_{\perp} \approx 0,1$ для $\nu \lesssim 1000 \text{ см}^{-1}$).

На субмиллиметровом (сбмм) ЛОВ-спектрометре "Эпсилон" /7/ были измерены спектры проводимости σ , диэлектрической проницаемости ϵ' и коэффициента пропускания T образца ТТФ-ТСНҚ при

* Институт физики ЧСАН, Прага, ЧССР.

** Датский Технический Университет, Лингби, Дания.

двух поляризациях $E_{\parallel b}$ и $E_{\perp b}$ в диапазоне $\nu = 8-18 \text{ см}^{-1}$. На ИК спектрометре модели "Брукер-113V" был также измерен спектр пропускания при $E_{\perp b}$, $\nu = 40-250 \text{ см}^{-1}$. Образец представлял собой мозаику $\sim 7 \times 7 \text{ мм}^2$, собранную из нескольких монокристаллов TTF-TCNQ, сошлифованных до толщины $d = 6 \text{ мкм}$.

На рис. 1 показаны сбмм спектры σ , ϵ' и T при двух поляризациях, $E_{\parallel b}$ и $E_{\perp b}$. Видна значительная анизотропия: $\sigma_{\parallel} \approx 250 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, $\sigma_{\perp} \approx 1 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, ($\sigma_{\parallel}/\sigma_{\perp} \approx 250$), $T_{\parallel} \approx 10^{-3}$, $T_{\perp} \approx 0,8$ ($T_{\perp}/T_{\parallel} \approx 800$). Расчет степени поляризации по формуле $P = (T_{\perp} - T_{\parallel}) / (T_{\perp} + T_{\parallel})$ дает $P \approx 0,998$ для $d = 6 \text{ мкм}$, $\nu = 8-18 \text{ см}^{-1}$. Значение P может быть еще более повышено за счет увеличения толщины образца. При этом, однако, уменьшается T_{\perp} , т.е. интенсивность полезного прошедшего сигнала (рис. 2).

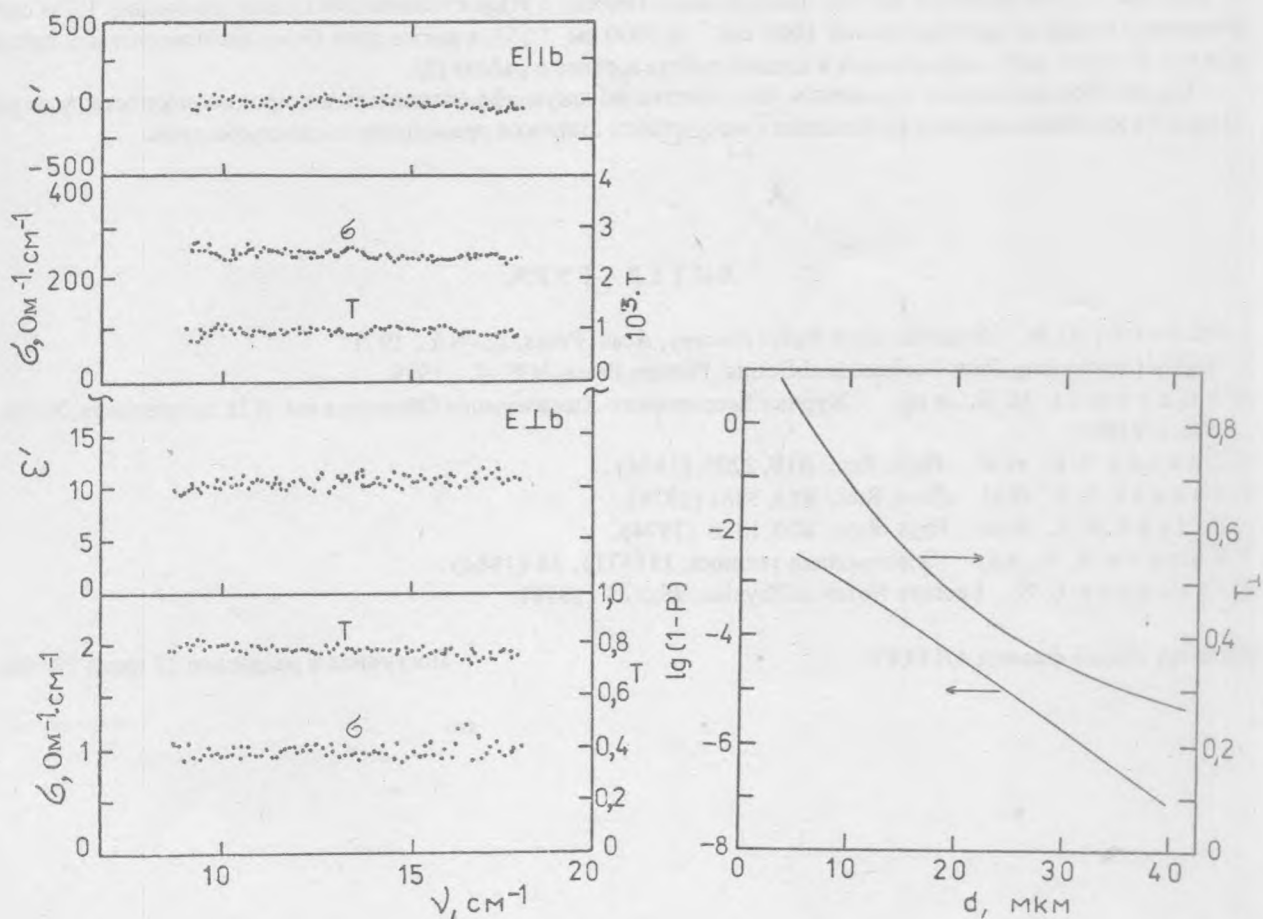


Рис. 1. Спектры проводимости σ , диэлектрической проницаемости ϵ' и коэффициента пропускания T образца TTF-TCNQ при двух поляризациях.

Рис. 2. Расчетная зависимость степени поляризации P и коэффициента пропускания T_{\perp} от толщины образца d ($\sigma_{\perp} = 0,95 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, $\epsilon'_{\perp} = 10$, $\sigma_{\parallel} = 250 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, $\epsilon'_{\parallel} = 0$, $\nu = 10 \text{ см}^{-1}$).

Как следует из рис. 1, проводимость кристаллов TTF-TCNQ при $E \parallel b$, $\nu = 8-18 \text{ см}^{-1}$ имеет металлический характер (σ_{\parallel} и ϵ_{\parallel} практически не зависят от частоты — характерный признак модели проводимости Друде в низкочастотном пределе), что согласуется с данными, полученными из ИК спектров отражения /2,5,6/. Следовательно, можно ожидать сохранения высоких поляризационных качеств образца ($\sigma_{\parallel} \gg \sigma_{\perp}$, $T_{\perp} \gg T_{\parallel}$) вплоть до частот $\nu \approx \Gamma/2\pi \approx 1,9 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1}$ /5,6/ (Γ — характерная частота электронных столкновений с кристаллической решеткой). Это заключение находится в согласии с данными работы /6/, где на длине волны порядка несколько микрон для образца с $d = 2,5 \text{ мкм}$ было получено $T_{\perp}/T_{\parallel} \approx 10^3$ ($R \approx 0,998$).

Важным параметром рассматриваемого поляризатора является величина T_{\perp} , определяющая интенсивность прошедшего (поляризованного) излучения. Прямые измерения T_{\perp} в диапазонах частот $\nu = 8-18$ и $40-250 \text{ см}^{-1}$, а также оценка T_{\perp} для $\nu \approx 2000 \text{ см}^{-1}$ ($\sigma_{\perp} \approx 10 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$, $\epsilon'_{\perp} \approx 5/5$) показали, что величина T_{\perp} изменяется незначительно: $T_{\perp} \approx 0,8$ ($\nu \approx 10 \text{ см}^{-1}$), $T_{\perp} \approx 0,5$ ($\nu \approx 200 \text{ см}^{-1}$), $T_{\perp} \approx 0,25$ ($\nu \approx 2000 \text{ см}^{-1}$), что является вполне приемлемым. Наряду с этим отметим локальное изменение T_{\perp} за счет фоновых линий на частотах около 1000 см^{-1} и 2000 см^{-1} /5/, а также двух более низкочастотных линий при $\nu = 85$ и 115 см^{-1} , измеренных в данной работе и ранее в работе /8/.

Таким образом, можно заключить, что, сочетая высокую эффективность и широкополосность, поляризаторы на квазиодномерных проводниках могут найти широкое применение в спектроскопии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chantry G.W. Submillimeter Spectroscopy, Acad. Press, L.-N.Y., 1971.
2. Highly Conducting One-Dimensional Solids, Plenum Press, N.Y.-L., 1979.
3. Хидекель М. Л. и др. Журнал Всесоюзного Химического Общества им. Д.И. Менделеева, XXIII, 506 (1978).
4. K h a n n a S. K. et al. Phys. Rev., **B10**, 2205 (1974).
5. T a n n e r D. B. et al. Phys. Rev., **B13**, 3381 (1976).
6. B r i g h t A. A. et al. Phys. Rev., **B10**, 1328 (1974).
7. Волков А. А. и др. Электронная техника, **11**(371), 38 (1984).
8. J a c o b s e n C. S. Lecture Notes In Physics, **95**, 223 (1978).

Институт общей физики АН СССР

Поступила в редакцию 12 июня 1986 г.