

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКА НА ДИНАМИКУ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА СТРУКТУРЫ ПОЛУПРОВОДНИК – ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ

И.Н. Болотникова, П.В. Вашурин, А.В. Парфенов

Показано, что выпрямляющие электрические свойства структур изолированный полупроводник – жидкий кристалл обусловлены наличием дефектных слоев, возникающих на поверхности полупроводника при механической обработке. Одновременно показано, что динамические особенности электрооптического отклика структур связаны с их выпрямляющими свойствами.

Фоточувствительные электрооптические структуры типа полупроводник – жидкий кристалл рассматриваются сегодня как один из перспективных элементов практических схем оптической обработки, хранения и отображения информации /1/. Наиболее высокие параметры оптически управляемой модуляции света достигаются в структуре изолированный полупроводник – жидкий кристалл /2/. В то же время таким структурам в ряде случаев присущи свойства, которые до сих пор не получили однозначного объяснения. К их числу относятся наличие выпрямляющего действия при питании переменным электрическим напряжением /3,4/, эффект динамической селекции изображений /4,5/ и др.

Цель данной работы – установить, в какой степени обработка поверхности полупроводника влияет на выпрямляющие свойства структуры, на динамику ее электрооптического отклика.

Исследовались структуры, включавшие в себя изолированный кристалл арсенида галлия и слой нематического жидкого кристалла, заключенные между прозрачными электродами на внутренних сторонах стеклянных пластин, ограничивающих всю структуру. Полупроводник толщиной 200–300 мкм со стороны жидкого кристалла был изолирован слоем поливинилового спирта толщиной 0,1–0,2 мкм, выполнявшим также функцию ориентанта. Диэлектриком служил напыленный с обратной стороны полупроводника слой двуокиси кремния толщиной 0,2 мкм, либо слой оптического термопластичного клея толщиной 1–3 мкм.

Все исследованные образцы делились на три группы: а) механически полированные; б) полированные химико-механически; в) полированные химически в смеси серной кислоты и перекиси водорода. Группы б) и в) прежде испытывались в качестве образцов первой группы, а лишь затем дополнительно обрабатывались. Это давало возможность сравнивать образцы, различающиеся практически лишь обработкой поверхности полупроводника.

Измерялись выпрямленное напряжение на слое жидкого кристалла (определялось по методике, описанной в /4/) и фотоэдс структуры при импульсном освещении на разомкнутых контактах структуры в режиме холостого хода. Структуры проверялись также на наличие в них эффекта динамической селекции изображений.

Наблюдение выпрямленного напряжения показало, что механически полированные структуры обладают в максимальной степени выпрямляющими свойствами, в то же время химически полированные структуры, в которых снимался весь нарушенный слой (около 10–20 мкм), образовавшийся при механической обработке, практически вообще не проявляют такого действия независимо от интенсивности освещения структуры. Структуры с химико-механической полировкой полупроводника, а также структуры, полированные химически с незначительной глубиной снятого слоя (1–3 мкм), по своим свойствам занимают промежуточное положение (рис.1).

Данные по фотоэдс также говорят о значительном различии структуры с механически полированным полупроводником, как уже известно /4/, характеризуются значительной величиной фотоэдс (100 ÷ 200 мВ), отрицательной с освещаемой стороны структуры. В образцах с химической полировкой величина фотоэдс была мала настолько, что не могла быть надежно измерена (точность измерений 5–10 мВ). Образцы с химико-механической полировкой и образцы с неглубоким (1–3 мкм) травлением характеризуются фотоэдс 50–100 мВ.

водить одному или нескольким резонансам. В то же время оценка массы несмещанного глобального состояния с $n = 2$ в рамках подходов /1,5/ показывает, что этим состоянием мог бы быть ι -мезон. При такой интерпретации становится понятной, например, относительно большая вероятность распада $J/\psi \rightarrow \iota \gamma$ и подавленность $J/\psi \rightarrow \eta(1275) \gamma$.

Исходя из приведенных выше соображений, решение задачи о смешивании псевдоскалярных изосинглетов с $n = 2$ в рамках метода, использованного в /1/, сводится к диагонализации массовой матрицы

$$\begin{pmatrix} M_N + 2a & \sqrt{2}a & \sqrt{2}ka \\ \sqrt{2}a & M_S + a & ka \\ \sqrt{2}ka & ka & M_G \end{pmatrix} \quad (2)$$

в базисе

$$N = \frac{1}{\sqrt{2}} (\bar{u}u + \bar{d}d), \quad S = (\bar{s}s), \quad G = (gg),$$

где

$$a = \langle \bar{q}q | H_{an} | \bar{q}q \rangle, \quad ka = \langle \bar{q}q | H_{an} | gg \rangle,$$

H_{an} — $SU(3)$ -симметричная аннигиляционная часть гамильтониана. В соответствии с результатами /5/ можно принять $M_N = 1,24$ ГэВ, $M_S = 1,68$ ГэВ (первые радиальные возбуждения пиона и φ -мезона соответственно). Имея в виду, что в результате диагонализации матрицы (2) мы должны получить экспериментальные значения масс $\eta(1275)$ и $\iota(1440)$ для фиксированного значения k , как и в /1/, имеем три неизвестных параметра: a , M_G и массу ($n = 2$)-изоскаляра ζ . Численные расчеты показывают, что результаты диагонализации слабо зависят от значения k . Например, для $k = 1/2$ (/1/) получаем:

$$M_\zeta = 1,700 \text{ ГэВ}, \quad a = 0,019 \text{ ГэВ}, \quad M_G \cong 1,44 \text{ ГэВ},$$

$$\eta(1275) = 0,995N - 0,061S - 0,077G,$$

$$\zeta(1700) = 0,064N + 0,997S + 0,039G,$$

$$\iota(1440) = 0,074N - 0,044S + 0,996G.$$

Таким образом, в предположении существования $\eta(1275)$ смешивание радиальных возбужденных состояний псевдоскалярных изосинглетов существенно отличается от смешивания их основных состояний, являясь, подобно смешиванию векторных ω - и φ -мезонов, близким к идеальному.

Аналогичное рассмотрение $\omega\varphi$ -смешивания (основные состояния) показывает, что здесь аннигиляционный вклад в массы ω и φ еще меньше, чем для ($n = 2$)-изосинглетов. Это обстоятельство не является удивительным вследствие трехглюонного механизма аннигиляции для векторных мезонов. Сравнение с экспериментальными данными по векторным мезонам свидетельствует о том, что трехглюонного состояния, по-видимому, не существует. Тогда задача сводится к диагонализации матрицы

$$\begin{pmatrix} M_N + 2a & \sqrt{2}a \\ \sqrt{2}a & M_S + a \end{pmatrix}, \quad (3)$$

в которой $M_N = M_{\rho_0} = 0,769$ ГэВ (масса нейтрального ρ -мезона). В результате получаем $a = 0,007$ ГэВ, $M_S = 1,012$ ГэВ, $\delta = 2,4^\circ$. Отметим, что из линейной и квадратичной массовых формул Гелл-Манна — Окубо следуют значения угла смешивания δ , равные соответственно $0,6 \pm 0,5^\circ$ и $3,3 \pm 0,4^\circ$. Расчет M_S в модели /2/ дает значение 1,038 ГэВ, близкое к результату диагонализации матрицы (3).

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют в пользу интерпретации первых радиальных возбуждений псевдоскалярных изосинглетов, согласно которой $\eta(1275)$ является ($n = 2$)-состоянием комбинации нестранных кварков $(\bar{u}u + \bar{d}d)/\sqrt{2}$ с незначительными примесями $\bar{s}s$ и gg , тогда как $\iota(1440)$ представляет собой практически полностью двухглюонное состояние с $n = 2$. Третьим изосинглетным состоянием с $n = 2$ является $\zeta(1700)$ -мезон, состоящий из пары странных кварка и антикварка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефросинин В. П., Заикин Д. А. ЯФ, 40, 250 (1984), 1266 (1984); Efrosinin V. P., Zaikin D. A. Z. Phys., C28, 211 (1985).
2. Ефросинин В. П., Заикин Д. А. ЯФ, 37, 1532 (1983).
3. Novikov V. A. et al. Nucl. Phys., B191, 309 (1981).
4. Baltrusaitis R. M. et al. Phys. Rev., D32, 2883 (1985).
5. Ефросинин В. П. Краткие сообщения по физике ФИАН № 4, 3 (1986).
6. Stanton N. et al. Phys. Rev. Lett., 42, 346 (1979).
7. Ando A. et al. Preprint KEK 85 – 15, 1985.
8. Bellini G. et al. Phys. Rev. Lett., 48, 1697 (1982).
9. Bloom E. D. Proc. of the 21 Intern. Conference on High Energy Physics. Ed. P. Petiau, M. Porneuf, Paris, 1982, p. 407.

Поступила в редакцию 24 апреля 1984 г.