

$$a_k - a_{k0} = r_{k1} E_x + r_{k2} E_y + r_{k3} E_z, \quad (3)$$

где $k = 1, 2, \dots, 6$; $a_{40} = a_{50} = a_{60} = 0$. Коэф. r_{ki} наз. постоянными Поккельса и определяют величину П. э. в разл. кристаллах.

П. э. существует в средах, лишённых центральной симметрии, называемых *пьезоэлектриками*. Симметрия кристаллов накладывает определённые ограничения на постоянные Поккельса, часть из них обращается в нуль, нек-рые могут оказаться равными между собой. Материал считается обладающим значит. электрооптич. эффектом, если его коэф. r_{ki} порядка $10^{-9} \div 10^{-10}$ см/В.

Поэтому при обычных внеш. полях 10^4 В/см линейное изменение показателя преломления составляет $\sim 10^{-5}$. Это означает, что существенные изменения оптич. длины под действием П. э. могут быть получены только в тех случаях, когда длина кристалла в направлении распространения света \sim в 10^5 раз превышает длину волны света.

П. э. широко применяется при создании разл. устройств управления оптич. излучением, таких, как *модуляторы света*, дефлекторы, переключатели оптич. каналов и т. п. Обычно в этих устройствах используются кристаллы LiNbO_3 ($r_{33} = 30,8 \cdot 10^{-10}$ см/В), LiTaO_3 ($r_{33} = 33 \cdot 10^{-10}$ см/В), KNH_2PO_4 ($r_{33} = 11 \cdot 10^{-10}$ см/В), KD_2PO_4 ($r_{33} = 26,8 \cdot 10^{-10}$ см/В) и др.

Значит, увеличение постоянных Поккельса происходит в сегнетоэлектрич. кристаллах при приближении к точке Кюри. Из зависимости r_{33} от темп-ры для кристаллов KNH_2PO_4 и KD_2PO_4 (рис. 1) видно, что в точке Кюри постоянные Поккельса увеличиваются в ~ 1500 раз по сравнению с комнатной темп-рой, что позволяет снизить управляющие напряжения. Однако трудности охлаждения кристаллов и поддержания с высокой точностью их темп-ры ограничивают применение устройств, работающих при темп-ре, близкой к темп-ре Кюри. Сегнетоэлектрики BaTiO_3 , $\text{KTa}_x\text{Nb}_{1-x}\text{O}_3$, $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Nb}_2\text{O}_6$, имеющие точки Кюри вблизи комнатной темп-ры и большие коэф. $r_{ki} \sim 10^{-8}$ см/В, непригодны, однако, для создания устройств управления светом по своим оптич. качествам.

На практике П. э. часто маскируется вторичным электрооптич. эффектом, обусловленным деформациями пьезокристалла при наложении электрич. поля за счёт обратного *пьезооптического эффекта*. Эти деформации из-за наличия *фотоупругости* приводят к изменению показателя преломления, к-рое складывается с первичным П. э. При наличии деформаций изменение коэф. эллипсоида (3) должно быть записано в виде

$$a_k - a_{k0} = \sum_{i=1}^3 r_{ki} E_i + \sum_{j=1}^6 p_{kj} u_j, \quad (4)$$

где p_{kj} — коэф. фотоупругости, u_j — компоненты деформации, E_i — проекции электрич. поля на оси координат. Если к кристаллу не приложены внеш. напряжения, то деформации обусловлены только электрич. полем

$$u_j = \sum_{i=1}^3 d_{ji} E_i, \quad (5)$$

где d_{ji} — пьезоэлектрич. коэф. Подставив (5) в (4), имеем

$$a_k - a_{k0} = \sum_{i=1}^3 \left(r_{ki} + \sum_{j=1}^6 p_{kj} d_{ji} \right) E_i. \quad (6)$$

Выражение в скобках наз. низкочастотной постоянной Поккельса, т. к. именно эта величина измеряется при НЧ изменениях электрич. поля. На очень высоких частотах деформации кристалла малы и имеет место только первичный П. э.

Особенно резко увеличиваются деформации на частотах, соответствующих собств. колебаниям кристалла.

Когда частота внеш. электрич. поля совпадает с одной из собств. частот, деформации увеличиваются в Q раз, где Q — добротность соответствующего колебания. При таком резонансе электрооптич. коэф. может возрасти в 10^3 раз, что позволяет во столько же раз снизить управляющее напряжение. Однако это явление

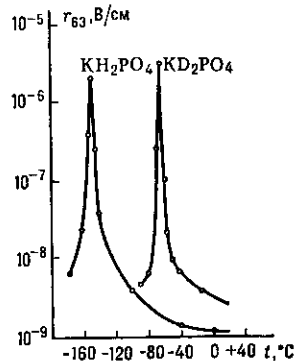


Рис. 1. Температурная зависимость постоянных Поккельса для кристаллов KNH_2PO_4 (KDP) и KD_2PO_4 (DKDP)

наблюдается в узкой полосе частот и сильно зависит от темп-ры. Для улучшения частотной характеристики широкополосной модуляции света с помощью П. э. приходится специально демпфировать собств. колебания электрооптич. кристалла, однако и в этом случае переход от низких частот к высоким сопровождается изменением постоянной Поккельса за счёт пьезоэффекта.

На рис. 2 приведены зависимости $r_{31} = (1/2)(n_0^3 r_{13} - n^3 e r_{33})$ и $r_{32} = n_0^3 r_{22}$ для кристалла LiNbO_3 с размерами $41 \times 3,3 \times 3,3$ мм³ от частоты, измеренные экспериментально. На низких частотах r_{31} и r_{32} определяются суммой первичного и вторичного П. э. При этом для r_{32} оба эффекта имеют одинаковый знак, а для r_{31} вторичный эффект имеет знак, противоположный первичному. Поэтому на высоких частотах r_{31} больше своего

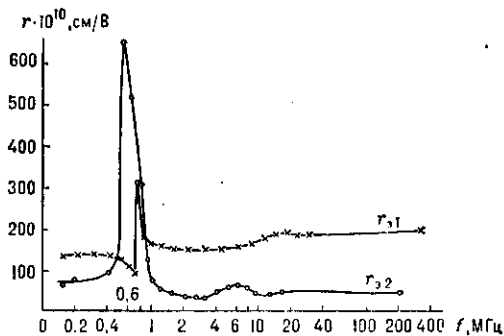


Рис. 2. Экспериментальная частотная зависимость постоянных Поккельса r_{31} и r_{32} для кристалла LiNbO_3 .

квазистатич. значения, а r_{32} — меньше. На частотах около 0,6 МГц имеет место собств. резонанс кристалла. ВЧ-значение постоянных Поккельса обычно не меняется вплоть до частот 10^{12} Гц, соответствующих частоте резонанса кристаллич. решётки.

Лит.: Мустель Е. Р., Парыгин В. Н., Методы модуляции и сканирования света, М., 1970; Соинин А. С., Василевская А. С., Электрооптические кристаллы, М., 1971.

ПОКОЛЕНИЯ ФЕРМИОНОВ — сходные по свойствам группы (семейства) частиц — *кварков* и *лептонов*:

$$(v_e, e^-, u, d), (v_\mu, \mu^-, c, s), (v_\tau, \tau^-, t, b).$$

Соответствующие частицы из каждого поколения имеют одни и те же квантовые числа относительно группы симметрии *электрослабого взаимодействия* и отличаются только массами: каждое следующее поколение тяжелее предыдущего. Указанные три поколения содержат все известные в настоящее время кварки и лептоны.