

- [3] Бертель И.М., Петухов В.О., Степанов Б.И., Трушин С.А., Чураков В.В. - ДАН СССР, 1980, т. 255, № 6, с. 1353-1356.
- [4] Brimacombe R.K., Reid J. - Appl. Phys. Lett., 1984, v. 45, N 8, p. 813-815.
- [5] Brimacombe R.K., Reid J. - J. Appl. Phys., 1985, v. 57, N 11, p. 4882-4891.
- [6] Finzi V., Moore C.B. - J. Chem. Phys., 1975, v. 63, N 6, p. 2285-2288.
- [7] Велихов Е.П., Баранов В.Ю., Летохов В.С., Рябов Е.А., Старостин А.Н. Импульсные CO₂ лазеры и их применения для разделения изотопов, М.: Наука, 1983, 304 с.
- [8] Freed C., Bradley L.C., O'Donnell R.G. - IEEE J. Quantum. Electron., 1980, v. QE-16, N 11, p. 1195-1206.
- [9] Siemsen K.J. - Opt. Lett., 1981, v. 6, N 3, p. 113-117.
- [10] Siemsen K.J., Whitford B.G. - Opt. Commun., 1977, v. 22, N 2, p. 11-16.
- [11] Бертель И.М., Петухов В.О., Трушин С.А., Чураков В.В. Препринт Института физики АН БССР, Минск, 242, 1981.
- [12] Иваненко М.М., Трушин С.А., Чураков В.В. - ЖПС, 1984, т. 41, № 3, с. 408-415.
- [13] Izatt J.R., Mathieu P. - Can. J. Phys., 1980, v. 58, N 10, p. 1401-1415.
- [14] Stamatakis T., Green J.M. - Opt. Commun., 1979, v. 30, N 3, p. 413-418.
- [15] Freed C. - IEEE J. Quantum Electron., 1982, v. QE-18, N 8, p. 1220-1228.

Поступило в Редакцию
16 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 14

26 июля 1988 г.

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ИК И СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.В. Андрианов, Е.В. Берегулин,
С.Д. Ганичев, К.Ю. Глух, И.Д. Ярошечкий

Потребности быстро развивающейся лазерной техники требуют создания приборов для анализа поляризации лазерных импульсов с высоким временным разрешением. В особый класс задач можно вы-

делить проблему определения поляризационных характеристик однократных и редко повторяющихся коротких лазерных импульсов. Для лазерного излучения видимого и ближнего ИК диапазонов такие задачи частично решены. В среднем и дальнем ИК и особенно субмиллиметровом (СБММ) диапазонах отсутствуют методы поляризационных измерений параметров импульсного лазерного излучения.

В работе предложен способ определения поляризационных характеристик лазерных импульсов ИК и СБММ диапазонов. На его основе создан прибор, обеспечивающий измерение с высоким временным разрешением параметров импульсных лазеров, работающих как в частотном, так и в однократном режиме. Способ основан на баллистических фотоэлектрических явлениях в полупроводниках — эффекте увлечения электронов фотонами (ЭУ) [1, 2], который обусловлен передачей импульса фотонов электронам и фотогальваническом эффекте (ФГЭ) [3–5], связанном с асимметрией процессов генерации, рекомбинации и рассеяния носителей заряда в кристаллах без центра инверсии.

Выражение для тока, возникающего при поглощении линейного поляризованного света в кристаллах без центра инверсии, имеет вид [2, 4]:

$$j_i = I \Gamma_{iklm} l_k l_l \varepsilon_m + I \chi_{ikl} l_k l_l, \quad (1)$$

где I — интенсивность излучения, \vec{l} — вектор поляризации, $\vec{\varepsilon}$ — волновой вектор света, Γ_{iklm} — тензор четвертого ранга, определяющий ЭУ, χ_{ikl} — тензор третьего ранга, определяющий ФГЭ. Следует отметить, что фототок (1) практически безынерционный. Характерное время фототклика определяется временем релаксации импульса носителей заряда, которое составляет величину 10^{-12} – 10^{-13} с.

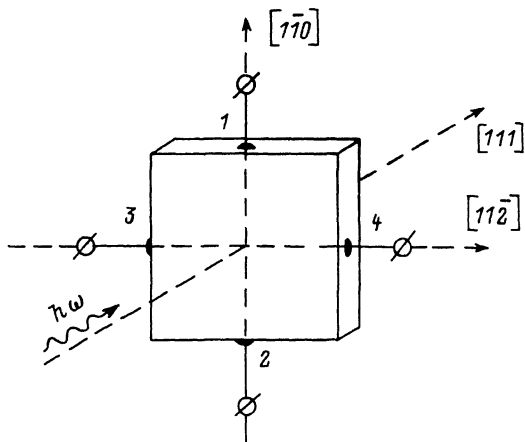
В режиме разомкнутой цепи в образце возникает электрическое поле \vec{E} , которое можно найти из условия равенства нулю полного тока, а именно:

$$j - \sigma \vec{E} = 0,$$

$$E_i = I \frac{\Gamma_{iklm}}{\sigma} \varepsilon_k l_l l_m + I \frac{\chi_{ikl}}{\sigma} l_k l_l, \quad (2)$$

где σ — электропроводность кристалла (вообще говоря, тензор второго ранга, но в кубических кристаллах и, в частности, в полупроводниках $A^{\text{III}}B^{\text{V}}$ электропроводность ведет себя как скалярная величина). Из (2) ясно, что возникающая в образце фотоэдс несет в себе информацию о поляризации лазерного излучения, падающего на кристалл. Существуют такие взаимные ориентации кристалла, волнового вектора, электрических контактов, при которых измерение электрических сигналов позволяет определить положение плоскости поляризации лазерного излучения.

Анализатор поляризации лазерного излучения изготовлен из монокристалла ρ -GaAs(2n) с концентрацией дырок $\rho = 2.3 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$



Анализатор поляризации лазерного излучения.

и подвижностью $250 \text{ В}\cdot\text{см}/\text{с}^2$. Он представляет собой пластину, ориентированную в плоскости (111) , размером $5 \times 5 \text{ мм}$, толщиной 2 мм . На краях пластин вдоль направления $[1\bar{1}0]$ и $[11\bar{2}]$ располагаются две пары точечных омических контактов (см. рисунок).

В этом случае при нормальном падении света на анализатор возникает разность потенциалов между точками 1 и 2 V_1 и разность потенциалов между точками 3 и 4 V_2 . Как можно показать из (2) с учетом точечной группы симметрии T_d , свойственной кристаллу GaAs , их величины определяются выражениями:

$$\begin{aligned} V_1 &= P_A A \sin 2\theta, \\ V_2 &= P_A A \cos 2\theta, \end{aligned} \quad (3)$$

где P_A — мощность линейно поляризованной компоненты лазерного излучения, θ — угол между вектором \vec{z} и направлением $[11\bar{2}]$, A — константа, определяемая свойствами кристалла и геометрией анализатора.

Из (3) легко видеть, что, одновременно измеряя абсолютные величины сигналов V_1 и V_2 , а также их знаки, можно однозначно определить мгновенное положение плоскости поляризации лазерного излучения (угол θ), а также мощность линейно поляризованной компоненты лазерного излучения. Решение системы (3) имеет вид:

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\pi}{4} (1 - \text{sign } V_2) \text{sign } V_1 + \text{sign } V_2 \cdot \frac{1}{2} \arcsin \frac{V_1}{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}}, \\ P_A &= \frac{\sqrt{V_1^2 + V_2^2}}{A}. \end{aligned} \quad (4)$$

Значение константы A , определяющей чувствительность анализатора, для различных длин волн

Длина волны, мкм	9.2	10.6	90.55	152	385
мкВ/Вт	0.37	0.5	0.21	0.21	0.24

На основе описанного выше фотоприемного элемента создан фотоприемник, включающий в себя два широкополосных дифференциальных усилителя с полосой до 70 МГц и коэффициентом усиления 100. Фотоприемник работоспособен в широком спектральном диапазоне (от 9 до 400 мкм). Значения величины A , фактически определяющей чувствительность анализатора, приведены в таблице. Инерционность этого фотоприемника определяется полосой пропускания примененных усилителей и составляет 5 нс. Фотосигналы измерялись одновременно цифровым осциллографом С9-6. Данные о величине и знаке сигналов V_1 и V_2 поступали в ЭВМ, где реализовывался алгоритм (4) и определялась динамика изменения положения плоскости поляризации и мощности линейнополяризованной компоненты лазерного излучения в течение импульса. При этом временное разрешение ограничено быстродействием использованного канала обработки сигналов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Рывкин С.М., Ярошецкий И.Д. Проблемы современной физики, Л., 1980, 173-185.
- [2] Данишевский А.М., Кастальский А.А., Рывкин С.М., Ярошецкий И.Д. - ЖЭТФ, 1970, т. 58, с. 544.
- [3] Белиничер В.И., Стурман Б.И. - УФН, 1980, т. 130, с. 415.
- [4] Андрианов А.В., Ивченко Е.Л., Пикус Г.Е., Расулов Р.Я., Ярошецкий И.Д. ЖЭТФ, 1981, т. 81, с. 2080.
- [5] Берегулин Е.В., Ганичев С.Д., Глух К.Ю., Лянда-Геллер Ю.Б., Ярошецкий И.Д. - ФТТ, 1988, т. 30, № 3, с. 730-736.

Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе
АН СССР, Ленинград

Поступило в Редакцию
21 апреля 1988 г.