

10. ОПТИКА, РАДИОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОНИКА, В ТОМ ЧИСЛЕ КВАНТОВАЯ

Программа 10.1. Оптика, лазерная физика (Координатор академик С. Н. Багаев)

В Институте лазерной физики разработаны и созданы основные блоки прецизионного мобильного фемтосекундного синтезатора частот (от радио до УФ-диапазона) (рис. 1): Nd : YAG/L₂ стандарт частоты, фемтосекундный Yb : KGW-лазер с прямой диодной накачкой, волоконно-оптическая система уширения спектра излучения фемтосекундного Yb : KGW-лазера, электронная система управления и регистрации параметров излучения синтезатора.

В Институте автоматики и электротриетрии впервые реализована нелинейная двухфотон-

ная запись микрорешеток диаметром $1,5 \div 2,0$ мкм в образцах нелегированного ниобата лития на глубине 100 мкм (рис. 2) и в экспериментальных образцах фотополимерных материалов с хромофорами (разработка НИОХ СО РАН) на глубине 30 мкм. Установлено, что исследуемые фотополимерные материалы имеют ярко выраженный пороговый механизм записи, что при многослойной модификации состояния материалов является их несомненным достоинством.

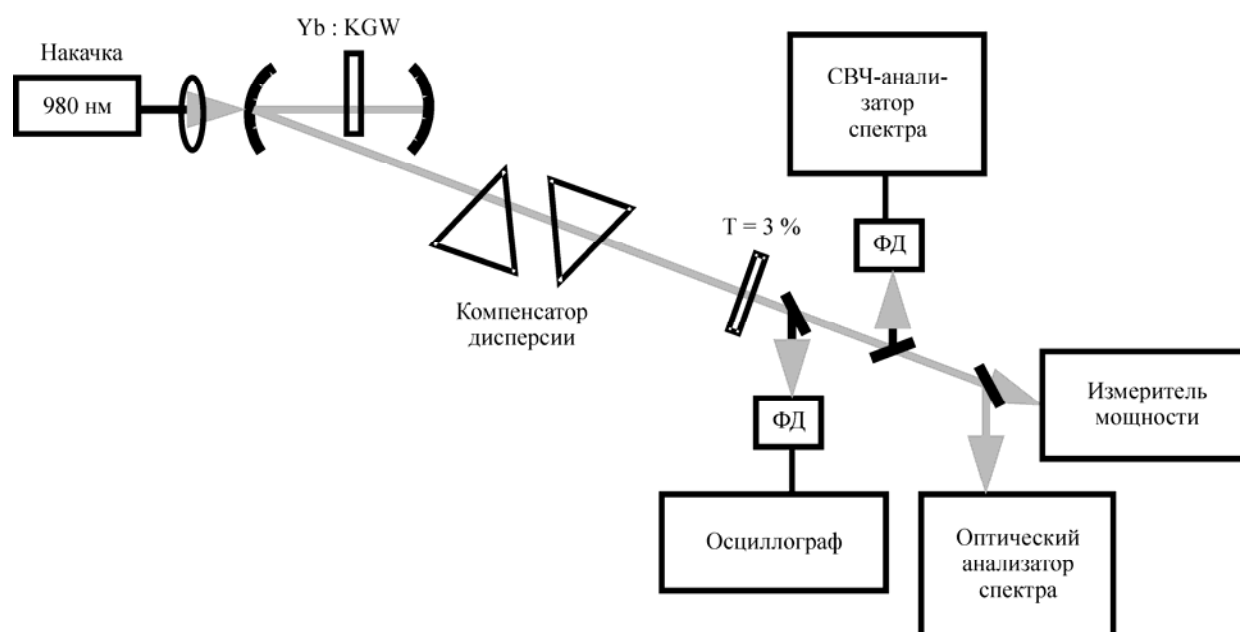


Рис. 1. Принципиальная схема фемтосекундного Yb : KGW-лазера.

Fig. 1. Schematic diagram of the femtosecond Yb : KGW laser.

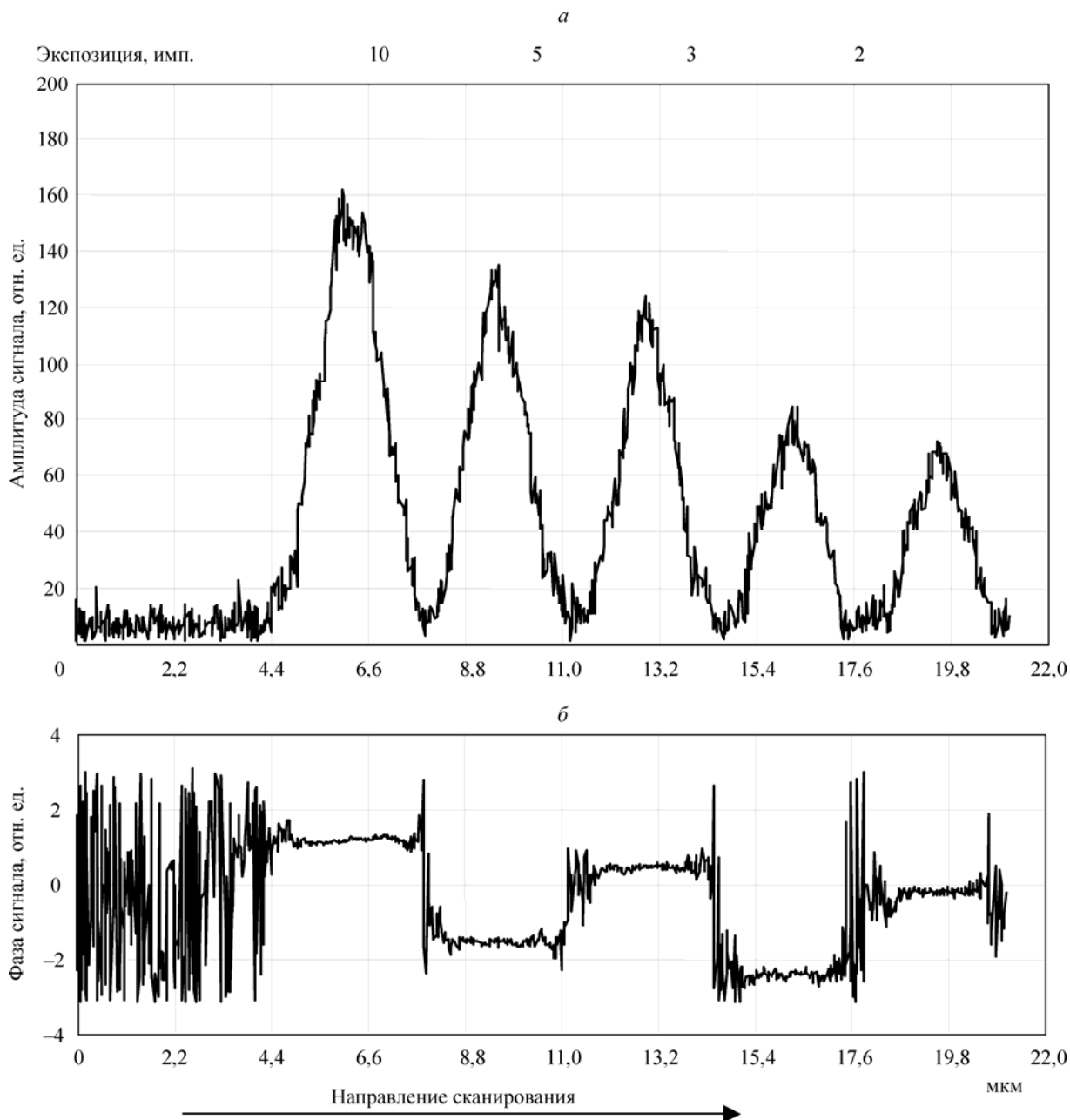


Рис. 2. Результаты считывания строки из пяти микроголограмм, зарегистрированных в нелегированном ниобате лития: *a* — амплитуды сигнала считывания; *b* — фаза сигнала считывания.

Fig. 2. Results of reading a line consisting of five microholograms recorded in nondoped lithium niobate: *a* — amplitudes of reading signal; *b* — reading signal phase.

**Программа 10.2. Фундаментальные проблемы взаимодействия излучения и потоков заряженных частиц с веществом
(Координатор член-корреспондент РАН А. М. Шалагин)**

Учеными Института автоматики и электротехники и Королевского технологического института (Швеция) предсказаны новые доплерские резонансы, обусловленные рассеянием оже-электрона на атомах молекулы. Показано, что интенсивность доплеровски сме-

ловские резонансы, обусловленные рассеянием оже-электрона на атомах молекулы. Показано, что интенсивность доплеровски сме-

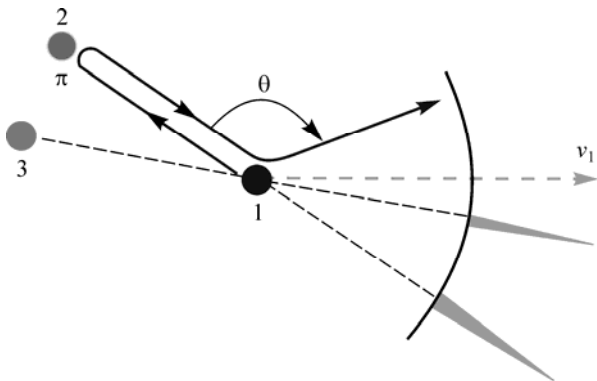


Рис. 3. Оже-электрон, испущенный атомом 1, отражается от атома 2 и рассеивается снова атомом 1. Это двукратное рассеяние резко усиливается при рассеянии вперед атомом 1 (на рисунке — резкий пик при угле рассеяния $\theta = \pi$). Тот же процесс дает пик при отражении от атома 3. v_1 — скорость атома 1.

Fig. 3. An Auger-electron is emitted by the atom 1, reflected by the atom 2 and is scattered by the first atom again. This to-step scattering is extremely enhanced by forward scattering on the atom 1 (the sharp peak is depicted for the scattering angle $\theta = \pi$). The same process gives a peak due to reflection by the atom 3. v_1 is the velocity of the atom 1.

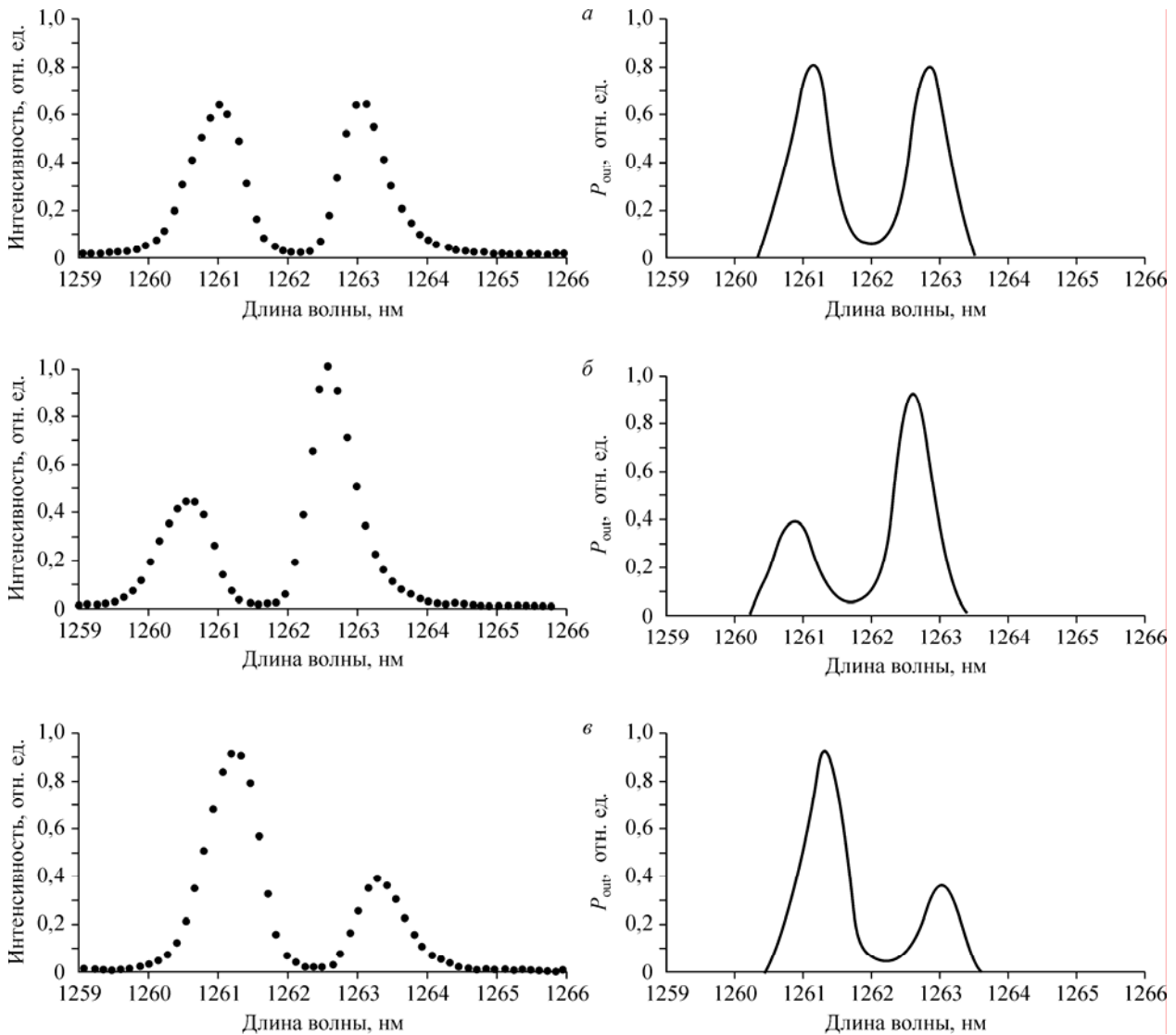


Рис. 4. Экспериментальный (слева) и расчетный (справа) спектры выходного излучения 1-й стоксовой компоненты ВКР-лазера в зависимости от температуры выходной брэгговской решетки: 25 (а), 0 (б) и 50 °С (е).

Fig. 4. Measured (left) and calculated (right) output spectrum of the 1-st Stokes component of FRL at different temperatures of output fiber Bragg grating: 25 (a), 0 (b) and 50 (e) degree centigrade.

ценных резонансов аномально сильно зависит от угла рассеяния θ (рис. 3). Это обстоятельство дает уникальную возможность измерения углов между молекулярными связями неупорядоченных молекул, что, в частности, исключительно важно при определении структуры протеинов в живых организмах. Предсказанный эффект подтвержден экспериментами в Германии.

Учеными Института автоматизации и электротехники построена феноменологическая модель двухкаскадного волоконного ВКР-лазера, описывающая взаимодействие волн накачки и генерируемых стоксовых компонент в резонаторе, образованном волоконными брэгговскими решетками (ВБР). Выяснен механизм наблюдаемого в эксперименте чередующегося насыщения выходной мощности накачки, первой и второй стоксовых компонент при увеличении входной мощности накачки. Показано, что спектральная ширина генерируемого излучения достигает ширины контура отражения решетки, что приводит к увеличению эффективного коэффициента пропускания резонатора на порядок. С учетом спектрального уширения достигнуто хорошее согласие абсолютных значений мощности в теории и эксперименте. Построена простая аналитическая модель (в приближении независимой генерации лазерных мод), которая хорошо описывает обнаруженные ранее в эксперименте особенности спектра генерации двухкаскадного ВКР-лазера: его расщепление и уширение с ростом мощности, а также появление асимметрии спектра при температурной расстройке ВБР, образующих резонатор (рис. 4).

В этом же Институте установлено, что характер нарастания вязкости материалов при переходе жидкость—стекло (индекс фрагиль-

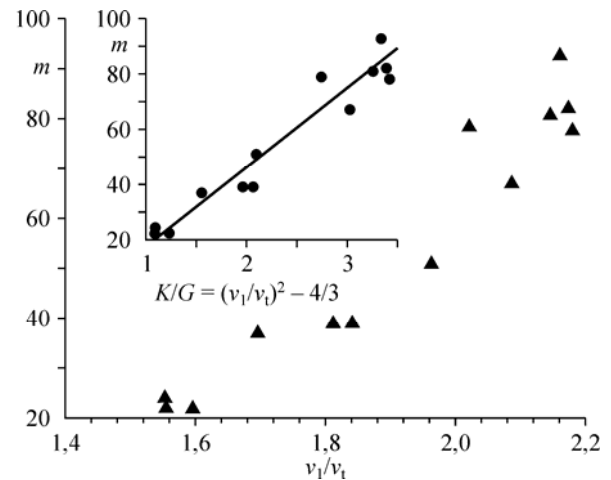


Рис. 5. Корреляция между индексом фрагильности m и отношением продольной и поперечной скоростей звука v_1/v_t для различных стекол: CKN [$\text{Ca}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{KNO}_3$], m -TCP (m -трикрезил фосфат), ОТП (о-трефенил), Se, m -толуидин, салол, глицерол, B_2O_3 , As_2S_3 , SiO_2 , GeO_2 , BeF_2 . На вставке показана связь индекса фрагильности с отношением Пуассона (K/G).

Fig. 5. Correlation between fragility and the ratio of longitudinal and transversal sound velocities found in the glassy state. Inset, correlation of fragility with the ratio of the bulk and shear moduli in the glassy state. Materials (in descending order of fragility): CKN [$\text{Ca}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{KNO}_3$], m -TCP (m -tricresyl phosphate), OTP (o-therphenyl), Se, m -toluidine, salol, glycerol, B_2O_3 , As_2S_3 , SiO_2 , GeO_2 , BeF_2 .

ности) определяется степенью направленности межатомного взаимодействия, которое может быть количественно охарактеризовано отношением объемного и сдвигового модулей упругости (отношением Пуассона). Показано, что индекс фрагильности увеличивается с ростом отношения Пуассона; установлено также, что это отношение определяет параметр неэргодичности и амплитуду бозонного пика в стеклах (рис. 5).

Программа 10.3. Электроника больших мощностей (Координатор академик С. Д. Коровин)

Ученые Института сильноточной электроники совместно с учеными Института электрофизики УрО РАН теоретически и экспериментально нашли условия, при которых возможна генерация импульсов излучения с пиковой мощностью, превышающей мощность электронного пучка (рис. 6). Эти результаты,

имеющие мировой приоритет, демонстрируют привлекательные физические аспекты пространственной аккумуляции энергии при ее преобразовании из одного вида в другой. На основе полученных результатов разработаны макеты источников сверхкоротких (0,2—1,0 нс) гигаваттных и субгигаваттных СВЧ-импульсов

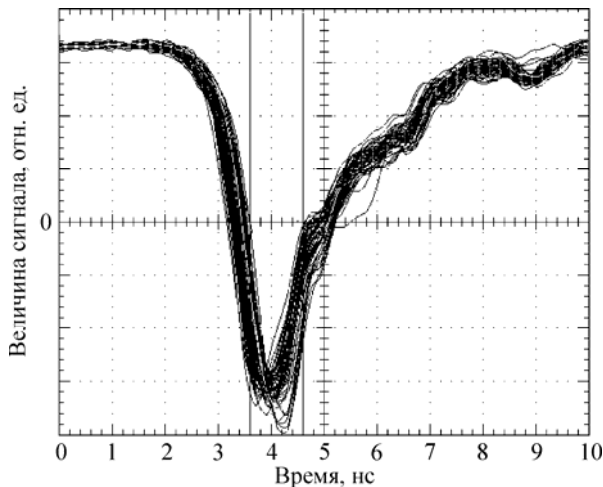


Рис. 6. Осциллограммы сигналов микроволнового детектора в импульсно-периодическом режиме.

Fig. 6. Waveforms of microwave detector signals in the repetitive regime.

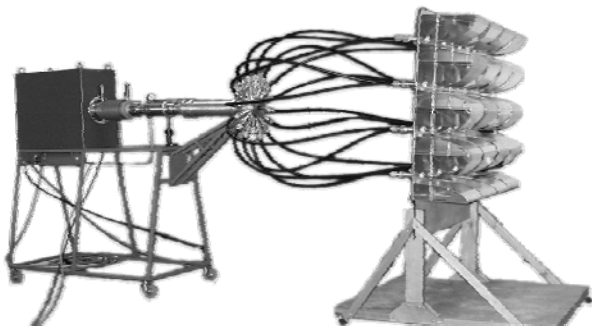


Рис. 7. Источник мощных импульсов сверхширокополосного излучения.

Fig. 7. Source of powerful ultrawideband pulses.

в диапазоне частот 10 ГГц и 38 ГГц, в том числе с высокой частотой следования импульсов — в сотни и тысячи герц.

В том же Институте показана возможность формирования с высокой эффективностью на-

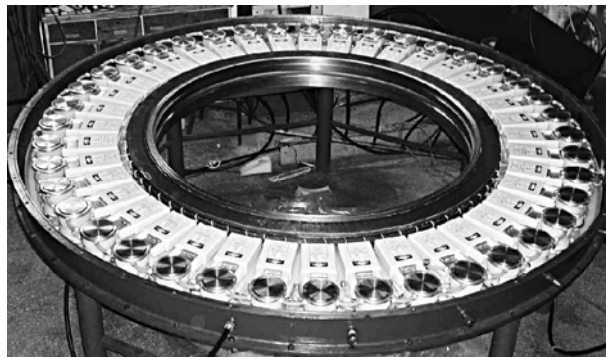


Рис. 8. Внешний вид ступени LTD_Z.

Fig. 8. Outer view of the LTD_Z stage.

правленных волновых пучков сверхширокополосного излучения гигаваттного уровня мощности при возбуждении многоэлементной антенной решетки от одного генератора биполярных импульсов напряжения через волновой трансформатор (рис. 7). Получены импульсы излучения длительностью ~ 2 нс с напряженностью электрического поля $E = 1,7$ МВ/Р в дальней зоне на расстоянии R от излучателя, а также длительностью ~ 1 нс с напряженностью электрического поля $E = 0,8$ МВ/Р.

Учеными этого же Института разработана, изготовлена и испытана ступень линейного трансформатора тока «LTD_Z» с током ~ 1 МА и выходной мощностью ~ 100 ГВт.

Данная ступень разработана для работы в виде первичного накопителя энергии в установках, предназначенных для прямого питания низкоимпедансных нагрузок типа Z-пинча с временем нарастания импульса тока ~ 100 нс. При зарядном напряжении ± 100 кВ запасаемая энергия ступени LTD_Z равна 16 кДж. Внешний вид ступени LTD_Z со снятым боковым фланцем показан на рис. 8. Диаметр ступени LTD_Z равен 3 м, высота — 22 см.

Программа 10. 4. Новые оптические материалы, технологии и приборы, их применение (Координатор академик В. Ф. Шабанов)

Учеными КТИ прикладной микроэлектроники и Института физики полупроводников завершены разработка, изготовление и испытание ряда унифицированных оптико-электронных приборов, предназначенных для регистрации и анализа изображений в ультрафио-

летовой, видимой и инфракрасной областях спектра:

полноформатный тепловизор высокой четкости на линейчатом фотоприемном устройстве со сканированием (рис. 9). Спектральный диапазон — 7,7—10,3 мкм,

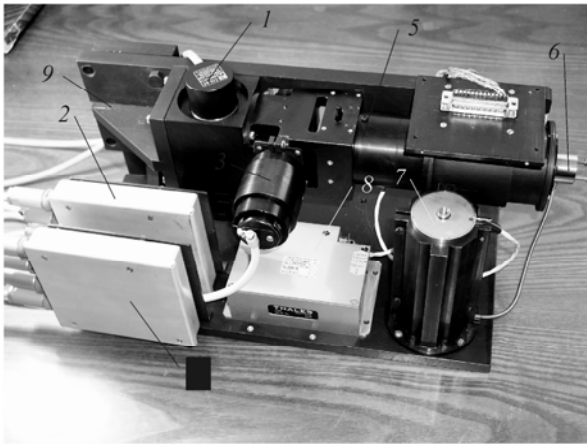


Рис. 9. Полноформатный тепловизионный модуль высокой четкости.

Спектральный диапазон, мкм	7,7—10,3
Поле зрения, град	28 × 20
Формат изображения, элементов	768 × 576
МРРТ, мК	40

Fig. 9. Full format thermal vision module of high resolution.

Spectral band, μm	7,7—10,3
Field of view	28 × 20
Resolution on monitor, pixels	768 × 576
NET τ , mK	40

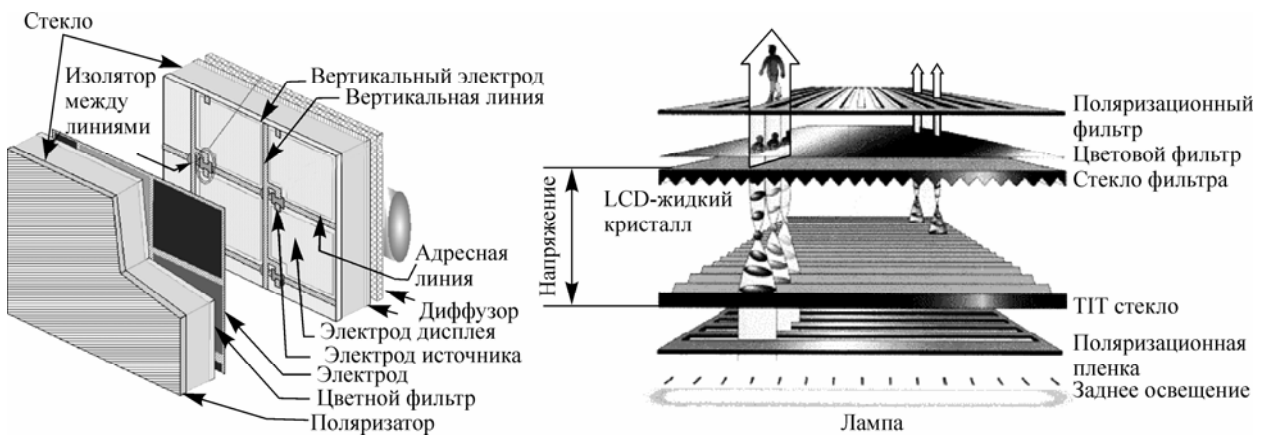


Рис. 10. Общая схема активно-матричного экрана на жидких кристаллах.

Fig. 10. Schematic view of liquid-crystalline active-matrix screen.

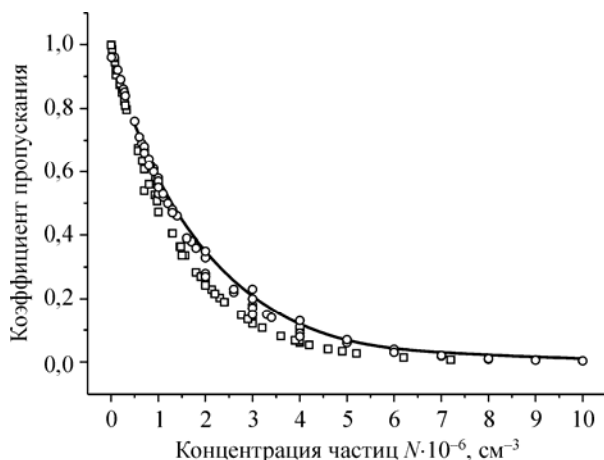


Рис. 11. Зависимость коэффициента пропускания слоем водного аэрозоля от концентрации частиц: при воздействии на среду мощного фемтосекундного импульса (точки), экспериментальная зависимость пропускания аэрозоля для слабого He—Ne-лазера с $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$ (квадраты), расчетная кривая линейного пропускания (сплошная линия).

Fig. 11. Dependence of the transmission coefficient by the water aerosol layer on the particle concentration: under the action on the medium of a high-power femtosecond pulse (points), the experimental dependence of aerosol transmission for a weak He—Ne laser with $\lambda = 0.63 \text{ }\mu\text{m}$ (squares); the reference line of linear transmission (solid curve).

поле зрения — 28×20 град, формат изображения — 768×576 элементов, минимальная разрешаемая разность температур — 40 мК;

матричный тепловизионный модуль с форматом изображения 320×240 элементов разрешения. В модуле используется охлаждае-

мое фотоприемное устройство на КРТ размерностью 320×256 элементов;

малогабаритные высокоразрешающие телевизионный и тепловизионный модули для дистанционно пилотируемых летательных аппаратов.

В рамках интеграционного проекта учеными Института физики им. Л. В. Киренского и Института физики полупроводников, Института теоретической и прикладной механики, СКТБ «Наука» созданы макеты тонкопленочных транзисторов, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к управляющим элементам капсулированных жидкокристаллических пленок. Подготовлены предпосылки для создания макета жидкокристаллического управляемого экрана на основе капсулированных жидкокристаллических пленок, что позволит существенно уменьшить затраты на производство ЖК-кристаллов по сравнению с существующими технологиями.

Учеными Института оптики атмосферы экспериментально и теоретически установлено, что в отличие от пропускания непрерывного лазерного излучения, сильно зависящего от его мощности, пропускание мощного фемтосекундного импульса аэрозольной атмосферой слабо зависит от мощности излучения и описывается законами линейной оптики (рис. 11).