

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

Евдокимов С.В., Яценко А.В.

Фотогальванический эффект – возникновение фотоиндуцированного тока при освещении короткозамкнутого кристалла – является свойством многих соединений семейства ABO_3 [1]. Установка для изучения подобных явлений содержит несколько блоков – источник света, поляризатор, измеритель слабых токов и интерфейс. В идеальном варианте в такой установке должно осуществляться программируемое управление плотностью мощности засветки кристалла и поворотом плоскости поляризации, а также вывод экспериментальных данных на ПК для дальнейшей обработки. Блок измерения фототока должен иметь хорошую чувствительность – вплоть до 10^{-13} А [2].

Программное управление плотностью мощности засветки кристалла возможно при наличии достаточно мощного источника света типа ртутной лампы с монохроматором. При использовании обычных ламп накаливания электронное управление мощностью в широких пределах не представляется возможным из-за изменения спектрального состава излучения, однако вполне целесообразна её электронная стабилизация. Блок-схема такой установки представлена на Рис.1.

Для стабилизации мощности источника света часть светового потока через световод отводится к стандартному измерителю мощности лазерного излучения типа ИМО-2Н, выходное напряжение которого сравнивается с эталонным при помощи управляющего усилителя, который входит в состав стабилизированного источника питания (СИП) лампы накаливания. Измеритель фототоков (ИФ), который выполнен по схеме инструментального усилителя, обладает входным сопротивлением 17.7 ГОм (эквивалентное шумовое сопротивление 25 ГОм). Встроенный блок обработки сигнала содержит масштабирующий усилитель, фильтр нижних частот, дискретно переключаемый RC-фильтр и аналогоцифровой преобразователь.

При исследованиях фотогальванического эффекта принципиальным является изучение зависимости фототока от ориентации плоскости поляризации света относительно кристаллографических осей. Отметим, что необходимость управляемого углового или линейного перемещения того или иного элемента прибора возникает во многих устройствах для научных исследований – в данном случае - поляризатора. Для вращения поляризатора используется механический редуктор с шаговым двигателем (ШД), что дает возможность гибкого управления перемещением. При наличии в составе

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

экспериментальной установки ПЭВМ такое решение позволяет максимально автоматизировать работу и процесс измерений.

Нами разработано универсальное устройство управления (УУ) Рис.1. четырехфазным ШД типа ДШИ-200-1-2 (4SHG-023 А 39S) с шагом $\Delta\alpha=1.8^\circ$, которое может быть успешно использовано и в других экспериментальных установках. Для быстрой

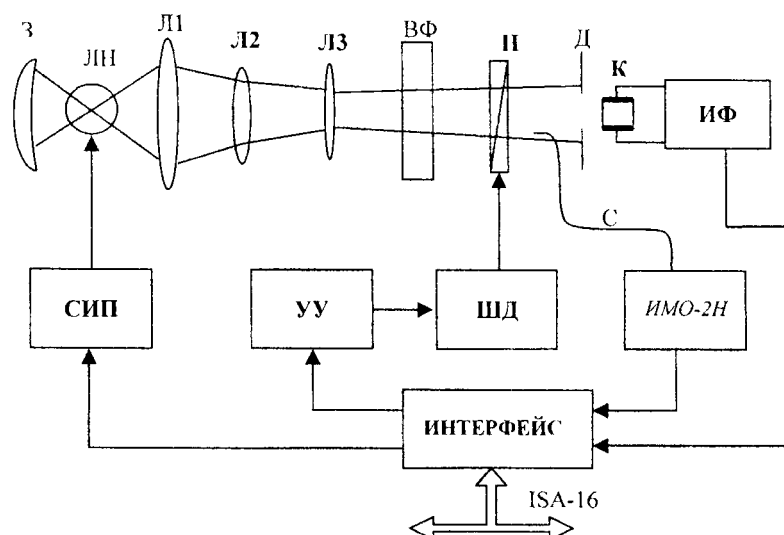


Рис.1. Блок-схема установки. З – зеркало, ЛН – лампа накаливания, СИП – стабилизированный источник питания, Л1÷Л3 – линзы, ВФ – водяной фильтр, Д – диафрагма, П – поляризатор, С – световод, К – кристалл, ИФ – измеритель фототоков, ШД – шаговый двигатель, УУ – устройство управления шаговым двигателем.

адаптации УУ под конкретную экспериментальную задачу предусмотрено гибкое изменение режима работы, что даст преимущества перед устройствами с жестко заданным алгоритмом [3]. В автономном режиме при наличии реверсирования и изменения скорости вращения реализованы следующие алгоритмы работы: непрерывное пошаговое вращение либо поворот на заданный угол, в т.ч. на целое число оборотов ротора. При управлении от ПЭВМ алгоритм работы задается чисто программно.

Блок-схема УУ представлена на Рис.2. Синхронизация работы осуществляется генератором импульсов (ГИ), состоящего из мультивибратора с кварцевой стабилизацией, линейки делителей частоты и электронного коммутатора, что позволяет регулировать скорость вращения ШД от 0.03 до 25 шагов в секунду. Счетчик пакетов импульсов (СП) выполняет подсчет импульсов, необходимых для поворота ротора ШД

на заданное количество шагов, либо пошагового вращения на один полный оборот с автоматической остановкой, либо на бесконечное вращение с ручной остановкой. Основу блока составляет линейка счетчиков с параллельной загрузкой и работающих на вычитание. На выходе СП формируются тактовые импульсы (т.и.), соответствующие повороту ШД на один шаг.

При использовании ШД для угловых перемещений в состав соответствующего блока прибора обычно входит механический редуктор с передаточным числом K , и введение в состав СП дополнительного делителя на $(\Delta\theta)^{-1}$ позволяет задавать угол

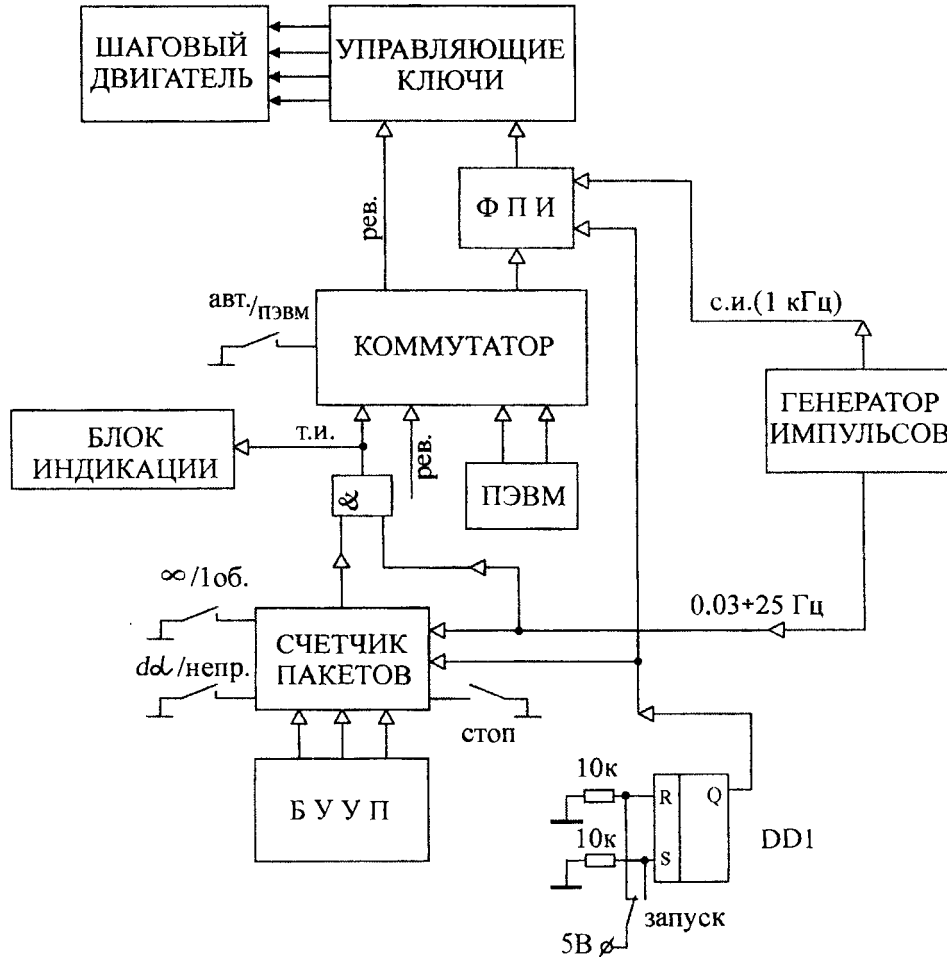


Рис.2. Блок-схема устройства управления шаговым двигателем.
DD1-K561TM2.

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ

поворота управляемого элемента непосредственно в угловых градусах. Поэтому если K кратно $\Delta\alpha$, то значение $(\Delta\theta)^{-1}$ будет целым числом. В этом случае реальный угол поворота управляемого элемента устройства составляет $\Delta\theta = \Delta\alpha/K$.

Блок управления углом поворота (БУУП) содержит трехразрядный двоично-десятичный задатчик угла поворота и преобразователь в двоичный код. Коммутатор предназначен для перехода из автономного режима в режим управления от ПЭВМ и выполнен по стандартной схеме. Формирователь пакета импульсов (ФПИ) вырабатывает серию импульсов необходимую для обработки одного шага ШД. Блок управляющих ключей (включает в себя счетчик и дешифратор, обрабатывающий алгоритм последовательности возбуждения обмоток ШД) аналогичен применяемому в печатающем устройстве СМ 6341 [4].

При работе в автономном режиме для контроля угла поворота используется трехразрядный светодиодный индикатор, а RS триггер DD1 предназначен для подавления дребезга контактов при ручном запуске устройства.

Алгоритм работы блока управляющих ключей соответствует т.н. шаговому режиму возбуждения обмоток ШД, при котором достигается максимальный вращающий момент [5]. При этом поворот ШД на один шаг требует подачи на блок управляющих ключей пакета из восьми импульсов. Принципиальная схема блока ФПИ приведена на Рис.3. Ее

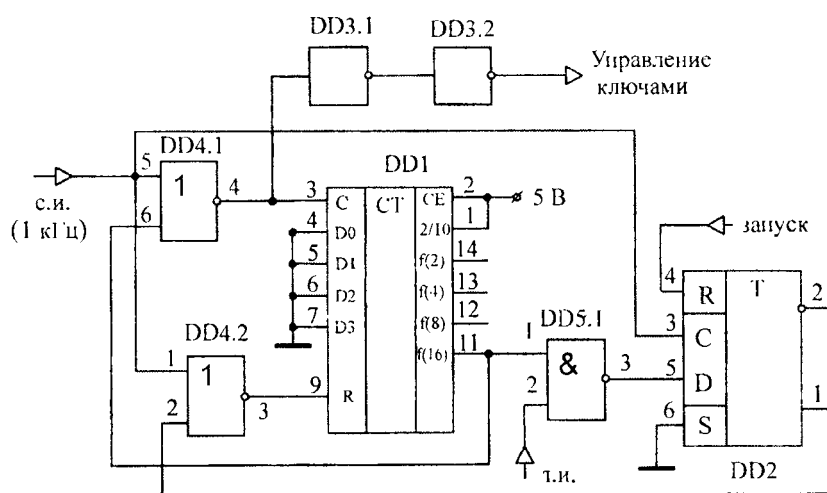


Рис.3. Принципиальная схема формирователя пакета импульсов. DD1-K176ИЕ2. DD2-K561ТМ2, DD3-K561ЛН2, DD4-K561ЛЕ5, DD5-K561ЛА7.

основу составляют двоичный счетчик DD1 и D-триггер DD2. Формирователь работает в следующих режимах: включения; ожидания; ручного запуска; перезапуска. В момент включения питания по положительному фронту синхроимпульсов (с.и.) в триггер DD2 записывается уровень логической "1", что запрещает прохождение через DD4.2 импульса

сброса счетчика DD1. На выходе f/16 устанавливается уровень логического "0", который открывает элемент DD4.1 и на счетный вход DD1 проходят с.и (частота 1 кГц). На выходе DD3.2 появляется последовательность импульсов, которая завершается при установке на выходе f/16 счетчика DD1 логической "1", которая запрещает прохождение с.и. через DD4.1. Время формирования пакета импульсов при включении устройства много меньше времени установки рабочего напряжения ШД (+25 В) и поворота ротора ШД не происходит. После формирования первого пакета импульсов схема переходит в режим ожидания. В этом режиме на выходах DD4.1 и DD4.2 устанавливается уровень логического "0", что приостанавливает работу всего блока. В автономном режиме при запуске устройства на вход R DD2 поступает импульс положительной полярности, который сбрасывает его в ноль и элемент DD4.2 формирует импульс сброса счетчика. Это разрешает формирование очередного пакета импульсов, при этом DD5.1 по положительному фронту первого с.и. устанавливает триггер DD2 в состояние логической "1", запрещающее повторный сброс DD1. После поступления от СП очередных т.и. происходит повторное формирование пакетов импульсов. В режиме перезапуска схема формирователя работает аналогичным образом, отличие состоит в способе установки DD2 в логической "0". В этом случае она производится синхронно с положительным фронтом с.и. через элемент DD5.1 импульсами поступающими через коммутатор с блока СП.

Интерфейс может быть выполнен как с использованием последовательного или параллельного порта ПЭВМ [5], так и в виде специализированного контроллера для шины ISA 16 [6]. Последний вариант является наиболее предпочтительным.

Установка была успешно использована для регистрации фототоков короткого замыкания в фоторефрактивных кристаллах ниобата лития с примесью Fe и Cu. Типичные результаты представлены на Рис.4.

**УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ В
СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКАХ**

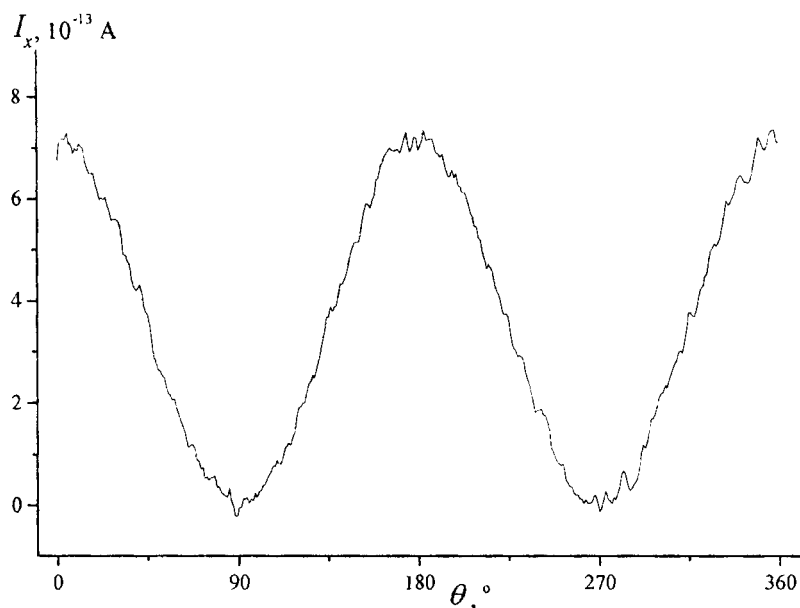


Рис.4. Зависимость фототока I_x вдоль оси x в кристалле $\text{LiNbO}_3:\text{Fe}$ от угла между осью z кристалла и плоскостью поляризации θ .

Опыт эксплуатации данной установки показывает, что только лишь введение устройства управления ориентацией плоскости поляризации на основе ШД позволило существенно повысить точность получаемых экспериментальных данных – особенно исследования фототоков при освещении кристалла плоско поляризованным светом.

Список литературы

1. Фридкин В.М. Фотосегнетоэлектрики. / М.: Наука. – 1979. – 264с.
2. Festl H.G., Hertel P., Krätzig E., Von Baltz R. Investigation the photovoltaic tensor in doped LiNbO_3 . // Phys. Status Solidi B. – 1982. – V.113, №1. – с.157-164.
3. Тарасов В.И., Анзин В.Б. Схема управления шаговым двигателем.// ПТЭ.- 1983.- №5. - с.215.
4. Устройство печатающее цветное СМ 6341. Руководство по эксплуатации. 47с.
5. Пей Ан. Сопряжение ПК с внешними устройствами. – М.: ДМК Пресс, 2001.–320 с.
6. Белан Б.Д., Ковалевский В.К., Плотников А.П., Покровский Е.В. Устройство сопряжения экспериментального оборудования с IBM-совместимым персональным компьютером. // ПТЭ.- 1999.- №5.- с.156-157.

Поступила в редакцию 19.09.2002