

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Кафедра Телекоммуникационных систем

«ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ»

Зав.кафедрой

к.т.н., профессор

Байкенов А. С.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**пояснительная записка**

на тему: Использование нейросетевых принципов для обеспечения работы клавиатур с оптической кодировкой

Специальность 5В071900 Радиотехника, электроника и телекоммуникации

Выполнил магистрант гр. МТСп-13-1



Сабыр А.Ж.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Научный руководитель д.х.н., к.ф.-м.н., профессор

(ученая степень, звание)



Сулейменов И.Э.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Консультант по ВТ к.т.н., старший преподаватель

(ученая степень, звание)



Ефремова Ю.И.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Нормоконтролер магистр, ассистент

(ученая степень, звание)



Зайцев Е.О.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Рецензент к.т.н., доцент

(ученая степень, звание)



Ведерников Б.М.

(подпись)

(Ф.И.О.)

Алматы, 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
«АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ»

Факультет «Радиотехники, электроники и связи»

Кафедра «Телекоммуникационных систем»

Специальность 6М071900 «Радиотехники, электроники и телекоммуникации»

### ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту Сабыр Алмазу Жанарбекулы.

Тема диссертации Использование нейросетевых принципов для обеспечения работы клавиатур с оптической кодировкой

Утверждена приказом по университету № 17 от «12» декабря 2014 г.

Срок сдачи законченной диссертации «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Перечень вопросов, подлежащих разработке в магистерской диссертации, или краткое содержание магистерской диссертации: предложен новый принцип работы клавиатур с оптической кодировкой.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- 1 Конструкции клавиши клавиатуры;
- 2 Схема клавиатуры с оптической кодировкой;
- 3 Зависимость амплитуды оптического сигнала от времени при механическом воздействии на пленку и соотношении компонент.

Основная рекомендуемая литература:

1 Сулейменов И. Э., Обухова П. В., Жунусов А. Р. Построение клавиатур с оптической кодировкой клавиш на основе полимерных гидрогелей //Известия научно-технического общества КАХАК., спец. Выпуск (39), 2012 г., с. 37-41.

2 Обухова П. В., Панченко С. В., Байкенов А. С., Дюсенгалиева Д. Новые подходы к разработке клавиатур для сотовых телефонов/ Известия научно-технического общества КАХАК., спец. Выпуск (39), 2012 г., с. 58-63.

График  
подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
1 Аналитический обзор оптических волноводов и процесса производства клавиатур	1.10.13 г.	
2 Исследование полимерных пленок, проявляющих нейросетевые свойства	06.11.13 г.	
3 Экспериментальное исследование материалов для оптической клавиатуры	18.01.14 г.	
4 Построение клавиатур с оптической кодировкой клавиш на основе нейросетевых свойств полимеров	15.10.14 г.	
5 Клавиатура с оптической разверткой	25.10.14 г.	

Дата выдачи задания « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

(подпись)

Байкенов А. С.

(Ф.И.О.)

Руководитель диссертации \_\_\_\_\_

(подпись)

Сулейменов И.Э.

(Ф.И.О.)

Задание принял к исполнению  
магистрант \_\_\_\_\_

(подпись)

Сабыр А.Ж.

(Ф.И.О.)

## **Аннотация**

В данной работе рассмотрено несколько модификаций клавиатур с оптической кодировкой на основе ранее выполненных исследований в Алматинском университете энергетики и связи. Показано, что существует вполне определенный класс полимерных материалов, проявляющих нейросетевые свойства. Благодаря использованию которых, конструкция клавиатуры с оптической кодировкой может быть существенно упрощена. Эти же материалы позволяют уменьшить толщину клавиатуры, что позволяет реализовывать системы, складывающиеся в несколько раз до габаритов, сопоставимых с размерами сотовых телефонов, представленных в настоящее время на рынке.

## **Аңдатпа**

Бұл жұмыста Алматы энергетика және байланыс университетінде бұрын жасалған зерттеулер негізінде оптикалық кодтаулы пернетақтасының бірнеше модификациялары қарастырылған. Нейрожелілік қағидаттарды көрсететін материалдар тобының бар болғаны көрсетілді. Оның қолдануы арқылы оптикалық кодтаулы пернетақтаның конструкциясын жеңілдетуге болады. Қазіргі уақытта нарықта ұсынылған ұялы телефондар шамасымен салыстырылатын габариттерге дейін бірнеше рет бүктелетін жүйелерді жүзеге асыруға жағдай туғызатын осы материалдар да пернетақтаның қалыңдығын азайтуға мүмкіндік береді

## **Abstract**

In this paper, we consider several modifications keyboard with optical encoding on the basis of previous studies in Almaty University of Energy and Communications. It is shown that there exists a well-defined class of polymeric materials that exhibit the properties of neural networks. Through the use of which, the design of the keyboard with optical can be greatly simplified. These materials allow to reduce the thickness of the keyboard that allows you to implement the system, folding several times to dimensions comparable to the size of cell phones, presented in the present market.

## Содержание

Введение	6
1 Аналитический обзор оптических световодов	7
1.1 Оптические волноводы	7
1.2 Рассмотрение этапов производства типовых клавиатур	20
1.3 Необходимость исключения обратного механизма	25
1.4 Конструкции оптических клавиатур	25
2 Назначение и описание клавиатуры с оптической кодировкой на основе нейросетевых свойств полимерных материалов	33
2.1 Назначение клавиатуры предложенного типа	33
2.2 Используемый материал и результаты экспериментального Тестирования	38
2.3 Экспериментальные исследования материала для клавиатуры с оптической кодировкой предложенного типа	47
2.4 Принцип работы клавиатуры на основе нейросетевых свойств полимерных материалов	55
3 Клавиатура с оптической разверткой	64
Заключение	71
Список литературы	72
Приложение А	74
Приложение Б	75
Приложение В	76

## Введение

В настоящее время в Алматинском университете энергетики и связи ведется разработка клавиатур с оптической кодировкой. Принцип действия данных клавиатур основан на так называемой оптической кнопке, действие которой сводится к передаче оптического сигнала из одного световода в другой. Предложен ряд модификаций клавиатур с оптической кодировкой. Продолжается совершенствование материалов, предназначенных для такого рода клавиатур. Является установленным фактом, что такая клавиатура работоспособна. Однако принимая во внимание, что на рынке такого рода изделий в настоящее время существует ожесточенная конкуренция. В частности, внутренний рынок Республики Казахстан полностью заполнен импортной продукцией. Требуется совершенствование принципа действия клавиатур для того, чтобы сделать их потребительские преимущества как можно более яркими. Параллельно требуется дальнейшее совершенствование принципа действия в целях упрощения их производства. В частности, в данной работе показано, что оптические клавиатуры обладают существенным преимуществом по сравнению с клавиатурами известных типов. А именно, в таких клавиатурах допустимо создание панели, для которой не требуется обратного хода клавиш. Это существенно снижает издержки на технологический процесс производства клавиатур.

Действительно, наиболее сложным технологическим процессом в изготовлении клавиатур в настоящее время является именно производство клавиш. Это подробно доказывается в материалах литературного обзора. На соответствующей технологической операции также приходится основная стоимость клавиатур. Кроме того, производство клавиш существующих типов требует разработки специфического станочного парка, который является высокочрезвычайно затратным. Для организации опытного производства, создания соответствующих технологических линий связаны с неоправданными финансовыми рисками. Поэтому исключение обратного хода клавиш является важной задачей и способна обеспечить условия для организации опытного производства непосредственно на данном этапе внедрения оптических клавиатур.

# 1 Аналитический обзор оптических световодов

## 1.1 Оптические волноводы

**Световод** – закрытое устройство для направленной передачи светового излучения. В открытом пространстве передача возможна только в пределах прямой видимости и ограничивается расходимостью излучения, поглощением и рассеянием в атмосфере. Переход к световодам позволяет значительно уменьшить потери световой энергии при её передаче на большие расстояния, а также передавать световую энергию по криволинейным трассам.

Разработаны различные типы световодов, среди них - линзовые световоды, представляющие собой систему заключённых в трубку и расположенных на определённых расстояниях линз, полые трубы из металла, однако они не нашли широкого применения.

Наиболее перспективный и широко применяемый в настоящее время тип световода – гибкий диэлектрический волоконный световод с низкими оптическими потерями, позволяющий передавать световой луч на большие расстояния. В простейшем варианте он представляет собой тонкую нить из оптически прозрачного материала, сердцевина которой с радиуса  $a_1$  имеет показатель преломления  $n_1$ , а оболочка с радиусом  $a_2$  имеет показатель преломления  $n_2 < n_1$  (рисунок 1.1). В приближении геометрической оптики лучи, входящие в сердцевину под достаточно малыми углами к оси световода, испытывают полное внутреннее отражение на поверхности раздела сердцевины и оболочки и распространяются только по сердцевине.

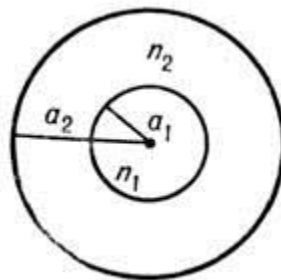


Рисунок 1.1 – Поперечное сечение оптоволоконного световода

В зависимости от цели, для которой применяется световод, диаметр сердцевины  $2a_1$  составляет от нескольких мкм до нескольких сотен мкм, а  $2a_2$  - от нескольких десятков до примерно тысячи мкм.

Величины  $2a_1$  и  $n_1 - n_2$  определяют число типов волн, которые могут распространяться по световоду при заданной длине волны  $\lambda$ . Выбирая  $2a_1$  и  $n_1 - n_2$  достаточно малыми, можно добиться, чтобы световод работал в одномодовом режиме.

Волоконные световоды находят широкое применение в системах оптической связи, в датчиках различных физических полей, в вычислительной

технике, для канализации мощного лазерного излучения для медицинских и технологических целей и т.д. [1].

Важнейшими характеристиками световодов, предназначенных для подобных применений, являются оптические потери, дисперсия групповой скорости, оптическая нелинейность и механическая прочность. В 70-х гг. 20 в. созданы волоконные световоды на основе кварцевого стекла с затуханием сигнала  $\sim 1$  дБ/км в ближней ИК-области спектра. Типичный спектр оптических потерь  $\alpha$  в таких световодах представлен на Рисунок 1.2, а. Минимально возможные потери составляют  $\approx 0,16$  дБ/км на волне 1,55 мкм. Материалом для таких световодов служит кварцевое стекло; различия показателей преломления сердцевины и оболочки достигают легированием стекла (например, фтором, германием, фосфором).

Другой важной характеристикой одномодовых волоконных световодов, широко применяемых в системах оптической связи, является дисперсия групповой скорости. На рисунке 1.2, б представлен спектр дисперсии световодов на основе кварцевого стекла. Видно, что кривая дисперсии проходит через 0 вблизи  $\lambda \approx 1,3$  мкм. Это означает, что именно в этой спектральной области информационная полоса пропускания одномодовых волоконных световодов на основе кварцевого стекла максимальна и составляет  $\approx 10^{11}$  Гц\*км.

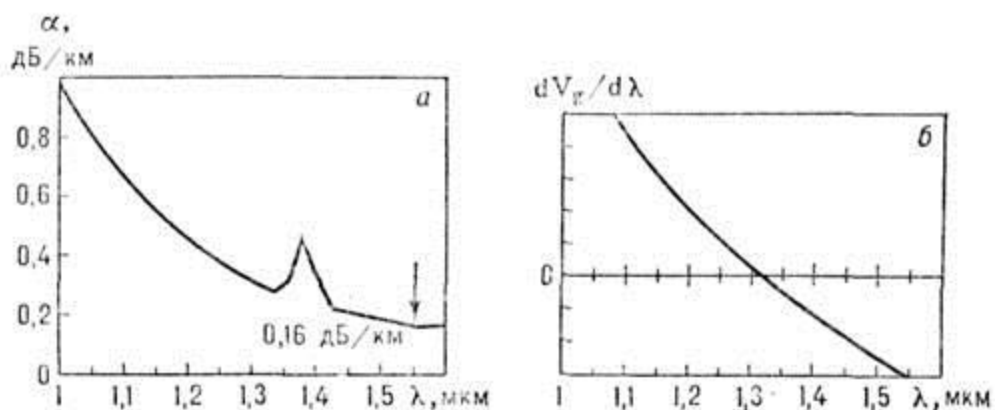


Рисунок 1.2 – Спектр оптических потерь (а) и дисперсии групповой скорости  $dV_g/d\lambda$  (произвольные единицы, б).

Изменением профиля показателя преломления волоконного световода можно сместить нуль дисперсии в область вблизи 1,55 мкм, где расположен абсолютный минимум оптических потерь. Такие волоконные световоды (со смещённой дисперсией) разработаны и находят большое применение в широкополосных системах дальней оптической связи. Разработаны волоконные световоды более сложной конструкции, напр. многослойные световоды, в том числе с сильным двулучевым преломлением. Одномодовые световоды последнего типа перспективны для применений, где необходимо сохранить поляризацию распространяющегося светового излучения.

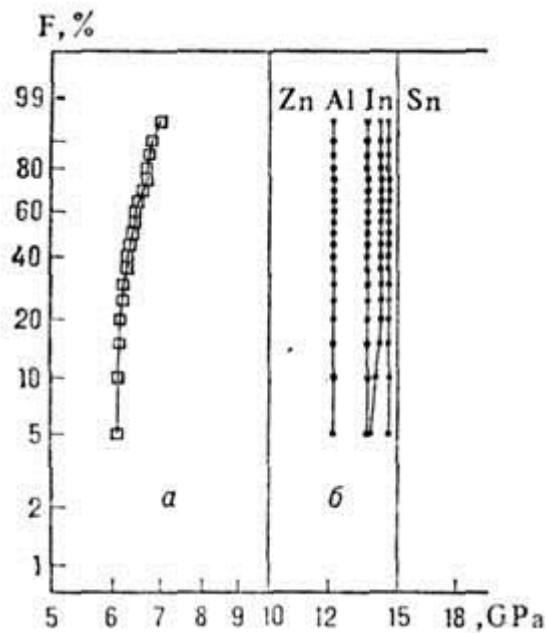


Хотя стеклянные волоконные световоды первоначально разрабатывались в качестве линейной передающей среды для систем оптической связи, оказалось, что они являются перспективным нелинейным материалом. Оптическая нелинейность в стеклянных волоконных световодах возникает в результате зависимости показателя преломления  $n$  от интенсивности лазерного излучения  $I$ :  $n = n_0 + n'I$ , где  $n_0$  - линейная часть показателя преломления при произвольно низких значениях интенсивности, не зависящая от интенсивности;  $n'I$  - нелинейная добавка,  $n'$  - коэффициент, величина которого для кварцевого стекла равна  $3,2 \cdot 10^{-16}$  см<sup>2</sup>/Вт. Малая величина  $n'$  для кварцевого стекла показывает, что оно не является хорошим нелинейным материалом. Однако, когда стекло используется в виде волоконного световода, нелинейность может иметь большой эффект, что связано с малым сечением сердцевины одномодового волоконного световода порядка  $10^{-6}$  см<sup>2</sup>. Это означает, что при введении в световод лазерного излучения мощностью 1 Вт интенсивность  $I \sim 1$  МВт/см<sup>2</sup>. Такая высокая интенсивность сохраняется на больших длинах световодов вследствие его малых оптических потерь, обеспечивая длину взаимодействия высокоинтенсивного излучения с веществом вплоть до нескольких км. В результате в стеклянных волоконных световодах эффективно протекают разнообразные нелинейные процессы при пороговых мощностях 1-10 мВт.

Наиболее интересным нелинейным эффектом, имеющим большое практическое значение, является солитонный режим распространения оптических импульсов в волоконных световодах в спектральной области отрицательной дисперсии групповой скорости ( $\lambda > 1,3$  мкм, рисунок 1.2, б).

В идеальном световоде без потерь оптический солитон распространяется без изменения своей формы. Поэтому солитоны перспективны как носители информации в широкополосных и протяжённых волоконно-оптических системах связи.

При практическом использовании волоконных световодов важной их характеристикой является механическая прочность. Теоретическая прочность на разрыв нитей из кварцевого стекла составляет 20-25 ГПа, максимальная прочность световода на основе кварцевого стекла, защищённых полимерной плёнкой, равна 5-6 ГПа. Прочность высококачественных волоконных световодов зависит от поверхностных дефектов стекла (трещин, раковин и т. д.), которые в присутствии влаги под действием приложенных к световоду напряжений увеличиваются, достигая уровня, при котором происходит разрушение световода. Один из эффективных способов повышения прочности световода – нанесение на световод герметичных покрытий в процессе их изготовления. Нанесение металлических герметичных покрытий позволило получить лабораторные образцы световодов с прочностью до 12-15 ГПа. На рисунке 1.3 приведены функции распределения прочности волоконных световодов с полимерными (а) и металлическими (б) покрытиями [2].



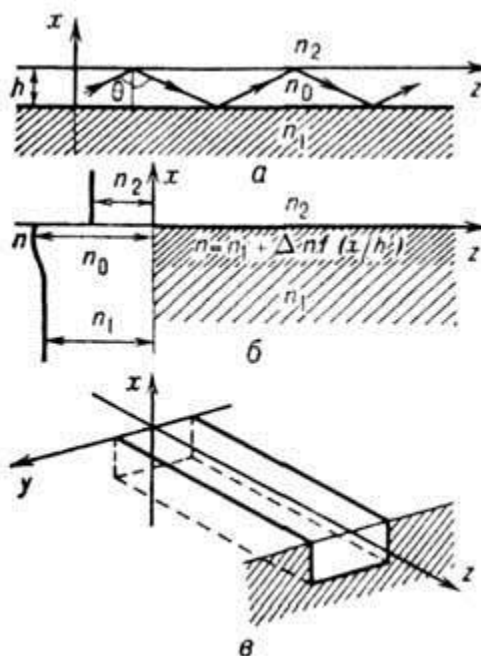
*Рисунок 1.3 – Функции распределения прочности волоконных световодов на основе кварцевого стекла с полимерными (а) и герметичными металлическими (б) покрытиями.*

Волоконные световоды на основе кварцевого стекла с низкими оптическими потерями изготавливают методом химического осаждения из газовой фазы. В качестве исходных соединений используются кислород и хлориды кремния, германия, фосфора и др. Получаемая этим методом заготовка диаметром 20-30 мм и длиной 400-1000 мм перетягивается в волоконный световод диаметром  $\approx 100$  мкм с одновременным нанесением на него защитно-упрочняющей оболочки.

Кроме кварцевого стекла для волоконных световодов используют также другие прозрачные в видимой и ИК-областях спектра материалы – многокомпонентные кислородные стёкла, бескислородные стёкла, полимеры и кристаллы. Однако волоконные световоды на основе кварцевого стекла обладают наиболее низкими оптическими потерями и наиболее высокой механической прочностью, поэтому они нашли самое широкое применение [3].

Для интегральной оптики разработаны диэлектрические волноводы – световоды, представляющие из себя тонкую (порядка  $\lambda$ ) плёнку, нанесённую на подложку. Условие волноводного режима распространения излучения заключается в том, что показатель преломления плёнки больше показателей преломления подложки и среды над волноводом. Диэлектрические световоды этого типа изготавливают методом катодного распыления материала волновода на подложку, методом эпитаксиального наращивания из жидкой или газообразной фазы, методом [ионной имплантации](#) [4].

**Интегральная оптика** – раздел современной оптики, изучающий процессы генерации, распространения и преобразования в тонкоплёночных диэлектрических волноводах, а также разработку принципов и методов создания на единой подложке (интеграция) оптических и оптоэлектронных волноводных устройств (лазеров, модуляторов, дефлекторов, переключателей и т. д.) [7].



а - тонкоплёночный; б - диффузный; в - каналный  
Рисунок 1.4 – Типы диэлектрических оптических микроволноводов

Основными из интегральных оптических устройств являются пленарные волноводы. Тонкоплёночные волноводы формируются в виде однородной диэлектрической плёнки толщиной  $h$  порядка длины световой волны  $\lambda$ , нанесённой на однородную диэлектрическую подложку с более низким показателем преломления (рисунок 1.4, а).

Диффузные волноводы отличаются плавным распределением показателя преломления по сечению (рисунок 1.4, б). В этих волноводах нет чётко выраженной границы между волноводным слоем и подложкой. Изготавливаются они обычно диффузией примесей в подложку. Для передачи излучения по заданной траектории и связи между отдельными элементами.

Применяются также каналные волноводы, ширина которых соизмерима с их толщиной (рисунок 1.4, в). Локализация в волноводе обусловлена *полным внутренним отражением* на граничных поверхностях, поэтому для осуществления волноводного режима необходимо, чтобы показатель преломления плёнки  $n_0$  был больше показателей преломления подложки  $n_1$  и среды над волноводом  $n_2$ . Энергия в волноводе распространяется в виде волноводных мод, характеризующихся определенным распределением электромагнитного поля по поперечному

сечению и собственными значениями волнового вектора  $k=2\pi n^*/\lambda$ . Параметр  $n^*=n_0 \sin q$  ( $q$  - угол падения луча на отражающую среду), определяющий фазовую скорость оптической поверхностной волны, играет роль эффективного показателя преломления для данной волны. В диэлектрическом волноводе с заданными параметрами  $n_0, n_1, n_2$  и  $h$  существует конечное число волноводных мод, определяемое дискретным рядом значений  $n_m^*$  ( $m=1, 2, \dots, M$ ). Чем выше порядок  $m$  поверхностной волны, тем меньше её эффективный показатель преломления и сильнее проникновение её за пределы тонкой плёнки в подложку.

В тонкоплёночных волноводах определяющую роль играет волноводная дисперсия, т. е. зависимость  $n^*$  от относительной толщины плёнки  $kh$ . С уменьшением относительной толщины плёнки уменьшается  $n^*$ , приближаясь к своему нижнему пределу  $n_1$ . Соответственно этому пределу существует критическая толщина плёнки (или критическая длина волны, критическая частота  $\omega$ ) для поверхностной волны  $m$ -го порядка. С увеличением  $m$  на единицу критич. толщина возрастает на  $(\lambda/2)\sqrt{n_0^2 - n_1^2}$ . Используя плёнку соответствующей толщины, можно ограничить число волноводных мод диэлектрического волновода желательным образом. При значениях  $h$  (или  $\omega$ ) меньше критического волноводный режим отсутствует [8].

Одним из важных вопросов интегральной оптики является преобразование лазерного пучка в волноводные моды и наоборот. Вводить в волновод излучение лазера можно, фокусируя его на торец или стыкуя непосредственно источник (лазер) с волноводом. При этом эффективность ввода зависит от степени согласования возбуждающего излучения с волноводной модой. Вывод излучения можно осуществлять через суживающийся край волноводного слоя (рисунок 1.5). Если толщина волновода плавно уменьшается, то уменьшается и угол падения луча на отражающие стенки волновода, и когда он становится меньше критического, то оптическая волна будет излучаться в подложку под углом  $j = \arccos(n_0 \sin q / n_1)$ . Поле волноводной моды будет соответственно затухать вдоль волновода. Возбуждение планарных волноводов можно осуществлять также через их поверхность туннельным и дифракционным методом.

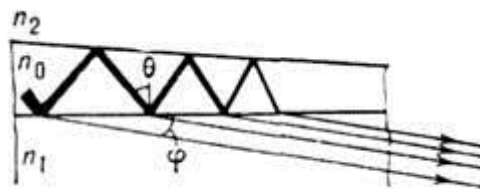


Рисунок 1.5 – Вывод излучения через суживающийся край волновода

При этом создаваемое на поверхности волновода поле должно быть согласовано по поляризации и синхронизовано по фазе с возбуждаемой

волноводной модой, т. е. должно иметь определённую и приблизительно равную  $kn_m^*$  составляющую волнового вектора вдоль волновода. Такой *фазовый синхронизм* осуществляется, напр., при туннельном вводе, когда поле проникает в волновод при полном внутреннем отражении от основания призмы, изготовленной из более плотного диэлектрического материал ( $n_3 > n_m^*$ ) и помещённой над поверхностью волновода на расстоянии  $d$  порядка длины волны (рисунок 1.6). При этом слой между призмой и волноводом имеет показатель преломления  $n_2 < n_m^*$ . Подбирая соответствующий угол падения вводимого луча  $q_3$  на основание призмы и выполнив условие  $n_3 \sin \theta_3 = n_m^*$ , можно добиться его фазового согласования с одной из волноводных мод. Осуществляя таким способом туннельную связь на некотором участке волновода, вводят в него большую часть энергии падающей волны.

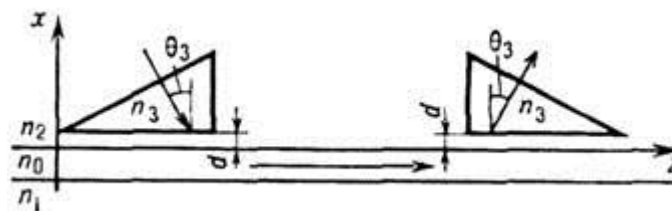


Рисунок 1.6 – Туннельный (призменный) ввод и вывод излучения из микроволновода

Так как с накоплением световой энергии в возбуждаемой поверхностной волне усиливается её переизлучение обратно в призму, то существует оптимальная длина связи, отвечающая наиболее эффективному туннельному вводу излучения и зависящая от расстояния  $d$  между призмой и волноводом. Туннельный вывод осуществляется обычно при слабой связи, т. е. слабом проникновении поля поверхностной волны в выводную призму. Эти условия обеспечиваются при таком удалении призмы от оптического волновода, что  $\exp(-2kd\sqrt{n_m^{*2} - n_2^2}) \gg 1$ . Поддерживая слабую связь на участке, во много раз превышающем  $l$  и практически достаточном для полного излучения поверхностной волны из волновода, получают на выходе из призмы широкий световой пучок с малой *дифракционной расходимостью*. Этот вывод излучения из волновода называется также призменным.

При дифракционном вводе и выводе излучения из оптического микроволновода используются фазовые дифракционные решётки на поверхности волновода или внутри его, которые или создаются периодической модуляцией показателя преломления в волноводной плёнке или представляют собой участки волновода с гофрированной поверхностью или подложкой.

Задавая период дифракционной решётки  $L$  и подбирая угол падения возбуждающей волны, добиваются её связи с волноводной модой и осуществляют эффективный дифракционный вывод излучения из волновода (или ввод).

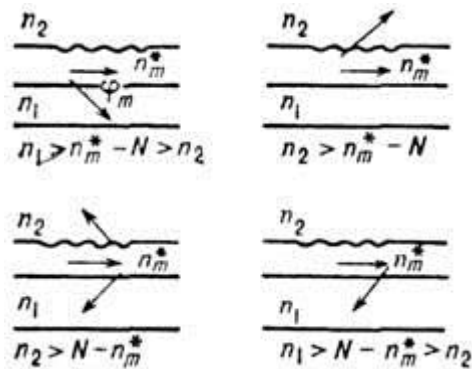


Рисунок 1.7 – Дифракционный (решёточный) вывод излучения из микроволновода.

При прохождении гофрированного участка волна  $\psi(z)\exp[i(\omega t - n^* kx)]$  распадается на синусоидальной границе в суперпозицию плоских волн, имеющих проекции волноводных векторов на ось  $x$ , равные  $k(n^* + mN)$ , где  $m=0, 1, 2, \dots$ , а  $N=1/L$ . При рассмотрении процессов излучения на слабогофрированном участке волновода можно пренебречь волнами с  $|m| > 1$ . В зависимости от величины проекции волнового вектора дифракционной волны на ось  $x$  существуют различные варианты излучения из волновода (рисунок 1.7). Если проекция волнового вектора такова, что  $|n^* - N| < n_2$ , то излучение происходит одновременно вверх и в нижнюю среду, а если  $n_1 > |n^* - N| > n_2$ , излучение происходит только вниз - в подложку, причём угол распространения дифрагированной волны в среде с  $n_1$  определяется выражением  $n_1 \cos \varphi_m = n_m^* - N$  [9].

**Интегрально-оптические элементы.** Частотные фильтры, *модуляторы*, направленные ответвители, дефлекторы и т.п. позволяют осуществлять различные действия над распространяющимися в волноводе волнами: их канализацию, модуляцию и отклонение, излучение в пространство, генерацию и т. п. Действия эти основаны на резонансном взаимном преобразовании волноводных мод в волноводе с периодически промодулированной оптической толщиной (т. е. при наличии фазовой дифракционной решётки) или в системе двух (и более) параллельно и близко расположенных (т. е. туннельно связанных) регулярных волноводов. Плавно изменяя параметры оптической связи вдоль волновода (расстояние  $d$  или глубину модуляции на гофрированном участке), можно существенно изменить распределение интенсивности в выходящем из волновода пучке.

Широко используемые в интегральной волноводные решётчатые структуры могут осуществлять не только дифракционные ввод и вывод

излучения, но и преобразование мод, выполнять функции отражателей, частотных фильтров и т. п. Если в гофрированном многомодовом волноводе для двух мод с номерами  $m$  и  $m_1$  на периоде решётки укладывается целое число  $M$  полупериодов биений, т. е. выполняется условие  $n_m^* - n_{m_1}^* = M\lambda/\Lambda$ , то между этими модами возникает сфазированная связь, приводящая к интенсивной взаимной перекачке мощности излучения одной моды в другую. Т. е. участок такого волновода может служить преобразователем волноводных мод. Волноводные решёточные структуры используются также в качестве отражателей.

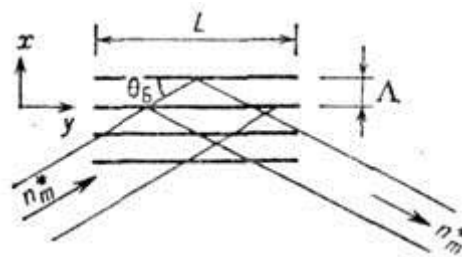


Рисунок 1.8 – Брэгговское отражение волны от периодической структуры

Если поверхностная оптическая волна падает на участок гофрированного волновода под брэгговским углом к её штрихам, так что выполняется условие  $\sin q_B = 1/2Ln^*$ , то указанная решётка отражает падающую волну под углом  $q_B$  (рисунок 1.8), если длина её  $L \gg \Lambda^2/2\pi\lambda$ . В случае нормального падения на решётку, когда  $q_B = \pi/2$ , брэгговское отражение происходит при условии, что период гофра  $L$  равен целому числу волноводных полуволн:  $\Lambda = M\lambda/2n^*$ .

Таким образом, для решётки с определенными параметрами брэгговское отражение происходит лишь для определенных длин волн, т. е. имеет избирательный характер. Ширина полосы частот  $\Delta\omega$ , в пределах которой наблюдается резонансное брэгговское отражение, характеризуется выражением:  $\Delta\omega \sim 2\Delta hc/hn^*$ , где  $Dh$  - амплитуда гофра. Гофрированная периодическая структура может служить оптическим частотным фильтром с центром на брэгговских частотах, полоса пропускания которого пропорциональна отношению  $(L/\Lambda)$ . Современная технология позволяет получать планарные частотные фильтры с полосой пропускания менее 0,01 нм.

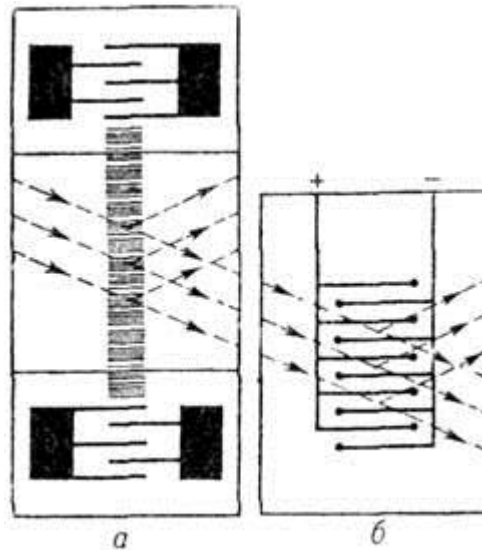


Рисунок 1.9 – Брэгговская дифракция поверхностной световой волны в плоскости волновода на решётке, возбуждаемой акустической волной (а) или электрическим полем, в системе встречно-штыревых электродов (б)

Активные элементы интегральной оптики модуляторы, переключатели, сканеры используются для управления параметрами лазерной волноводной моды (её амплитудой, фазой, поляризацией) и для её пространственного разделения (переключения) - дискретного или непрерывного. Принцип работы этих активных устройств основан на изменении показателя преломления материала микроволновода под действием электрического или магнитного поля или упругой деформации.

Наибольшее распространение в интегральной оптике получили электрооптические и акустооптические устройства управления светом, в основу которых положена брэгговская дифракция на фазовых решётках, индуцируемых электрическим полем или акустическими поверхностными волнами (рисунок 1.9). Встречно-штыревая структура электродов, изготовленная на поверхности волновода, обладающего электрооптическими свойствами, индуцирует фазовую решётку вида:

$$\bar{n}(x, z) = n_1 + \Delta n \zeta(x) \cos(2\pi z/\Lambda), \quad (1.1)$$

где  $L$  - период наведённой решётки,  $\Delta n$  - максимальное изменение показателя преломления,  $\zeta(x)$  - функция распределения изменения индуцированного показателя преломления по глубине.

Действие электрического поля  $E$  на волновод длиной  $L$  приводит к сдвигу фазы на  $\Delta\varphi = k_m \Delta n_m^* L$  у проходящей волноводной моды и модуляции её амплитуды пропорционально  $E$  (здесь  $\Delta n_m^*$  - амплитуда изменения эффективного показателя преломления  $\Delta n_m^* \sim n_m^3 r E/2$ ,  $r$  - электрооптический коэффициент). Глубина модуляции излучения, прошедшего в первый



максимум при брэгговской дифракции, зависит от фазового сдвига  $Dj$ , наведённого электрическим полем, пропорционально  $\sin^2(Dj/2)$ .

В акустооптических модуляторах дифракция оптических поверхностных волн осуществляется на фазовой решётке, создаваемой акустическими поверхностными волнами, возбуждаемыми переменным напряжением, приложенным к встречно-штыревому преобразователю. Ширина полосы частот  $Df$ , в пределах которой эффективно возбуждаются акустические волны, обратно пропорциональны длине встречно-штыревого преобразователя. Меняя частоту акустических волн в пределах, ещё допускающих брэгговское отражение (от  $f_1$  до  $f_2$ ), можно менять угол отклонения светового луча в пределах  $\Delta\theta_B = \lambda_m / v_a (f_2 - f_1)$ , где  $v_a$  - скорость перемещения периодических неоднородностей показателя преломления, возбуждаемых акустической волной. Этот принцип положен в основу создания широкополосных акустооптических дефлекторов.

Вследствие *Доплера эффекта* частота, дифрагируемого на акустической решётке, смещается на величину, равную или кратную частоте акустических волн. Это явление применяется для частотной модуляции. Канальные волноводы используются в различных функциональных узлах интегральной оптики, применяемых в качестве оконечных устройств волоконно-оптических линий связи. Широко распространены управляемые направленные ответвители и модуляторы типа интерферометра Маха-Цендера. Оптический направленный ответвитель формируется из двух идентичных канальных волноводов, туннельно связанных, т. е. расположенных достаточно близко друг к другу, так что световая энергия перекачивается из одного в другой (рисунок 1.10). Длина связи  $L$ , на которой осуществляется полная перекачка, определяется как

$$L = 2\pi / \chi, \quad (1.2)$$

$$\chi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_1(y, z) \Delta n(y, z) \psi_2(y, z) dy dz -$$

где коэффициент связи, зависящий от степени перекрытия полей связанных мод  $y_1$  и  $y_2$  с профилем волноводов  $\Delta n$ . Обычно, когда волноводы идентичны, фазовый сдвиг  $Dj=0$ . Однако, если к волноводам из электрооптического материала приложить напряжение  $V$ , индуцирующее фазовую расстройку, то это напряжение будет менять распределение световых потоков, распространяющихся в связанных волноводах. Так осуществляется амплитудная модуляция. Активные устройства на связанных волноводах могут использоваться также в качестве оптических переключателей.

Принцип действия электрооптического модулятора типа интерферометра Маха-Цендера (рисунок 1.11) состоит в следующем. Распространяющиеся по двум идентичным плечам интерферометра моды в зависимости от величины прикладываемого к электродам напряжения  $V$  могут

интерферировать в месте соединения волноводов в фазе или в противофазе. В первом случае в месте соединения будет возбуждаться распространяющаяся к выходу модулятора основная мода, в другом случае - нечётная мода второго порядка, которая будет излучаться из волноводов в области их соединения. Относительное изменение интенсивности излучения на выходе интерферометрического модулятора определяется соотношением

$$\frac{I}{I_0} = \cos^2 \left( \frac{\Delta\varphi_0 + \Delta\varphi}{2} \right), \quad (1.3)$$

где  $\Delta\varphi_0$  - разность фаз интерферирующих волн в отсутствие напряжения на электродах,  $\Delta\varphi$  - индуцированная электрическим полем фазовая расстройка.

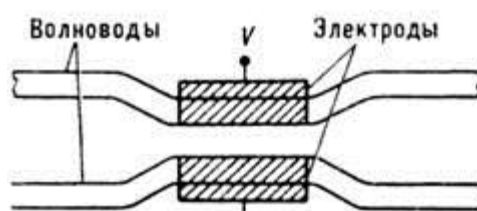


Рисунок 1.10 – Направленный ответвитель на основе туннельно связанных канальных волноводов

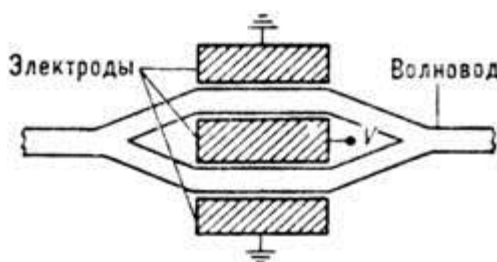


Рисунок 1.11 – Электрооптический модулятор типа интерферометра Маха-Цендера

Специальная структура электродов даёт возможность эффективно модулировать свет независимо от его поляризации, а режим бегущей волны позволяет расширить частотную полосу модулятора до  $2 \times 10^{10}$  Гц. Это устройство используют для получения быстродействующих аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей, датчиков электромагнитного поля, температуры и т. д. При сравнении объёмных и интегрально-оптических модуляторов и дефлекторов оказывается, что потребляемая мощность, пропорциональна объёму активной среды, у планарных на два-три порядка меньше, чем у объёмных [10].

Нелинейные оптические явления в оптических микроволноводах возникают при больших значениях напряжённости электрического поля даже при сравнительно небольшой мощности возбуждения. Так как толщина

волноводной плёнки очень мала ( $\sim 1$ ), то плотность световой энергии в оптическом микроволноводе достигает  $10^5$ - $10^6$  Вт/см<sup>2</sup> по всей длине взаимодействия даже от сравнительно маломощных газовых лазеров ( $\sim 10^1$ - $10^{-2}$  Вт). В оптических волноводах возможен фазовый синхронизм взаимодействующих мод также за счёт волноводной дисперсии. В объёмной оптике необходимый для эффективного нелинейного взаимодействия фазовый синхронизм волн различных частот достигается лишь за счёт двойного лучепреломления в кристаллах. В оптических микроволноводах синхронизм может быть обеспечен для разных мод одной поляризации. Это позволяет использовать для нелинейных взаимодействий изотропные среды, обладающие большой нелинейной восприимчивостью.

Кроме фазового синхронизма необходимым условием эффективного нелинейного преобразования в оптических микроволноводах является достаточная величина интеграла перекрытия полей взаимодействующих мод. Для нелинейных преобразований широко применяются титан-диффузные волноводы в ниобате лития, в которых наблюдались эффективное удвоение частоты, параметрическая генерация, суммарные гармоники и т. д. [11].

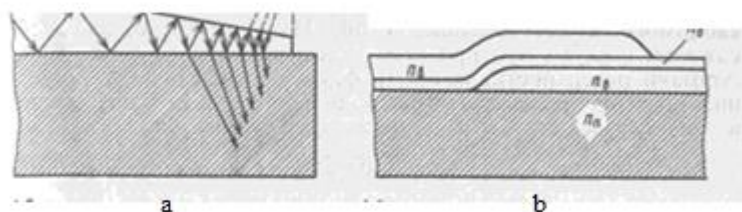


Рисунок 1.12 – Переход из одного волновода в другой

Контакт двух волноводов. Вывод излучения из волновода в подложку относительно просто осуществить, используя сужающийся (клиновидный) конец волновода (рисунок 1.12, а). Волноводная мода, подойдя к клиновидному участку, испытывает многократные отражения, но с постоянно уменьшающимися углами падения на поверхностях раздела как с подложкой, так и с покровным слоем. Как только угол падения окажется меньше угла  $\varphi_{\text{п}}$  внутреннего отражения для поверхности раздела волновод — подложка, начинается преломление волноводной моды в подложку. При одном преломлении выводится только часть энергии волноводной моды, поэтому волна продолжает зигзагообразно распространяться вдоль сужающегося края волновода, каждый раз излучая все меньшую и меньшую энергию в подложку (на рисунке это условно отражено укорочением стрелок). На каком-то этапе угол падения на верхнюю границу может стать меньше соответствующего угла внутреннего отражения  $\varphi_0$  и энергия станет излучаться в воздух (штриховые стрелки), что приводит к потерям. Чтобы этого не происходило,

сужение конца волновода должно быть плавным. Реально достигаемая эффективность вывода энергии в подложку составляет 50—70%. Необходимо также учитывать, что излучаемый в подложку пучок расходящийся: 1—20 в зависимости от угла сужения конца волновода (вблизи волновода, как изображено на рисунке, пучок сходящийся, вдали — расходящийся). Это в большинстве случаев ограничивает применение сужающего конца волновода, особенно если при его помощи вводить излучение из подложки в волновод [5].

Для передачи световой энергии из одного волновода в другой торцевое (стыковое) соединение, несмотря на его принципиальную простоту, в интегрально-оптических устройствах применяют относительно редко. Способ передачи световой энергии из одного планарного волновода в другой иллюстрирует рисунок 1.12, б. Между волноводами в области их перекрытия имеется тонкий слой материала с показателем преломления  $n_0 < n_B$ ; как обычно,  $n_B$  больше коэффициента преломления подложки  $n_P$ . За счет наложения волноводов друг на друга через слой с меньшим показателем преломления  $n_0$  происходит оптическое туннелирование. Для эффективной передачи энергии промежуточный слой должен быть тонким и однородным по толщине, а константы распространения двух волноводов одинаковыми. Кроме того, как и в случае призмного и решеточного элементов связи, должна тщательно выбираться длина взаимодействия [6].

## 1.2 Рассмотрение этапов производства типовых клавиатур

Этап подготовка печатной платы для клавиатуры. В нее входит:

- установка на плату микрочипа, контролирующего каждое нажатие клавиш или комбинаций клавиш, определяющую какую команду передать компьютеру, а также соединение ее со схемами на плате, затем проверка соединений микрочипа путем подачи сигналов, и последнее изоляция чипа;

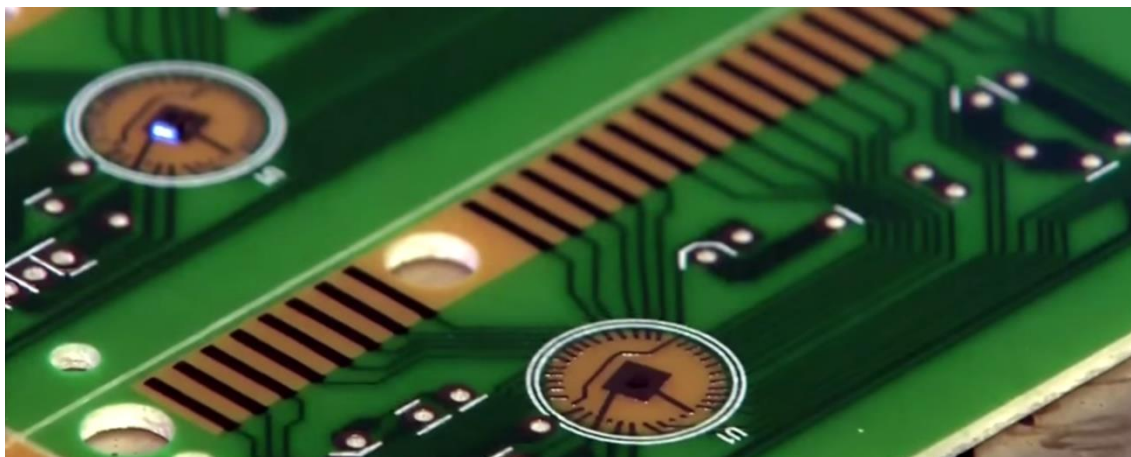


Рисунок 1.13 – Установка микрочипа на печатную плату



Рисунок 1.14 – Нанесение изоляции на микрочип

- добавление электронных компонентов на обратную сторону платы. Компоненты контролируют потоки электрического тока на плате. Добавление резисторов для замедления электрических токов, и конденсаторы (накопители), которые хранят и выпускают ток, чтобы поддерживать необходимый поток сигналов от клавиатуры к чипу.



Рисунок 1.15 – Добавление электронных компонентов на плату

- монтирование зеленых светодиода для верхнего регистра, числовых клавиш и блокировки прокрутки;



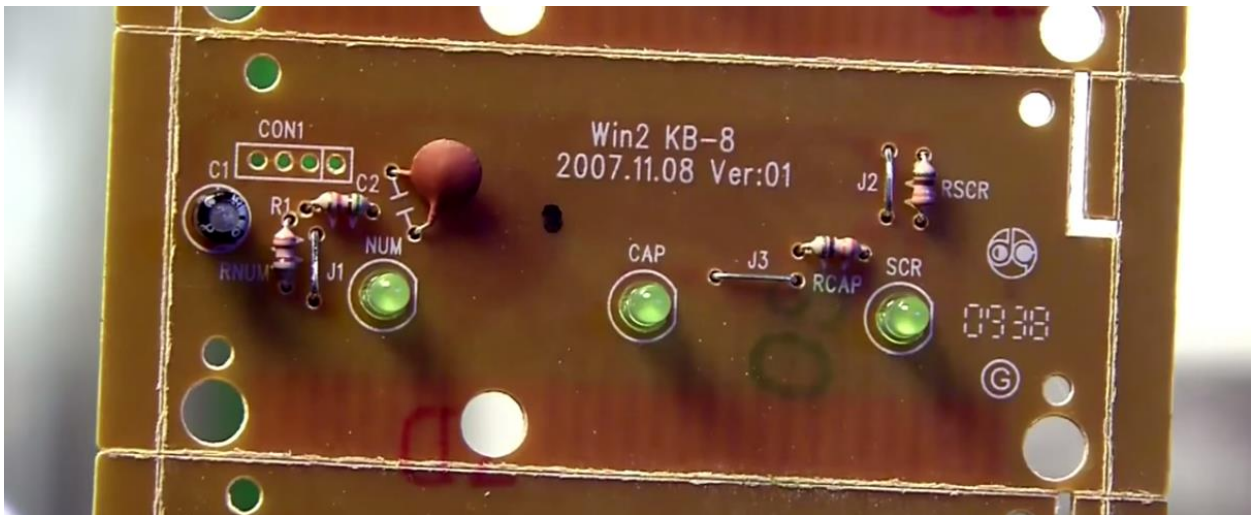


Рисунок 1.16 – Смонтированные светодиоды

- после плата проходит через печь с нагретым оловом для закрепления и соединения всех элементов на плате.

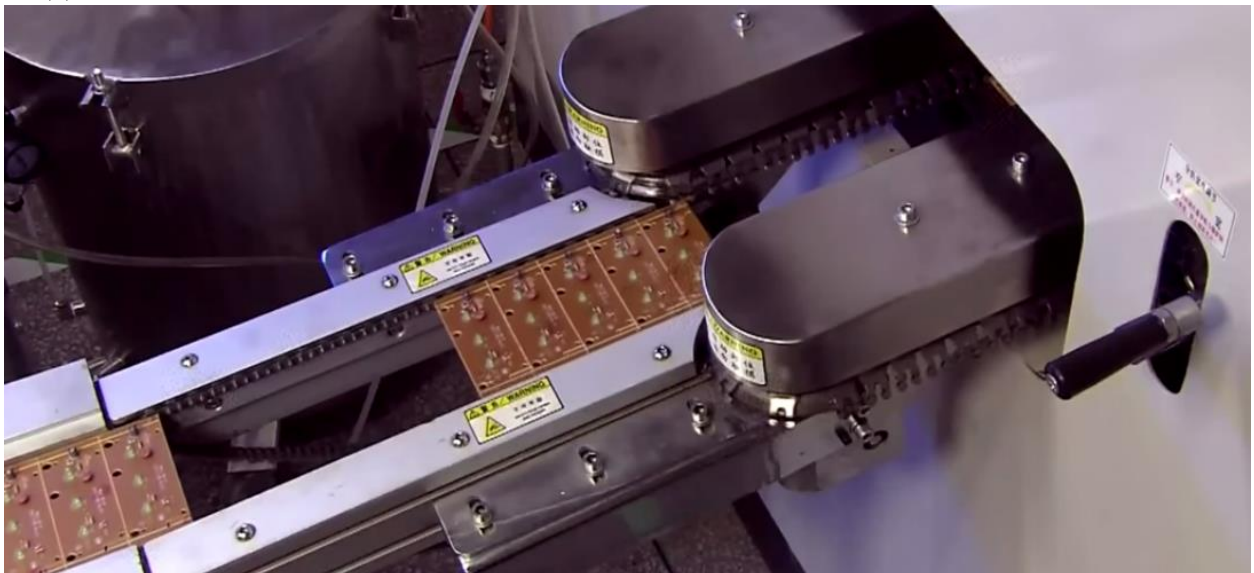


Рисунок 1.17 – Отправка плат в печь с оловом



Рисунок 1.18 – Нанесение гравировки на кнопки с символами

Этап гравировки клавиш. Этот этап включает в себя нанесение буквенных, цифровых и символьных обозначений на готовые пластмассовые клавиши. На заводах эта операция проводится с помощью лазерного луча, который снимает слой краски на кнопках клавиатуры, обнажая белую пластмассу. Этот метод нанесения обозначений имеет преимущество перед методом с нанесением краской, так как они никогда не сотрутся.



Рисунок 1.19 – Установка возвратного механизма

Этап установки возвратного механизма. Предыдущие 2 этапа являются едиными для всех клавиатур, независимо от типа возвратного механизма, используемого для перехода клавиш в исходное состояние. На данном этапе в качестве возвратного механизма используются пружины, и без вмешательства техники здесь не обойтись, а именно роботизированной. Эта сложность данного этапа решается если запустить массовое производство.

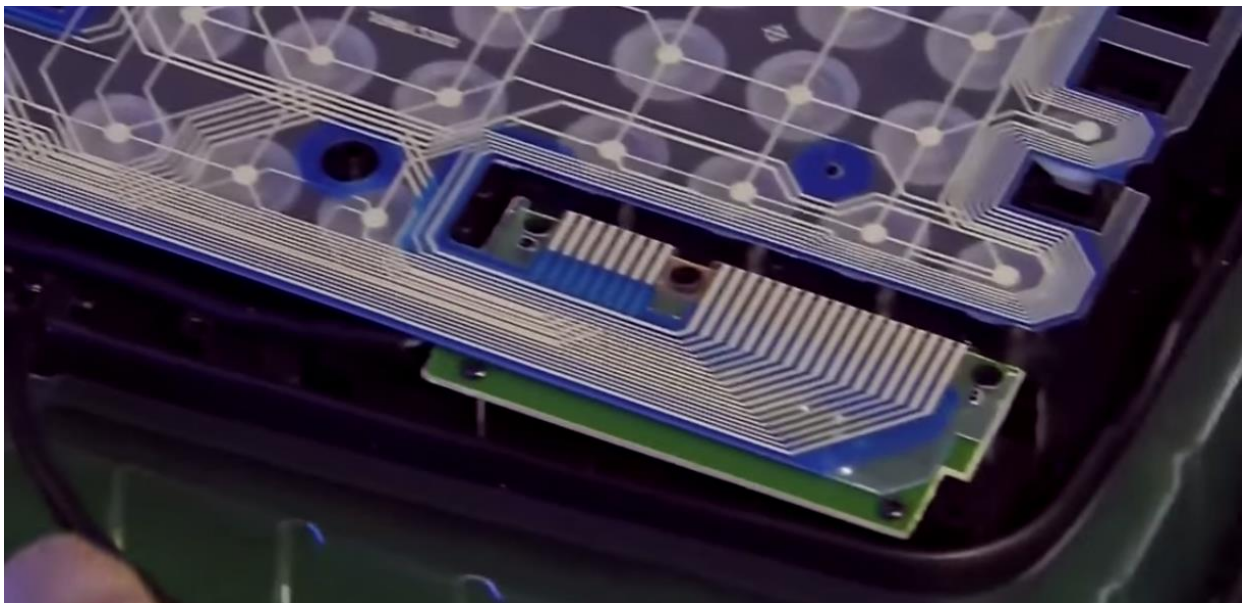


Рисунок 1.20 – Установка готовой платы и мембраны в корпус клавиатуры

Этап установки платы и электрической мембраны в корпус. Печатная плата устанавливается в специально отведенное для нее места на обратной стороне корпуса, к ней присоединяется электрическая мембрана, которая при нажатии клавиши передает особый сигнал к микрочипу на плате, далее на компьютер. Далее клавиатура закрывается пластмассовой крышкой, фиксируя все составляющие внутри корпуса.

Этап тестирования клавиатуры. Клавиши тестируют на предмет выявления дефектов в работе.





Рисунок 1.21 – Проверка работоспособности клавиатуры

### **1.3 Необходимость исключения возвратного механизма в клавиатурах**

Как было изложено выше производство типовых клавиатур – это достаточно трудоемкий и долгий процесс, который содежит в себе много этапов. Если клавиатуры производятся в массовом производстве, поставленном на конвейер, то исключение одного из этапов значительно снизит как трудозатраты, так и затраты на материалы. Этапом для исключения предлагается этап установки возвратного механизма. Учитывая необходимость высокой точности и применения робототизированной техники для ее реализации экономия получается очень даже высокой.

Учитывая условия нашей страны (малое население, отсутствие возможности производства), постановка производства на конвейер требует немалых затрат, поэтому в наших же целях упростить процесс. На начальном этапе можно производить клавиатуры в небольших цехах. Клавиатуры предлагаемого типа не требуют такой высокой точности воспроизведения, как это необходимо в типовых клавиатурах.

### **1.4 Конструкции оптических клавиатур**

Здесь будет представлены конструкции оптических клавиатур, предложенных ранее и запатентованных в США.

Фото-оптическая клавиатура, обеспечивающая тактильные ощущения.

Таблица 1.1 – Данные о патенте

Номер публикации	US4292517 A
Тип публикации	Грант
Номер заявки	US 06/075,395
Дата публикации	29 сен 1981
Заявлен	14 сен 1979
Дата приоритета	14 сен 1979
Другие номера патента	<a href="#">EP0036015A1</a> , <a href="#">WO1981000763A1</a>
Авторы изобретения	<a href="#">Edward I. Nelson</a>
Первоначальный патентообладатель	<a href="#">Burroughs Corporation</a>

Изобретение представляет собой формованный корпус клавиатуры, имеющей матрицу из строк и столбцов с отверстиями для клавиш.

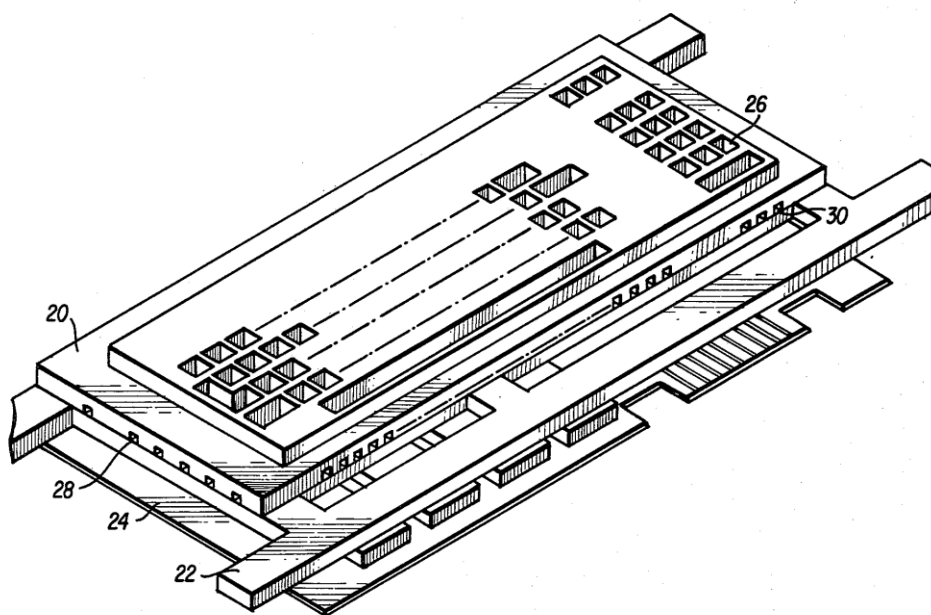


Рисунок 1.22 – Лицевая плата без клавиш.

На рисунке 1.22 представлена лицевая плата фото-оптической клавиатуры без кнопок. Клавиатура состоит из корпуса (20), базовой платы (22) и печатной платы (24). Световые каналы (28 и 30) проходят по разным

ординатам, находятся в самой нижней точке корпуса клавиатуры и проходят под отверстиями в корпусе, формируя строки и столбцы.

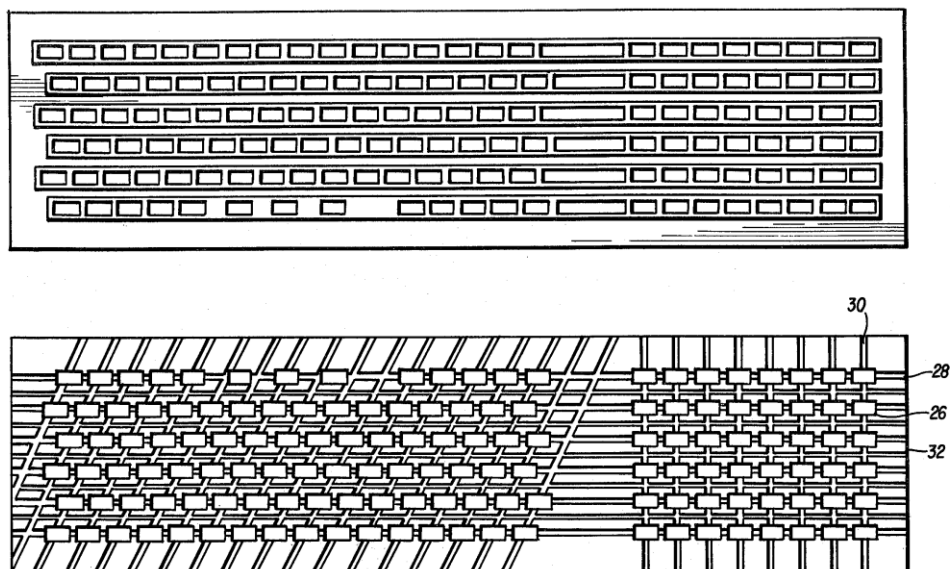


Рисунок 1.23 – Вид корпуса клавиатуры сверху и снизу

На рисунке 1.23 представлены верхняя и нижняя панели корпуса с отверстиями для клавиш. Здесь показано более детальное формирование клавиш и оптических каналов.

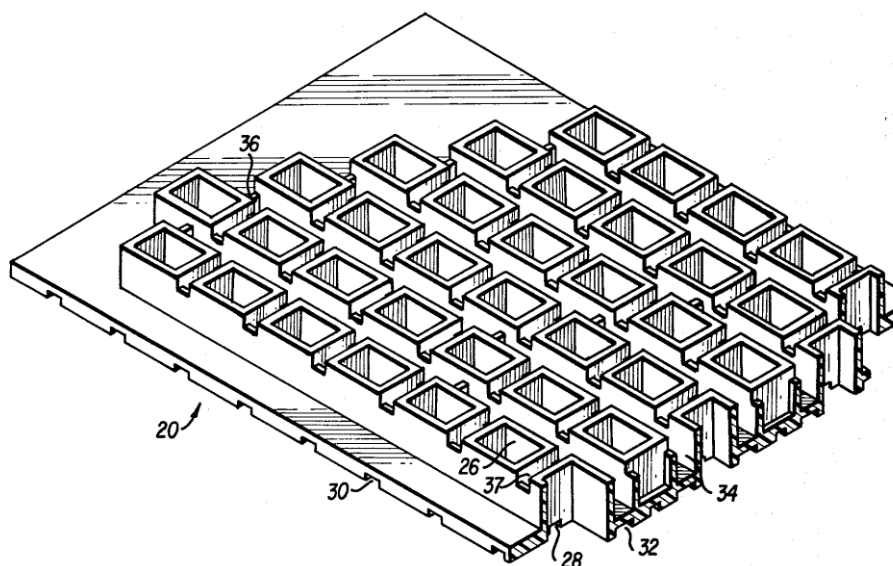


Рисунок 1.24 – Частичный вид диагональной матрицы сверху

На рисунке 1.24 представлен вид корпуса клавиатуры (20) в разрезе. Световые каналы (28 и 30) находятся внизу корпуса, глубина которых может быть 3/32 дюйма. Световая перегородка (32) изоляции каналов между строками находится внизу корпуса. Углубление (34) и структурное крепление

(36) находятся между строками. Стенка углублений (37) ниже стенок отверстий (26). Углубления (34 и 37) предназначены для защиты от пролитой жидкости на клавиатуру.

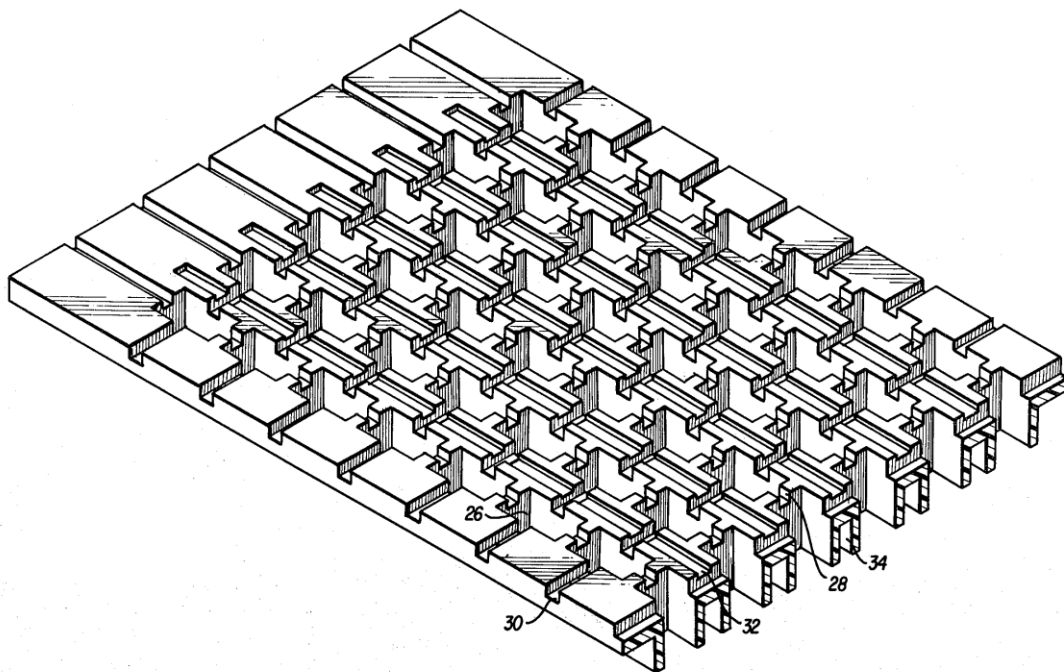


Рисунок 1.25 – Частичный вид диагональной матрицы снизу

На рисунке 1.25 представлен вид нижней части корпуса клавиатуры в разрезе. Здесь также представлены световые каналы (28 и 30) находятся внизу корпуса. Световая перегородка (32) изоляции каналов между строками находится внизу корпуса.

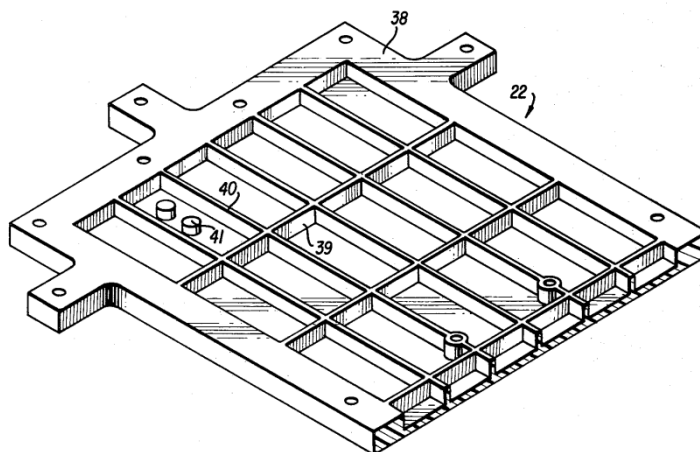


Рисунок 1.26 – Частичный вид базовой платы

На рисунке 1.26 представлена базовая плата, которая присутствует также на рисунке 1.27. Наружный край (38) крепится к нижней части корпуса клавиатуры. Внутренняя часть платы (22) углублена и разделена световыми изоляционными перегородками (40), проходящими по направлению строк. Опорная стойка (39) проходит по направлению столбцов.

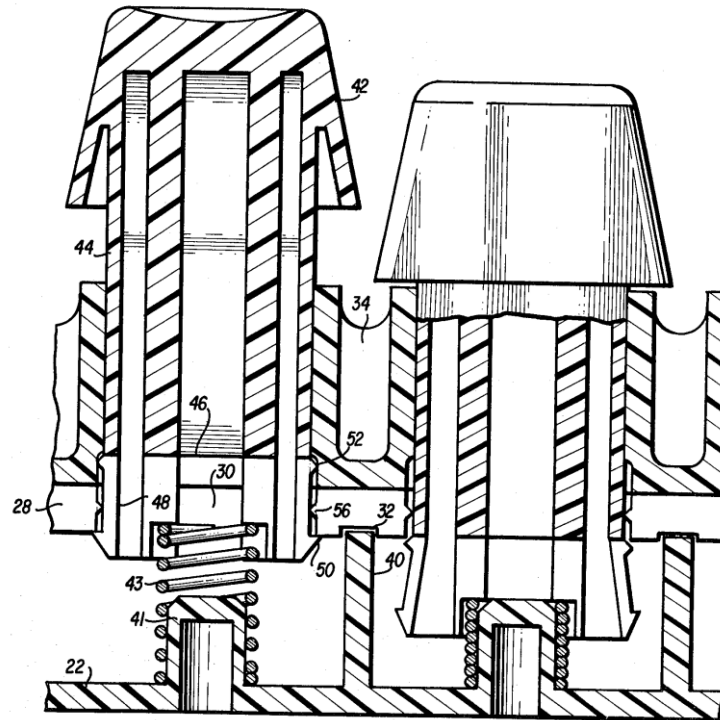


Рисунок 1.27 – Вид кнопки клавиатуры в разрезе

На рисунке 1.27 представлен вид кнопки клавиатуры в разрезе. Кнопка (42) выступает над углублением (34). Это позволяет жидкости, пролитой на клавиатуру, попасть в углубление (34), не позволяя протечь ее внутрь. Система кнопки (44) проходит сквозь отверстие (26). Во внутренней части отверстия имеются выступы (56), которые должны контактировать с выступами (52) на гибких пальцах кнопки (48) для обеспечения тактильного ощущения клавиш. Слот (46) формируют так, что часть отверстия находится выше светового канала (30). Световой канал (28) проходит насквозь слева на право. Световой канал (30) проходит прямо от рисунка в том же месте, что и (28) [13].

## Фотоэлектрическая клавиатура

Таблица 1.2 – Данные о патенте

Номер публикации	US4534668 A
Тип публикации	Грант
Номер заявки	US 06/613,270
Дата публикации	13 авг 1985
Заявлен	24 май 1984
Дата приоритета	2 июл 1983
Состояние гонорара	Недействительный
Авторы изобретения	<a href="#">Heinz Hildel</a> , <a href="#">Wolfgang Schnell</a> , <a href="#">Gerald Westphal</a>
Первоначальный патентообладатель	<a href="#">Triumph-Adler Aktiengesellschaft Fur Buro- Und Informationstechnik</a>

Устройство относится к фотоэлектрическим клавиатурам и подобным машинам. Это фотоэлектрическая клавиатура, которая имеет 2 пластины, расположенные друг на другом с зазором. Верхняя пластина содержит отверстия для направления стержня кнопок и вырезы для поддержки источников, освещающих саму пластину, а нижняя пластина содержит печатную плату, на которой имеются фотоэлементы, соответствующие клавишам, и отвечающие на излучаемый свет, возникающий при нажатии.

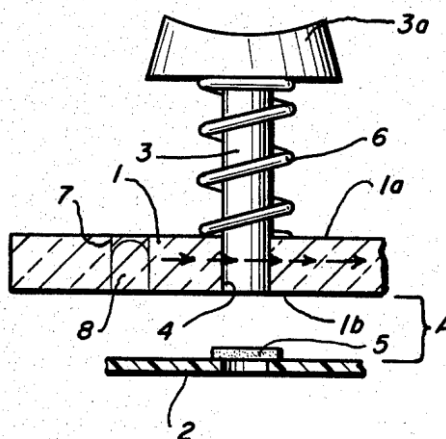


Рисунок 1.28 – Клавиша в исходном положении в разрезе

На рисунке 1.28 представлена конструкция клавиши в разрезе в исходном состоянии. В общем виде клавиатура включает в себя верхнюю пластину (1) и параллельно нижнюю пластину (2). Верхняя плата состоит из прозрачного материала (например: акриловое стекло) и содержит отверстия (4) в координатах клавиатуры, в который вставляется стержень (3) и крышка (3а) клавиши. Также в верхней пластине содержатся вырезы (7), в которые вставляются лампы для освещения платы (1). Для предотвращения нежелательного излучения из или внутрь среды, верхняя(1а) и нижняя(1б) поверхности выволняются матовыми или покрывается иными известными покрытиями.

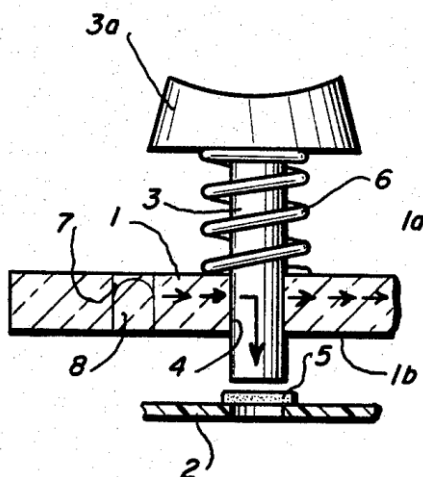


Рисунок 1.29 – Клавиша в нажатом состоянии в разрезе

Нижняя пластина (2) создана в виде печатной платы с контактами к фотоэлементам (5), соответствующими к отверстиям в верхней пластине (1). Стержни клавиш (3), как и верхняя пластина, выполнена из прозрачного материала и поддерживается в исходном состоянии с помощью пружины (6). В исходном состоянии стержень взаимодействует только с верхней пластиной. При нажатии клавиши свет, проходящий по верхней пластине, проходит по стержню клавиши в к фотоэлементу на нижней плате фиксируя факт нажатия клавиши. Но расстояние (А) между пластинами должно быть подобрано таким образом, чтобы оптическое излучение могло фиксироваться фотоэлементом (5) в момент нажатия клавиши.

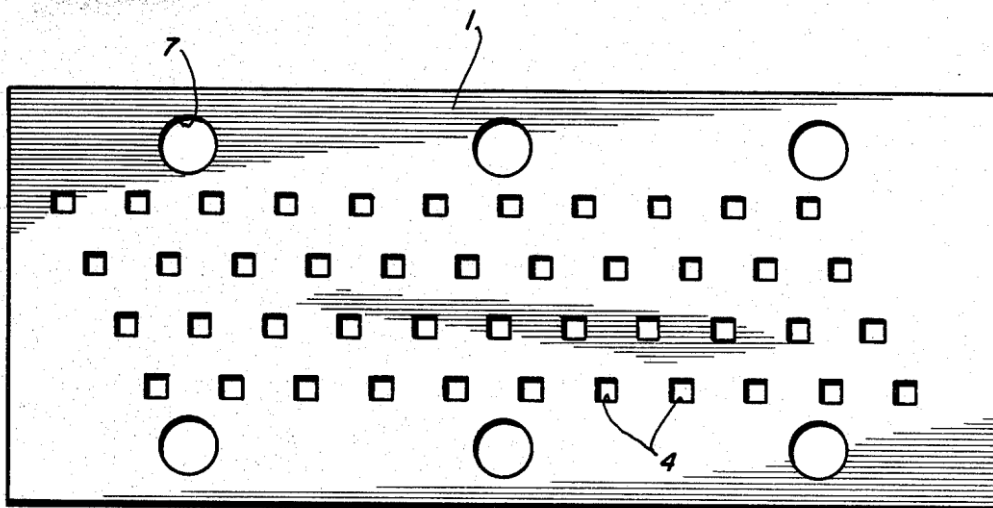


Рисунок 1.30 – Верхняя пластина клавиатуры

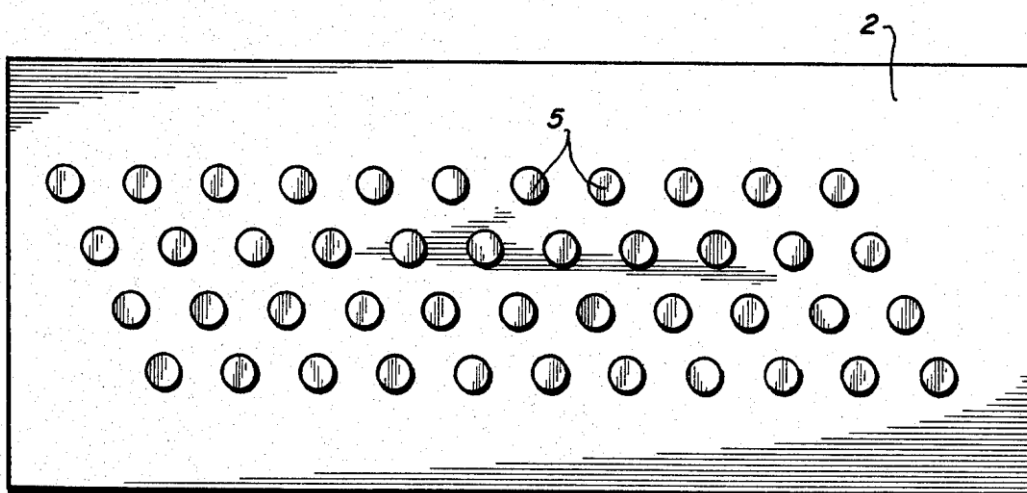


Рисунок 1.31 – Нижняя пластина клавиатуры

Нижняя пластина (2) создана в виде печатной платы с контактами к фотоэлементам (5), соответствующими к отверстиям в верхней пластине (1). Стержни клавиш (3), как и верхняя пластина, выполнена из прозрачного материала и поддерживается в исходном состоянии с помощью пружины (6). В исходном состоянии стержень взаимодействует только с верхней пластиной. При нажатии клавиши свет, проходящий по верхней пластине, проходит по стержню клавиши в к фотоэлементу на нижней плате фиксируя факт нажатия клавиши. Но расстояние (А) между пластинами должно быть подобрано таким образом, чтобы оптическое излучение могло фиксироваться фотоэлементом (5) в момент нажатия клавиши [12].



## **2 Назначение и описание клавиатуры с оптического кодировкой на основе нейросетевых свойств полимерных материалов**

### **2.1 Назначение клавиатуры предложенного типа**

В настоящее время остро стоит задача по обеспечению импортозамещения для Республики Казахстан. Актуальность данной задачи усугубляется нарастающей конфликтностью в современном мире и сопутствующими кризисными явлениями, как экономического, так и политического характера. Необходимость развития собственных наукоемких производств становится все более и более острой, в частности вследствие резкого падения цен на нефть и непрогнозируемого поведения рынка углеводородного и другого сырья в ближайшие десятилетия.

Задача обеспечения импортозамещения является исключительно сложной по целому ряду причин. Для того, чтобы новые разновидности продукции оказались востребованными хотя бы на внутреннем рынке, они должны быть конкурентноспособными с аналогичными товарами, импортируемыми из-за рубежа, как по цене, так и по качеству. Кроме того, необходимо создание новых разновидностей номенклатуры изделий, так как конкуренция уже с существующими типами товарной продукции является весьма проблематичной.

Несколько упрощая, можно сказать, что речь может идти или об «отверточном» производстве, или о создании принципиально новых разновидностей (или модификаций) товаров, которые пока не представлены на международном рынке.

Существенным фактором, который осложняет внедрение современных IT-технологий, рассматриваемых для целей импортозамещения, является фактор массового производства. А именно, такие изделия, как клавиатуры, компьютеры, ноутбуки и т.д. могут поставляться на рынок по сравнительно низкой цене только при условии налаженного массового производства. Создавать сразу массовое производство той или иной техники в условиях Республики Казахстан нерационально по нескольким причинам. Основной из них является высокий риск, связанный с тем, что нет никаких гарантий, что данная продукция окажется востребованной хотя бы на внутреннем рынке.

Кроме того, обеспечение массового производства такого рода изделий является чрезвычайно затратным и здесь снова нужно подчеркнуть, что существует значительный инвестиционный риск – нет никаких гарантий, что данные затраты окупятся в обозримом будущем.

Вместе с тем на современном рынке прослеживаются вполне определенные тенденции, связанные с появлением на нем категории изделий, носящих индивидуальные признаки. А именно, можно обратить внимание, что все больше и больше различного рода IT-систем, таких как наушники, компьютерные мыши и т.д. приобретают все более отчетливые

индивидуальные черты, приобретая потребительские свойства эксклюзивных изделий.

В настоящее время на рынках представлены такие системы, как компьютерные мыши, украшенные кристаллами Swarowsky, наушники, украшенные различными ювелирными элементами и т.д. Другими словами, реализуется вполне определенная тенденция IT-моды, в которой комбинируются элементы ювелирных украшений и элементы IT-технологий. Востребованность данной продукции является достаточно высокой в силу фундаментальных причин, которые подробно анализировались в работах Ж.Бодрийяра [14]. А именно, любой товар обладает двумя функциями: с одной стороны, каждый товар предназначен для удовлетворения потребностей человека, и в то же время товар несет вполне определенную информационную нагрузку, обозначая статус его владельца. Т.е. даже беглый обзор того, что продается в настоящее время на рынке, показывает, что значительная часть товаров предназначена не только для удовлетворения тех или иных функциональных потребностей человека, но и для демонстрации его общественного статуса. К этому относятся различного рода брендовые изделия, собственно, на это работает вся индустрия моды, список таких примеров можно продолжать очень долго. Для целей данной работы существенно, что представлениями о статусности товаров и представлениями о существующих трендах IT-моды можно воспользоваться для обеспечения продвижения новых IT-технологий сначала на казахстанский рынок, а потом и на международный рынок.

В качестве примера такого рода изделия, в Алматинском университете энергетики и связи не так давно была разработана складывающаяся клавиатура, которая представляет собой шкатулку, в сложенном состоянии имеющую те же самые размеры, что и типовой сотовый телефон. Назначением данной клавиатуры является обеспечение возможности работы пользователя в том же самом режиме, как это имеет место для обычной qwerty-клавиатуры. Иначе говоря, по кабелю или иным способом, данная клавиатура подключается к сотовому телефону, а оператор за столиком кафе или в аэропорту обладает возможностью работать с коммуникатором точно так же, как за обычным компьютером.

Здесь необходимо подчеркнуть, что такого рода задачи сейчас решаются самыми разными способами, например, известны проекционные голографические клавиатуры, которые в принципе решают ту же самую задачу, известен целый ряд программ, который основан на распознавание речи (акустический ввод слов) и т.д. Однако, следует подчеркнуть, что именно для цели работы гораздо удобнее и привычнее пользователю обычная qwerty-клавиатура. В частности, речевой ввод текста является для подавляющего большинства людей неудобным в силу чисто психологических причин. А именно, большинство пользователей оказываются не в состоянии вводить текст с помощью голосовой речи, так как стилистика обычной речи существенно отличается от той, которой пользуются при наборе текста.

Иными словами, трудозатраты на правку текста, который был сформирован голосовым путем, оказываются примерно теми же самыми, что и набор текста. И для этой цели также будет использоваться обычная qwerty-клавиатура.

В силу этих причин разработка qwerty-клавиатуры остается вполне актуальным делом, особенно если существует возможность сделать такие клавиатуры складывающимися и имеющими те же самые размеры, что и сотовые телефоны. В этом случае потребитель, упрощенно говоря, имеет возможность положить в один карман собственный сотовый телефон, в другой – клавиатуру к нему, и в любом месте начать работать с помощью такого рода систем точно так же, как с обычным персональным компьютером.

Вернемся к вопросу об IT-моде, по идее можно поставить вопрос о производстве такого рода клавиатур сразу в значительных промышленных масштабах. Однако, с одной стороны, это опять же является высоко рискованным инвестиционным мероприятием, а с другой стороны, внедрение массового производства того или иного изделия предпочтительнее осуществлять поэтапно.

Для решения такого рода проблем идеально подходит как раз тенденция IT-моды. А именно, на первом шаге внедрения можно поставить вопрос о производстве складывающихся клавиатур, которые будут обладать выраженными индивидуальными признаками, а именно, такого рода шкатулки могут комбинироваться с ювелирными украшениями, они могут рассматриваться как подарочные изделия.

Далее, поскольку в сложенном состоянии поверхность этой клавиатуры является свободной, все эти поверхности можно использовать для создания различного рода надписей. То есть, эти изделия могут служить одновременно средством рекламы тех или иных фирм, продвижением соответствующих товаров и услуг. В качестве примера можно привести изделия, которые сейчас также широко представлены на международном рынке, а именно, известно, что для создания соответствующего имиджа, для представительских целей часто используются визитные карточки, содержащие встроенные флешки. В этом случае с очевидностью пользователь, который применяет такого рода флешку в повседневной практике, все время будет обращать внимание на ту информацию, которая содержится непосредственно на визитке. Это является весьма эффективным средством рекламы, как неоднократно было показано в соответствующих работах по маркетингу.

Таким образом, создание промышленного производства складывающихся клавиатур даже в очень небольших объемах в настоящее время является вполне актуальной и решаемой задачей. Именно вследствие того, что на первых этапах можно организовать опытное производство только в очень ограниченных объемах. Другими словами, речь вполне может идти о создании соответствующих стартаповских компаний.

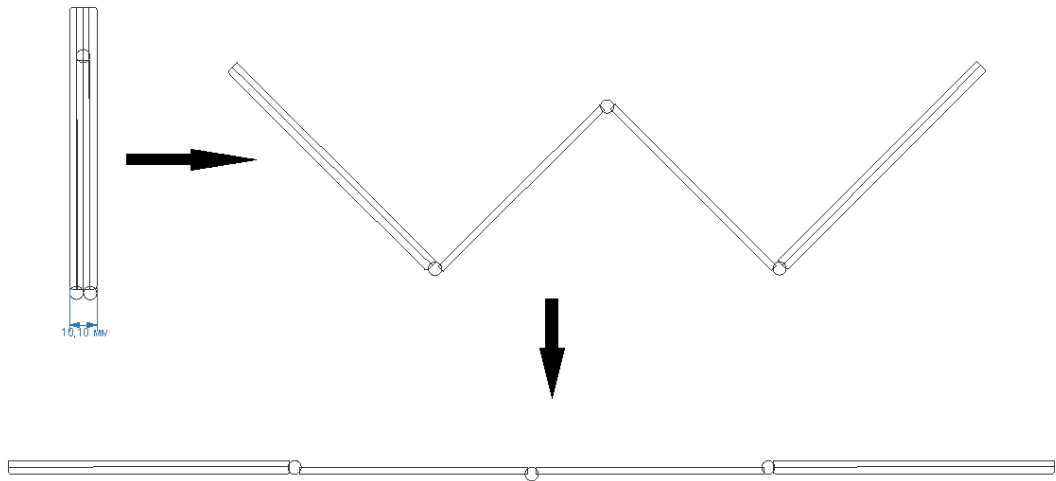


Рисунок 2.1 – Складывающаяся клавиатура

Далее, для того, чтобы обеспечить устойчивую работу такого рода клавиатур, разумеется, необходимо отработать оптимальный для этих целей принцип действия. На рисунках 2.1 и 2.2 показана складывающаяся клавиатура, которая в сложенном состоянии имеет те же самые размеры, что и сотовый телефон.

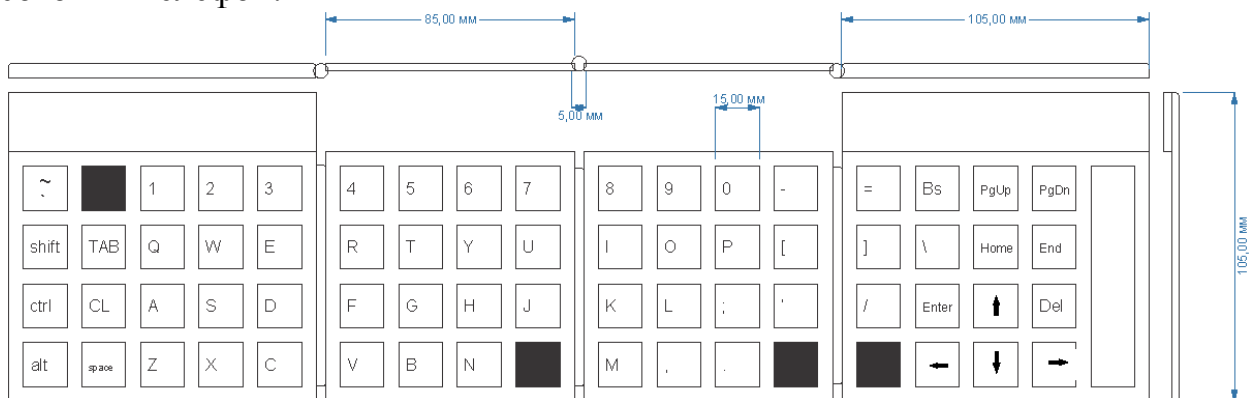


Рисунок 2.2 – Клавиатура в развернутом виде

Она основана на использовании шлейфов, на которых нанесены проводящие компоненты. Для того, чтобы такая клавиатура, во-первых, была работоспособна, во-вторых, в сложенном состоянии действительно имела габариты сопоставимые с размерами сотового телефона, ее необходимо сложить, упрощенно говоря, в четыре раза. Соответственно, толщина такого рода системы также должна быть сравнительно небольшой, в идеале – толщина этой системы должна составлять порядка 2 мм. Причем, необходимо отметить, что в эти 2 мм должен быть уложен и корпус, обеспечивающий механическую прочность изделия, и вспомогательные радиоэлектронные компоненты, ну и собственно, сами кнопки. Кнопки, толщиной в 2 мм в настоящее время реализованы, но реализованы они с использованием различного рода сенсорных экранов.

Для организации производства, о котором говорилось выше, использование сенсорных экранов является не совсем удобным, именно вследствие того, что в такого рода изделиях сенсорных экранов должно быть, как минимум, четыре. Во-первых, толщина сенсорного экрана является достаточно большой, т.к. он представляет, как правило, собой пластину из стекла, на который наносится слой оптически прозрачного проводящего материала (как правило, для этих целей используется оксид олова).

Во-вторых, производство сенсорных экранов на основе нанесения на стекло тонкого слоя оксида олова является исключительно высокотехнологичным; это производство является дорогим, и говорить о производстве опытных изделий на этой основе не приходится. (Такого рода системы могут окупиться только в массовом производстве.) Поэтому, целесообразно поставить вопрос о поиске альтернативного метода создания очень тонкого сенсорного экрана, способного выполнять функции клавиатуры.

Классические типы клавиатур, как это будет показано в тексте диссертации, для этой цели подходят не слишком хорошо. Прежде всего, кнопки, которые традиционно используются в компьютерных клавиатурах и клавиатурах для сотовых телефонов, обладают вполне определенным возвратным механизмом (что подробно рассматривалось в части 1), и этот возвратный механизм приводит к тому, что толщина системы в целом является достаточно большой. А именно, должен быть предусмотрен свободный ход кнопки из положения «включено» в положение «выключено» и обратно. Намного более перспективным является создание материала, который будет работать примерно так же как сенсор, т.е. при нажатии возникает определенный контакт, а при удалении механического нажатия, контакт прерывается.

В настоящей работе показано, что такая задача может быть решена с использованием клавиатур с оптической кодировкой, а именно, за счет специфических свойств определенных полимерных материалов оказывается возможным создать вполне определенный тип клавиши, когда оптический контакт между полимером и волноводом, а точнее световодом, обеспечивается только при определенной величине механического давления.

Благодаря этому удастся реализовать сравнительно простую конструкцию клавиатуры с оптической кодировкой, которая к тому же может работать при довольно больших допусках в процессе технологического изготовления. Упрощенно говоря, такая схема может быть собрана достаточно грубо, что позволяет ставить вопрос об опытном производстве, причем в условиях плохо оборудованных цехов и при определенной инфраструктурной недостаточности.

Задача по созданию такого типа клавиатур как раз и решается в данной диссертационной работе. Завершая этот параграф, хотелось бы еще раз подчеркнуть, что снижение требований к допускам всех компонент является

существенным для организации первичного производства в условиях нашей страны.

## **2.2 Используемый материал и результаты его экспериментального тестирования**

В работе [24] было показано, что любая макромолекула, в состав которой входят частично диссоциирующие функциональные группы, представляет собой прямой аналог нейропроцессора Хопфилда. В данном случае аналогом нейрона является отдельная функциональная группа, которая может находиться в двух состояниях – диссоциированном и недиссоциированном, причем эти два состояния отвечают логическим переменным, описывающим состояние выхода аналога нейрона. Аналогом каналов передачи сигнала между нейронами являются электрические поля, формируемые функциональными группами, приобретающими электростатический заряд при диссоциации.

Аналогия между нейронной сетью и макромолекулой была использована в [24] для обоснования механизма эволюции сложных систем, альтернативного дарвинистской точке зрения. Однако, вопрос о техническом применении нейросетевых свойств гидрофильных макромолекул и композитов на их основе не ставился.

В данной работе показано, что на основе нейронных сетей, формируемых макромолекулами за счет их собственных физико-химических свойств, можно реализовать новые системы обработки информации, в том числе, они могут быть использованы для совершенствования клавиатур с оптической кодировкой.

Аналогии между системами на основе гидрофильных полимеров и нейронными сетями не исчерпывается указанной выше, в которой в качестве нейрона выступает отдельная функциональная группа.

Материал работы [23], а также общие представления о фазовых переходах в растворах термочувствительных полимеров [20], позволяют утверждать, что существует еще одна разновидность нейропроцессора Хопфилда, самопроизвольно формируемая, макромолекулами, одновременно обладающими и гидрофильными, и гидрофобными функциональными группами.

Растворы такого рода макромолекул часто являются стимул-чувствительными, т.е. они испытывают фазовый переход при изменении термодинамических параметров. Как правило, фазовый переход связан со сдвигом гидрофобно-гидрофильного баланса. Если усиливаются гидрофобные взаимодействия (например, за счет повышения температуры), то молекулы теряют растворимость, что чаще всего проявляется через резкое помутнение раствора. При обратном сдвиге молекулы снова становятся растворимыми [20].

Механизм потери растворимости [20] связан с формированием мицелл, стабилизируемых гидрофобными взаимодействиями (рисунок 2.3). Данный рисунок относится к случаю, когда функциональные группы полимера являются амфифильными, т.е., в зависимости от значений термодинамических параметров системы могут проявлять как гидрофобные, так и гидрофильные свойства.

Рисунок 2.3 также подчеркивает, что при формировании мицеллы фрагментом макромолекулярной цепи высвобождается полярный растворитель (вода), что является существенным для рассмотрения явлений фазовых переходов в растворах с точки зрения аналогии с нейронными сетями.

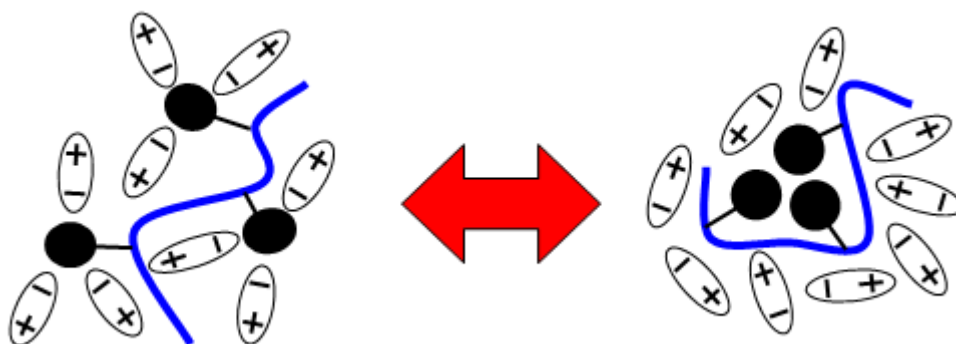


Рисунок 2.3 – Схема образования мицелл, формируемых отдельным фрагментом макромолекулярной цепи при фазовом переходе.

Разобьем макромолекулярную цепь на отдельные фрагменты так, что число групп фрагмента равно числу групп в мицелле. Покажем, что каждый такой фрагмент может рассматриваться как аналог нейрона, а раствор (и/или композит, содержащий такие макромолекулы) в целом – как аналог нейронной сети.

В силу того, что фазовый переход, как правило, происходит скачком [20], двум состояниям рассматриваемого фрагмента можно поставить в соответствие две логические переменные (0 и 1).

Рассматриваемые фрагменты в действительности являются взаимодействующими. Конкретно, такое взаимодействие осуществляется через обмен молекулами полярного растворителя. Действительно, как показывают многочисленные экспериментальные данные, например [27], характеристики фазового перехода (т.е. условия образования мицелл) зависят от термодинамических переменных. В частности, изменение концентрации раствора приводит к сдвигу температуры фазового перехода. Следовательно, локальное изменение концентрации функциональных групп в определенной области раствора за счет образования мицелл в другой области (как отмечалось выше, при образовании мицелл имеет место высвобождение

растворителя) обеспечивает своего рода дистанционное взаимодействие между фрагментами, способными к образованию мицелл. Отметим, что различного рода дистанционные взаимодействия между объектами на основе гидрофильных полимеров в настоящее время известны и отслеживаются, в том числе, на макроскопических образцах [27].

Существование дистанционного взаимодействия между мицеллами, которое математически может быть описано через использование соответствующих псевдопотенциалов, делает полной аналогию между нейронной сетью и совокупностью макромолекул рассматриваемого типа. Это иллюстрирует Рисунок 2.4, на котором схематически показаны аналоги нейронов, находящиеся состояниях, отвечающих различным логическим переменным.

Разумеется, техническое использование аналогов нейронных сетей, существующих непосредственно в растворе, является проблематичным. Однако, как показывают многочисленные экспериментальные данные [26], свойство термочувствительности (а, следовательно, и способность к образованию внутримолекулярных мицелл рассматриваемого типа) часто сохраняется и тогда, когда макромолекула входит в состав интерполимерного комплекса, стабилизированного водородными связями.

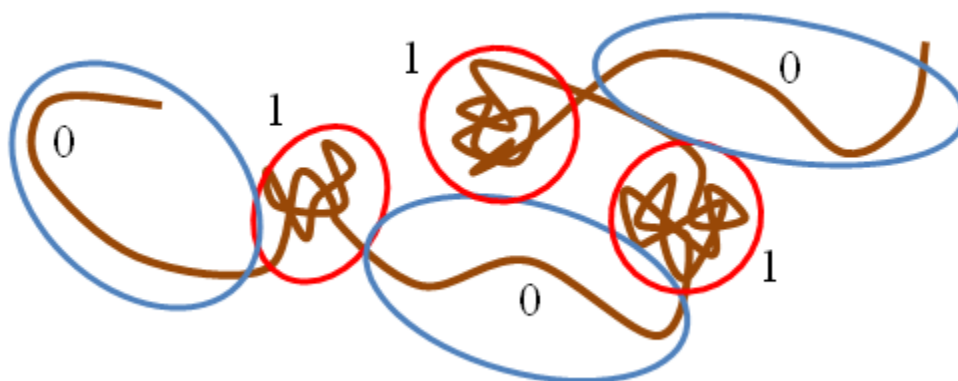


Рисунок 2.4 – Схема возникновения аналога нейронной сети, обусловленного гидрофобно-гидрофильным балансом.

Следует подчеркнуть, что такого рода комплексы образуются не только в растворе, но и тогда, когда одна из компонент представляет собой сшитую полимерную сетку (именно это обстоятельство и позволяет использовать получаемые пленки в качестве рабочего материала для клавиатур с оптической кодировкой). Примером является комплекс, формируемый сшитой полиакриловой кислотой и макромолекулами поливинилкапролактама, находящимися в растворе.



Следовательно, возникает возможность зафиксировать пространственное положение макромолекул, формирующих аналог нейронной сети за счет реакции образования комплекса с подложкой.

Этот же фактор делает возможным и обучение рассматриваемого аналога нейронной сети с помощью внешних воздействий, что также можно трактовать как эволюцию используемого материала.

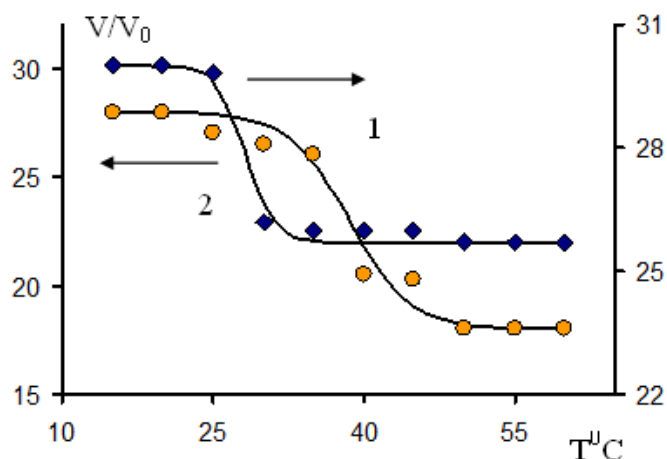
На рисунке 2.5 представлен пример экспериментальных данных, относящихся к макроскопическому образцу, и доказывающих, что стимул-чувствительные полимеры могут обладать выраженной реакцией, в том числе, и на изменение механического давления. На этом рисунке показаны зависимости степени набухания полимерного гидрогеля N-изопропилакриламида, содержащего иммерсированные наночастицы при концентрации 0,1%, от температуры в условиях, когда к полимеру прилагалась нагрузка 0,002 кГ или не прилагалась. Из этих рисунков хорошо видно, что приложение механической нагрузки меняет критическую температуру фазового перехода.

Представленные данные, в частности, показывают, что можно подобрать такие значения термодинамических переменных, при которых фазовый переход возникает за счет приложения механического давления. Подчеркнем, что фазовый переход в сшитых сетках выражается в изменении объема образца (что и регистрировалось в результатах экспериментов, представленных на рисунке 2.5), а в случае линейных макромолекул или интерполимерных комплексов – в потере растворимости.

Нейросетевые свойства используемого материала проявляются, в частности, в том, что при периодических внешних воздействиях материал оказывается способным существенно трансформировать свои свойства.

Эволюционные процессы в рассматриваемой системе могут быть реализованы на основе следующей схемы.

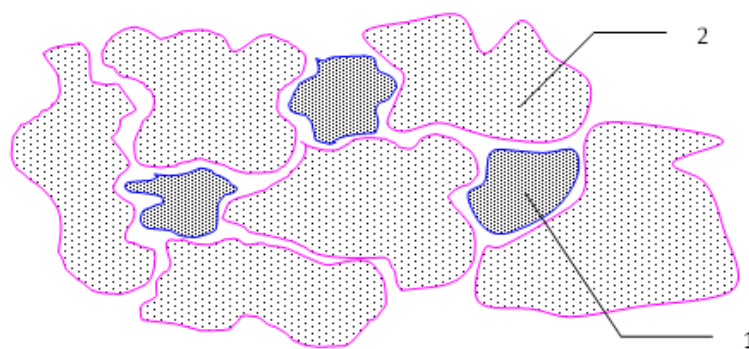
Каждый надмолекулярный агрегат, содержащий в своем составе частично диссоциирующие группы поликислоты, может рассматриваться как аналог нейронной сети, находящейся на самом нижнем этапе иерархии вложенных аналогов нейросетей, которые формируются в системах рассматриваемой природы только в силу из собственных физико-химических свойств.



1 – нагрузка 0,002 кГ, 2 – нагрузка отсутствует

Рисунок 2.5 – Влияние приложенной нагрузки на характер фазового перехода в гелях, иммерсированных наночастицами серебра

Здесь весьма существенен вывод, сделанный в [19] о том, что рассматриваемая система формирует несколько различных типов гидрофильных интерполимерных ассоциатов, которые сосуществуют друг с другом в широком диапазоне условий. В частности, это означает, что схема рисунке 2.6 может быть применена к ситуации, в которой и подсистема, представляющая логический ноль, и подсистема, представляющая логическую единицу (т.е. «выходы» соответствующих аналогов нейронов), отвечают ионизованным объектам.



1 – макромолекулярные агрегаты в состоянии «логическая единица»,

2 – макромолекулярные агрегаты в состоянии «логический ноль».

Рисунок 2.6. – Строение раствора смеси полимеров, формирующих ГИА и ИПК в переходной области

Такая ситуация не может реализовываться, когда один из компонент не обладает свойствами полиэлектролита, например представляет собой классический нерастворимый ИПК, формирующийся необратимо.

Полиэлектролитные же свойства подсистем, изображающих логический ноль и логическую единицу, позволяют утверждать, что обе такие подсистемы представляют собой вложенные нейронные сети, обладающие свойством сепарабельности.

Таким образом, описание взаимодействий между надмолекулярными агрегатами рассматриваемого типа можно вести в терминах записи и перезаписи информации во взаимодействующие сепарабельные нейронные сети. Информация, которая хранится в памяти таких вложенных подсетей, может варьироваться в результате взаимодействия, так как матрица весовых коэффициентов подсети, формируемой полиэлектролитным объектом, зависит от расстояния между отдельными функциональными группами, которые являются аналогами нейронов.

Результат многократных взаимодействий, вообще говоря, может приводить к появлению некоторого устойчивого состояния, которое может рассматриваться как результат эволюции. Это вытекает из сопоставления процесса перезаписи информации при взаимодействии полиэлектролитных объектов и типовой итерационной процедуры.

Ввод формально оператор, описывающий взаимодействие через изменение состояния надмолекулярного объекта, можно показать, что аналогия с итерационной процедурой является корректной.

Стимулирование многократной перезаписи информации в рассматриваемых условиях обеспечить достаточно легко. Для этого достаточно воспользоваться периодическим изменением любой из термодинамических переменных, вариация которой приводит к вариации рН. Учитывая, что константа диссоциации ПАК зависит от температуры, наиболее простой путь стимулирования эволюционных процессов обеспечивается именно периодическими вариациями температуры.

Предпосылкой для использования такой методики являются результаты, описанные в [19].

А именно, они позволяют сделать однозначный вывод о том, что результат взаимодействия ПАК и ПВК в жидкой фазе существенно зависит от того, как именно осуществляет взаимодействие, а не только от значений термодинамических переменных итоговой системы. Иначе говоря, в данном случае весьма легко реализуется широкий спектр метастабильных состояний. Это показывает описанный выше результат, в соответствии с которым медленное приливание одной компоненты к другой приводит к одним параметрам, характеризующим термочувствительность системы, а непосредственно смешивание двух растворов – к другим.

Наблюдаемые эффекты можно объяснить тем, что при медленном титровании создаются условия для предпочтительного формирования ГИА, в

которых доля одной из компонент мала, а при непосредственном смешивании – наоборот.

Разумеется, выделить «результат многократной перезаписи информации на молекулярном уровне», а точнее результирующую надмолекулярную систему, из раствора весьма сложно. Поэтому в данном разделе использовался более простой способ, основанный на использовании пленок, сформированных из ПАК сшивкой под воздействием УФ-излучения. Фотографии таких пленок в различных условиях представлены на Рисунок 2.7-2.9.

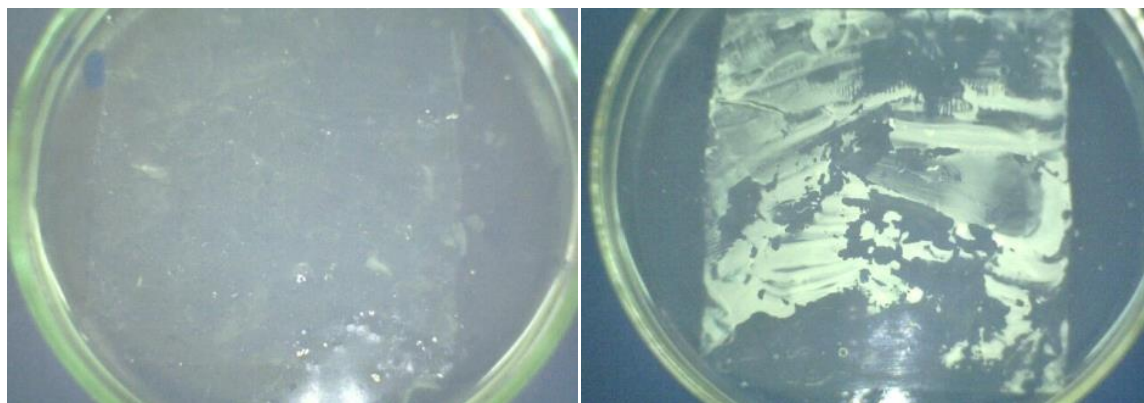


Рисунок 2.7 – Пленка ПАК с нанесенным раствором ПВК при 30 и 40<sup>0</sup>С

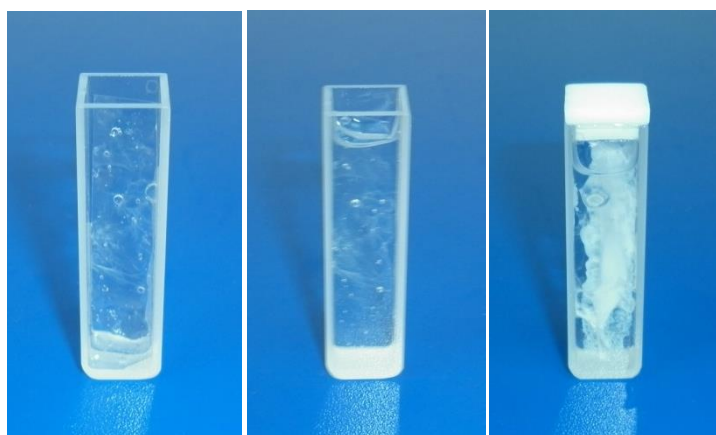


Рисунок 2.8 – Пленка ПАК с нанесенным раствором ПВК при возрастании температуры от 30 до 45<sup>0</sup>С, рН = 2,54

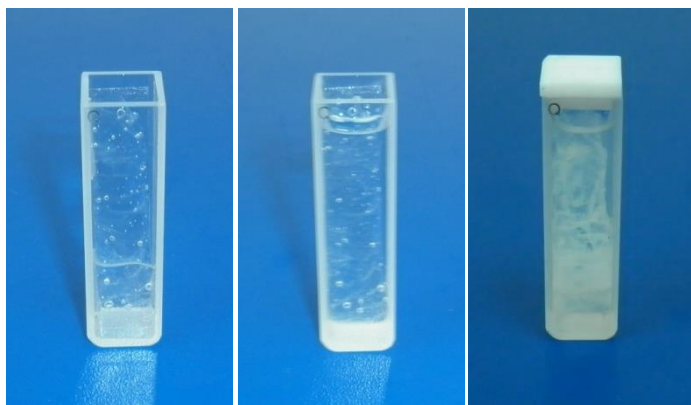


Рисунок 2.9 – Пленка ПАК с нанесенным раствором ПВК при периодическом температуры от 30 до 45<sup>0</sup>С, рН = 3,57

Рисунок 2.7 непосредственно показывает, что рассматриваемая система сшитая ПАК – ПВК образует термочувствительный комплекс, чего и следовало ожидать на основании ранее полученных результатов.

Более того, аналогичные эксперименты показывают, что сходный результат имеет место и тогда, когда на пленку высаживается продукт взаимодействия ПВК и ПАК, отвечающий условиям формирования ГИА.

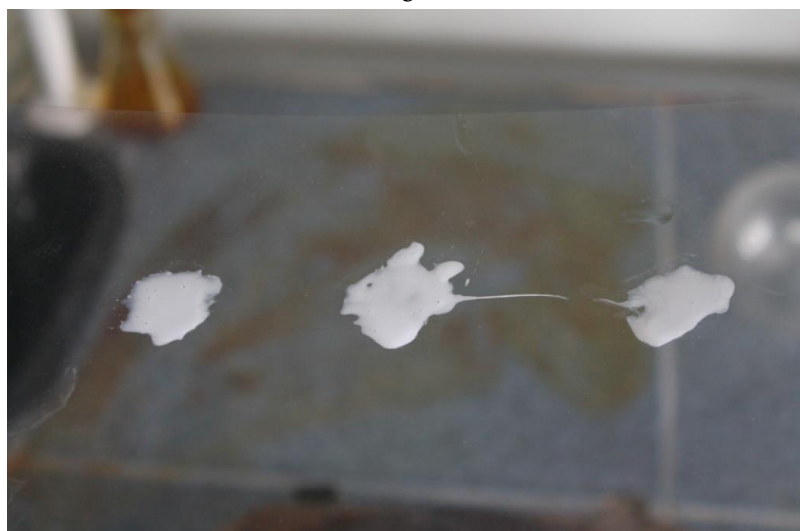
Фотографии, наглядно показывающие характер фазового перехода (помутнение пленки) при нагреве, представлены на рисунке 2.10.



а



б

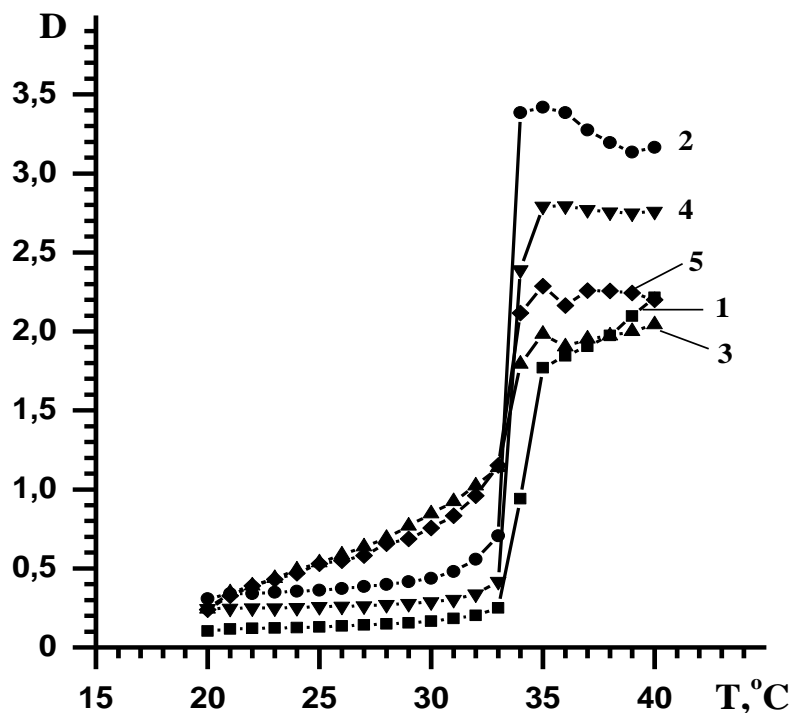


в

Рисунок 2.10 – фазовый переход в пленке ПАК, протравленной ПВК при повышении температуры (30, 35, 40<sup>0</sup>С)

Опыты, которые иллюстрируют рисунках 2.7 и 2.9, ставились по следующей схеме.

Использовался многократный нагрев – охлаждение пленки, помещенной в среду, отвечающую условиям формирования ГИА. В результате были получены объекты, обладающие более чем удивительным (с точки зрения существующих представлений о природе комплексов, формируемых нейонным полимером и карбоновой поликислотой) свойством (рисунок 2.11).



1 – в воде; 2 – pH=2.54; 3 – pH=3.57; 4 – pH=7.54; 5 – pH=8.35

Рисунок 2.11 – Зависимости оптической плотности пленки на основе сшитой ПАК, приведенной во взаимодействие с ГИА и помещенной в кювету от температуры

А именно, полученные результаты однозначно показывают, что теряется зависимость температуры фазового перехода от pH, что можно интерпретировать как результат «многократной перезаписи информации» в надмолекулярные структуры.

### 2.3 Экспериментальные исследования материала для клавиатуры с оптической кодировкой предложенного типа

В данном разделе описываются экспериментальные результаты, доказывающие работоспособность клавиатуры с оптической кодировкой предложенного выше типа. Использовалась экспериментальная установка, схема которой показана на рисунке 2.12.



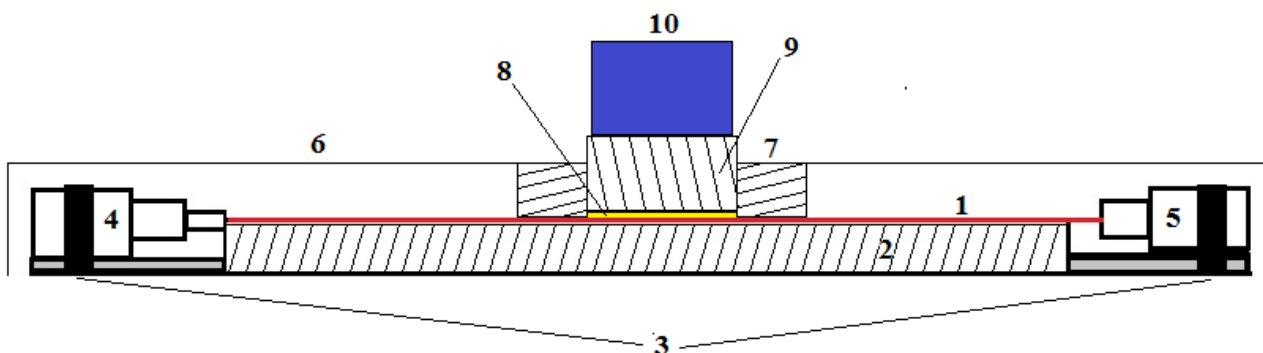


Рисунок 2.12 – Экспериментальная установка

Схема содержит оптоволокно (1), укрепленное на металлической станине (2), к которой также крепились держатели (3) источника оптического излучения (4) и приемника оптического излучения (5). Вся система в целом закрывалась непрозрачным кожухом (6), что обеспечивало исключение посторонних влияний оптического излучения. Сверху оптического волокна располагалась контактная площадка (7), к нижней части которой закреплялась исследуемая полимерная пленка (8). К контактной площадке крепилась также система (9), обеспечивающая возможность установки на эту площадку грузов различной массы (10). Эта система располагалась на подвижной штанге, которая обеспечивала жесткость конструкции в целом.

В качестве источника излучения использовался светодиод марки SfH 756, в качестве приемника излучения – фотодиод марки SfH 250. Усилитель приемного сигнала: ОУ ST CHN LM258N 4D2313. Резистор в цепи обратной связи: 3.9 Мом. Чтобы исключить влияние помех через сеть питания переменного тока, светодиод подключался к источнику постоянного тока (батарея) последовательно с токоограничительным резистором. Напряжение питания: 9.3 В. Напряжение на светодиоде: 1.59 В

Измерения сигнала проводились цифровым осциллографом UTD2052CL, в режиме измерения (AVG value) Масштаб уровня напряжения: 200mV/div, Временной масштаб: 5ms.

На приемнике при любом уровне освещенности присутствует шум с амплитудой 10мВ, период 1/20мс.

Светодиод и фотодиод покрыты черным лаком для снижения влияния внешних воздействий. Освещенность в комнате подобрана таким образом, что при выключенном светодиоде сигнал на выходе равен нулю.

Исследуемое волокно: PMMA пластик, диаметр 0.4 мм, длина 23 см.

Область оптического контакта: 8 мм, волокно в области оптического контакта обрабатывалось растворителем THF до появления свечения заметного невооруженным глазом, при напряжении питания светодиода 2 В.

Состав используемых пленок приведен в таблице 2.3.1.

Таблица 2.1 – Состав исследуемых пленок

	1	2	3	4	5	6	7
g-ПАК + (ПВК:НИПААМ)	93:7	87:13	61:39	43:57	32:68	21:79	14:86

Для всех типов пленок характерно прилипание к волокну, т.е. сигнал на приемном устройстве не изменялся после прекращения давления. (43г, 243 г, 543 г, 1043г) Результаты для некоторых типов пленок показывают наличие остатков пленки на волокне после ее отсоединения. После промывки области контакта этиловым спиртом уровень сигнала восстанавливался на прежний уровень. В таблице 2.3.2 приведены характерные уровни (в % от входного сигнала) наблюдаемые при оптическом контакте с различными типами полимерных пленок. Значения, приведенные в данной таблице, соответствуют установившемуся режиму.

Таблица 2.2 – Уровни оптического сигнала относительно входному сигналу

	Без груза на пленке	С грузом 43 г	С грузом 243 г	С грузом 543 г	С грузом 1043 г	После удаления пленки
1	100	84,42	74,35	62,34	59,74	99,35
бумага	100	98,04	80,39	74,51	70,59	92,16
2	100	86,67	66,00	58,67	54,67	100,00
3	100	80,00	64,67	60,00	58,67	100,00
4	100	79,41	71,24	62,75	59,48	100,65
5	100	88,24	68,63	56,86	52,94	100,00
6	100	92,16	79,08	71,90	66,01	100,00
7	100	90,10	72,28	64,36	59,41	100,99

Результаты экспериментальных измерений на рисунках 2.13-2.20.

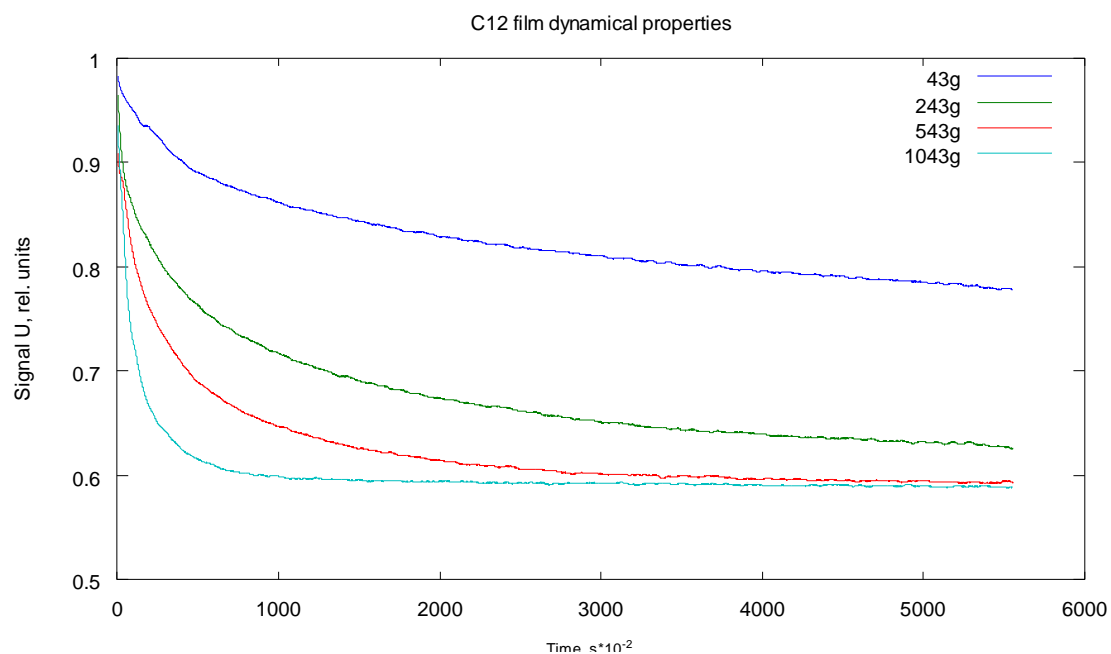


Рисунок 2.13 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокна для образца №1

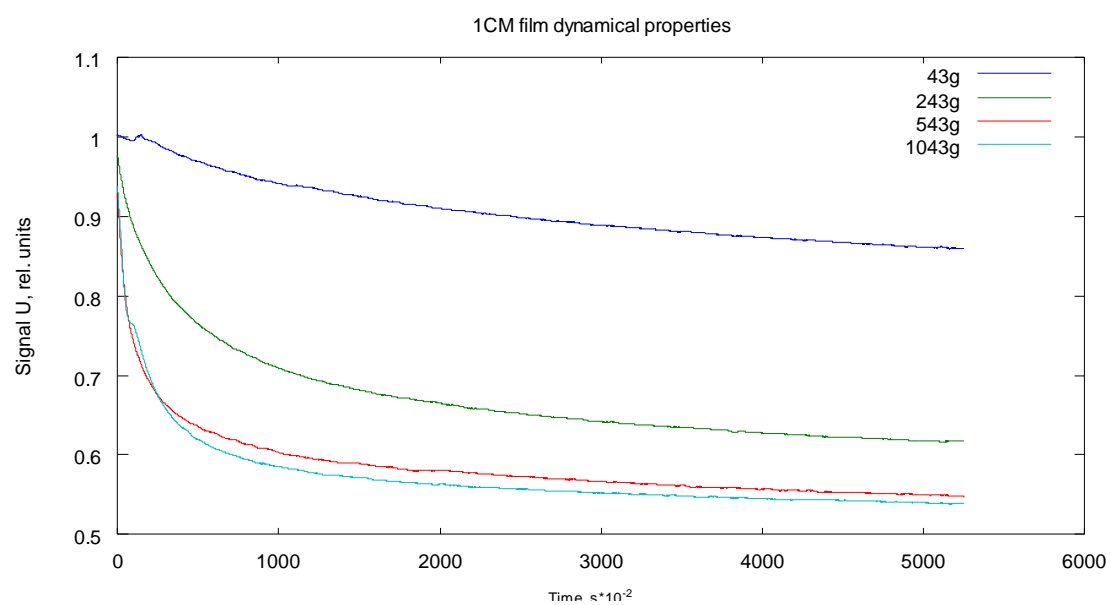


Рисунок 2.14 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокна для образца №2

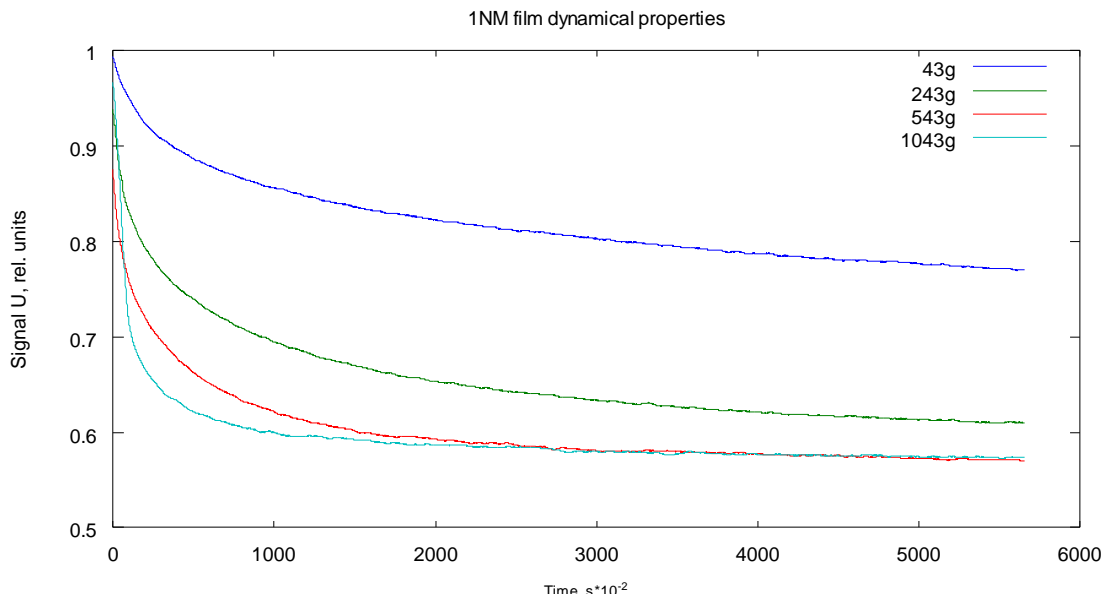


Рисунок 2.15 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокну для образца №3

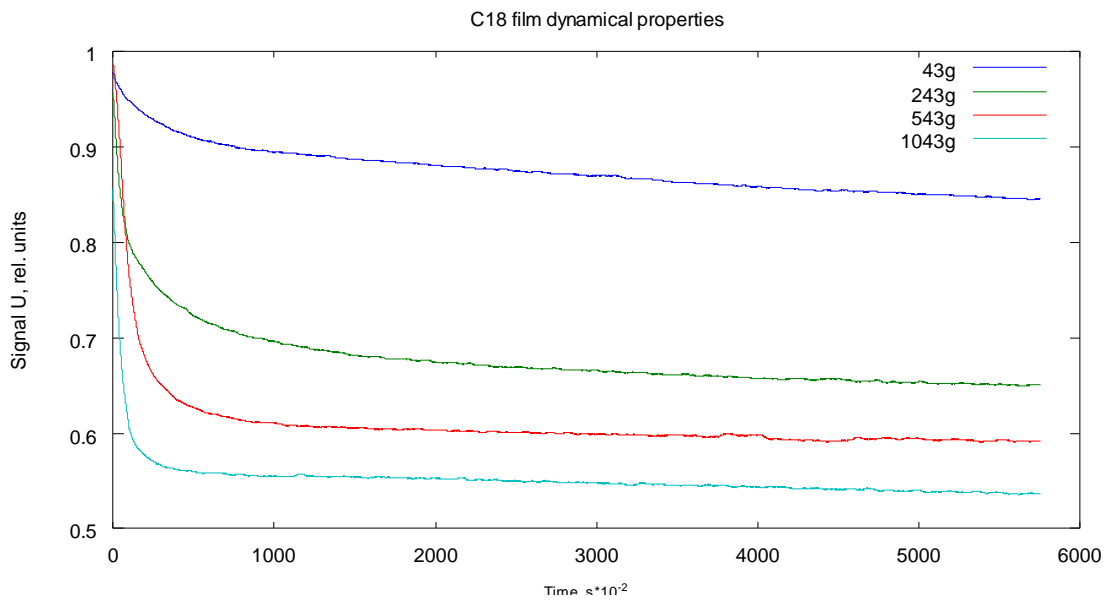


Рисунок 2.16 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокну для образца №4

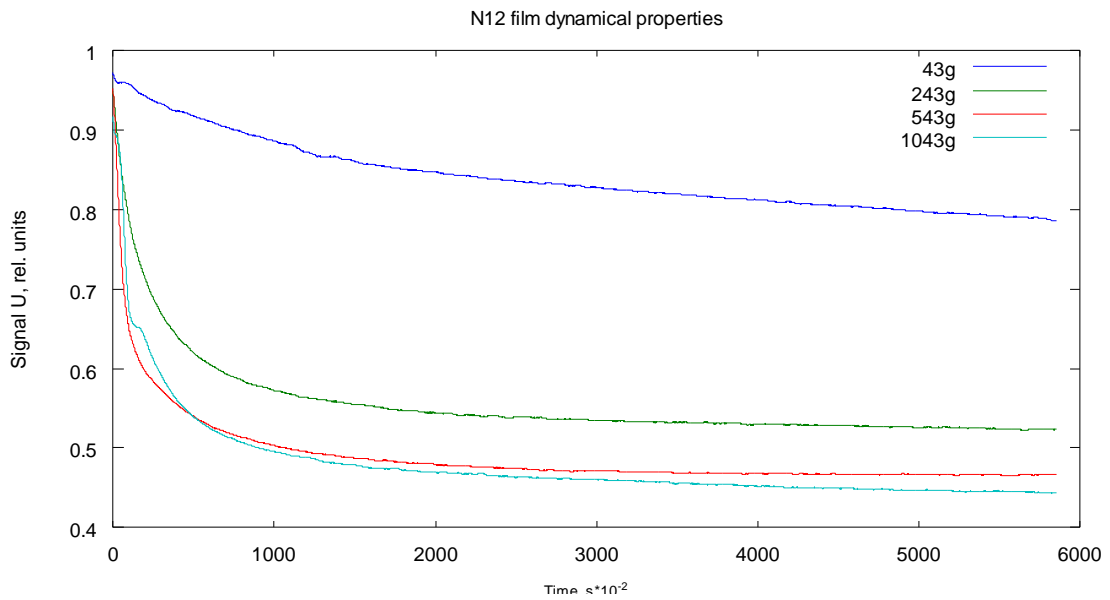


Рисунок 2.17 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокну для образца №5

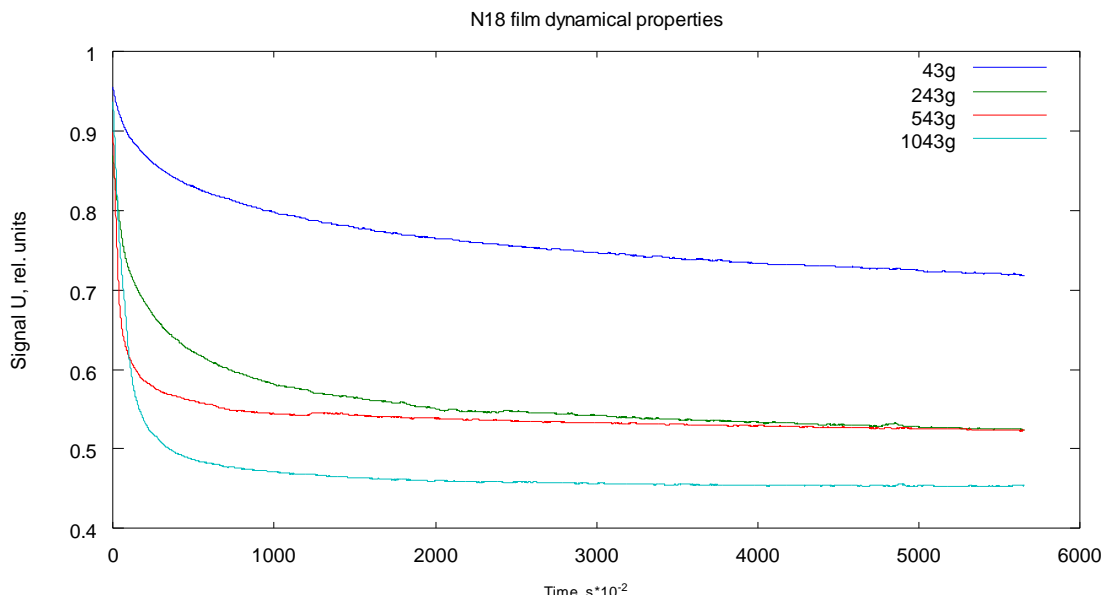


Рисунок 2.18 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокну для образца №6

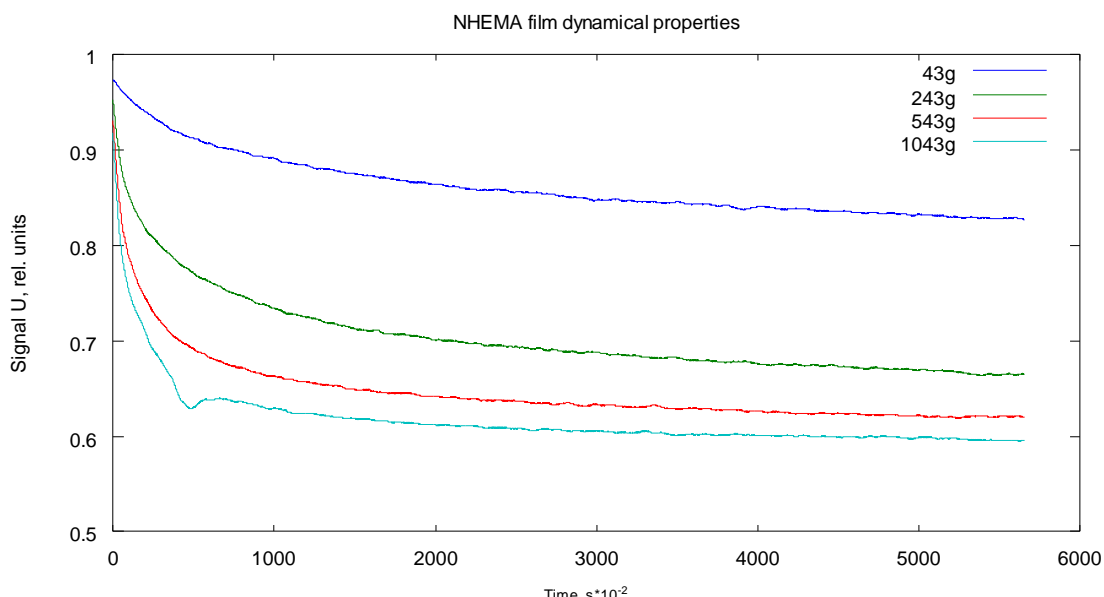


Рисунок 2.19 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокна для образца №7

Для всех типов полимерных пленок наблюдается заметное изменение уровня оптического сигнала. На рисунке ниже представлены временные диаграммы для разных полимерных пленок при одинаковом механическом давлении.

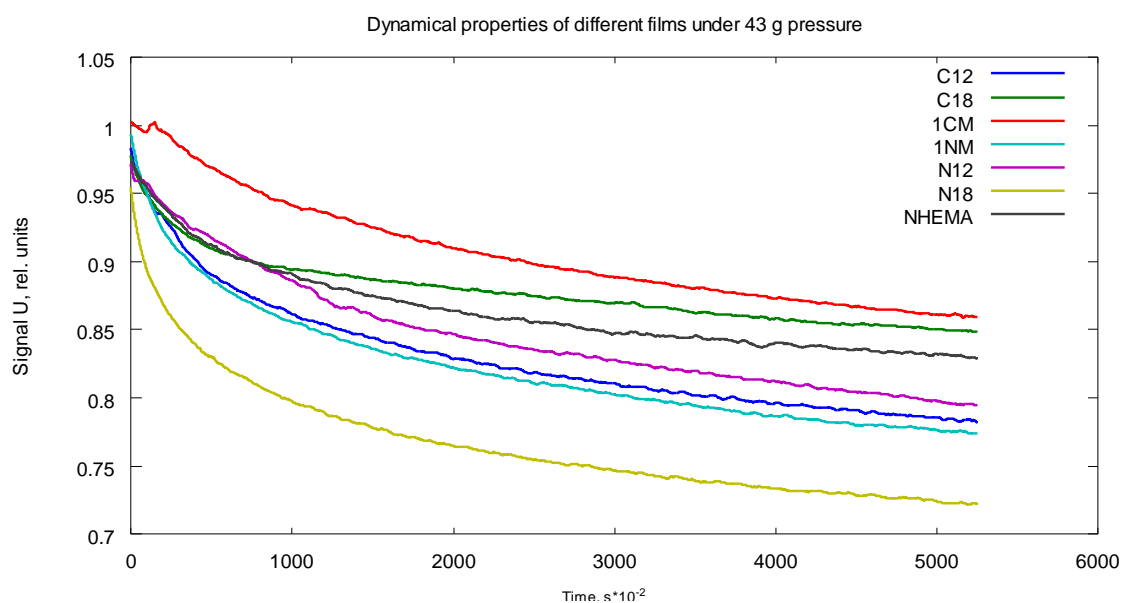


Рисунок 2.20 – Зависимости относительного значения падения интенсивности оптического сигнала при контакте пленки и оптоволокна для всех образцов

Из представленных рисунков видно, что приложение даже сравнительно небольшого груза действительно обеспечивает появление оптического

контакта. Рисунки показывают также, что существует определенный порог, выше значений которого уже не имеет место увеличение качества оптического контакта.

Существенно, что во всех проведенных экспериментах интенсивность оптического сигнала достаточно медленно изменяется во времени. Это означает, что в результате механического давления протекает вполне определенный физико-химический процесс, связанный с внедрением молекул пленки в молекулу искусственно созданной оболочки оптоволокна. Следует подчеркнуть еще раз, что для обеспечения устойчивого оптического контакта наружное покрытие оптоволокна, выпускаемого серийно, вначале промывалось тетрагидрафураном. Затем влажная поверхность была обработана раствором поливинилкапралактама, которая также проявляет как гидрофобные, так и гидрофильные свойства. Это было сделано для того, чтобы обеспечить устойчивый контакт между двумя световодами. Тот факт, что между обработанной поверхностью оптоволокна и рабочей пленкой протекает определенный процесс, вытекает из рисунков 2.21-2.22.

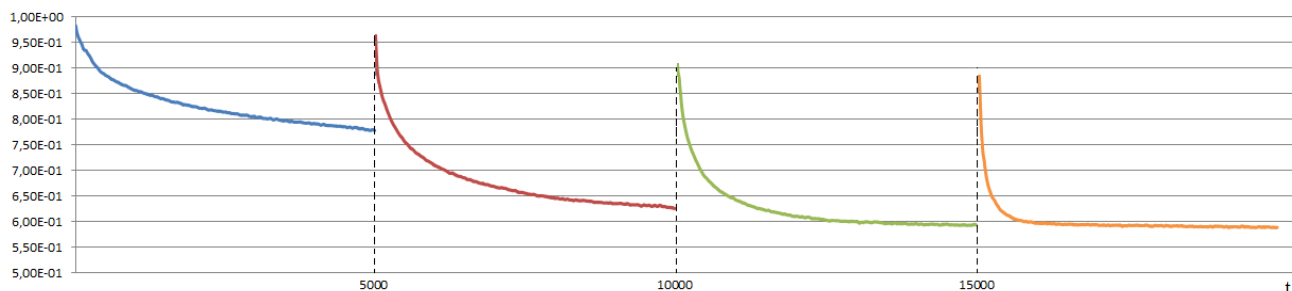


Рисунок 2.21 – Зависимость интенсивности от времени при нажатии для пленки C12

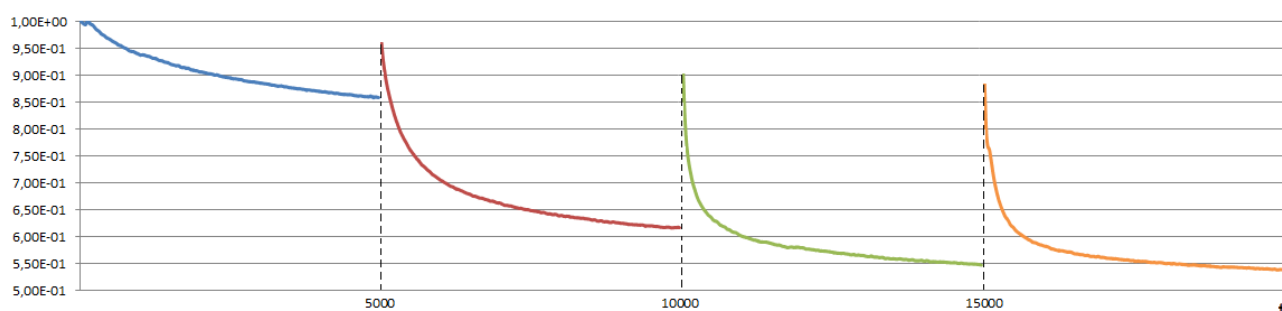


Рисунок 2.22 – Зависимость интенсивности от времени при нажатии для пленки 1СМ

На данном рисунке показаны результаты, которые получены после прерывания оптического контакта между пленкой и оптоволокном. Такая процедура была повторена несколько раз. Видно, что действительно время, необходимое на обеспечение устойчивого контакта, постепенно уменьшается



по мере повторения данных экспериментов. Это говорит, во-первых, о том, что в результате такой специфической тренировки материала можно обеспечить нужную скорость и нужную глубину оптического контакта, а во-вторых, эти результаты хорошо коррелируют с рассмотренными ранее представлениями о модификации свойств материала в результате многократного повторения одного и того же воздействия

Полученные данные демонстрируют возможность реализации клавиатуры с оптической кодировкой информации, которая будет иметь характеристики производительности (скорость набора, сила нажатия) близкие к представленным на рынке. Однако, разрабатываемая клавиатура обладает рядом преимуществ, о которых говорилось выше.

#### **2.4 Принцип работы клавиатуры на основе нейросетевых свойств полимерных материалов**

Предлагаемый принцип работы клавиатуры с оптической кодировкой иллюстрирует рисунок 2.23.

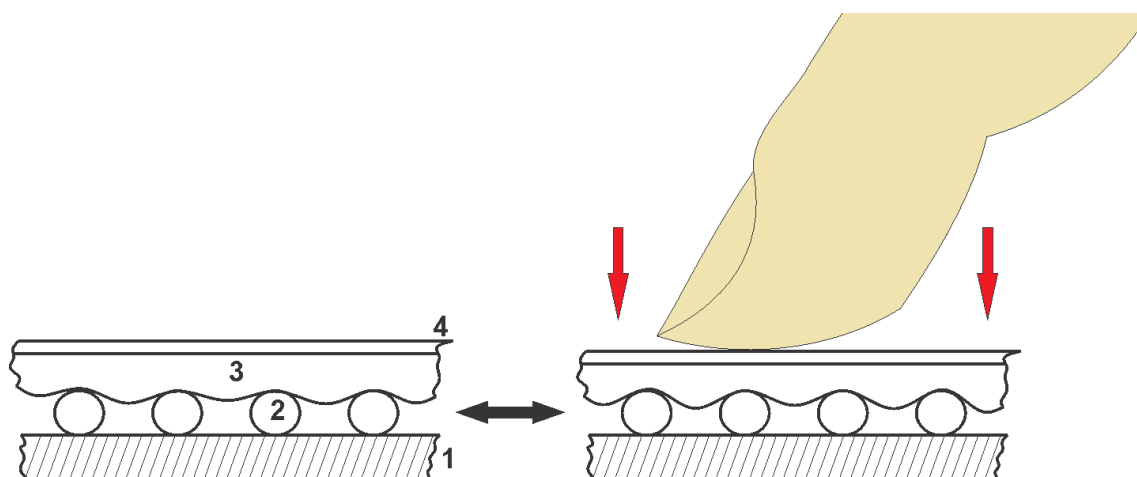


Рисунок 2.23 – Конструкция клавиши

На данном рисунке показано три основных элемента. Элемент 1 является металлической пластиной, которая служит корпусом, обеспечивающим механическую прочность изделия. Элемент 2 представляет собой систему из четырех параллельных волноводов, выполненных из типового материала – полиметилметакрилата.

Необходимо подчеркнуть, что представленные на рынке такого рода изделия представляют собой систему, обеспечивающую эффект полного внутреннего отражения, т.е. они содержат дополнительное наружное покрытие. Для того, чтобы обеспечить оптический контакт между пленкой и, собственно, световодом, предполагается удалять наружное покрытие. Сделать это достаточно просто, а именно: в экспериментах, описанных в следующем разделе, данная процедура была осуществлена путем растворения наружной

оболочки в тетрагидрофуране. Те полимеры, из которых изготавливают современные световоды, растворимы в этом растворителе, благодаря чему, дозируя количество растворителя и время воздействия на световод, оказывается возможным удалить наружную оболочку достаточно технологичным путем.

Элемент 3 на данном рисунке собственно и представляет собой пленку, обеспечивающий оптический контакт между световодом и волноводом, являющимся передатчиком оптического сигнала. Специфика пленки, которая рассматривалась в предыдущем разделе, состоит в следующем.

Если пленка просто механически контактирует со световодом, то между ними отсутствует оптический контакт и, соответственно, нет потерь излучения, которое распространяется по системе световодов. Если же, скажем, пальцем оператора оказать на эту пленку механическое воздействие, то возникает устойчивый оптический контакт, вследствие чего исчезает эффект полного внутреннего отражения, благодаря чему часть излучения переходит из волновода в дополнительную пленку, являющейся материалом кнопки. (Конкретные характеристики вещества, которое наносилось на нижний слой пленки для обеспечения контакта, обусловленного механическим давлением, составляют предмет ноу-хау.)

Элемент 4 на данном рисунке - это наружный слой кнопки, на который наносятся литеры, маркирующие эту кнопку. Одновременно этот же слой служит для предотвращения внешних воздействий на используемый полимерный материал.

Легко заметить, что данная конструкция может быть сделана достаточно тонкой и даже при условии низко технологичного производства. А именно, толщина металла, который обладает достаточной прочностью, составляет примерно 1,5 мм, толщина световода может быть сделана порядка 0,5 мм и менее, толщина собственной пленки еще 0,5 мм и толщина слоя тоже 1 мм. Т.е. вполне достижимым показателем является толщина всей этой системы – 2,5 мм. Причем, следует подчеркнуть еще раз, в этот показатель входит также и корпус. Другими словами, полная толщина всей системы становится порядка 1 см. В настоящее время именно такой размер имеют смартфоны, широко представленные на рынке. Толщина в 1 см является типовой для большинства изделия такого рода.

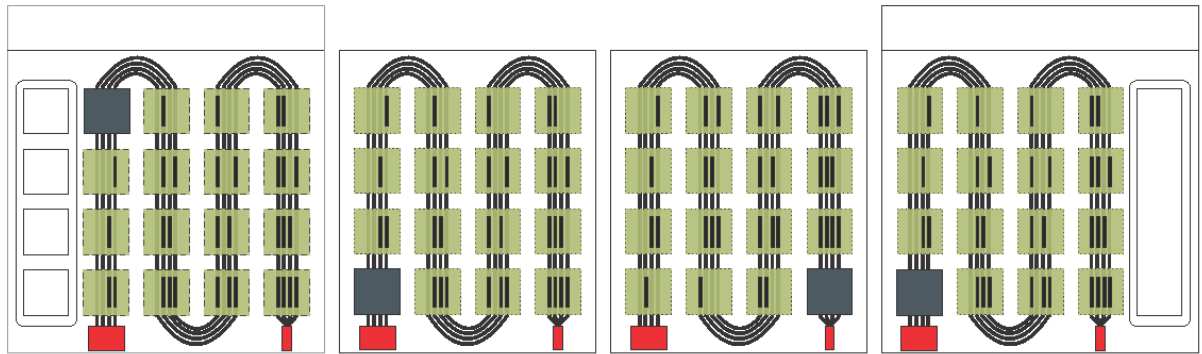


Рисунок 2.24 – Эксплуатационная схема клавиатуры

Собственно, эксплуатационную схему клавиатуры иллюстрирует рисунок 2.24. На этом рисунке видно, что если мы расчленим клавиатуру на четыре относительно независимых части, то тогда возникает возможность уложить на каждый из них волновод так, что он будет формировать четыре ряда кнопок – своего рода змеевик, состоящий из четырех световодов, на которых укладываются кнопки, рассмотренной выше конструкции.

Схема работает следующим образом: четыре источника формируют оптический сигнал, разнесенный во времени, т.е. в каждый момент времени через световод передается импульс. На следующем такте импульс передается через следующий световод и т.д. благодаря такому подходу возникает возможность использовать один единственный приемник излучения, показанный на рисунке 2.24. При условии, что оператор прилагает механическое воздействие к определенным кнопкам, возникает между ними оптический контакт и соответствующая часть излучения теряется. Маркировка кнопок производится при помощи маски, которая накладывается снизу, между световодом и материалом оптической кнопки, которая обеспечивает падение интенсивности. Маска является непрозрачной, соответственно, в каких-то местах оптический контакт при нажатии происходит, при каких-то не происходит. Если маска отсутствует полностью, происходит контакт между всеми световодами, и соответствующая кнопка имеет двоичный номер 1111. Если же маска вставлена во второй световод, то при нажатии кнопки, формируется код, который соответствует комбинации 1011 и т.д. Всего, таким образом, при использовании 4 световодов можно обеспечить кодирование 15 кнопок. Учитывая, что клавиатура состоит из 4-х частей, полное количество кнопок составляет 60, что вполне достаточно для работы, как подчеркивает рисунок 2.24. На этом рисунке видно, что количество кнопок, равная 64, за вычетом определенных клавиш (Win, F1-F12, PrtSc, PageUp, PageDown, Pause, Fn, правых Alt, Ctrl, Shift), полностью соответствует клавиатуре, которая сейчас широко используется на современных ноутбуках.



Рисунок 2.25 – Стандартная клавиатура ноутбука

Для сравнения на рисунке 2.25 показана фотография клавиатуры типового ноутбука, на которой отмечено, какие именно клавиши пришлось удалить для того, чтобы обеспечить оптимальное для данной конструкции число кнопок, равное шестидесяти. Видно, что для поставленной задачи, а именно, для работы в условиях, далеких от кабинетных, этого вполне достаточно.

Далее необходимо подчеркнуть, толщина собственной рабочей части клавиатуры может быть сделана сравнительно небольшой. Как отмечалось выше, она составляет 2 мм за счет того, что по существу, вся рабочая часть сводится к использованию очень тонких пленочных материалов: тонкие световоды и тонкая пленка, которая обеспечивает оптический контакт. Однако, помимо этих элементов, в конструкцию клавиатуры входят электронные компоненты. Некоторые электронные компоненты имеют существенно большие размеры по высоте, соответственно, толщину корпуса, в которой они могут быть уложены, затруднительно сделать меньше, чем 5 мм. Однако, при использовании 5 мм размеров элемента удастся разместить их так, что в сложенном состоянии клавиатура все-таки будет иметь толщину 1 см.

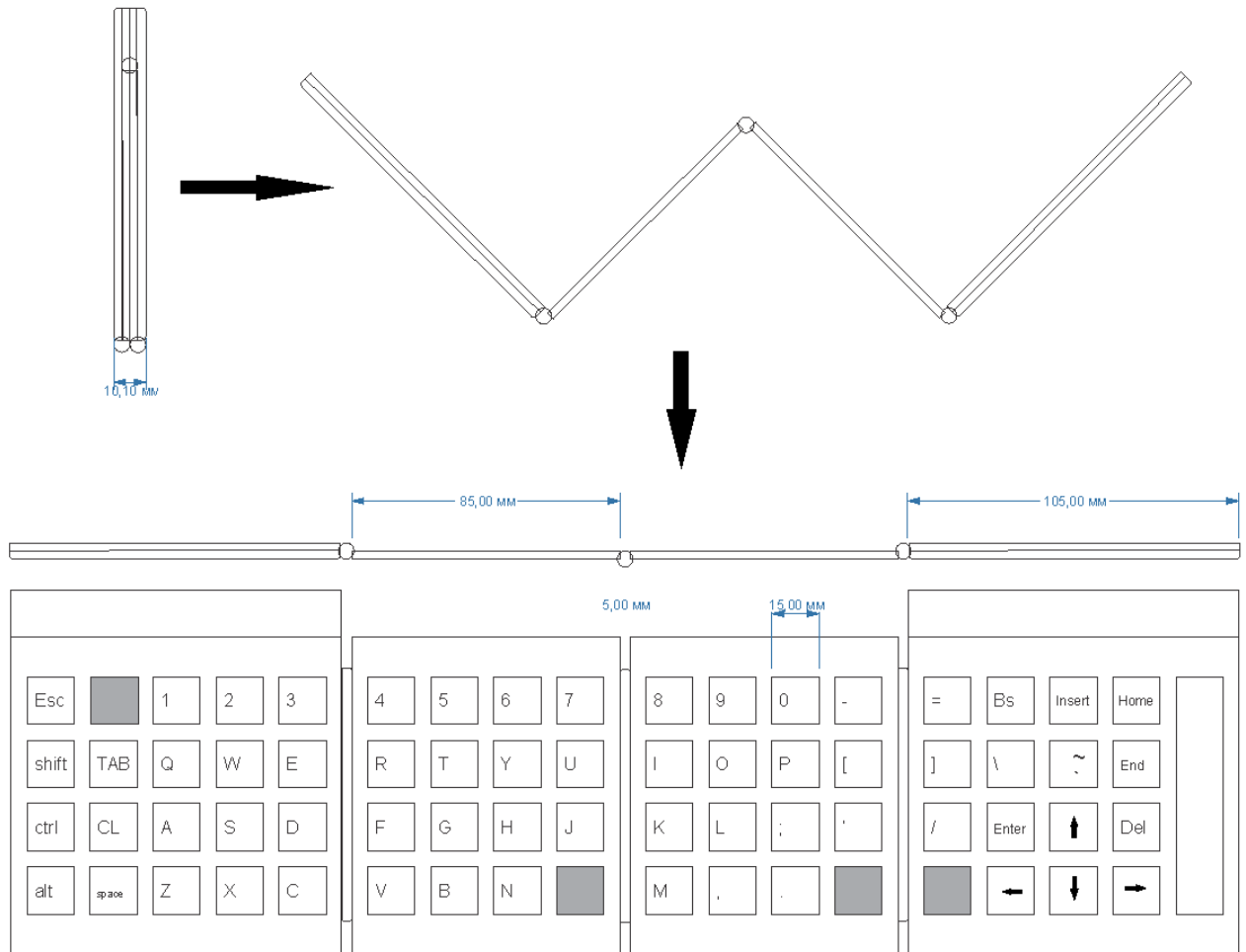


Рисунок 2.26 – Клавиатура нового типа в сложенном и разложенном состояниях

Как именно это можно сделать механическим путем показывает рисунок 2.26. В верхней части рисунка представлен вид клавиатуры нового типа снизу, с толщиной в таком состоянии около 1 см.

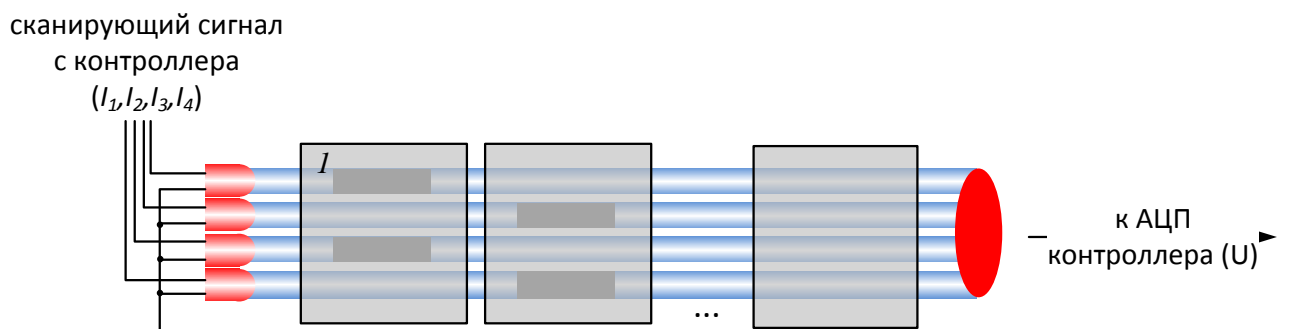


Рисунок 2.27 – Функциональная схема клавиатуры

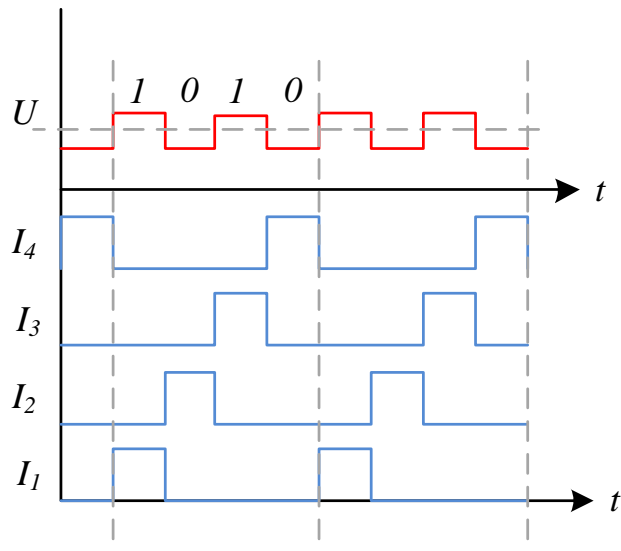


Рисунок 2.28 – Временные диаграммы уровней сигнала оптической клавиатуры при нажатии клавиши

Функциональная схема клавиатуры показана на рисунке 2.27, а на рисунке 2.28 показаны эпюры напряжений, действующие в отдельных элементах этой предложенной схемы. Как отмечалось выше, схема основана на том, что источники генерируют тактируемые импульсы, которые далее регистрируются общим для каждой из частей клавиатуры приемником излучения. Далее формируемые сигналы поступают в выносной блок, имеющий также сравнительно малые размеры, укрепляемый на том шнуре, который связывает используемую клавиатуру и собственно сотовый телефон, используемый в качестве и коммуникатора, и экрана данной клавиатуры. Особенностью этой схемы является также то, что сигналы между отдельными частями клавиатуры передаются при помощи шлейфа. Такая конструкция является достаточно отработанной, а именно шлейфы, представляющие собой полимерные материалы, которые нанесены проводящие элементы, широко используются для того, чтобы соединять электрические между собой экраны портативных компьютеров и их клавиатуры. Аналогичная система используется и в данной работе.

Детальная электронная схема макета клавиатуры с оптической кодировкой предложенного типа показана на рисунке 2.29.

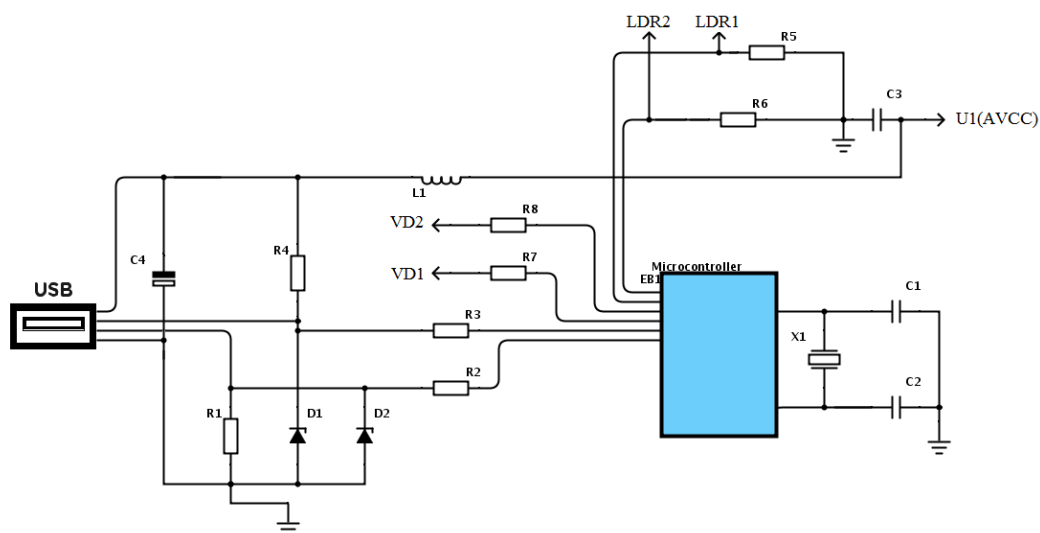


Рисунок 2.29 – Принципиальная электрическая схема управляющего блока клавиатуры

Электронная схема макета клавиатуры тестировалась в среде Proteus и вынесена в Приложение А. Для обеспечения работы этой клавиатуры потребовалось специфическое программное обеспечение, поскольку ранее таких оптических клавиатур с такого рода оптической кодировкой создано не было. Данное программное обеспечение также было выполнено в этой работе, блок-схема программы которой вынесена в Приложение Б.

Листинг программы вынесен в Приложение В.

Печатная плата была разработана в системе Sprint Layout, конструкция схемы расположения элементов показана на рисунке 2.30, а на рисунке 2.31 показана фотография готовой печатной платы. Схема макета, которая использовалась для того, чтобы протестировать работоспособность предложенного принципа, показана на рисунке 2.32, а на 2.33 показана фотография соответствующего макета.

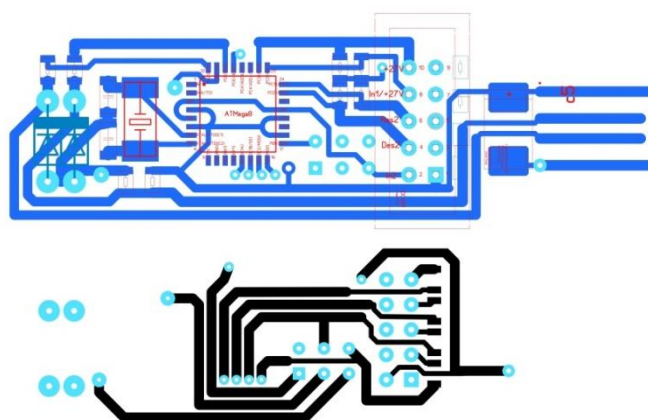


Рисунок 2.30 – Печатная плата управляющей схемы клавиатуры



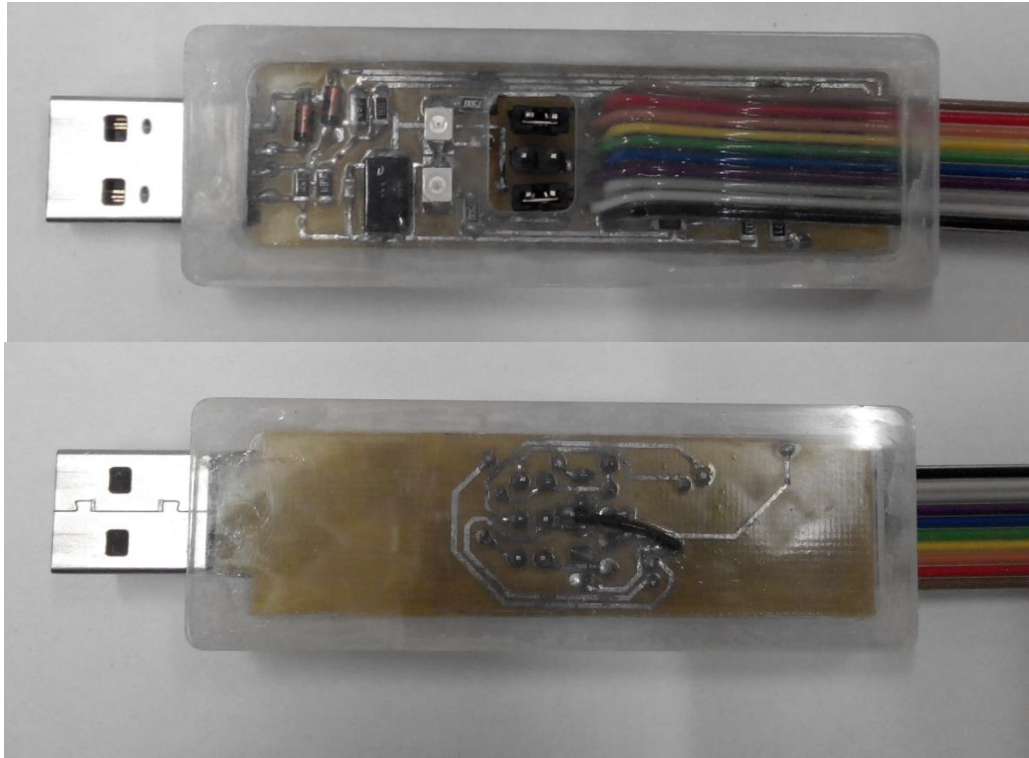


Рисунок 2.31 – Снимок управляющей платы клавиатуры с обеих сторон



Рисунок 2.32 – Схема прототипа клавиатуры, демонстрирующего основные принципы работы

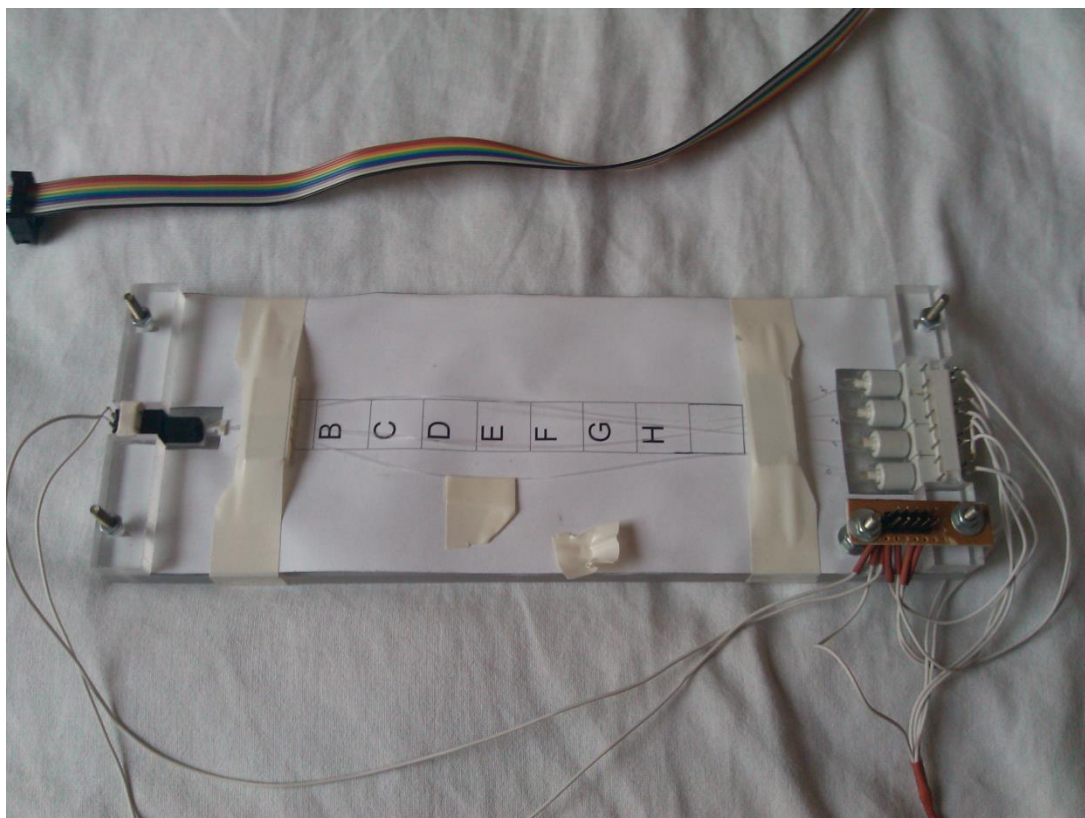


Рисунок 2.33 – Снимок прототипа клавиатуры, демонстрирующего основные принципы работы

Основной вывод, который можно сделать по данной главе состоит в следующем: предложенный принцип работы является вполне действенным и работоспособным, более того он позволяет добиться необходимых характеристик по толщине элементов, т.е. обеспечить толщину всей системы в целом порядка 1 см при условии, что используются пленки, позволяющие исключить обратный ход клавиш. Иными словами, ключевым для обеспечения работы такого рода макета является использование полимерной пленки, удовлетворяющей следующим требованиям:

- В исходном состоянии эта пленка наложена непосредственно на световоды, однако оптического контакта при этом не происходит, имеется только механический контакт.

- При условии же, что на пленку оказывается механическое воздействие, оптический контакт возникает, при этом сами световоды не деформируются, слегка деформируется только внешняя наружная пленка, которая является достаточно упругой.

- При снятии механического воздействия пальцем оператора оптический контакт пропадает, что исключает необходимость использования какой-либо механики для обеспечения обратного хода клавиш.

### 3 Клавиатура с оптической разверткой

Как уже отмечалось выше, внедрение нового типа клавиатур на рынок является достаточно сложной задачей. В связи с этим актуальнее является разработка достаточно обширного модельного ряда такого рода изделий. Это обусловлено двумя факторами: с одной стороны, достаточно широкий ассортимент изделий обеспечивает в будущем удержание позиций на рынке; с другой стороны, имея достаточно широкий спектр различного рода клавиатур, можно выбрать из них тот, который будет в наибольшей степени отвечать максимально простым условиям производства. Необходимо подчеркнуть, что предсказать все факторы, которые будут влиять на успех или неудачу организации производства заранее практически невозможно. Поэтому целесообразно ориентироваться на производство достаточно широкого ассортимента изделий указанных выше разновидностей.

В данном разделе описывается еще одна модификация клавиатуры с оптической кодировкой, которая также использует специфические свойства полимеров рассмотренных выше. А именно, такого рода полимерные материалы могут быть наполнены наночастицами, рассеивающими свет. При этом сама химическая технология наполнения данных веществ наночастицами является достаточно простой. В частности, в настоящее время отработаны достаточно простые приемы, которые позволяют внедрять в полимерную матрицу наночастицы серебра. Разумеется, данные частицы не являются светопроводящими. Однако, для рассматриваемого ниже применения это и не требуется.

Клавиатура, которая рассматривается ниже является некоторой разновидностью проекционных клавиатур. Ее принцип действия основывается на явлении отражения практически любого предмета. В частности, в качестве такого предмета выступают пальцы оператора. Несколько забежав вперед отметим, что в силу бурного развития тенденций IT-моды, помимо собственно клавиатуры такого рода изделия могут дополняться различными аксессуарами. При этом данные аксессуары могут рассматриваться как дополнительное преимущество. Иными словами те элементы, которые усложняют конструкцию, при использовании тенденций IT-моды могут быть конвертированы в некоторое дополнительное преимущество, если их позиционировать как дополнительный аксессуар. В качестве аксессуара изделий рассматриваемых ниже будут использоваться специальные светоотражающие покрытия, наносимые на кончики пальцев оператора. Вариантов такого рода светоотражающих покрытий в настоящее время можно предложить достаточно много. Самый простым из них является прямой аналог накладных ногтей, т.е. изделия, широко представленные на рынке. В аналогичной модификации можно использовать различного рода наперстки, а также лак, который наносится на ногти. При этом следует подчеркнуть, что значительная часть лаков для ногтей уже обладает необходимой светоотражающей способностью.

Обратимся к рисунку 3.1 представлена принципиальная схема клавиатуры нового типа. Представляет собой генератор оптического излучения, обладающего разверткой по плоскости. При условии, что светоотражающий объект (пальцы оператора, снабженные соответствующими наперстками) пересекает кривую, которая отвечает определенному набору клавиатур, приемник излучения детектирует отраженное излучение.

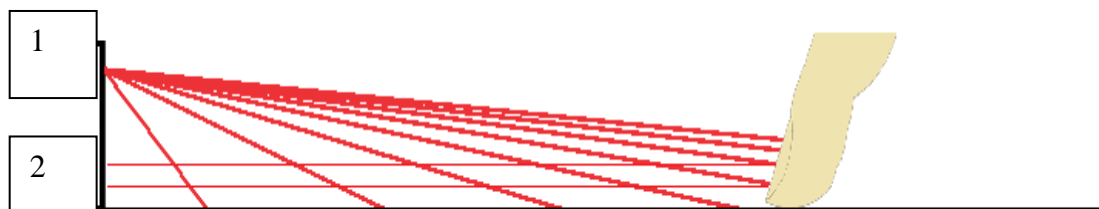


Рисунок 3.1 – Принцип действия клавиатуры, основанной на детектировании отраженного сигнала.

Подчернем, что кривые, которые используются для развертки, могут в совокупности представлять собою координатные линии в различной системе координат. Для примера на рисунке 3.2 представлена координатная сетка в биполярных координатах.

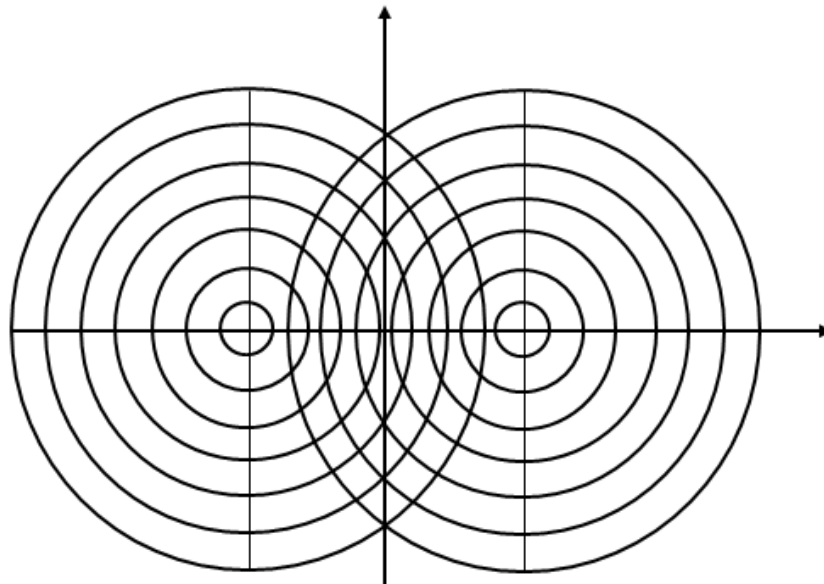


Рисунок 3.2 – Биполярная система координат, используемая при развертке в клавиатуре, основанной на детектировании отраженного сигнала

При использовании такого рода системы координат источник излучения генерирует последовательно оптический сигнал, который отвечает засветке

участков, примыкающих к определенным координатным линиям. А именно, на первом шаге развертки освещенность создается вдоль координатной линии, непосредственно примыкающей к источнику излучения. Она, как видно из рисунка, имеет самый маленький радиус. На втором такте осуществления развертки источник излучения генерирует оптический сигнал, который обеспечивает засветку области, примыкающей к следующей координатной линии, имеющий больший радиус, и т.д.

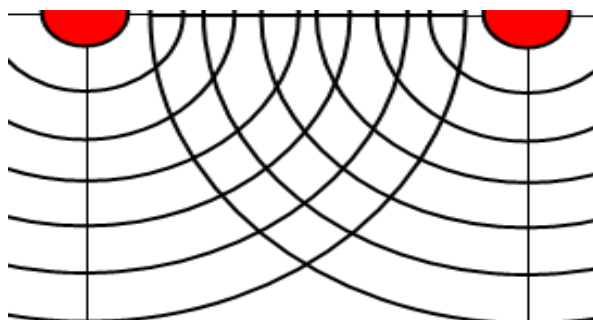


Рисунок 3.3 – Фрагмент биполярной системы координат, используемой в клавиатуре, основанной на детектировании отраженного сигнала.

При условии, что палец оператора попадает в область засветки соответствующего такта, факт появления отраженного сигнала на приемнике излучения будет означать, что палец оператора пересек соответствующую координатную линию. Учитывая, что такого рода источников излучения используется два, этот прием позволяет зафиксировать точку прикосновения пальца оператора с поверхностью клавиатуры (точнее с виртуальной поверхностью клавиатуры) в точке, обладающей вполне определенными координатами, и, соответственно, идентифицировать номер клавиши.

Подчеркнем, что в данном случае вся клавиатура фактически является проекционной. Она сводится к созданию соответствующего специфического источника, который дополнительно снабжается приемником излучения. Регистрацию координаты, в которой происходит соприкосновение пальца оператора и виртуальной поверхности можно осуществить типовыми средствами. А именно, скорость развертки по одной системе координат в соответствующее количество раз превышает скорость развертки по другим координатным линиям. Это позволяет соотнести время поступления оптического сигнала в приемник излучения и координаты точки, к которой прикоснулся палец оператора.

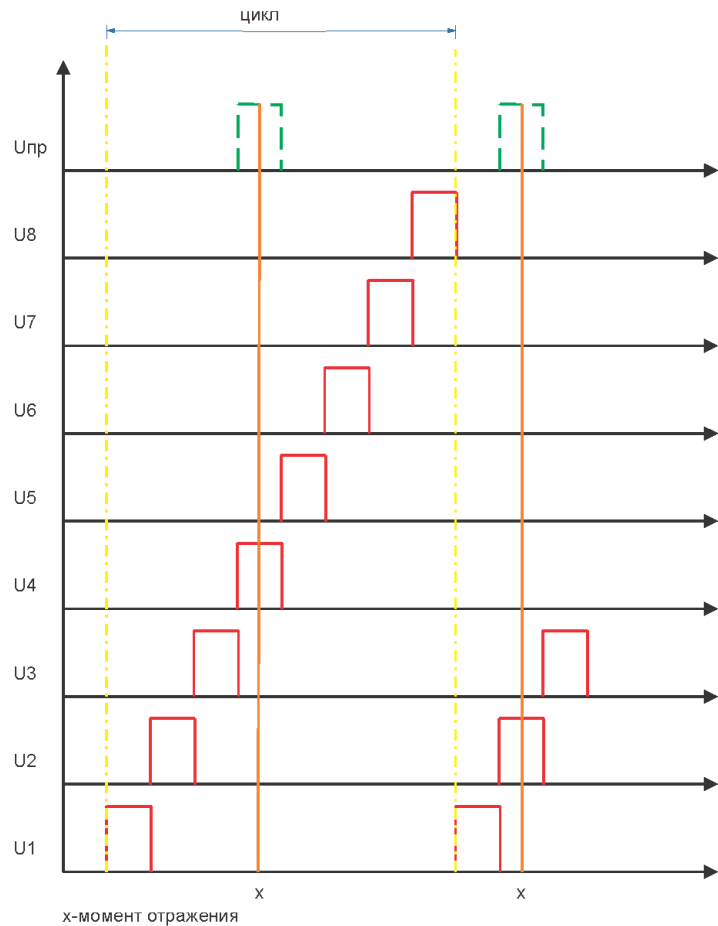


Рисунок 3.4 – Идеализированная схема формирования отраженного сигнала при развертке

Несколько упрощая, можно сказать, что принцип измерения координат в системе, которая может быть как прямоугольной, так и отличной от нее, в данном случае полностью подобен радиолокации. Мы имеем набор координатных линий, на которые пошагово подается засветка. Соответственно, в момент времени возникновения отраженного сигнала может быть однозначно идентифицирован по времени засветки соответствующей координатной линии. Точнее области, которая к данной координатной линии примыкает. Аналогия с радиолокацией состоит в следующем: и в том, и другом случае регистрируется время, которое требуется на то, чтобы дойти до цели лишь с той разницей, что в радиолокации время распространения сигнала до цели задается естественным путем, а здесь переключение по различным координатным линиям осуществляется искусственно.

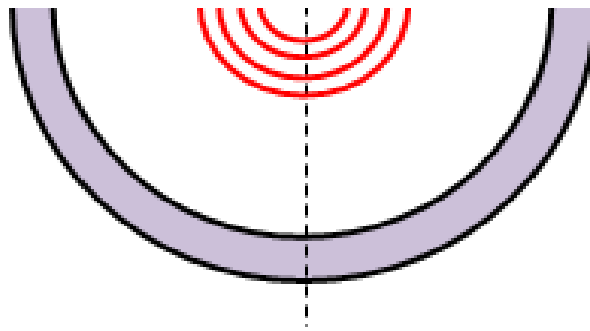
Две системы, обеспечивающие измерение системы двух координат могут работать независимо. Однако удобнее их синхронизировать с тем, чтобы повысить точность измерений.

Предложенный способ во много аналогичен уже существующему, с тем отличием, что в данном случае детектируются координатные линии не вдоль направления луча, а вдоль направления засветки координатной линии. Наиболее важным элементом данной клавиатуры является осветительный элемент, который позволяет создать засветку вдоль соответствующей координатной линии, и обеспечить переключение.

Существенно, что для обеспечения именно такого типа развертки могут быть использованы полимеры, которые в предыдущем разделе использовались для построения клавиатуры с оптической кодировкой другого типа.

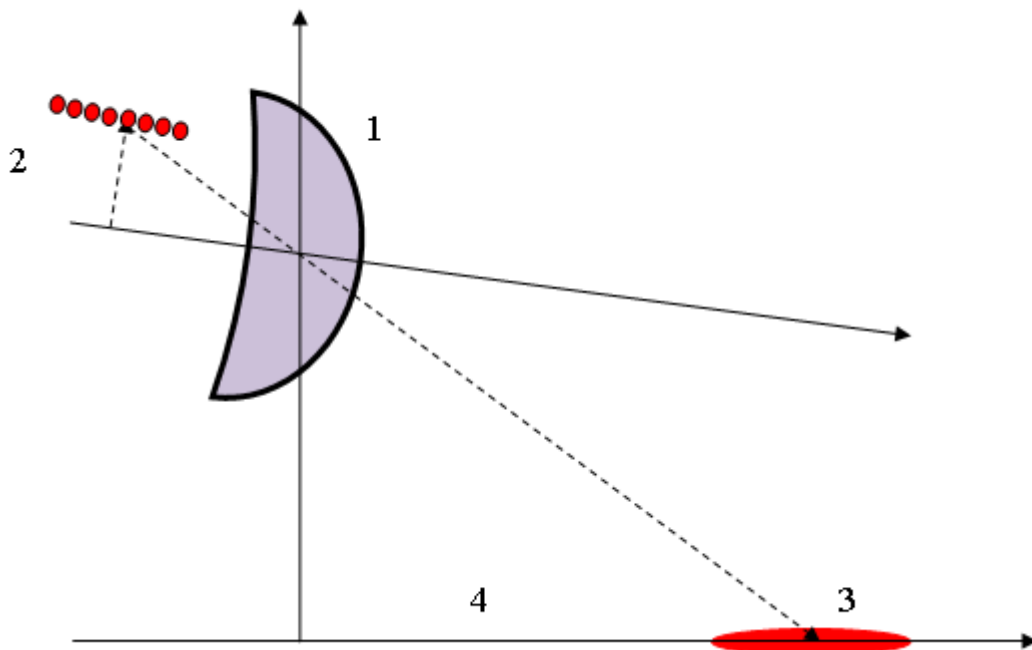
Создать распределение интенсивности вдоль определенной координатной линии проще всего с помощью формирования изображения соответствующей линии увеличительной осветительной системы. В частности, в данном случае используется набор координатных поверхностей, образованных световодами, изображения которых представляют собой совокупность соответствующих координатных линий. Степень увеличения данной системы составляет примерно 15. Это соответствует габаритам типовой клавиатуры и габаритам системы, которая может быть размещена в сравнительно компактном устройстве.





1 – тороидальная линза, 2 – совокупность светорассеивающих световодов  
 Рисунок 3.5 – Конструкция осветительного элемента – вид сверху

Геометрия осветительной системы подбирается так, чтобы набор световодов проецировался на набор координатных линий. В данном случае эти координатные линии расположены полукольцами. Совместно они формируют биполярную координатную систему.



1 – тороидальная линза, 2 – совокупность светорассеивающих световодов; 3 – изображение отдельного световода, создаваемое в плоскости клавиатуры (4).  
 Рисунок 3.6 – Конструкция осветительного элемента – вид в разрезе;

Создание источника , поаторяющего по форме координатную линию, обеспечивается за счет световода, во внутрь которого вводится дополнительно светорассеивающие частицы. В этом смысле задача создания такого рода элементов в некотором смысле является обратной той задаче, которая обычно используется при создании световодов. Если для световода процесс рассеяния является паразитным фактором, то в данном случае, напротив, необходимо



обеспечить равномерное распределение интенсивности вдоль световода. При этом необходимо подчеркнуть, что количество наночастиц, наполняющих световод может быть сделано неоднородным по его длине. Именно этот фактор позволяет обеспечить равномерную засветку всей координатной линии. Если распределение частиц вдоль длины световода отвечает закону Бера-Ламберта, то рассеяние будет однородным. При условии, что световодная система подключается поочередно, можно получить развертку данной координатной системы во времени. Существенно также, что изображение проецируется непосредственно на поверхность, которая желательна должна поглащать свет. В этом случае паразитных отражений не будет и данный принцип измерения координаты фактически будет полностью соответствовать радиолокационному.

Как видно из представленных рисунков размеры клавиатуры данного типа, т.е. клавиатуры с оптической разверткой, работающей на эффекте отражения, могут быть сделаны достаточно маленькими. Фактически размеры клавиатуры определяются размерами излучателей. Соответственно данная клавиатура может быть использована как аксессуар к мобильному телефону. В настоящее время на рынке широко представлены такие изделия, как бампер, подставки сотового телефона, для случаев, когда они используются коммуникаторов и т.д. Все эти изделия могут быть снабжены соответствующими элементами, содержащими излучатели. В частности, можно эксплуатировать сотовый телефон, используя подставку, на которую размещаются излучатели с габаритами порядка 1-2 см. Соответственно данное изделие может быть представлено на рынке как аксессуар сотового телефона.

## **Заключение**

Материалы данной работы прежде всего показывают, что за счет использования специфических свойств полимеров могут быть реализованы клавиатуры с оптической кодировкой, обладающие существенными потребительскими преимуществами по сравнению с уже известными. Основой для этого является исключительно малая толщина, благодаря чему данное изделие может быть выполнено в виде складывающейся клавиатуры, габариты которой в сложенном состоянии сопоставимы с размерами типового сотового телефона. При этом в разложенном состоянии данная клавиатура представляет собой обычную qwerty-клавиатуру. Такого рода конструкция становится возможной благодаря специфическим свойствам полимеров, формирующих оптический контакт.

В данной работе представлены экспериментальные результаты, доказывающие, что две пленки контактирующие друг с другом могут обеспечить оптический контакт требуемого типа. В работе также показано, что такой тип клавиатуры может обеспечить создание целого модельного ряда изделий обеспечивающих: во-первых, внедрение их вначале опытное, а затем в серийное производство на основе концепции инновационной лестницы.

Обсуждаются вопросы создания близких разновидностей клавиатур, основанных на принципе оптической развертки. Показано, что создание клавиатур близких по принципу действия также соответствует концепции инновационной лестницы и является перспективным с точки зрения продвижения готовых изделий на рынок в целях импортозамещения.

## Список литературы

1. Мидвинтер Дж., Волоконные световоды для передачи информации, пер. с англ., М., 1983;
2. Хансперджер Р., Интегральная оптика, пер. с англ., М., 1985; 2
3. Д и а н о в Е. М., Волоконная оптика: проблемы и перспективы, «Вестник АН СССР», 1989, № 10, с. 41;
4. Девярых Г. Г., Д и а н о в Е. М., Волоконно-оптическая связь: 20 лет спустя, там же, 1990, № 6, с. 143;
5. Дианов Е.М., Прохоров А. М., Оптическая связь на основе нелинейных явлений в волоконных световодах, там же, 1990, № 10, с. 42. *Е. М. Дианов.*
6. Золотев Е. М., Киселев В. А., Сычугов В. А., Оптические явления в тонкопленочных волноводах, "УФН", 1974, т. 112, с. 231;
7. Гончаренко А.М., Редько В. П., Введение в интегральную оптику, Минск, 1975;
8. Введение в интегральную оптику, пер. с англ., М., 1977;
9. Дерюгин Л. Н., **Интегральная оптика**, М., 1978; Интегральная оптика, пер. с англ., М., 1978; Хансперджер Р.,
10. Интегральная оптика. Теория и технология, пер. с англ., М., 1985; Свечников Г. С.,
11. Элементы интегральной оптики, М., 1987. *Е. М. Золотое.*
12. <http://www.google.com/patents/US4534668>
13. <http://www.google.com/patents/US4292517>
14. Ж. Бодрияр. Общество потребления. «Мыслители XX века», 2006.
15. Заказнов Н.П., Кирюшин С.И., Кузичев В.И. Теория оптических систем. Издательство «Лань», 2008 г.
16. Степанов В.А., Уткин В.Н. Емкостные координатно-чувствительные датчики // Петербургский журнал электроники. №3-4. - 2000 г. - С. 31.
17. Быстров, Ю.А., Степанов В.А. Сенсорные экраны // Обзоры по электронной технике. Сер.4. 2001 г.
18. Panchenko, S., Suleimenov, I., Sedlakova, Z., Semenyakin, N. New optical sensor panel on nanocomposite base (2014). Advanced material research, 1037, 20-25
19. Panchenko S.V., Obukhova P.V., Shaltykova D.B., Semenyakin N.V., Suleimenov I.E New Sensor Panels Based on Nanostructured Composites // Proc. Int. Conf. on Integration of Innovations in Science and Education, Prague, CR, April, 7-14, 2013, D1-5
20. Suleimenov, I., Mun, G., Ivlev, R., Panchenko, S., & Kaldybekov, D. (2012). Autooscillations in Thermo-responsive Polymer Solutions as the Basis for a New Type of Sensor Panels. AASRI Procedia, 3, 577-582.
21. Остапенков П. С. Современные микроконтроллеры в радиотехнических устройствах: учебное пособие по курсу "Цифровые

устройства и микропроцессоры" для студентов, обучающихся по направлению "Радиотехника", 2012 г.

22. Калабеков Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. М. Радио и связь, 1997 г.

23. ЕЕ Ергожин, АБ Зезин, ИЭ Сулейменов, ГА Мун. Гидрофильные полимеры в нанотехнологии и наноэлектронике - Библиотека нанотехнологии, Алматы-Москва: ЛЕМ, 2008

24. ИЭ Сулейменов, КИ Сулейменова, ЕА Бектуров. Макромолекулы - Информация. Диалектика. Алматы, 2007

25. ИЭ Сулейменов, СВ Панченко, ЕВ Житник. Конструкция клавиатуры для сотового телефона на основе полимерных гидрогелей - Научно-Технического Общества «КАХАК», 1998

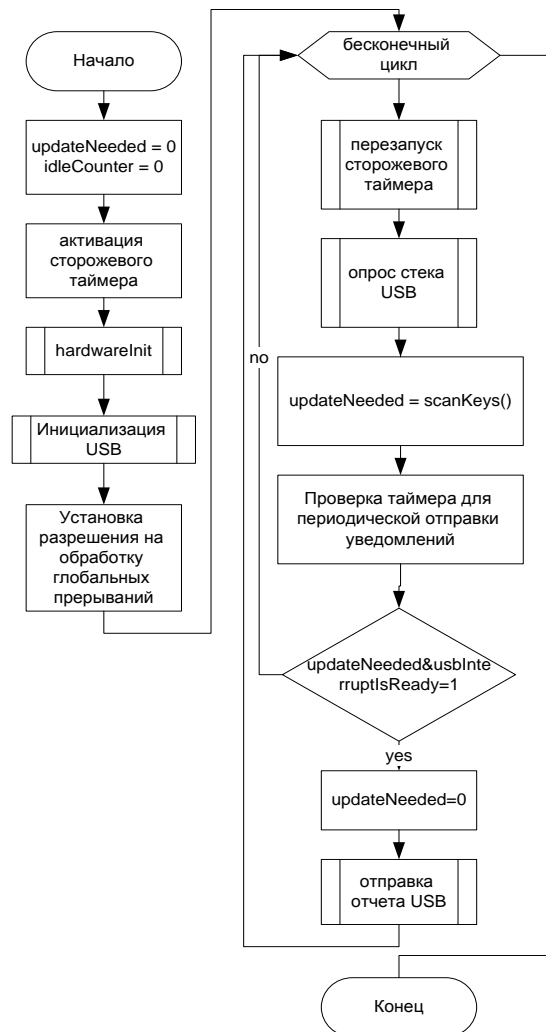
26. T Budtova, A Vilesov, V Bertsev, G Elikina. New optical properties of polyelectrolyte hydrogels - Macromolecular rapid communications, 1996

27. ЕА Бектуров, РМ Искаков, ИЭ Сулейменов. Макромолекулярные комплексы гидрогелей - Научно-Технического Общества «КАХАК», 1998



## Приложение Б

Блок-схема основной функции системного ПО микроконтроллера:



## Приложение В

Исходный код системного ПО микроконтроллера клавиатуры, написанный на языке программирования C:

```
#define ADC_PRESCALER_2
                                _BV(ADPS0)
#define ADC_PRESCALER_4
    _BV(ADPS1)
#define ADC_PRESCALER_8
    _BV(ADPS1) | _BV(ADPS0)
#define ADC_PRESCALER_16
    _BV(ADPS2)
#define ADC_PRESCALER_32
    _BV(ADPS2)
    | _BV(ADPS0)
#define ADC_PRESCALER_64
    _BV(ADPS2) | _BV(ADPS1)
#define ADC_PRESCALER_128
    _BV(ADPS2) | _BV(ADPS1)
    | _BV(ADPS0)
#define ADC_CHANNEL_0
    0
#define ADC_CHANNEL_1
    _BV(MUX0)
#define ADC_CHANNEL_2
    _BV(MUX1)
#define ADC_CHANNEL_3
    _BV(MUX1) | _BV(MUX0)
#define ADC_CHANNEL_4
    _BV(MUX2)
#define ADC_CHANNEL_5
    _BV(MUX2)
    | _BV(MUX0)
#define ADC_CHANNEL_6
    _BV(MUX2) | _BV(MUX1)
#define ADC_CHANNEL_7
    _BV(MUX2) | _BV(MUX1) |
    _BV(MUX0)
#define ADC_REF_AREF
    0
#define ADC_REF_AVCC_C_AREF
    _BV(REFS0)
#define ADC_REF_INT256_C_AREF
    _BV(REFS1) | _BV(REFS0)
#define FOSC 12000000
#define F_CPU 12000000
#define BAUD 9600
#define MYUBRR FOSC/16/BAUD-1
```

```

#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#include <avr/pgmspace.h>
#include <avr/wdt.h>
#include <util/delay.h>

#define DEBUG_LEVEL 0
#include "usbdrv/oddebug.h"
#include "usbdrv/usbdrv.h"

static uchar  reportBuffer[2]; /* buffer for HID reports */
static uchar  idleRate;      /* in 4 ms units */
static uchar  maxValues[2]; /* storage for max values of voltage */
static float  percent1Level = 0.98;
static float  percent2Level = 0.85; /* fraction of input voltage which considered as
pressed button */
static uchar  code = 0;

static void measureMaxValues(void)
{
  DDRB |= _BV(PB1) | _BV(PB2);

  for (uchar i = 0;i<2;i++)
  {
    ADCSRA |= _BV(ADSC);
    PORTB = 1<<(i+1);
    _delay_us(20);
    while(!(ADCSRA & _BV(ADIF))) ;
    maxValues[i]= ADC;
    PORTB = !(1<<(i+1));
  }
}

PROGMEM char usbHidReportDescriptor[35] = { /* USB report descriptor */
  0x05, 0x01,          // USAGE_PAGE (Generic Desktop)
  0x09, 0x06,          // USAGE (Keyboard)
  0xa1, 0x01,          // COLLECTION (Application)
  0x05, 0x07,          // USAGE_PAGE (Keyboard)
  0x19, 0xe0,          // USAGE_MINIMUM (Keyboard LeftControl)

```



```

    0x29, 0xe7,          // USAGE_MAXIMUM (Keyboard Right GUI)
    0x15, 0x00,        // LOGICAL_MINIMUM (0)
    0x25, 0x01,        // LOGICAL_MAXIMUM (1)
    0x75, 0x01,        // REPORT_SIZE (1)
    0x95, 0x08,        // REPORT_COUNT (8)
    0x81, 0x02,        // INPUT (Data,Var,Abs)
    0x95, 0x01,        // REPORT_COUNT (1)
    0x75, 0x08,        // REPORT_SIZE (8)
    0x25, 0x65,        // LOGICAL_MAXIMUM (101)
    0x19, 0x00,        // USAGE_MINIMUM (Reserved (no event indicated))
    0x29, 0x65,        // USAGE_MAXIMUM (Keyboard Application)
    0x81, 0x00,        // INPUT (Data,Ary,Abs)
    0xc0                // END_COLLECTION
};

```

/\* The USB keycodes are enumerated here - the first part is simply  
an enumeration of the allowed scan-codes used for USB HID devices \*/

```

enum keycodes {
    KEY__=0,
    KEY_errorRollOver,
    KEY_POSTfail,
    KEY_errorUndefined,
    KEY_A,      // 4
    KEY_B,
    KEY_C,
    KEY_D,
    KEY_E,
    KEY_F,
    KEY_G,
    KEY_H,
    KEY_I,
    KEY_J,
    KEY_K,
    KEY_L,
    KEY_M,     // 0x10
    KEY_N,
    KEY_O,
    KEY_P,
    KEY_Q,
    KEY_R,
    KEY_S,
    KEY_T,
    KEY_U,

```

```
KEY_V,  
KEY_W,  
KEY_X,  
KEY_Y,  
KEY_Z,  
KEY_1,  
KEY_2,  
KEY_3,    // 0x20  
KEY_4,  
KEY_5,  
KEY_6,  
KEY_7,  
KEY_8,  
KEY_9,  
KEY_0,    // 0x27  
KEY_enter,  
KEY_esc,  
KEY_bckspc, // backspace  
KEY_tab,  
KEY_spc,    // space  
KEY_minus, // - (and _)  
KEY_equal, // = (and +)  
KEY_lbr,   // [  
KEY_rbr,   // ] -- 0x30  
KEY_bckslsh, // \ (and |)  
KEY_hash,  // Non-US # and ~  
KEY_smcol, // ; (and :)  
KEY_ping,  // ' and "  
KEY_grave, // Grave accent and tilde  
KEY_comma, // , (and <)  
KEY_dot,   // . (and >)  
KEY_slash, // / (and ?)  
KEY_cpslck, // capslock  
KEY_F1,  
KEY_F2,  
KEY_F3,  
KEY_F4,  
KEY_F5,  
KEY_F6,  
KEY_F7,    // 0x40  
KEY_F8,  
KEY_F9,  
KEY_F10,  
KEY_F11,
```

```
KEY_F12,  
KEY_PrtScr,  
KEY_scrlck,  
KEY_break,  
KEY_ins,  
KEY_home,  
KEY_pgup,  
KEY_del,  
KEY_end,  
KEY_pgdn,  
KEY_rarr,  
KEY_larr, // 0x50  
KEY_darr,  
KEY_uarr,  
KEY_numlock,  
KEY_KPslash,  
KEY_KPast,  
KEY_KPminus,  
KEY_KPplus,  
KEY_KPenter,  
KEY_KP1,  
KEY_KP2,  
KEY_KP3,  
KEY_KP4,  
KEY_KP5,  
KEY_KP6,  
KEY_KP7,  
KEY_KP8, // 0x60  
KEY_KP9,  
KEY_KP0,  
KEY_KPcomma,  
KEY_Euro2,
```

/\* These are NOT standard USB HID - handled specially in decoding,  
so they will be mapped to the modifier byte in the USB report \*/

```
KEY_Modifiers,  
MOD_LCTRL, // 0x01  
MOD_LSHIFT, // 0x02  
MOD_LALT, // 0x04  
MOD_LGUI, // 0x08  
MOD_RCTRL, // 0x10  
MOD_RSHIFT, // 0x20  
MOD_RALT, // 0x40  
MOD_RGUI, // 0x80
```

```
/* Other keys that need special handling -  
   These are looked up in the table spec_keys because they do not  
   generate the same scan-code in the shifted and unshifted state,  
   and some may need to alter the shift-state to generate the  
   correct character code on the PC */
```

```
KEY_Special,  
SPC_2,  
SPC_6,  
SPC_7,  
SPC_8,  
SPC_9,  
SPC_0,  
SPC_plus,  
SPC_minus,  
SPC_pound,  
SPC_home,  
SPC_del,  
SPC_ast,  
SPC_equal,  
SPC_crslud,  
SPC_crslr,  
SPC_F1,  
SPC_F3,  
SPC_F5,  
SPC_F7,  
SPC_hat,  
SPC_colon,  
SPC_smccl,  
SPC_at  
};
```

```
static uchar protocolVer=1; /* 0 is the boot protocol, 1 is report protocol */
```

```
static void hardwareInit(void) {  
  //DDRD = 0x05  
  DDRD = 0x14; /* 0000 0101 bin: all pins input except USB (-> USB reset) */  
  /* USB Reset by device only required on Watchdog Reset */  
  _delay_us(11); /* delay >10ms for USB reset */  
  DDRD = 0x0; /* 0000 0000 bin: remove USB reset condition */  
  /* configure timer 0 for a rate of 12M/(1024 * 256) = 45.78 Hz (~22ms) */  
  TCCR0 = 5; /* timer 0 prescaler: 1024 */  
}
```

```

uchar expectReport=0;
uchar LEDstate=0;

uchar usbFunctionSetup(uchar data[8]) {
    usbRequest_t *rq = (void *)data;
    usbMsgPtr = reportBuffer;
    if((rq->bmRequestType & USBRQ_TYPE_MASK) == USBRQ_TYPE_CLASS){
/* class request type */
        if(rq->bRequest == USBRQ_HID_GET_REPORT){
            /* wValue: ReportType (highbyte), ReportID (lowbyte) */
            /* we only have one report type, so don't look at wValue */
            return sizeof(reportBuffer);
        }else if(rq->bRequest == USBRQ_HID_SET_REPORT){
            if (rq->wLength.word == 1) { /* We expect one byte reports */
                expectReport=1;
                return 0xFF; /* Call usbFunctionWrite with data */
            }
        }else if(rq->bRequest == USBRQ_HID_GET_IDLE){
            usbMsgPtr = &idleRate;
            return 1;
        }else if(rq->bRequest == USBRQ_HID_SET_IDLE){
            idleRate = rq->wValue.bytes[1];
        }else if(rq->bRequest == USBRQ_HID_GET_PROTOCOL) {
            if (rq->wValue.bytes[1] < 1) {
                protocolVer = rq->wValue.bytes[1];
            }
        }else if(rq->bRequest == USBRQ_HID_SET_PROTOCOL) {
            usbMsgPtr = &protocolVer;
            return 1;
        }
    }
    return 0;
}

uchar usbFunctionWrite(uchar *data, uchar len) {
    expectReport=0;
    return 0x01;
}

```

```

void USART_Init( unsigned int ubrr)

```

```

{
UBRRH = (unsigned char)(ubrr>>8);
UBRRL = (unsigned char)ubrr;
UCSRB = (1<<TXEN);
UCSRC = (1<<URSEL)|(1<<USBS)|(3<<UCSZ0);
}

```

```

void USART_Transmit( unsigned char data )
{

```

```

while ( !( UCSRA & (1<<UDRE)) );
UDR = data;
}

```

```

void SendString(unsigned char *str)
{
    for (unsigned char *i = str; *i != 0x00; i++)
        USART_Transmit(*i);
}

```

```

const unsigned char keymap [256] PROGMEM={
    0, 6, 27, 54, 29, 16, 17, 0, 0, 5, 0, 0, 25, 55, 56, 30, //15
    0, 53, 53, 0, 43, 0, 57, 57, 0, 224, 31, 31, 0, 20, 20, 4, //31
    4, 0, 29, 29, 0, 226, 32, 32, 0, 26, 0, 22, 22, 0, 27, 0, //47
    75, 75, 33, 0, 8, 8, 0, 7, 0, 6, 6, 0, 78, 0, 34, 0, //63
    21, 0, 0, 9, 0, 25, 25, 0, 35, 35, 0, 0, 23, 0, 10, 10, //79
    0, 5, 0, 44, 0, 36, 0, 28, 28, 0, 11, 0, 17, 17, 0, 44, //95
    37, 37, 0, 24, 0, 13, 13, 0, 16, 0, 0, 44, 38, 0, 12, 12, //111
    0, 14, 0, 0, 54, 0, 74, 39, 39, 0, 18, 0, 0, 15, 0, 55, //127
    0, 0, 77, 45, 0, 0, 19, 0, 51, 0, 0, 56, 0, 80, 0, 46, //143
    0, 47, 0, 0, 52, 0, 82, 0, 0, 81, 42, 42, 0, 48, 0, 49, //159
    49, 0, 40, 0, 79, 79, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //175
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //191
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //207
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //223
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, //239
    0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}; //255

```

```

uchar getKey(uchar level)
{
    uchar result = 0;

```

```
result = pgm_read_byte(&keymap[level]);
return result;
```

```
}
```

```
uchar debounceCheck (uchar code)
```

```
{
```

```
    static debounce = 5;
    static previousCode;
    static char data[16];
```

```
    if (code == previousCode)
```

```
    {
```

```
        debounce--;
```

```
        if (!debounce)
```

```
        {
```

```
            memset(reportBuffer,0,sizeof(reportBuffer));
```

```
            reportBuffer[0]=0;
```

```
            reportBuffer[1]=getKey(code);
```

```
            previousCode = code;
```

```
            //sprintf(data, "%d\r\n", code);
```

```
            //SendString(data);
```

```
            return 1;
```

```
        }
```

```
        return 0;
```

```
    }
```

```
    else
```

```
    {
```

```
        previousCode = code;
```

```
        debounce = 10;
```

```
        return 0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
static uchar ADCPoll()
```

```
{
```

```
    uchar reportIndex = 1;
```

```
    uchar retVal = 0;
```

```
    uchar is1Level;
```

```
    uchar is2Level;
```

```

static char data[16];
static unsigned int sum;
static char i;
if (ADCSRA & _BV(ADIF))
{
    is2Level = ADC < percent2Level*maxValues[i];
    is1Level = (ADC < percent1Level*maxValues[i]) && (ADC >
percent2Level*maxValues[i]);

    if (ADC>0.98*maxValues[i]) maxValues[i] = ADC;

    if (is1Level != code&(1<<i))
    {
        if (is1Level) code |= 1<<i;
        else code &=~(1<<i);
    }

    if (is2Level != code&(1<<(i+2)))
    {
        if (is1Level) code |= 1<<(i+2);
        else code &=~(1<<(i+2));
    }

    i++;
    i = i%2;
    PORTB = 1<<(i+1);
    if (i==0) retVal = debounceCheck(code);
    else retVal = 0;
    sprintf(data, "%d, %d, %d, %d\r\n", i,code,ADC, maxValues[i]);
    SendString(data);
    _delay_ms(600); //old value 10

    ADCSRA |= _BV(ADSC);

}
return retVal;
}

/*
static uchar ADCPoll()
{
    uchar reportIndex = 1;

```



```

uchar retVal = 0;
static char data[16];
static unsigned int sum;
static char i;
if (ADCSRA & _BV(ADIF))
{
    sum+=ADC>>2;
    i++;
    if (i == 8)
    {

        retVal = 1;
        memset(reportBuffer,0,sizeof(reportBuffer));
        reportBuffer[0]=0;
        reportBuffer[1]=getKey(sum>>3);

        if (sum>>2)
        {
            sprintf(data, "%d, %d, %d\r\n", sum>>3,sum,i);
            SendString(data);
        }
        i=0;
        sum=0;

    }

    ADCSRA |= _BV(ADSC);
}
return retVal;
}
*/

int main (void)
{
    uchar updateNeeded = 0;
    uchar idleCounter = 0;
    static char data[16];
    wdt_enable(WDTO_2S);
    hardwareInit();

    usbInit();
    ADCSRA = _BV(ADEN)|7;
    ADMUX = ADC_CHANNEL_0 | ADC_REF_INT256_C_AREF;
    USART_Init(MYUBRR);

```

```

_delay_ms(600);
measureMaxValues();
ADCSRA |= _BV(ADSC);
sei();

for(;;)
{
    wdt_reset();
    usbPoll();
    updateNeeded |= ADCPoll();
    if(TIFR & (1<<TOV0)){
        TIFR = 1<<TOV0; /* Reset flag */
        if(idleRate != 0){ /* Do we need periodic reports? */
            if(idleCounter > 4){ /* Yes, but not yet */
                idleCounter -= 5; /* 22 ms in units of 4 ms */
            }else{ /* Yes, it is time now */
                updateNeeded = 1;
                idleCounter = idleRate;
            }
        }
    }
}

// _delay_ms(10);
/* if(updateNeeded && usbInterruptIsReady()){
    //sprintf(data, "%d\r\n", reportBuffer[1]);
    //SendString(data);
    updateNeeded = 0;
    usbSetInterrupt(reportBuffer, sizeof(reportBuffer));
}*/

}
return 0;
}

```