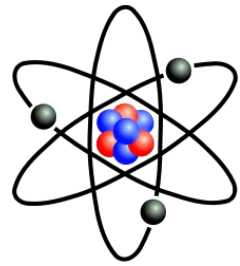




МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина
Физико-технический факультет
Кафедра ядерной и медицинской физики

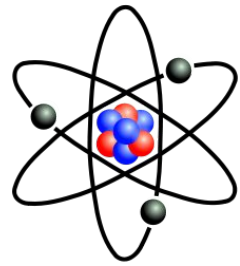


**Радиационно-акустический измерительный
датчик тока**

Выполнил: студент 4 курса, группы ТЯ-42
Ашихмин С. Т.
Руководитель: кандидат технических наук,
доцент
Стервоедов Н. Г.

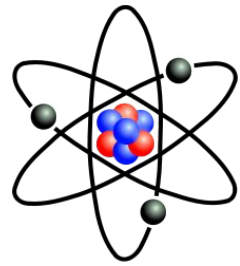
Харьков 2017

Актуальность



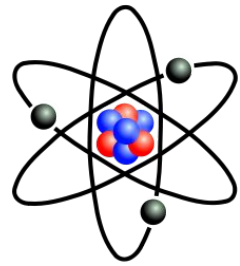
- Актуальность работы заключается в том, что к качеству пучков в современных ускорителях предъявляются очень высокие требования, поэтому эффективная эксплуатация ускорительных установок практически немыслима без точных и надежных систем диагностики пучка, что обеспечивают возможность регулярной настройки параметров ускорителя по результатам измерений, поэтому был смоделирован и разработан радиационно-акустический датчик параметров пучка ионизирующих частиц для ускорителя.

Цель и задачи



- Целью данной работы является моделирование, разработка и исследование радиационно-акустического датчика параметров импульсного пучка ионизирующих частиц.
- Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:
 1. Сделать аналитический обзор научно-технической литературы;
 2. Разработать модель и конструкцию радиационно-акустического датчика;
 3. Разработать архитектуру радиационно-акустической системы тока и координат центра тяжести пучка;
 4. Выбор элементной базы для системы;
 5. Разработать предусилитель для радиационно-акустического датчика.

Радиационно-акустические эффекты



Радиационная акустика - научное направление, развивающееся на стыке акустики, ядерной физики, физики высоких энергий и элементарных частиц. Ее основу составляют исследования и применения радиационно-акустических эффектов, возникающих при воздействии проникающего излучения (радиации) на вещество. Выделение теплоты - одно из самых универсальных физических явлений, протекающих при поглощении проникающего излучения. Тепловая энергия может различными путями частично превращаться в энергию звуковых волн. При умеренной плотности выделенной энергии, когда не происходит фазовых превращений в веществе, генерация звука происходит вследствие нагревания и теплового расширения среды в области поглощения проникающего излучения. Это термоупругий механизм генерации звука.

Датчик параметров пучка



- Пучок заряженных частиц падает на металлическую пластинку 1, помещенную в акустический экран 2. На конце металлической пластинки укрепленный детектор ультразвуковых колебаний 3, помещен в электростатический экран 4. В электростатическом экране устанавливается предусилитель с эмиттерной повторителем 5, после которого сигнал через оконечный усилитель 6 подается на осциллограф.

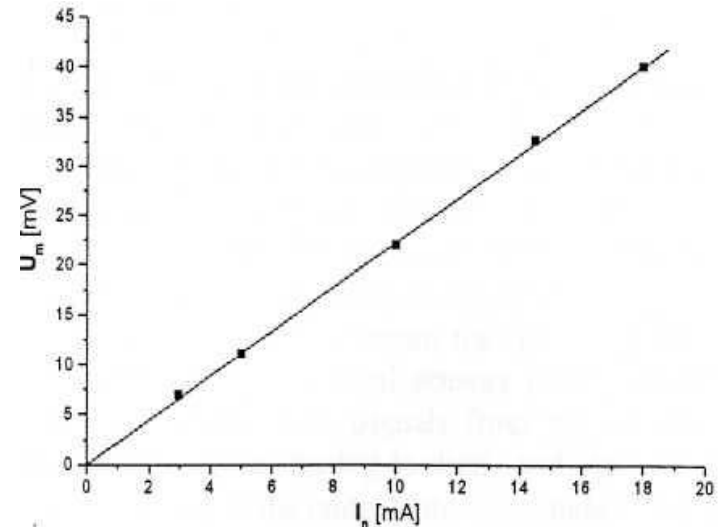
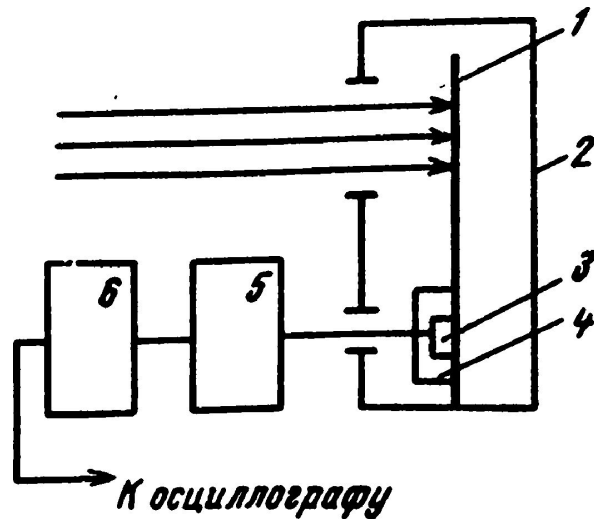


Рис. 1 – схема акустического преобразователя Рис. 2 – зависимость амплитуды сигнала от тока пучка

Радиационно-акустический датчик тока и положения центра тяжести пучка

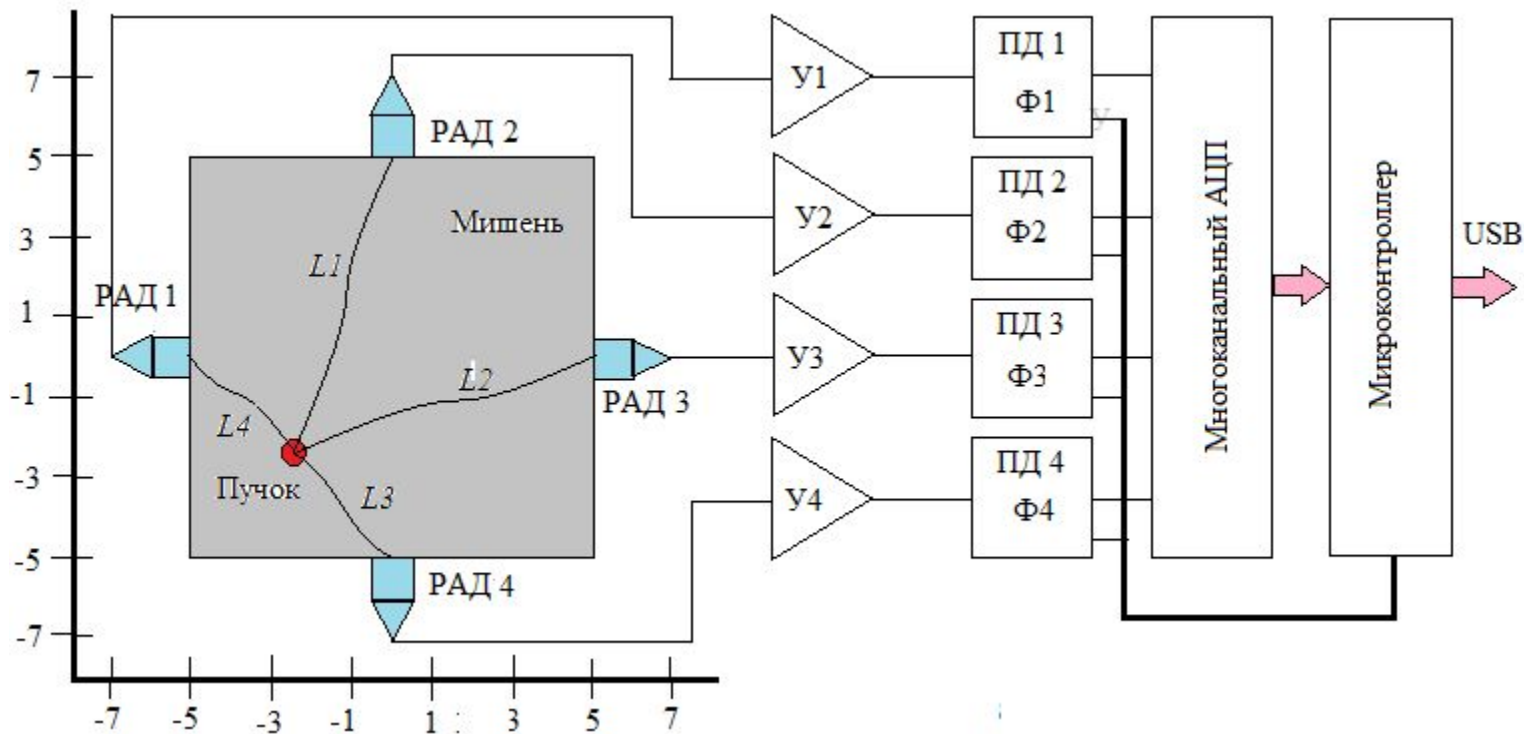
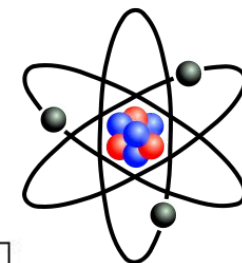
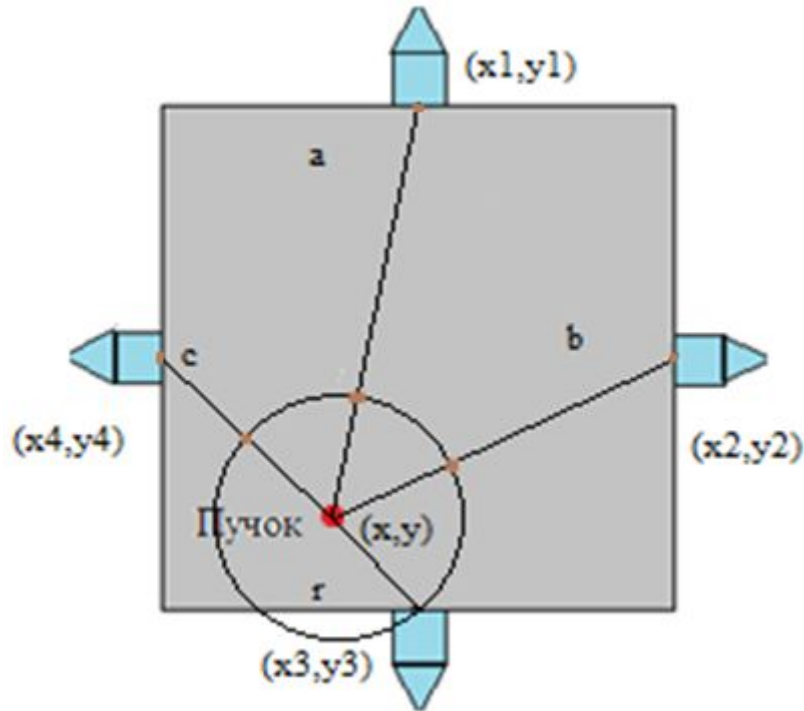
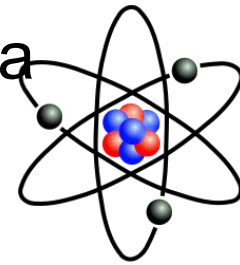


Рис. 3 – схема радиационно-акустического датчика тока и положения центра тяжести пучка

$$U = \frac{\sum_1^n U_n}{n} \sim I_{\text{пучка}}$$

- усредненная амплитуда сигнала, которая пропорциональна току пучка

Нахождение положения центра тяжести пучка



$$\begin{aligned} \Delta t_r &= t_3 - t_3; \\ \Delta t_a &= t_1 - t_3; \\ \Delta t_b &= t_2 - t_3; \\ \Delta t_c &= t_4 - t_3. \end{aligned}$$

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} = R.$$

Рис. 4 –нахождение координат центра тяжести пучка

$$\begin{cases} \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2} - V\Delta t_a = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2} - V\Delta t_b \\ \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2} - V\Delta t_r = \sqrt{(x_4 - x)^2 + (y_4 - y)^2} - V\Delta t_c \end{cases}$$

где V – скорость звука в веществе
(в алюминии $V = 5.24 \cdot 10^3$ м/с)

Датчик отклонения пучка

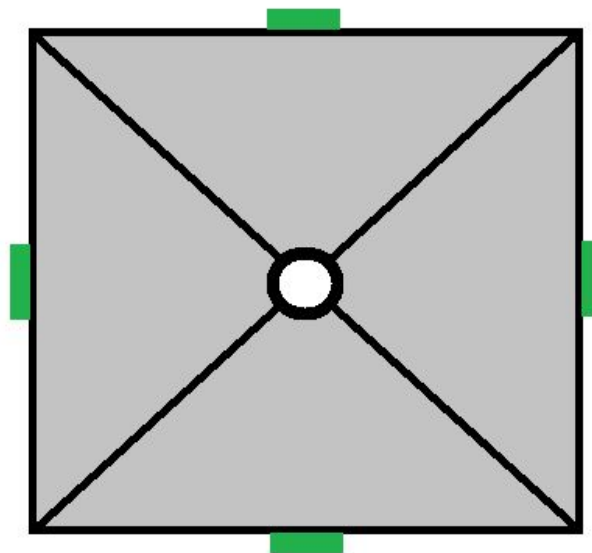
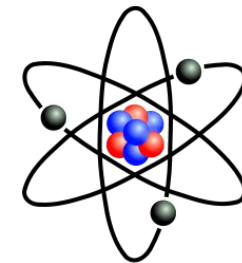


Рис. 5(а) – датчик отклонения пучка

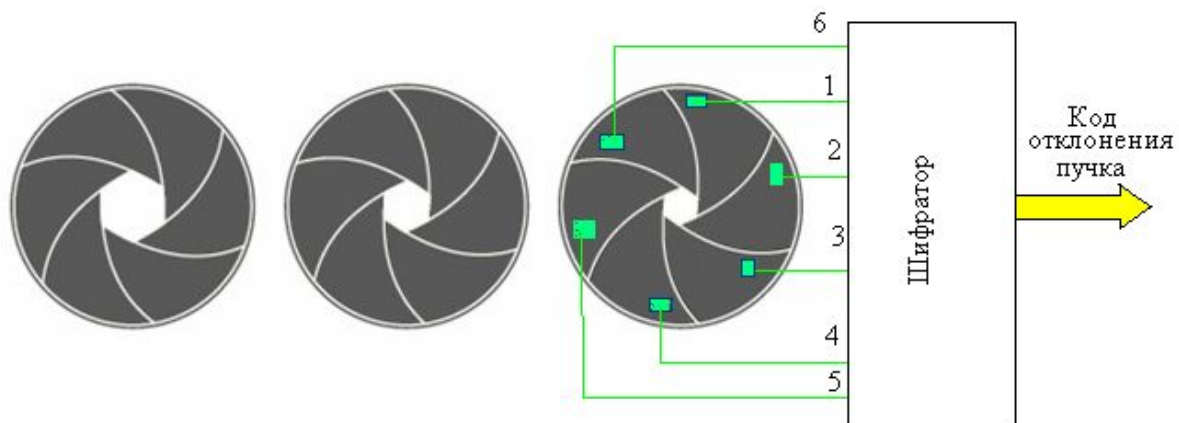


Рис. 5(б) – датчик отклонения пучка
(диафрагма)

Схема радиационно-акустического сенсора

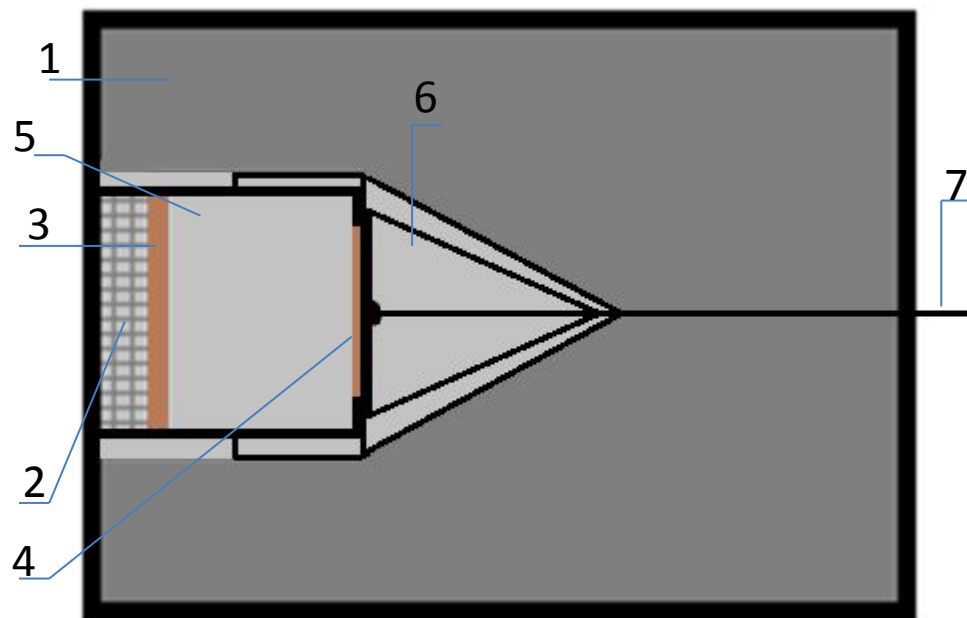
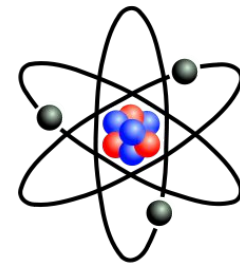


Рис. 6 – схема радиационно-акустического сенсора

Принципиальная схема зарядочувствительного усилителя

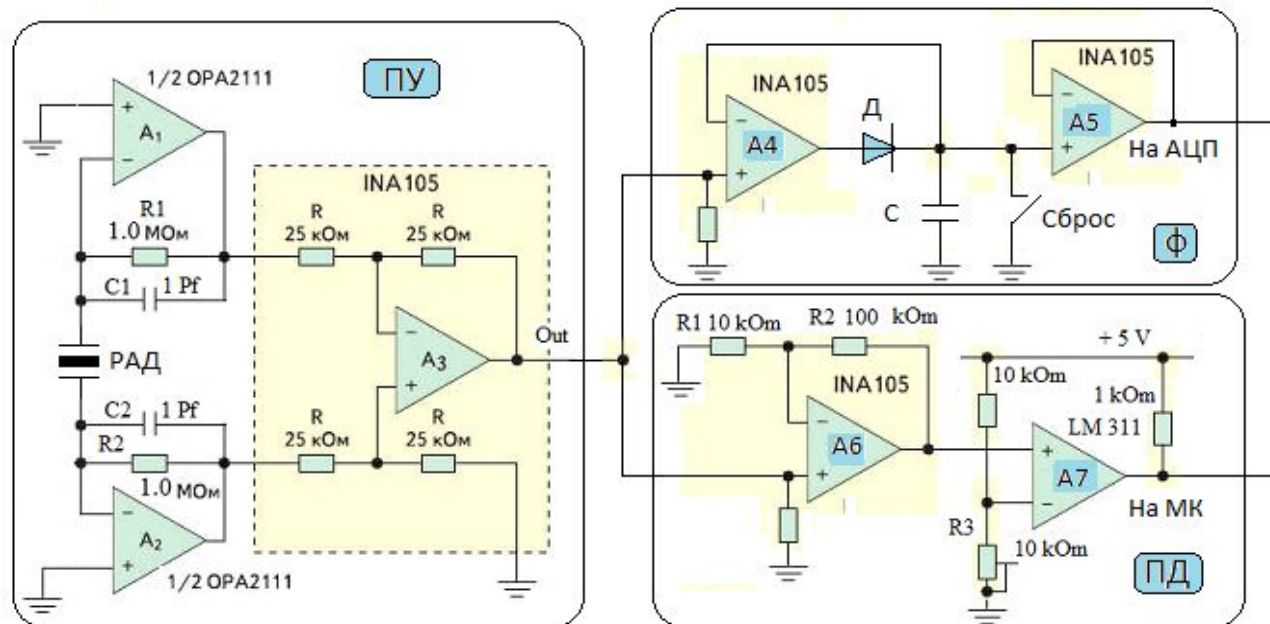
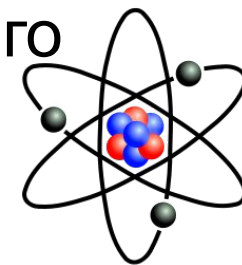


Рис. 7 –
принципиальная
схема
зарядочувствительного
усилителя

Оригинальность схемы заключается в том, что для уменьшения возможных электромагнитных наводок схема выполнена на дифференциальном преобразователе заряд - напряжение на двух прецизионных сверхмалошумящие операционных усилителях. Дифференциальный преобразователь тока нагружен на дифференциальный повторитель напряжения на прецизионном ОП.

МК PIC32MX и ПО MPLAB IDE

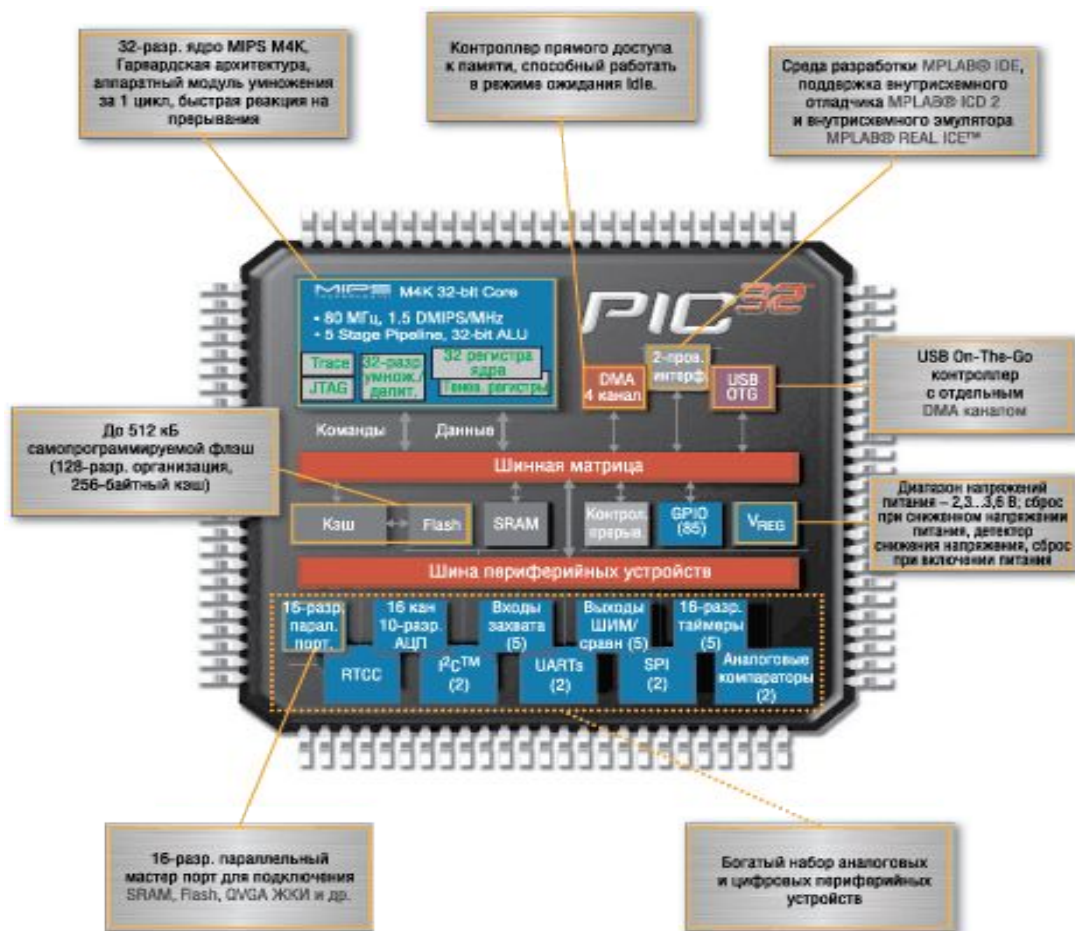
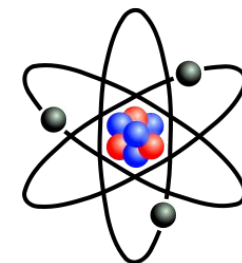


Рис. 8 – отличительные особенности PIC32MX

MPLAB - интегрированная среда разработки, представляет собой набор программных продуктов, предназначенная для облегчения процесса создания, редактирования и отладки программ для микроконтроллеров семейства PIC, производимых компанией Microchip Technology.

Имитатор пучка

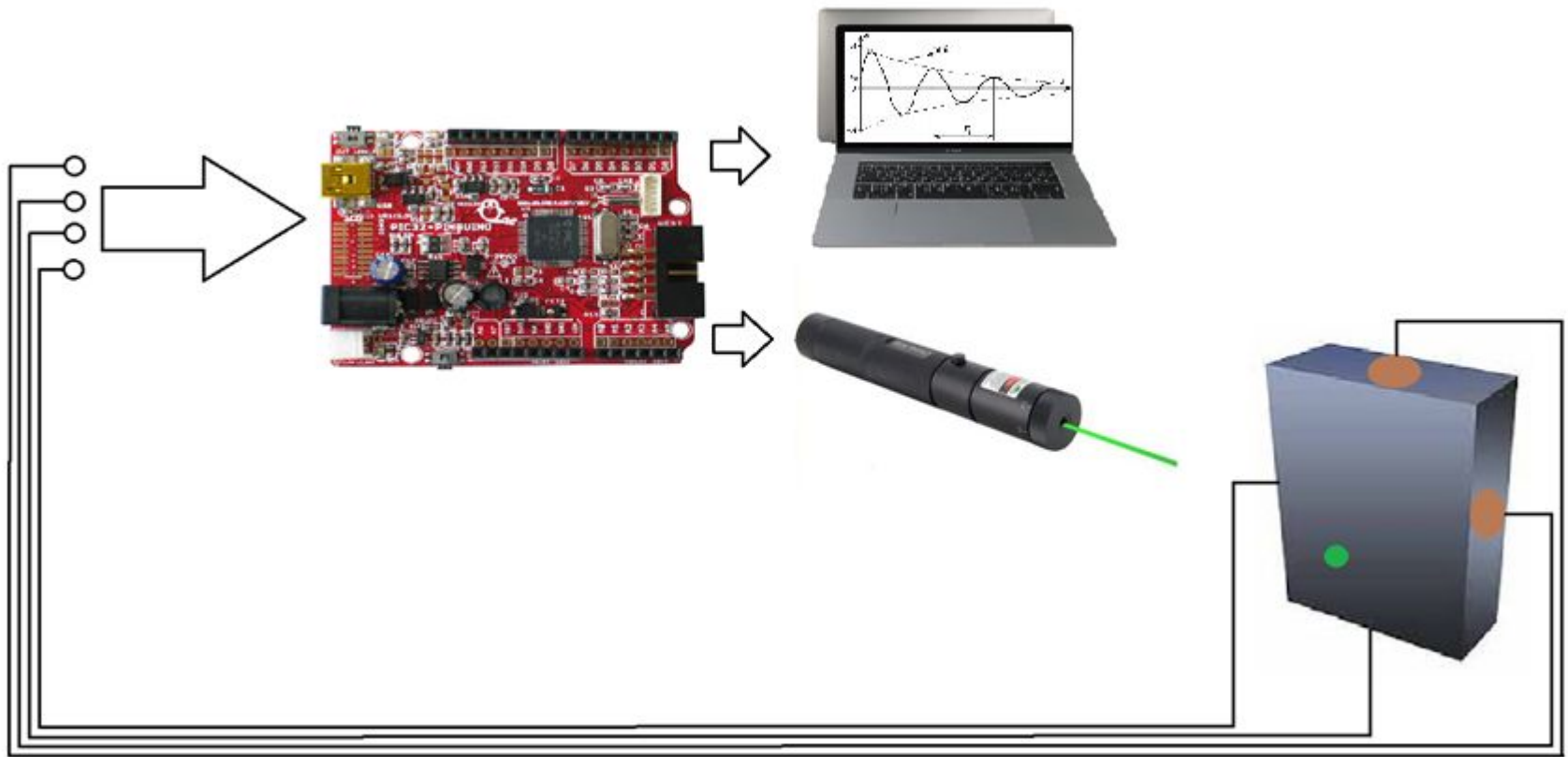
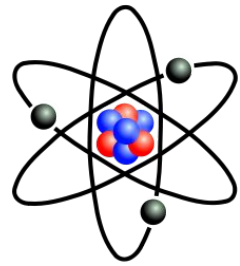
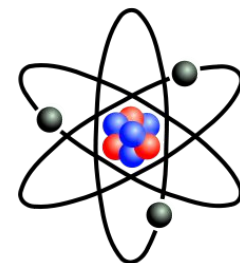


Рис. 9 – схема имитатора пучка

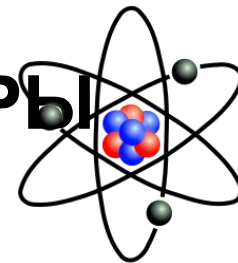


Выводы

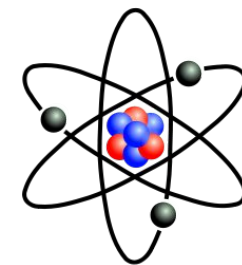
В ходе работы были:

1. Изучены принципы радиационно - акустических эффектов, которые описывают появление звуковых волн в мишенях при попадании в них пучка ускорителя;
2. Разработана модель и конструкция радиационно-акустического датчика параметров пучка на базе пьезоэлектрического сенсора и микроконтроллера семейства PIC32MX;
3. Разработана архитектура радиационно-акустической системы измерения тока и координат центра тяжести пучка;
4. Разработана схема датчика отклонения пучка, а также составлена схема имитатора пучка.
5. Избраны элементная база и разработана принципиальная схема усилителя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ



- Смалюк В. В., Диагностика пучков заряженных частиц в ускорителях / Под ред. чл.-корр. РАН Н. С. Диканского. Новосибирск: Параллель, 2009. 294 с.
- Лямшев Л.М. Радиационная акустика // Соросовский образовательный журнал, 1999, №5, с. 98-104.
- Введение в радиационную акустику. Залюбовский И. И., Калиниченко А. И., Лазурик В. Т. – Х. : Вища шк. Изд-во при Харьк. Ун-те, 1986. – 168с.
- Москалев В. А., Сергеев Г. И. Измерение параметров пучков заряженных частиц. – М.:Энергоатомиздат, 1991. – 240 с. – isbn 5-283-03997-8.
- Armensky, E. V., Emel'yanov, V. K., Rybin, V. M., et. Al., "Piezoacoustic detectors for measurement of charge particles parametrs," Pribori I Tehn. Eksp. N2, 44-47, 1973. (In Russian).
- PIC32MX Family Reference Manual. © 2008 Microchip Technology Inc. 1138 pages.
- Интегрированная среда разработки для микроконтроллеров PICmicro компании Microchip Technology Incorporated, USA. ООО «Микро-Чип» Москва – 2001 .156 с.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!