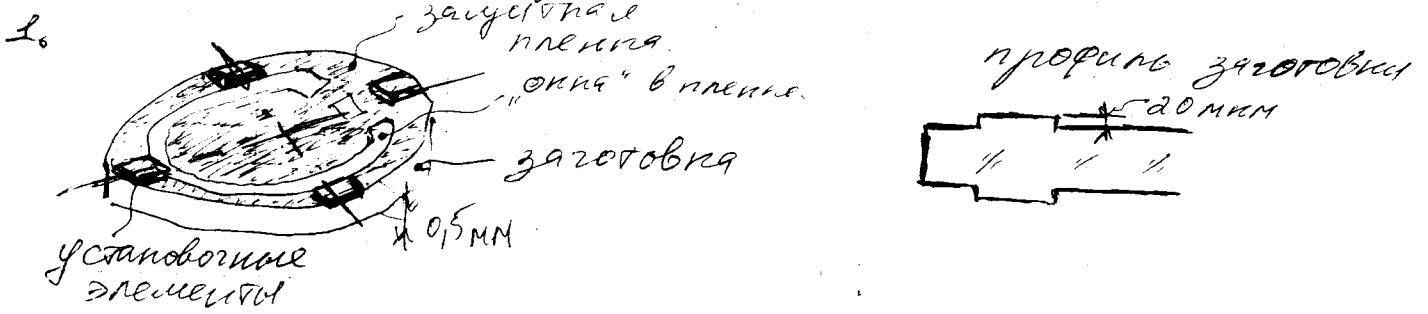


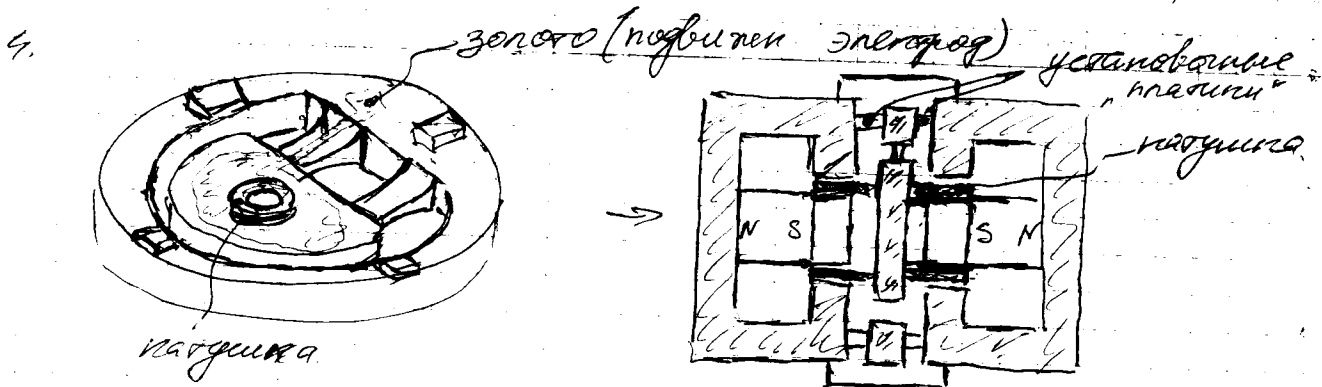
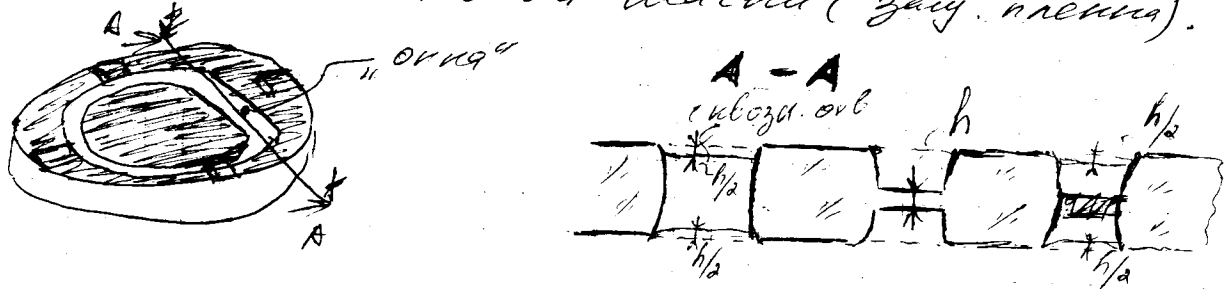
# Микромеханические ультразвуки и акселерометры.

11.02.10

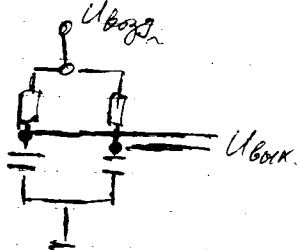
Первые акселерометры:



2. травление окон, не закрывая пленкой на глубину  $\sim h/2 \approx 10 \text{ мкм}$ , где  $h$  - толщина подвеса
3. нанесение новой массы (защ. пленка).



зазор - выполняет роль воздушного демпфера и зазора в магнитном датчике поперечного

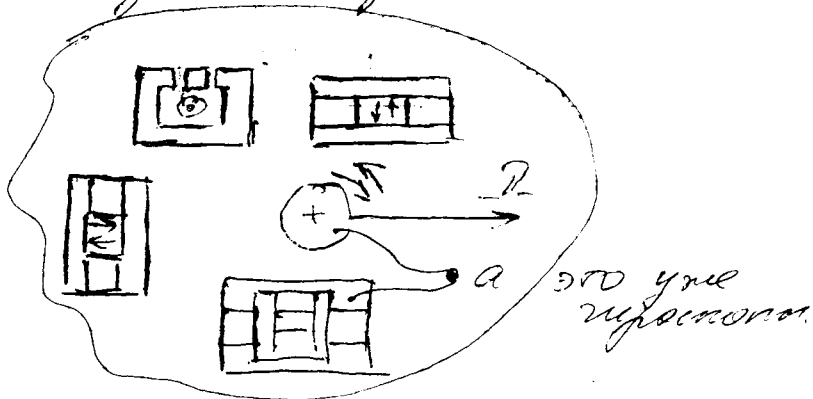


Г заготовки из кремния и кварца.

Дос-во кремниевые - монокристаллическая структура  $\rightarrow$  управление кремниевые процессоры по сравнению с кварцем, в отличие от кварца, у которого свойства зависят от направления, у кремния же во все стороны одинаково

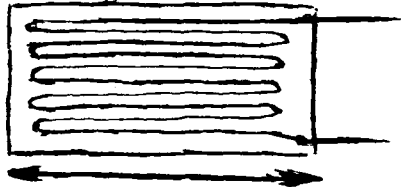
В этом слое находится Si, что генерирует освещенность, где это световое излучение поглощается, превращаясь в элект. энергию и генерирует ток. Таким образом, материал перов. под.

Теперь попробуем выразить зависимость на графике кристалла.



Упрощенная схема интерференции.

тензорезистор



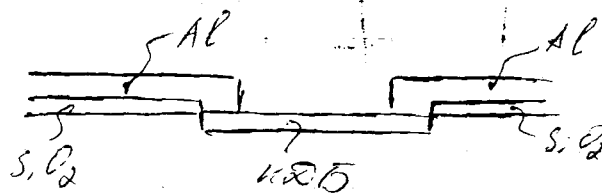
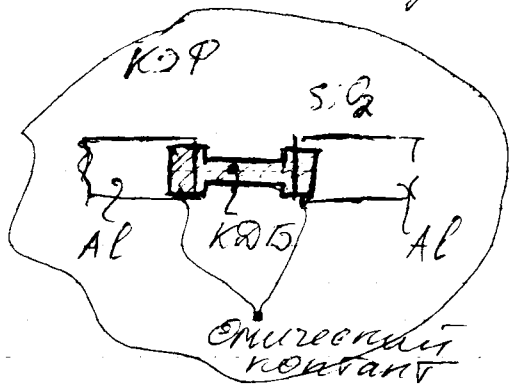
$$\frac{\Delta R}{R} = (1 + 2\nu) \epsilon + \frac{\Delta \rho}{\rho}$$

$\nu$  - коэффициент Пуассона  
 $R$  - сопротивление  
 $\rho$  - удельное сопротивление.

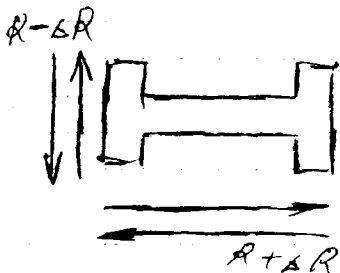
где материал:  $(1 + 2\nu) \cdot \epsilon \Rightarrow \frac{\Delta R}{R}$

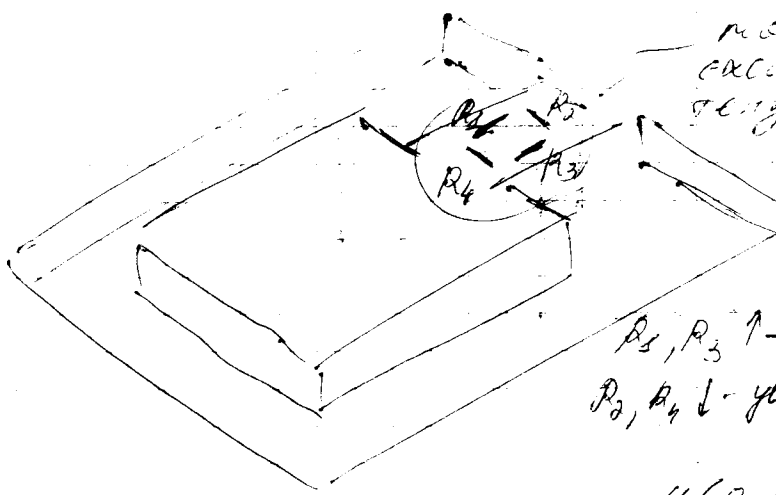
где Si:  $\frac{\Delta R}{R} \Rightarrow (1 + 2\nu) \epsilon$

|| Задача: использовать полупроводники в качестве материала тензорезисторов

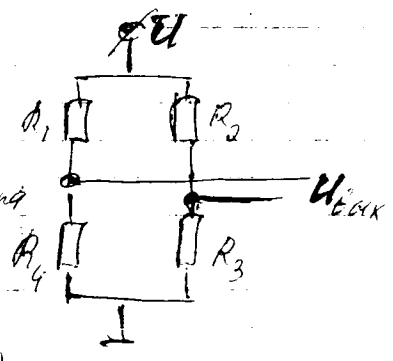


$$S = \frac{\Delta R}{\epsilon \cdot R} = \text{коэффициент чувствительности}$$





мостовая  
схема из  
тензорезисторов

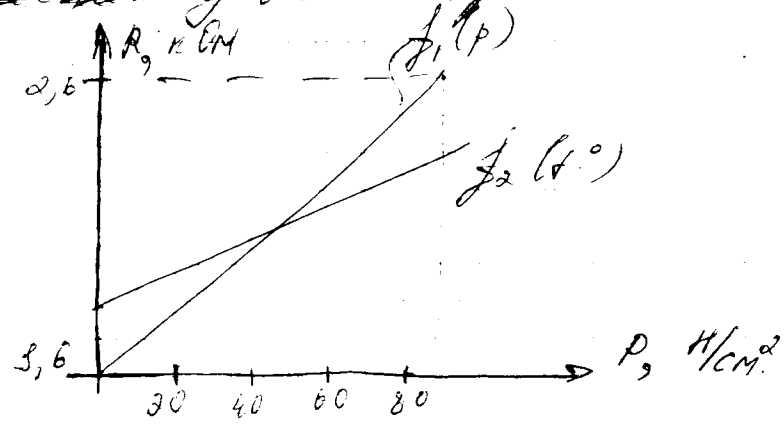


$R_1, R_3$  ↑ - вверх гайка  
 $R_2, R_4$  ↓ - вверх шпилька

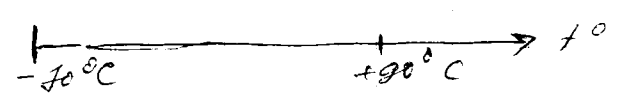
$$U_{\text{вых}} = \frac{U(R_1 R_3 - R_2 R_4)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}$$

Недостаток: высокая чувств. ст. н/н тензорезистора  
прив. к температуре.

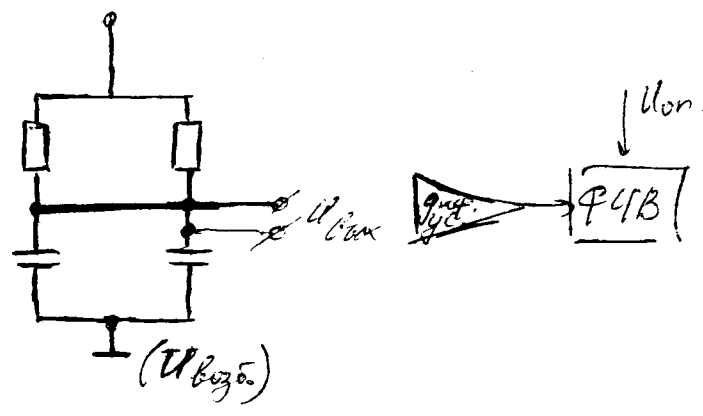
Тензорезисторы часто используются в ~~мостовых~~ <sup>мостовых</sup> ~~устройствах~~ <sup>устройствах</sup> и крепятся на измерительных ~~устройствах~~ <sup>устройствах</sup>.



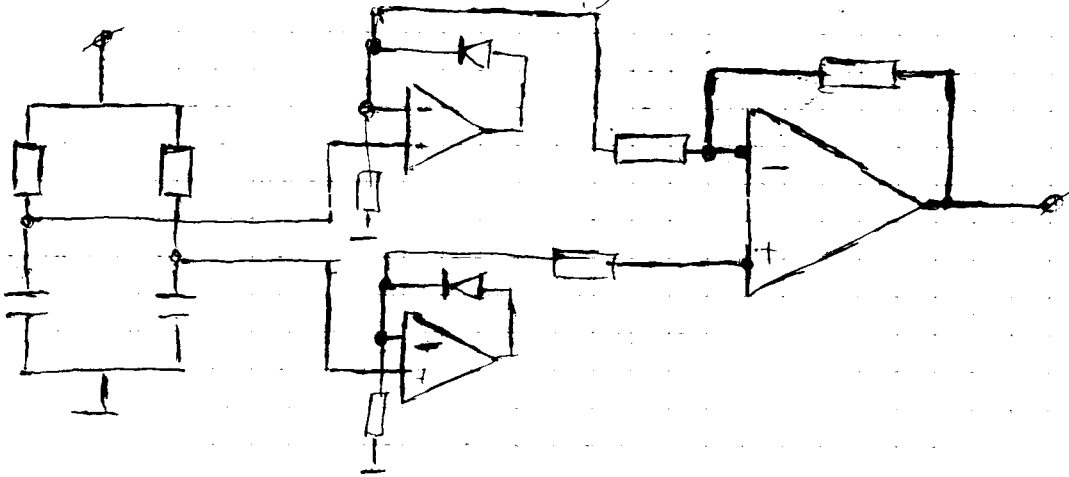
В мостовой схеме  
влияние  $t^\circ$  почти  
исключ.



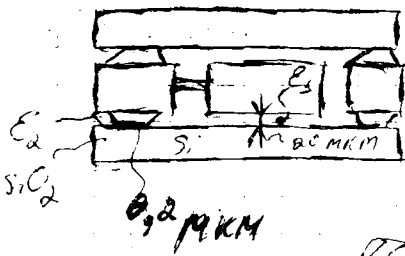
"То же при газовой гальванике, но при преобразовании  
энергии схема емк. гальваника."



Модель осциллографа и его ФЧФ

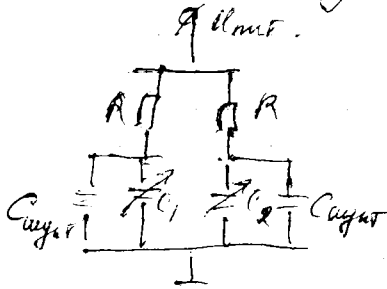


Усилители сигнала 2-х полупроводниковых вакуумных лампах. выход в СС усиление повышается сильно с частотой. Выходные характеристики и температурные.



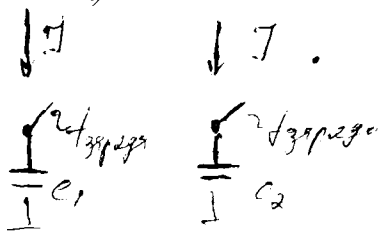
$\epsilon_2$  - диэлектрик пропуск. катод,  $\epsilon_3$  - диэлектрик пропуск. анод  
при этом поперечном и радиальном емкостью между подложками и ств. присоединяется к емкостям катод. зазора.

Тогда на схеме будет иметь вид:



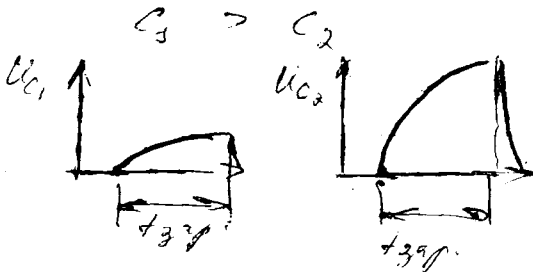
$C_{\text{вх}} > C_1 \Rightarrow$  при крив. емк. катод. зазора имеет не разбалансированность, следовательно, не будет перекоса, искажения.

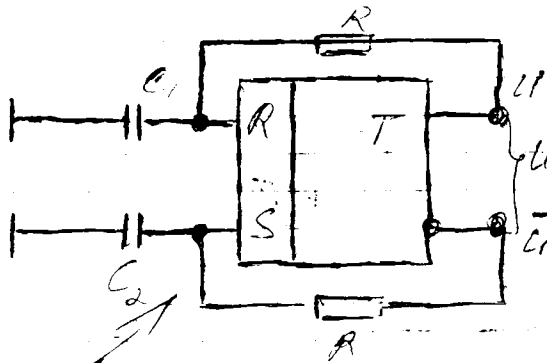
Еще один способ кон. емк. газ. лампы.



Защитная сетка конг. на дср. типа и радиально, получаем 2 канала, не фиксируя кон. между собой. Сделав, из-за

$$Q = C \cdot U$$



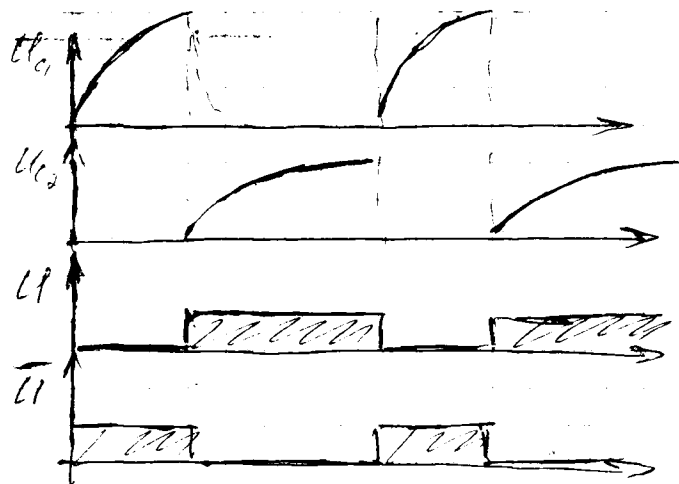


$$U_{\text{nop}} = U_{\mathcal{E}_1} \approx U \left(1 - e^{-\frac{t}{RC_1}}\right)$$

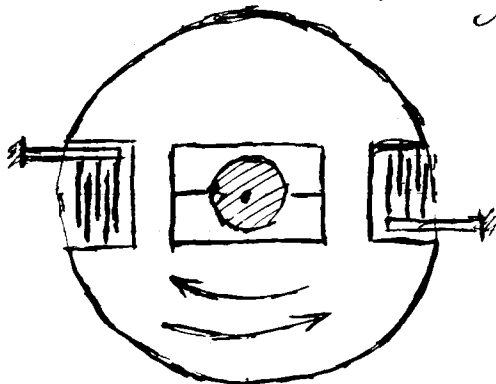
$$t_1 = RC_1 \ln\left(\frac{U - U_{\text{nop}}}{U}\right)$$

$$t_2 = RC_2 \ln\left(\frac{U - U_{\text{nop}}}{U}\right)$$

Автоматический мурови в бростер



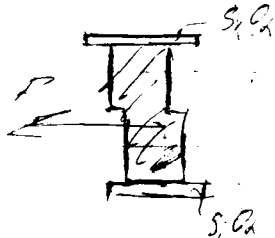
Емкості шпороз гнє созг. ДМ



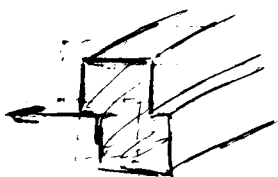
наприклад в Р-Р процесора

Сини мари и роби созгати нормальне сини мари газора в гоні мари.

Если данна притвля



то прирощение сини в данно данно вгочеа носои угле.



В норе полевные паразитные конденсаторы \perp направленные, амплитуда которых будет в себе по притвляе амплитуду нелинейно пере данит

Рассмотрим полевные сини в вакуумной гонии.

$$F dx + dA_3 = dW$$

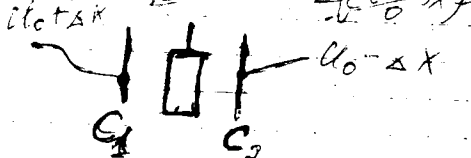
$$W = \frac{U^2}{2} \cdot C$$

$$dA = U \cdot U dc = U^2 dc$$

$$F = -\frac{1}{2} U^2 \frac{dc}{dx} = \frac{1}{2} U^2 \epsilon \frac{S}{(d_0+x)^2}$$

$$\epsilon = \epsilon \frac{S}{(d_0+x)^2}$$

~~Уравнение Максвелла~~



~~Уравнение Максвелла~~

$$F_x = \frac{\epsilon_0 S (\epsilon_0 + x^2) (U_1^2 - U_2^2) + 2\epsilon_0 x (U_1^2 + U_2^2)}{2(\epsilon_0^2 - x^2)}$$

$$F_x = 2\epsilon_0 U_0^2 \frac{x}{\epsilon_0^2 - x^2}$$

$x \rightarrow 0$

Система возбуждения намеренно газовой.

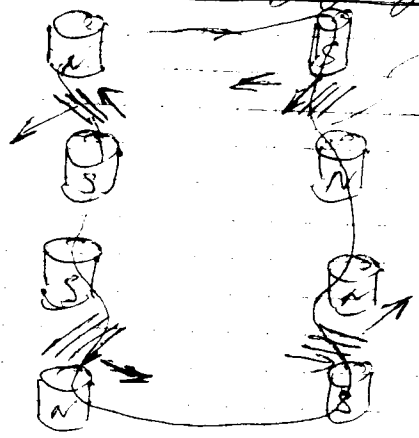
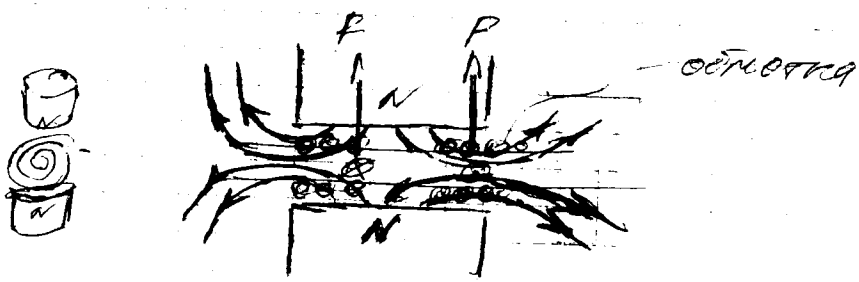


схема возбуждения

Газовый свч. расширяется  
и создает поле при осевой  
геометрии.



схема

Уравнение непрерывности энергии газовой  
системы при постоянном зр. эфф.

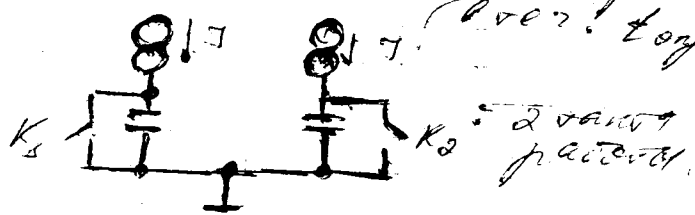
$$F dx = dW_{э.е.}$$

$$W_{э.е.} = \frac{U^2 C}{2} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S} (\epsilon_0 + x)$$

$$C = \epsilon_0 \frac{S}{\epsilon_0 + x}$$

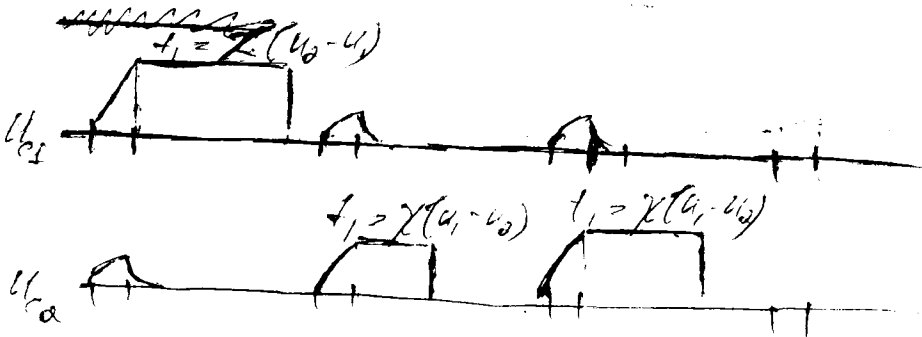
$$F_{э.е.} = \frac{dW_{э.е.}}{dt} = \frac{q^2}{2\epsilon_0 S}$$

Тепл. мощность  
(over! тождество)

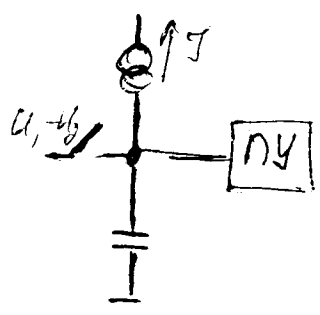


2 варианта  
разветвления





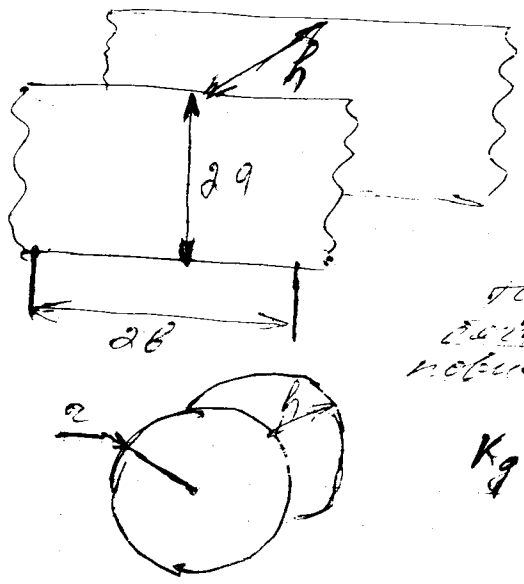
$$F_{op} = \frac{L_1 q^2}{2ES^2} = mg, \quad t_1 = \frac{m \Delta E S^2}{q^2} \cdot a$$



$u_0, u_1$ , управляющее  
излучение излучается

### Квантование в микрометре при отплат.

В микрометре  $\theta$  почти всегда применяются вакуумные лампы.



$$K_8 = 16 \cdot \frac{\mu \cdot b \cdot a^3}{h^3} - \text{коэф. дешифр.}$$

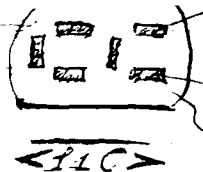
$\mu$  - диэлектрич. проницаемость газа (почти не зависит от газа)  
 $\mu$  - параметр, зависящий от газа, зависит от газа, когда газы свободно протекают, зависит от газа в газе с некоторой степенью разрежения.

$$K_9 = \frac{3}{2} \cdot \frac{\mu \cdot b}{h^3} \cdot r^4$$









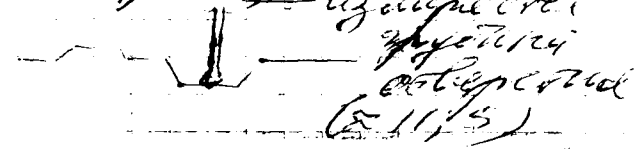
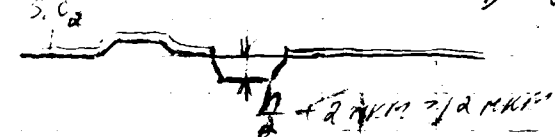
устройство  
 устройство  
 устройство  
 устройство

Всё это выписано в справочнике  
 и в справочнике № 5 (устройство не указано)  
 и в справочнике № 6 (устройство не указано)  
 и в справочнике № 7 (устройство не указано)

Весь этот материал выписан в справочнике № 8  
 и в справочнике № 9

Весь этот материал выписан в справочнике № 10  
 и в справочнике № 11

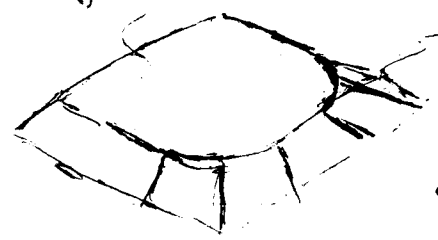
Весь этот материал выписан в справочнике № 12  
 и в справочнике № 13



Весь этот материал выписан в справочнике № 14  
 и в справочнике № 15



Весь этот материал выписан в справочнике № 16  
 и в справочнике № 17

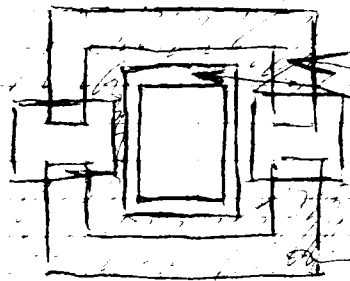


Весь этот материал выписан в справочнике № 18  
 и в справочнике № 19

Весь этот материал выписан в справочнике № 20  
 и в справочнике № 21





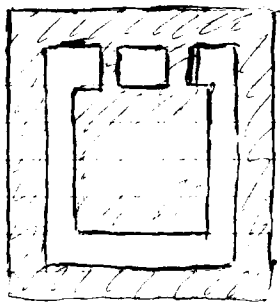


Труба из пилы вставляется  
в канавку. В этом случае  
здесь подгружены мембрана  
толщиной  $h = 4 \text{ мм}$  (или  $4 \text{ мм}$ ) без  
веса и времени  $h = 2 \text{ мм}$

Слой  $h = 4 \text{ мм}$  в среднем  
опирается  $\Rightarrow$  герметик имеет незначительно

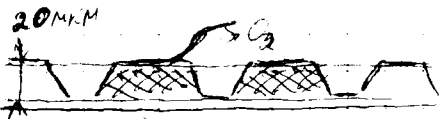
веса, опирается: Выравнивается тонкий слой  
и при этом, время выработки  $h = 10 \text{ мм}$  в свету.

4-ый шаг:

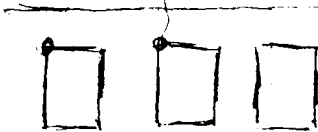


Таким образом формируем  
углубленную мембрану без  
веса.

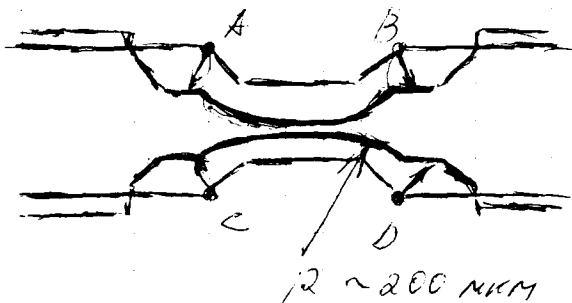
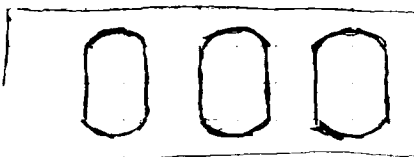
При этом, таким методом угу-  
бливается  $50 \text{ мм}$  или  $100 \text{ мм}$  герметик  
устанавливается в  $50 \text{ мм}$  или  $100 \text{ мм}$   
продольной.



Вис  $h = 30 \text{ мм}$   $\Rightarrow$   $h = 380 \text{ мм}$



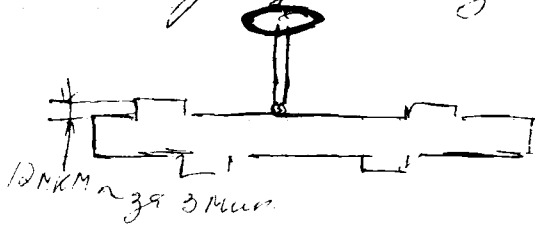
$\Rightarrow$



Технологический процесс получения  
микролинки (см. рисунок).

I. Экспонирование всех пластин на ~~микро~~  
принтере. Гравировка на глубину 50 мкм.  
(2-15) мкм.

II. Очистка ~~резки~~ ~~высокой~~ пластин.  
Рассчитывается скорость  
гравления



III. Вскрывается эмисор на 3-4 слоя пластины.  
(пластики, не дающие легь на-ти машина на  
операцию пол-а) и идет гравление на глубину  
50 мкм.

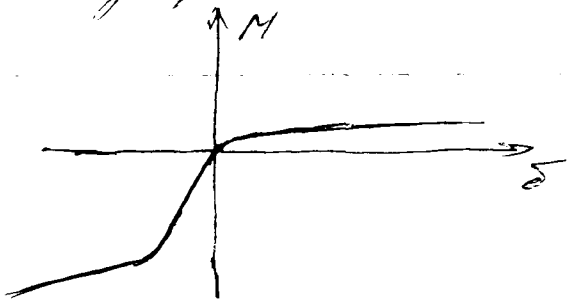
IV. Стандарт номер 3. Вскрытие раздельной на-  
кладки. Гравировка на глубину 5-перемычки, которую  
хотим иметь. В данном случае на 3-3 мкм.

V. Гравление на границах будущей мезографа. Вскрыт  
эмитер на технологический перемычки гравится  
на глубину, чтобы толщина получалась 2-30 мкм.

VI. Стандарт номер 5. Гравление до конца ~~эмитера~~  
в канавке, вокруг мезоструктуры и центрального эмитера.  
Толщина упрочной перемычки - 16 мкм.

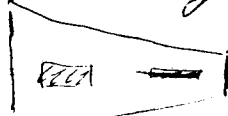
VII. Окисление пластины. Экспонирование  
на мезографу.

График жесткости для угл. проводника

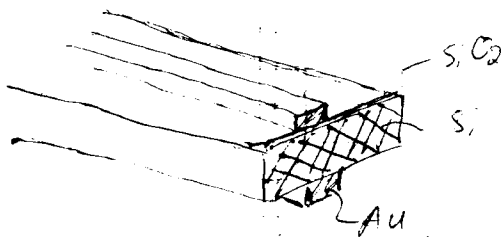


Полученность форма заготовки

- кривизна

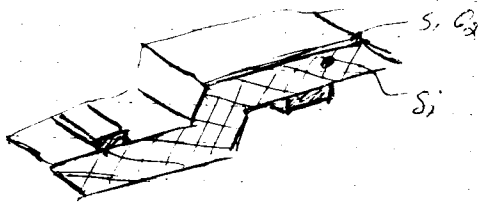


- волнистость

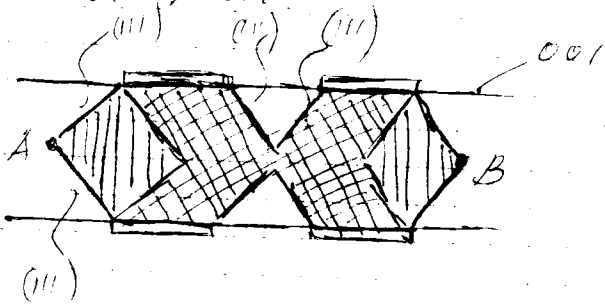


При изгибе Si изгибается  
и Au, однако Au пластичней  
материал. Поэтому при изгибе  
будет Au носить деформацию

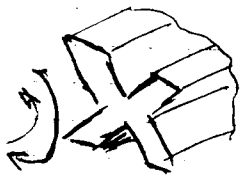
сложны изготавливаются от пласти. герман. Ал. или снгу



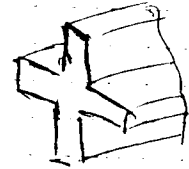
или 70%



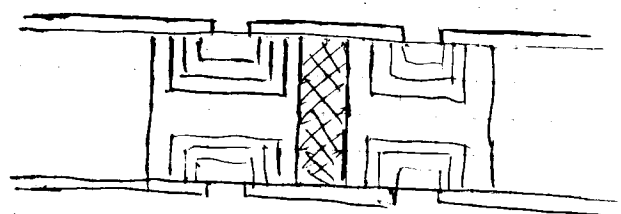
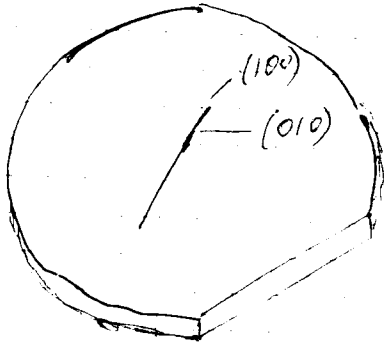
- хорошо работает на кручение



сложнее получить такое сечение

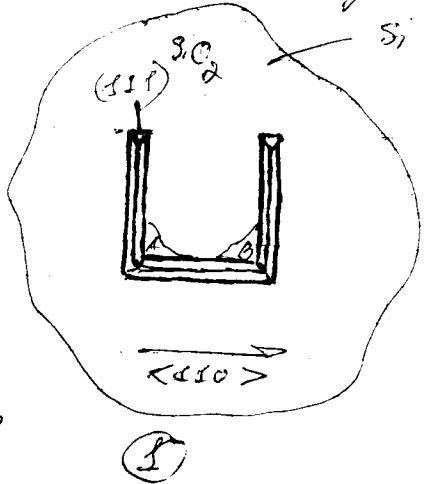


Маятник для измерений R-R типа

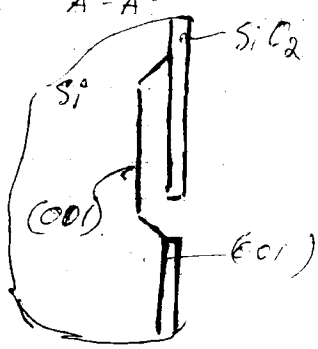
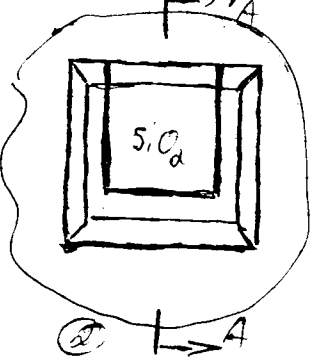


15.04.10

Твердотельная технология изготовления микроа датчиков.

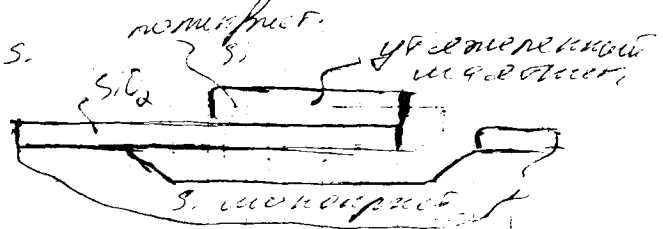
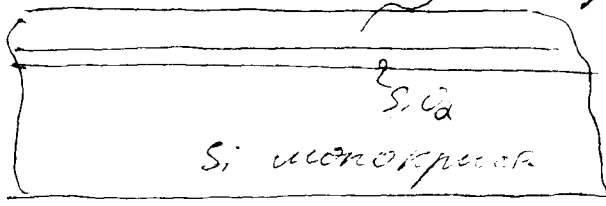


A и B - внешние углы по отв. к границе штифтов, поэтому отв. срезаются без восстановления.

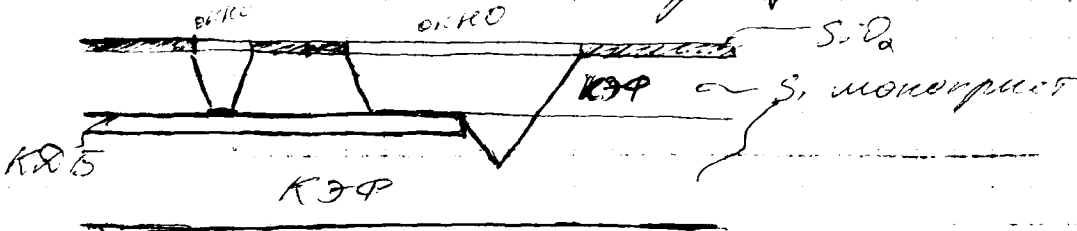


В итоге такого нагрева получаем рис. 2 с такой структурой на границе графитом своим  $SiO_2$ . Этот слой имеет структуру аморфного кремнезема.

Можно получить от аэ. самое графитом поперек. Кремнез. поперек Si.

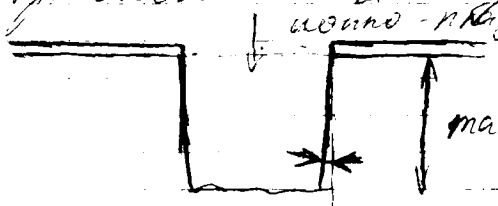


Эпитаксиальное выращивание

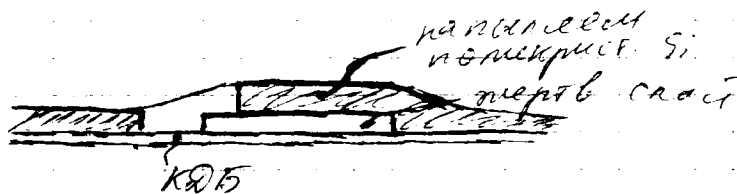


Данный метод позволяет создавать структуры внутри кристалла без вмешательства человека.

Так же рассмотрено резковое графитом (можно влажное). Вот-то кристалла ободра. Гирруется полами газа и выливает на поверхность из крист. структуры. А именно так этого графитом в 10 раз превышает друг графитом в единицы карбона.



max 60 мкм - обусловлено высотой по трещиноватой форме, полуэпителий в рез-се графитом



1. Укрепляется металл. слой (Al, фториды или карбиды или металл)
2. Прообразуем слой к первоначальному слою
3. Растворим в м. н. слой металл. слой

Таким обр. получаем напыление слоя поперек Si