

Изобретение относится к измерительной технике, а именно, к интегральным полупроводниковым измерительным преобразователям давления, силы.

Известен преобразователь давления [1] содержащий кремниевую пластину, ориентированную в плоскости [100] и созданную на ней профилированную прямоугольную мембрану. Мембрана содержит два жестких выступа в виде островков. Островки трансформируют равномерно распределенную по поверхности мембраны нагрузку в одноосное растяжение (или сжатие) тех областей, где расположены тензочувствительные элементы-тензотранзисторы. Тензотранзисторы ориентированы на мембране таким образом, чтобы оси, проходящие от эмиттера к коллектору, у обоих транзисторов были параллельны между собой, кристаллографическому направлению [110] и близлежащему краю мембраны. Эта конструкция преобразователя обладает более высокой чувствительностью, чем рассмотренная ранее. Это достигается благодаря созданию концентраторов механических напряжений (островков) и выбором топологии тензотранзистора. Однако чувствительность, самого тензочувствительного элемента, определяемая, как отношение изменения выходного электрического сигнала к величине механического напряжения в области расположения тензоэлемента будет, примерно, такой же.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является интегральный преобразователь на основе биполярного транзистора [2]. Тензопреобразователь состоит из кремниевой пластины, ориентированной в кристаллографической плоскости [100]. Анизотропным травлением на пластине создана квадратная мембрана. На мембране расположен тензочувствительный элемент в виде тензотранзистора. Тензотранзистор включает в себя эмиттер, расположенный в пределах базовой области, причем тип проводимости базовой области отличен от типа проводимости материала мембраны. По периметру базовой области, на некотором удалении от нее, однотипным с материалом мембраны легированием создана высокопроводящая кольцевая площадка, образующая вместе с нелегированными областями мембраны коллекторную цепь.

Недостатком такого преобразователя также является низкая чувствительность.

Задачей изобретения является повышение чувствительности преобразователя путем выбора геометрических размеров мембраны и места расположения тензотранзистора на мембране.

Поставленная задача решается тем, что интегральный преобразователь давления содержит выполненную за одно целое с основанием кремниевую мембрану ориентированную в плоскости [100], и расположенный на ее планарной поверхности интегральный тензотранзистор. Тензотранзистор включает эмиттер, лежащий внутри базовой области, тип проводимости которой отличен от типа проводимости материала мембраны. Согласно изобретению, на краях базовой области однотипным с ней легированием сформированы, по меньшей мере, две площадки повышенной проводимости, ориентированные по отношению к эмиттеру в кристаллографическом направлении [100], а между площадками в пределах базовой области создана, по меньшей мере, одна коллекторная область, причем базовая область тензотранзистора расположена в одноосно деформируемой в кристаллографическом направлении семейства [110] части мембраны. Такого рода механическую деформацию можно получить в следующих конструкциях преобразователя:

а) базовая область тензотранзистора расположена в центре прямоугольной мембраны однородной толщины, стороны которой ориентированы вдоль направлений [110];

б) базовая область тензотранзистора расположена в центре прямоугольной мембраны, стороны которой ориентированы вдоль направлений [110], причем две противоположные стороны жестко защемлены в основании, а две другие отделены от него узкими полосами, толщина мембраны в которых меньше толщины ее центральной части;

в) базовая область тензотранзистора расположена у края квадратной мембраны однородной толщины ориентированной вдоль направлений [110], посредине одной из ее сторон;

г) базовая область тензотранзистора расположена в канавке между двумя жесткими и симметричными относительно центра мембраны областями в виде островков, а продольная ось канавки ориентирована вдоль направления [110].

Наибольший положительный эффект достигается при такой топологии чувствительного элемента, когда эмиттер расположен у одной из основных площадок повышенной проводимости, его центр размещен на оси, проходящей через центры площадок повышенной проводимости в кристаллографическом направлении семейства [100], а симметрично этой оси в пределах базовой области последовательно от эмиттера расположены две дополнительные коллекторные площадки, две однотипные по проводимости с базовой областью дополнительные площадки повышенной проводимости и две основные коллекторные площадки. В основе работы преобразователя лежит неизвестное ранее физическое явление - перераспределение концентрации неравновесных носителей заряда в пластине кремния с биполярной электропроводностью в условиях одноосной деформации. Перераспределение носителей заряда происходит в направлении перпендикулярном направлению протекания тока. Схематично процесс возникновения этого эффекта показан на фиг.1, 2. Сечение поверхностей равной электропроводности изображены на фиг. 1,2 пунктиром, σ - механическое напряжение. Там же показаны кристаллографические направления, вдоль которых пропускается электрический ток и осуществляется одноосная деформация.

На фиг.3-6 показаны топологии тензотранзисторов, в основе работы которых лежит описанный выше эффект. На пластине кремния, ориентированной в плоскости [100] методами интегральной технологии сформирован много коллекторный тензотранзистор. Число коллекторов и их расположение в базовой области тензотранзистора определяется сущностью технической задачи, решаемой преобразователем. На фиг.3, 4 показана топология двухколлекторного транзистора с корректирующими электродами. На пластине кремния р-типа, ориентированной в плоскости [100] выращен эпитаксиальный слой n-типа. Разделительной диффузией 5 сформирована базовая область 1. На краях базовой области расположены высокопроводящие площадки 2, 6 (n+-типа). Площадки ориентированы таким образом, чтобы при приложении к ним электрического напряжения линии тока в отсутствие механического воздействия совпадали с кристаллографическим направлением семейства [100]. В пределах базовой области расположены: эмиттер 3, два рабочих 4 и два корректирующих 7

коллектора. Наличие корректирующих коллекторов 7 и площадок 6 носит вспомогательный характер, Первые служат для формирования узкого пучка неравновесных носителей заряда, подобно фокусирующим электродам в кинескопе, а вторые для установки нулевого сигнала в отсутствие механического воздействия.

На фиг. 5, 6 представлена топология двухколлекторного тензотранзистора с низким выходным сопротивлением. Тензотранзистор расположен на пластине кремния, ориентированной в плоскости [100]. Базовая область сформирована разделительной диффузией 5 в пластине кремния 1 для определенности р-типа с выращенным на ней эпитаксиальным слоем п-типов. На краях базовой области расположены высокопроводящие площадки 2. Их ориентация относительно кристаллографических осей такая же как и в предыдущем случае. В пределах базовой области находятся: эмиттер 3 - две коллекторные области 4. Для повышения коэффициента собирания, а следовательно, повышения величины выходного тока, площадь коллектора увеличена.

Тензотранзистор располагается на мембране таким образом, чтобы при механическом воздействии на мембрану его базовая область испытывала одноосную деформацию в кристаллографическом направлении семейства [110]. Конструкции мембран, отвечающие этому условию, показаны на фиг. 7-10.

Конструкция мембраны на фиг.7. Тензотранзистор расположен в центре прямоугольной мембраны однородной толщины, стороны которой ориентированы вдоль направлений [110].

Конструкция мембраны на фиг.8. Тензотранзистор расположен в центре перфорированной прямоугольной мембраны, стороны которой ориентированы вдоль направлений [110], причем две противоположные стороны мембраны жестко зашпемлены в основании, а две другие отделены от него узкими полосками, толщина мембраны в которых меньше толщины ее центральной части.

Конструкция мембраны на фиг.9. Транзистор расположен между двумя жесткими и симметричными относительно центра мембраны областями в виде островков, образующих канавку, продольная ось которой ориентирована вдоль направления [110].

Конструкция мембраны на фиг.10. Тензотранзистор расположен у края квадратной мембраны однородной толщины возле середины одной из ее сторон, причем стороны мембраны ориентированы вдоль направления [110].

Изобретение иллюстрируется следующими примерами. Схемы включения тензотранзисторов показаны на фиг.11 - 12. Уровень инжекции неравновесных носителей определяется величиной сопротивления R_3 . Выходной сигнал равен разности падений напряжения на сопротивлениях R_k .

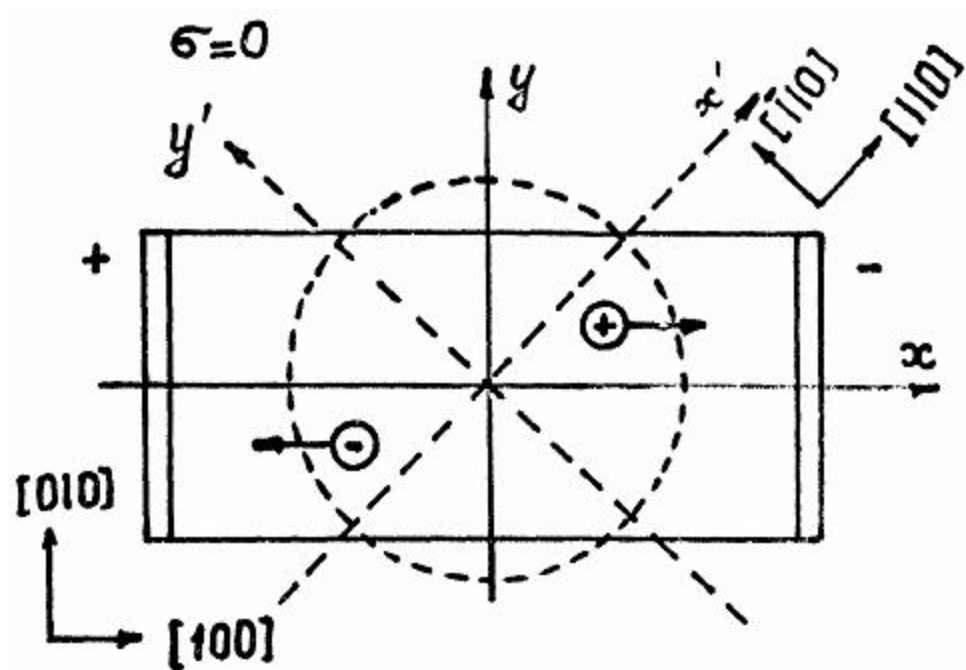
Работает преобразователь следующим образом. В отсутствие механического воздействия выходной сигнал $U_{вых}$, т.к. через коллекторные цепи будут течь токи одинаковой величины. Если по какой-то причине токи коллекторов не равны, то выбором, например, сопротивлений R_k можно добиться $U_{вых} = 0$. Для чувствительного элемента с топологией, изображенной на фиг.3, 4 получить $U_{вых} = 0$ можно подачей электрического напряжения E_1 соответствующей полярности (см. фиг. 12).

При подаче давления на мембрану носители заряда будут отклоняться к одному из коллекторов. Вследствие этого ток этого коллектора будет расти, а другого уменьшаться и на выходе появится сигнал разбаланса коллекторных цепей.

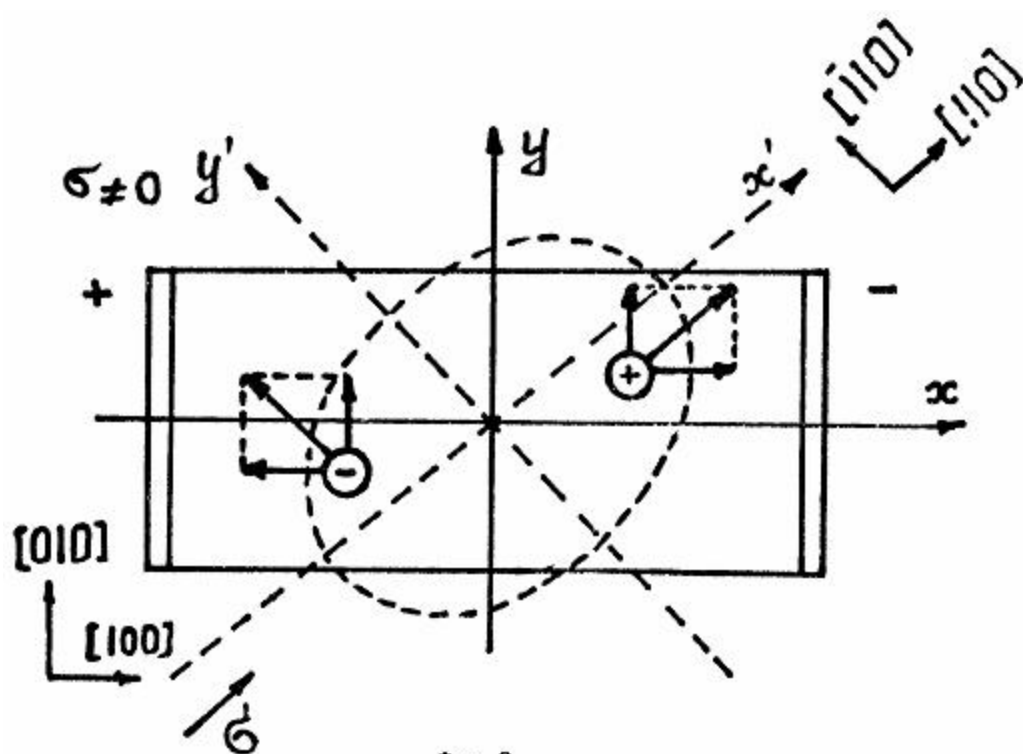
Конструкция преобразователя на фиг.12, позволяет выбором величины сопротивления R_f формировать ширину канала в пределах которого дрейфуют носители заряда. Уровень инжекции носителей заряда, кроме как выбором величины R_3 , можно регулировать изменяя величину R_p (фиг. 11,12). Через это сопротивление р-п-переход, отделяющий базовую область от материала мембраны, смещается в обратном направлении и экстрагирует неравновесные не основные носители заряда из базовой области. С изменением величины R_p будет происходить изменение эффективной длины диффузии неравновесных носителей заряда.

Положение тензотранзистора на мембране показано на фиг. 7-10 прямоугольником 1.

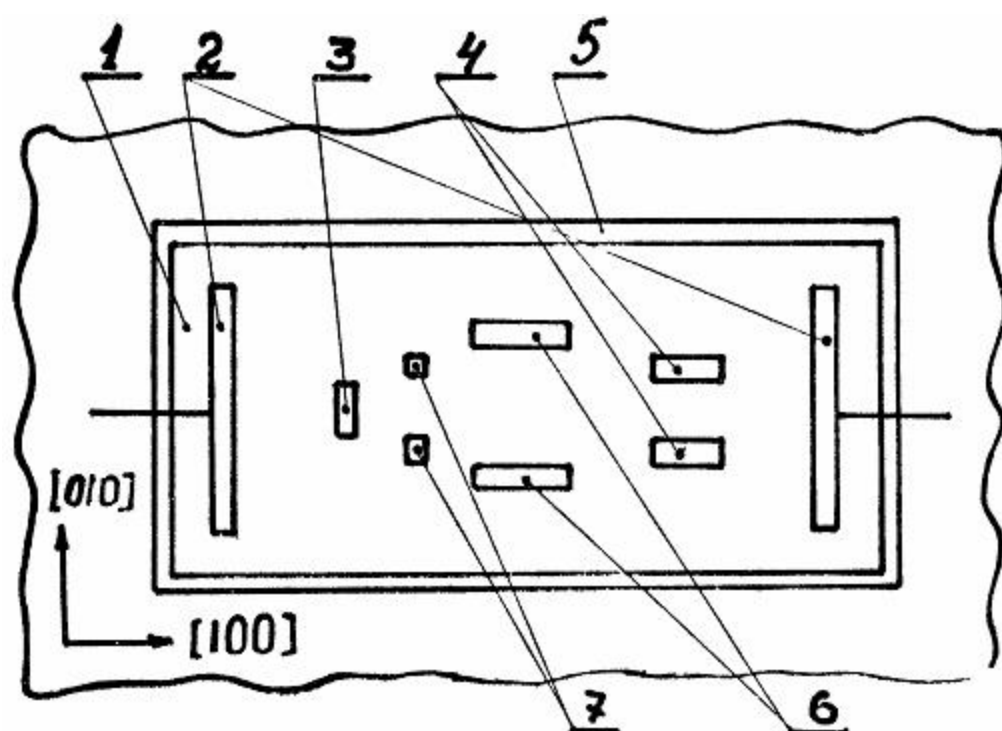
Таким образом, главным техническим преимуществом заявляемого объекта по сравнению с известными техническими решениями, является более высокая чувствительность (более чем на порядок превосходящая приведенную чувствительность известных конструкций преобразователей при прочих равных условиях).



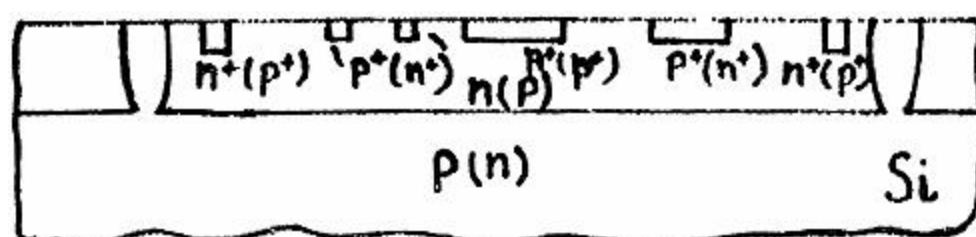
Фиг. 1



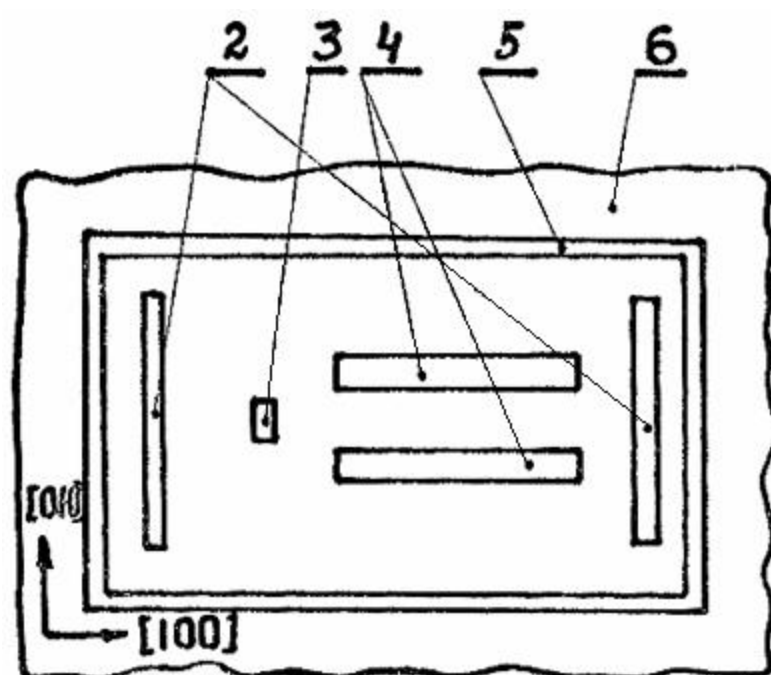
Фиг. 2



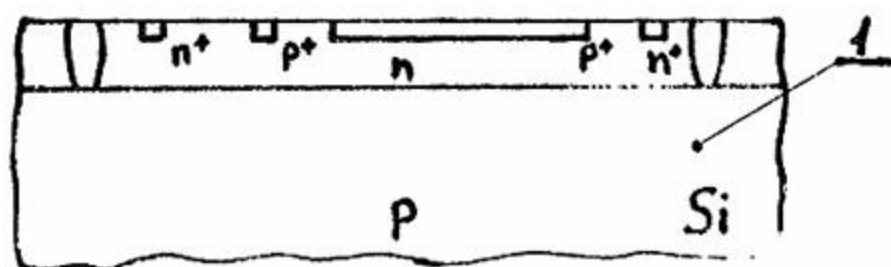
Фиг. 3



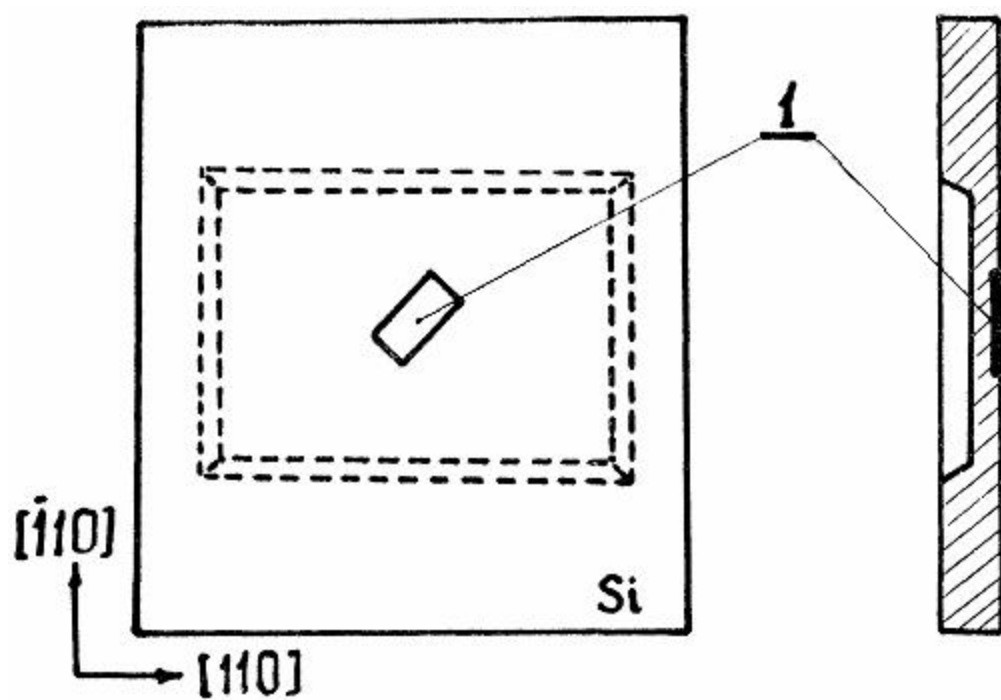
Фиг. 4



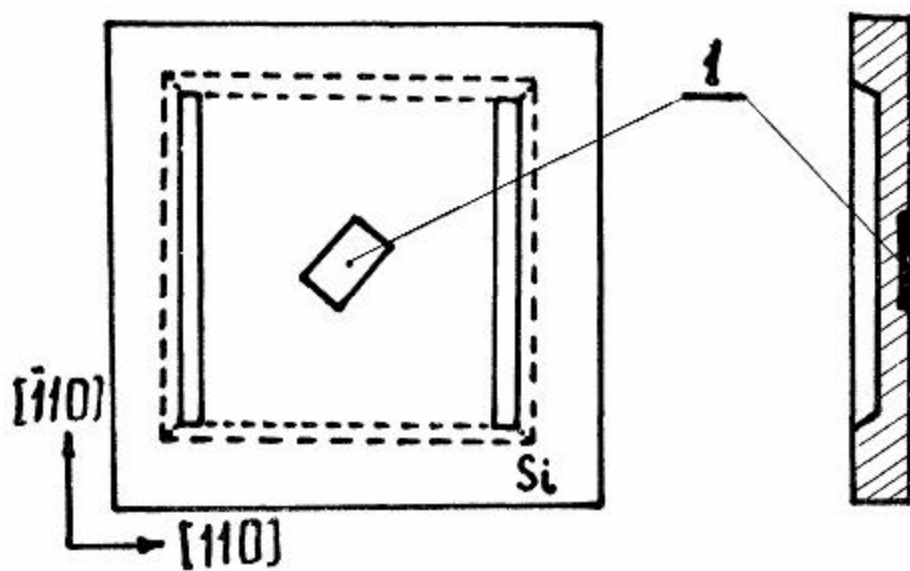
Фиг. 5



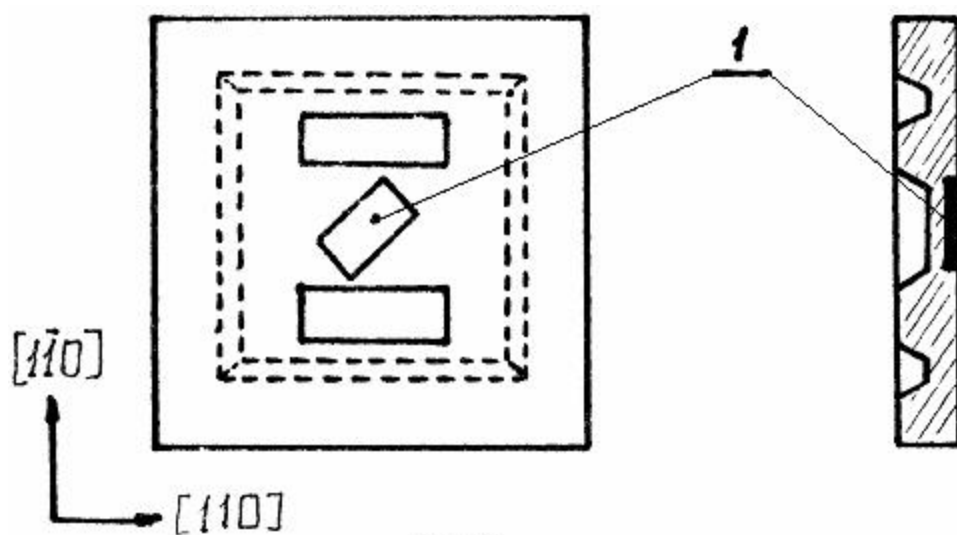
Фиг. 6



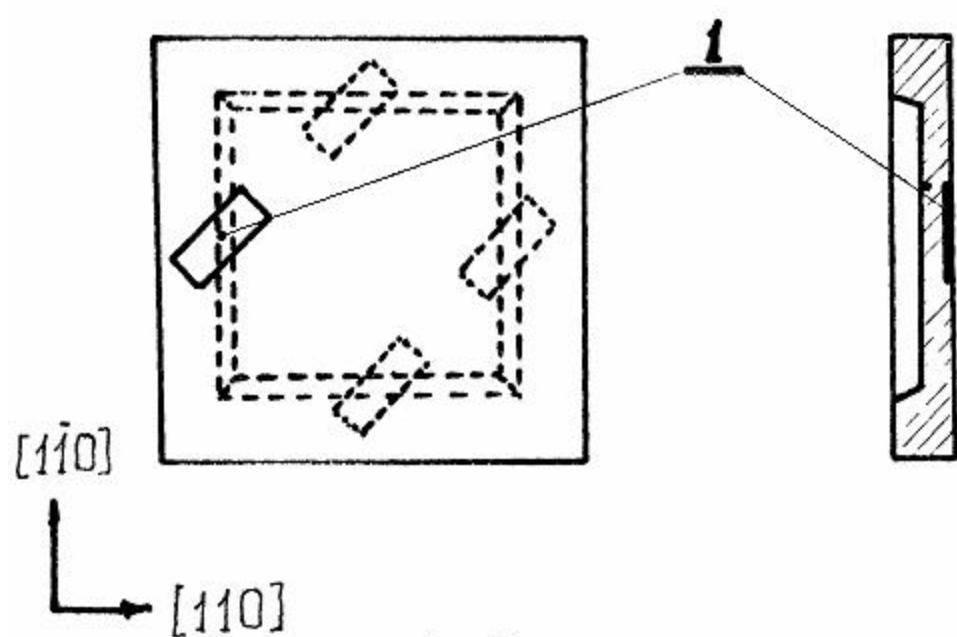
Фиг. 7



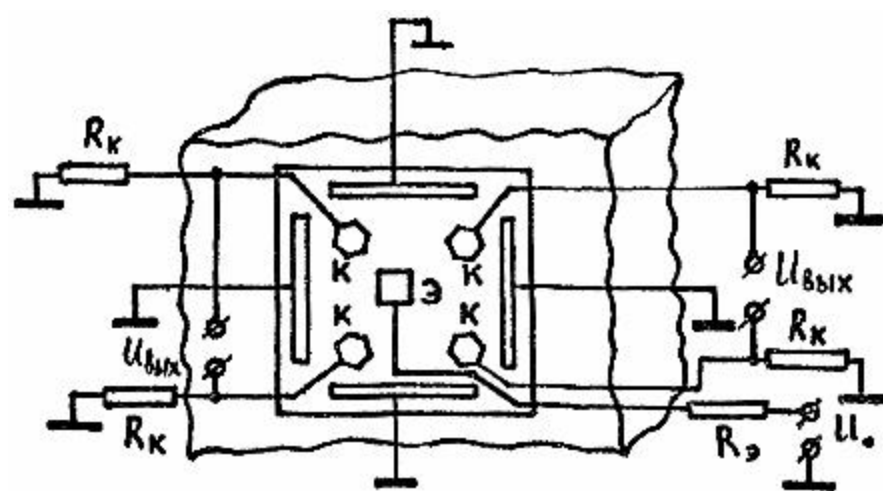
Фиг. 8



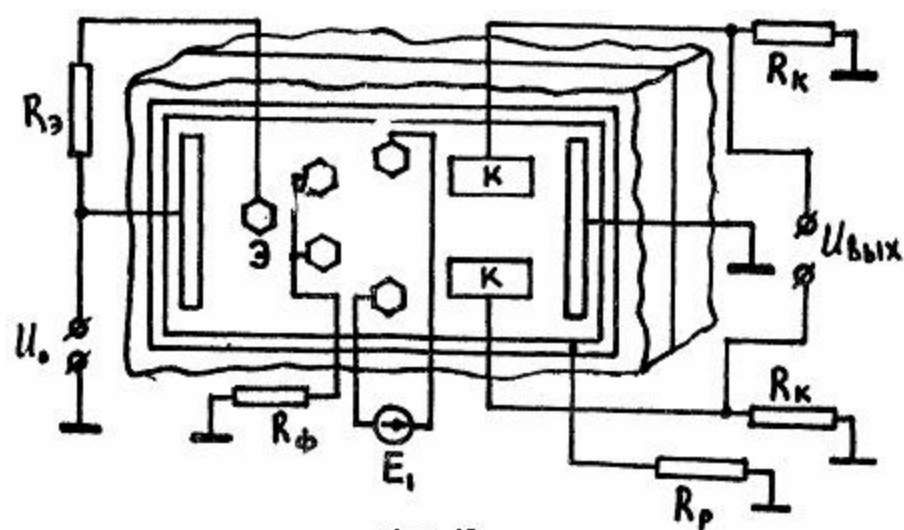
Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11



Фиг. 12