

Аэрокосмическая школа

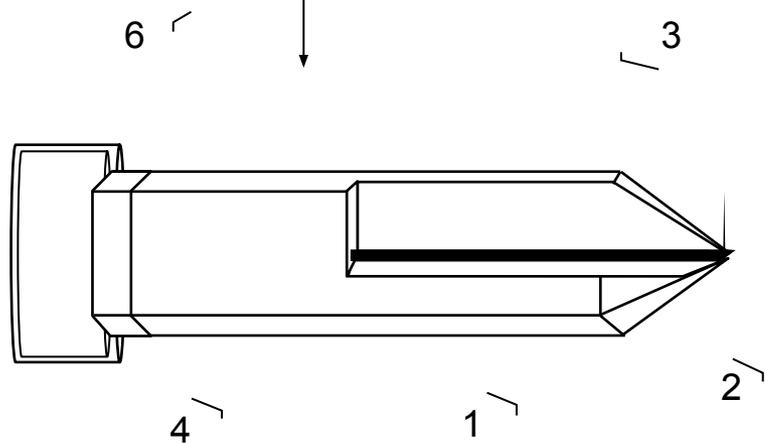
*Разработка технологии производства
активных элементов миниатюрных
вакуумных полупроводниковых приборов*

Авторы: Филина М., 9 класс школа №137

Руководитель:
Дмитриев С.А.

Красноярск, 2018

Описание проблемной ситуации

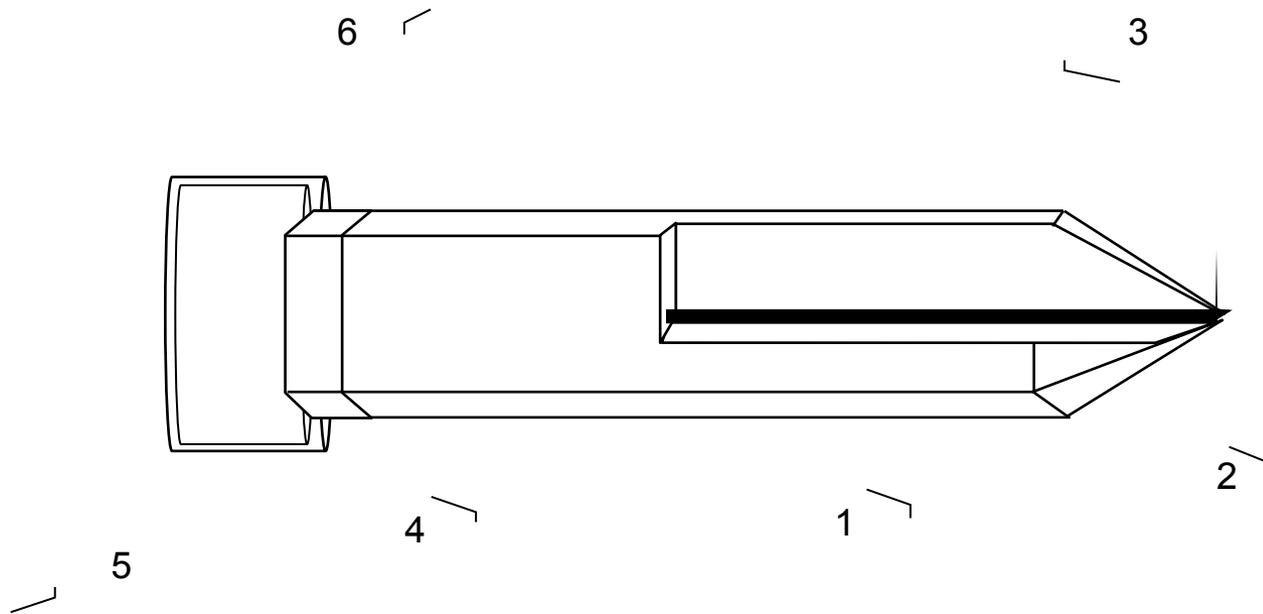


В заявке № 99118561 (шк 72, Красноярск), предложен компактный аэроионизатор, который состоит из кристалла 1 твердого вещества, (кремния) обладающего низкой электропроводностью, высокоэлектропроводного канала 2, являющегося ионизирующим электродом, имеющим сечение, соизмеримое с размерами молекул. Канал 2 подходит к вершине 3 кристалла твердого вещества. Источником питания 4 является низковольтный полупроводниковый преобразователь подсоединенный к низковольтному источнику 5 первичной энергии, расположенной в металлическом корпусе 6.

Напряжение питания – 5 В, вместо 25 000 В

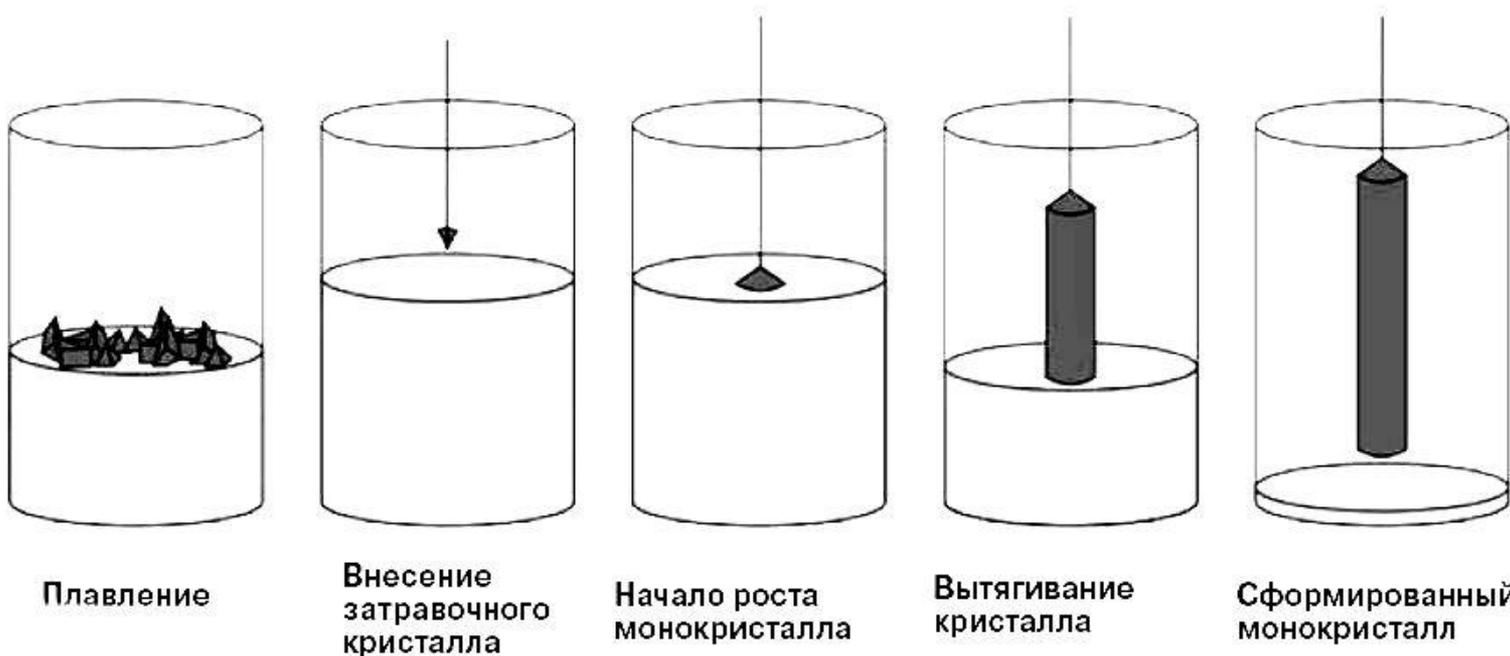
Описание проблемной ситуации

Как создать внутри кристалла полупроводника проводящий канал, диаметром – несколько молекул?



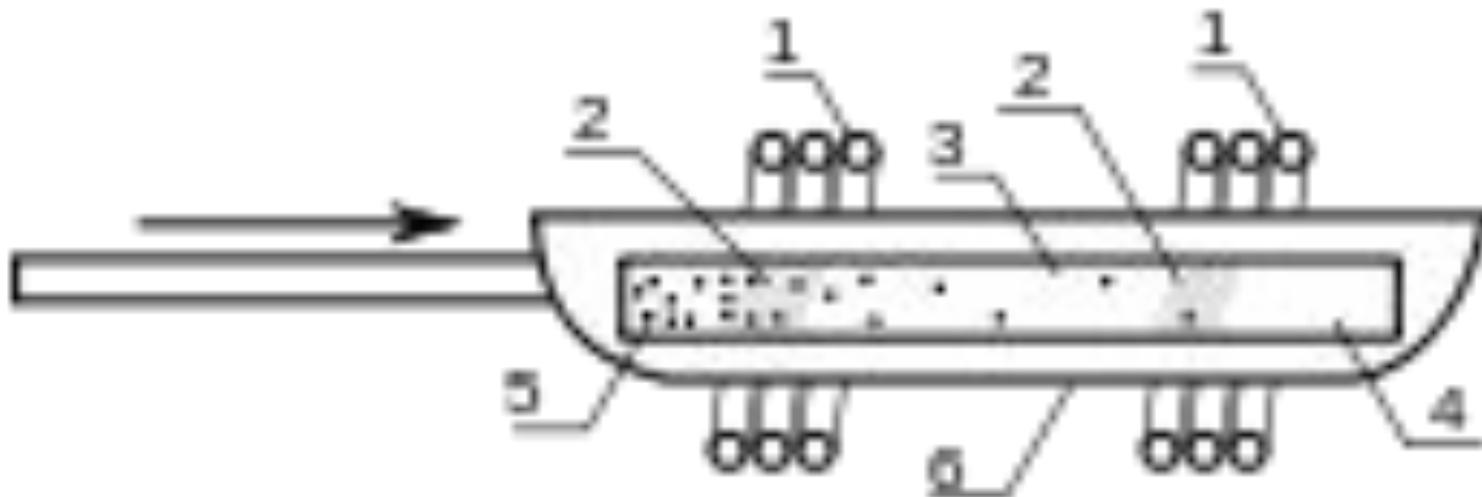
Выращивание кристалла: Метод Чохральского

Метод Чохральского — метод выращивания монокристаллов путём вытягивания их вверх от свободной поверхности большого объёма расплава с инициацией начала кристаллизации путём приведения затравочного кристалла (или нескольких кристаллов) заданной структуры и кристаллографической ориентации в контакт со свободной поверхностью расплава. Но этот метод не подходит, т.к нет возможности создать проводящий канал.



Способ изготовления электропроводного канала

- **Зонная плавка** — метод очистки твёрдых веществ, основанный на различной растворимости примесей в твёрдой и жидкой фазах. Но этот метод нам не подходит, потому что нельзя создать канал диаметром несколько молекул.



Использованный метод решения проблемной ситуации

Для поиска ключевых задач использовались методы (указать, пояснить вкратце);

Функциональный проблемно – ориентированный информационный поиск

Найдена работа ученика АКШ Черкашина, собрана информация по технологии производства полупроводниковых кристаллов и образования в них проводящих каналов.

Приемы разрешения противоречий.

Выявлено физическое противоречие и разрешено противоречие во времени.

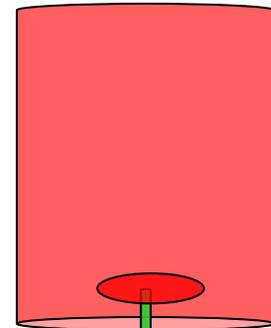
Указатель эффектов

Найдены физэффекты – давление света, управления заряженными частицами электростатическими полями

Работа Черкашина

- В первой концепции предлагается применять метод выращивания монокристаллов в паровой фазе с использованием лазера для создания мономолекулярного электропроводного канала.

Тело растущего кристалла



Луч лазера

Недостатки известных способов решения проблемной ситуации

*Обычно используют лазерный луч в изготовлении отверстий в монокристаллах. Но в данном случае этот способ не подходит, т.к. «пятно нагрева» получается слишком большое-500Нм, а нужно **9,2 Нм**. И из-за этого не удастся создать мономолекулярный канал.*

Мы провели расчеты и выяснили, что размер молекулы кремния равен:

$\ell \sim (M \rho \cdot N_A)^{1/3}$, где ℓ - размер атома, M - молярная масса,

ρ - плотность кремния 2300 кг/м^3

$N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$ - постоянная Авогадро

$\ell \sim (M \rho \cdot N_A)^{1/3} = (28 \cdot 2300 \cdot 6.022 \cdot 10^{-23})^{1/3} = 9.02 \cdot 10^{-9} \text{ м}$,

Длина волны лазера (в метрах) в зависимости от цвета равна:

красный – $7,6 \cdot 10^{-7}$ - $6,2 \cdot 10^{-7}$

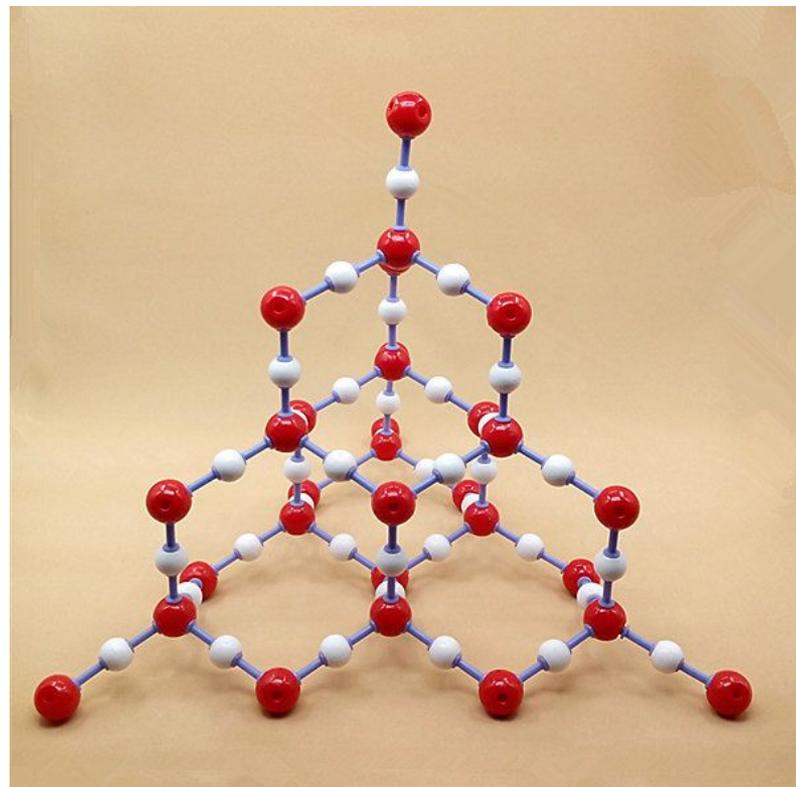
желтый – $5,9 \cdot 10^{-7}$ - $5,6 \cdot 10^{-7}$

зеленый – $5,6 \cdot 10^{-7}$ - $5,0 \cdot 10^{-7}$

голубой – $5,0 \cdot 10^{-7}$ - $4,8 \cdot 10^{-7}$

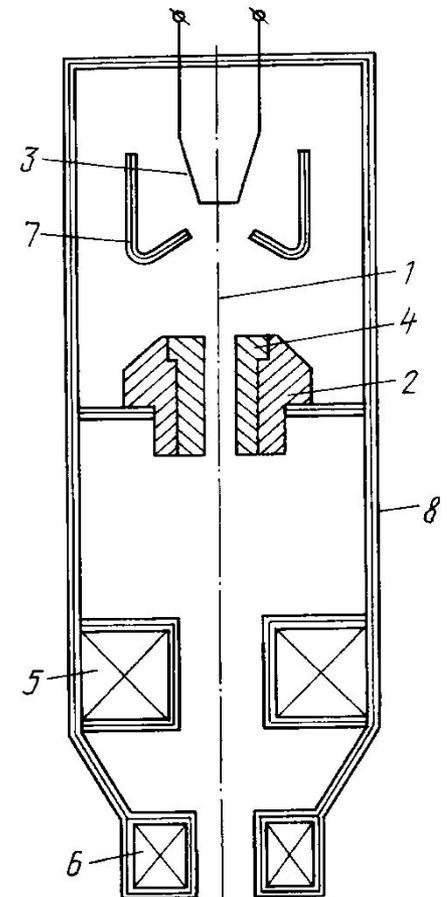
синий – $4,8 \cdot 10^{-7}$ - $4,5 \cdot 10^{-7}$

фиолетовый – $4,5 \cdot 10^{-7}$ - $3,8 \cdot 10^{-7}$

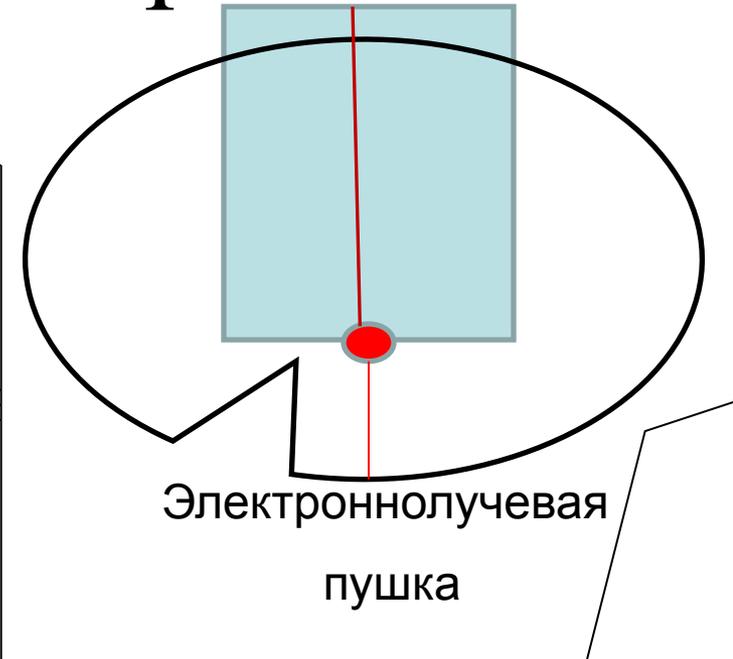
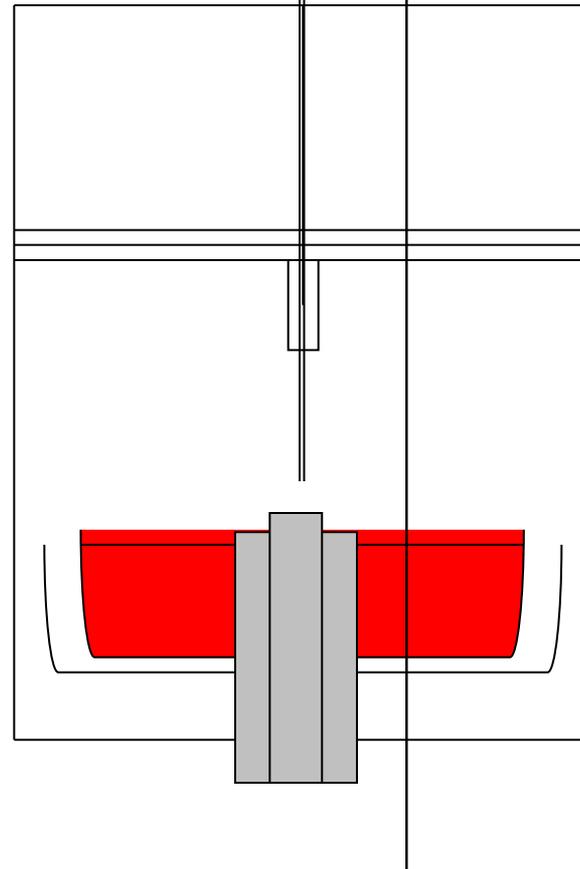


Электронный луч вместо лазерного

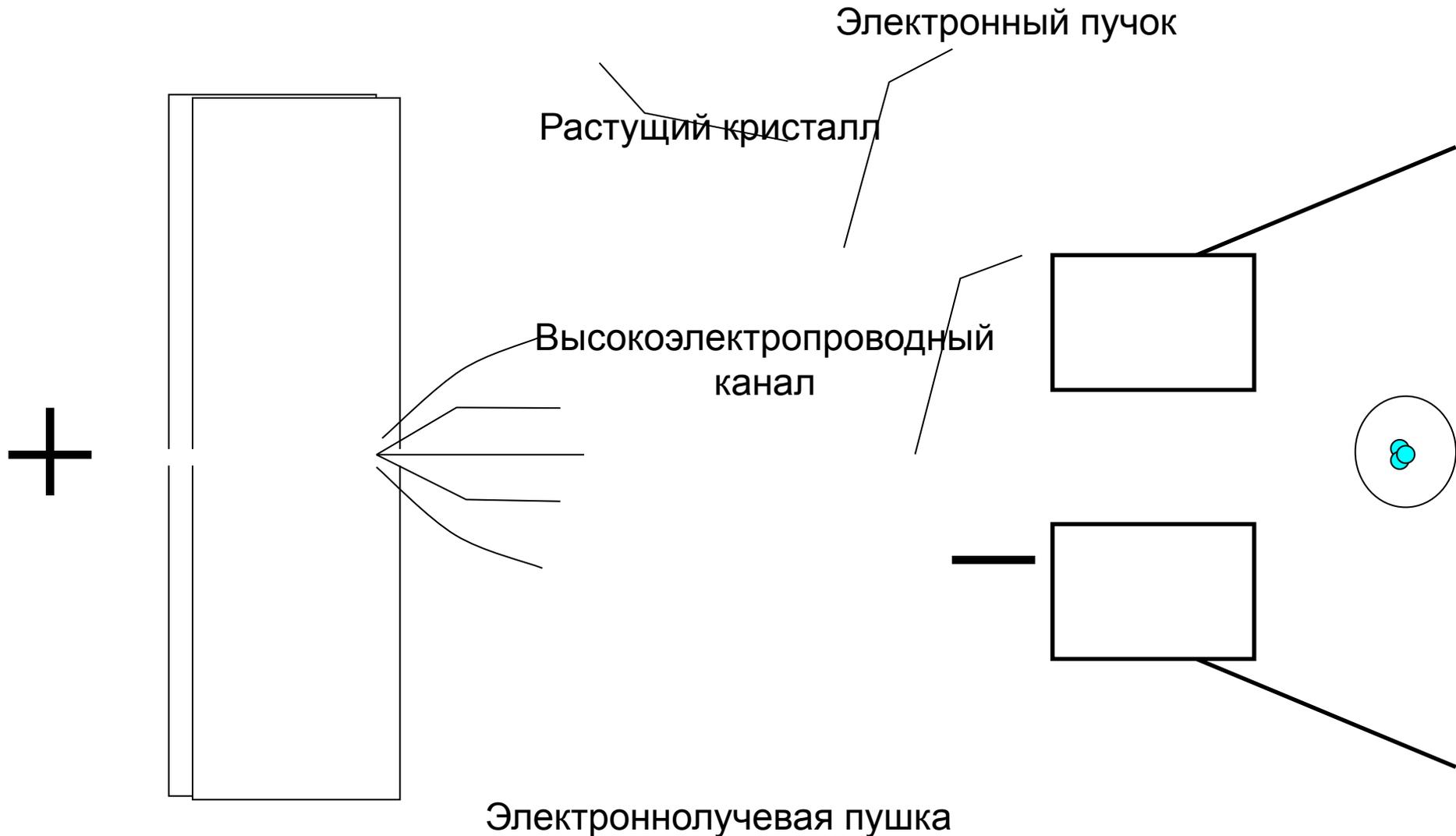
- Во второй концепции предлагается использовать вместо лазера электроннолучевую пушку.



Электроннолучевая технология точечного нагрева поверхности

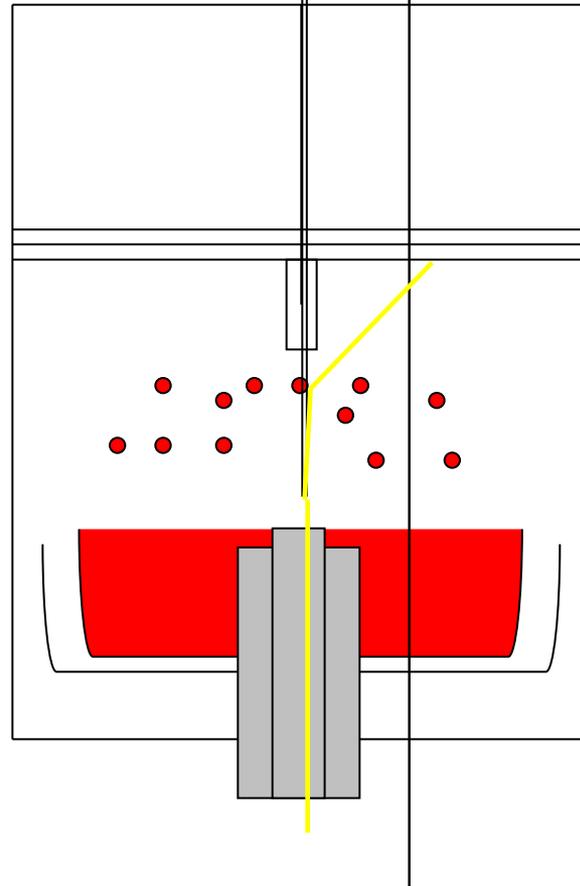


Протекающие процессы



Противоречие

Пары кремния должны быть, чтобы создать полупроводниковый кристалл, и паров не должно быть, чтобы не мешать созданию проводящего канала, движению электронов.



Пары
Электроннолучевая
пушка



Разрешение противоречия во времени.

В период А движутся к кристаллу пары кремния, а в период – Б –электронный луч нагревает поверхность кристалла.

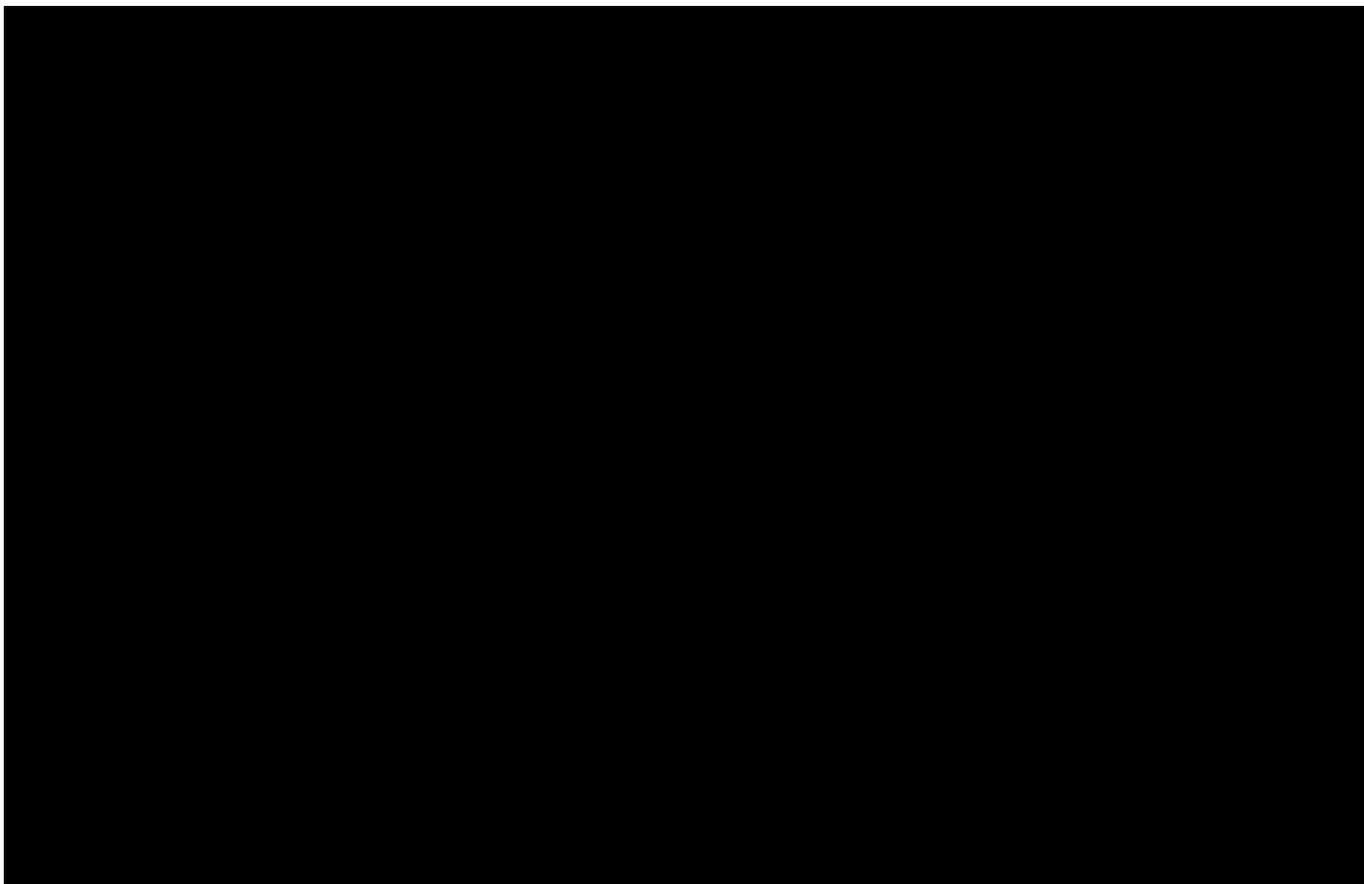


Новая ключевая задача. Как управлять движением паров?

Давление света

Давление света - давление, оказываемое светом на отражающие и поглощающие тела, частицы, а также отдельные молекулы и атомы. С помощью этого эффекта было разрешено противоречие.

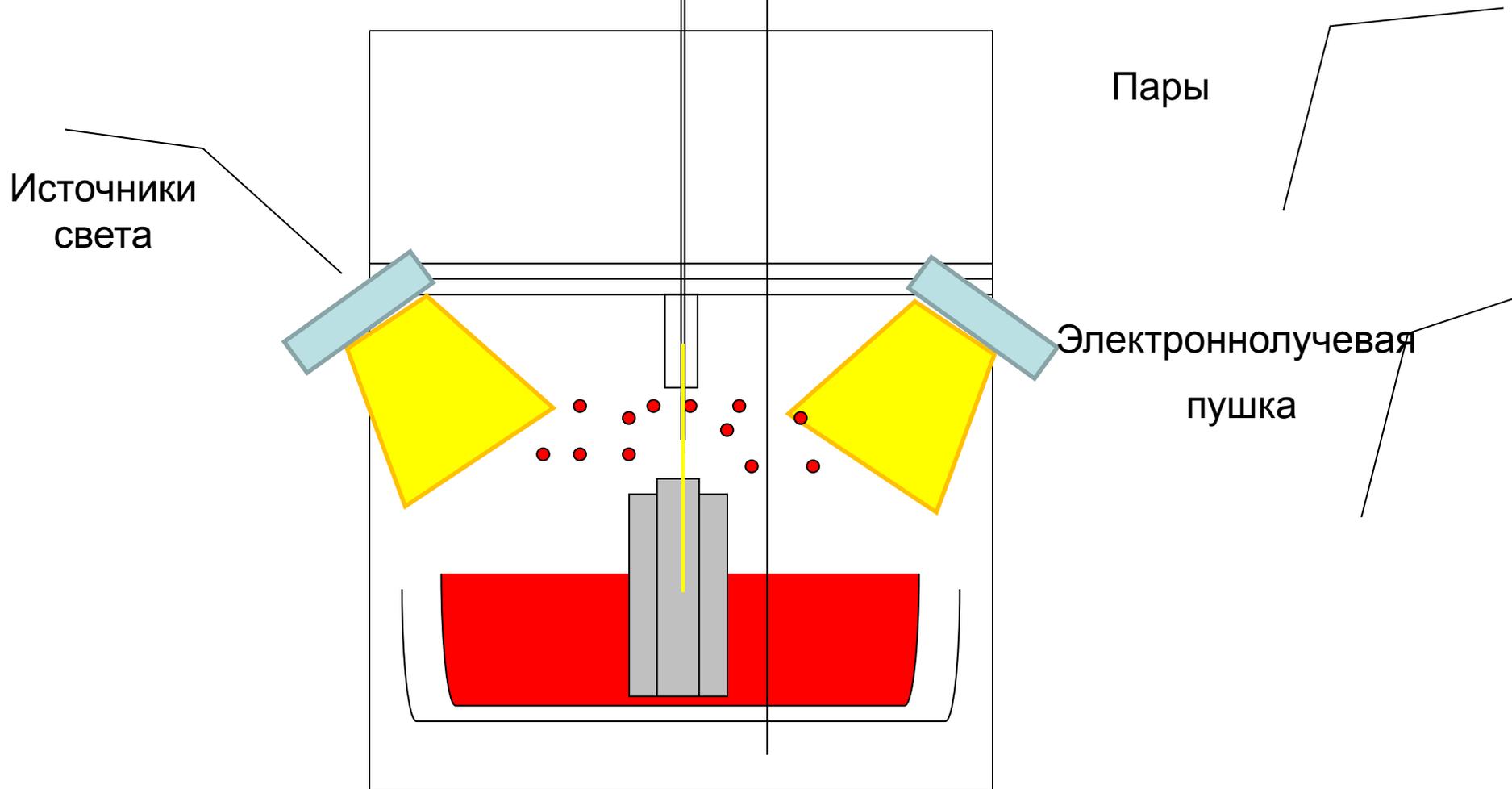
Давление света



Решение противоречия

- Мощный поток света задержит пары на некоторый период, и таким образом они не будут мешать процессу движения электронов из пушки к поверхности кристалла.

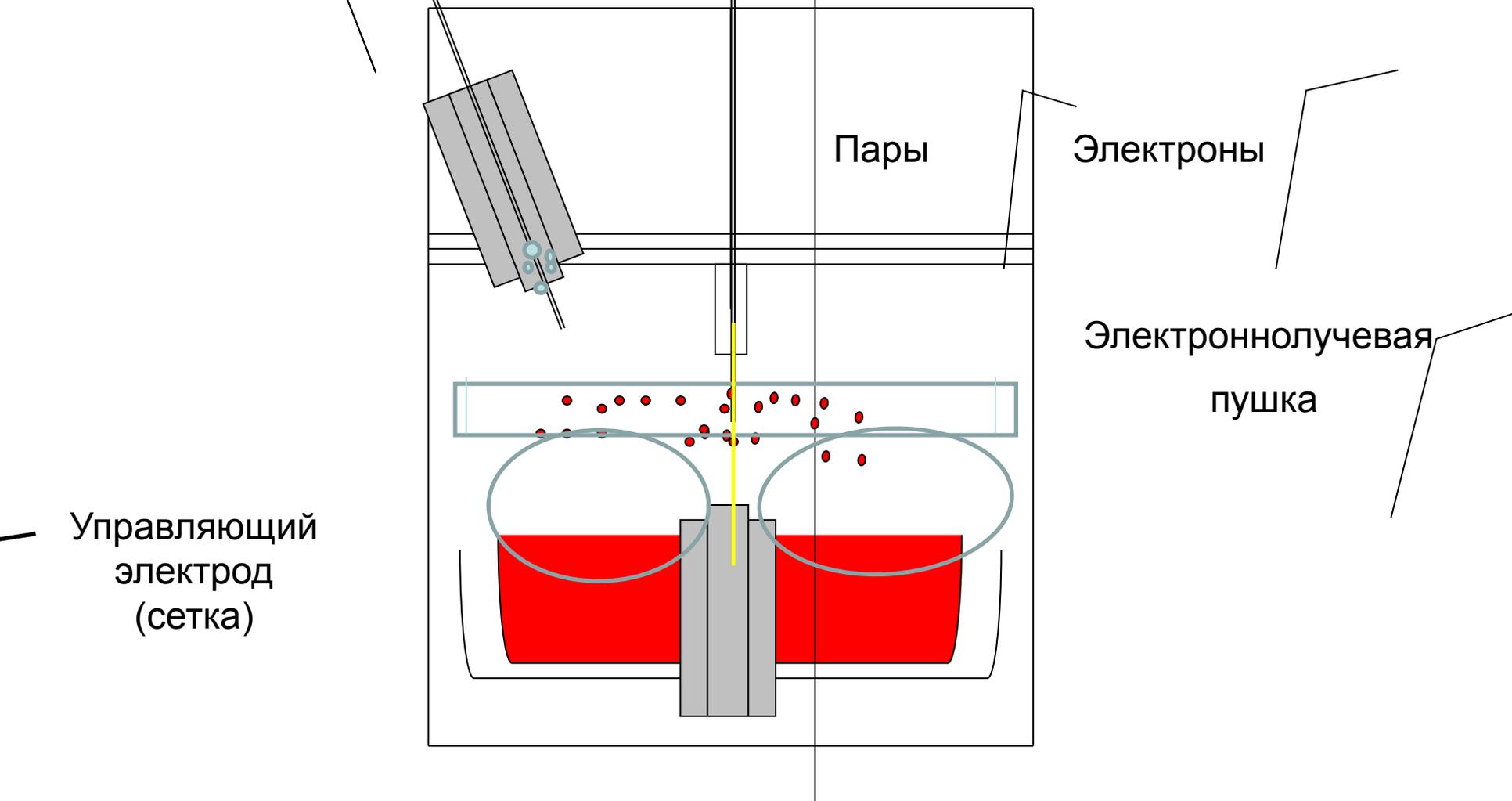
Решение противоречия



Решение 2

Создание электрического поля, с помощью которого можно управлять парами. Имеется вторая электронная пушка, выбрасывающая электронные пучки, которые присоединяются к парам.

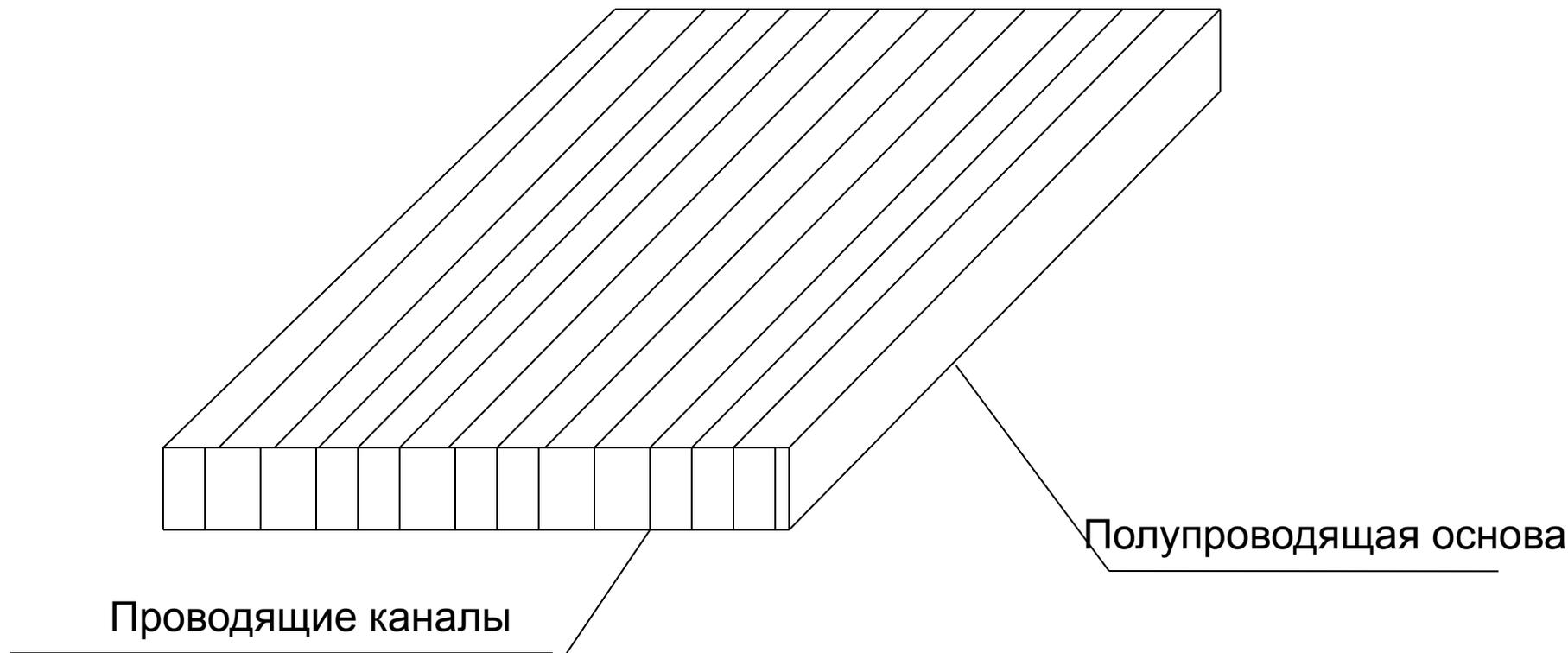
Решение противоречия



Конструкция по технологии

- Активный элемент представляет собой пластину с полупроводниковыми канальцами в виде «иголочек».

Заданная конструкция



Достоинства и потенциальное развитие

- Предложенная технология позволит изготавливать полупроводниковые активные элементы миниатюрных вакуумных полупроводниковых приборов, с сетью электропроводящих каналов нанометрического диаметра.
- В будущем такую технологию можно использовать в более обширных сферах. Например, создание особо тонких смартфонов или мониторов.