

Доклад на тему
“Приборы с зарядовой связью”

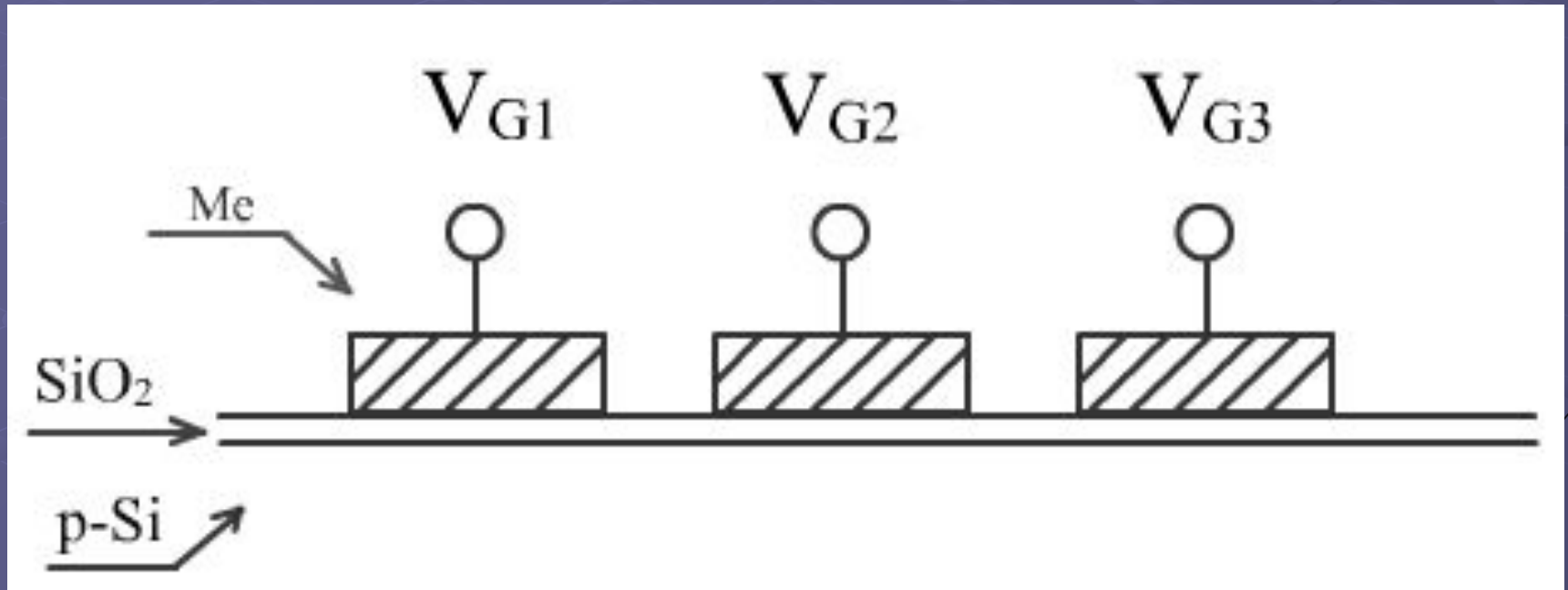
Выполнил Ситников Виталий

Физические принципы работы ПЗС матрицы

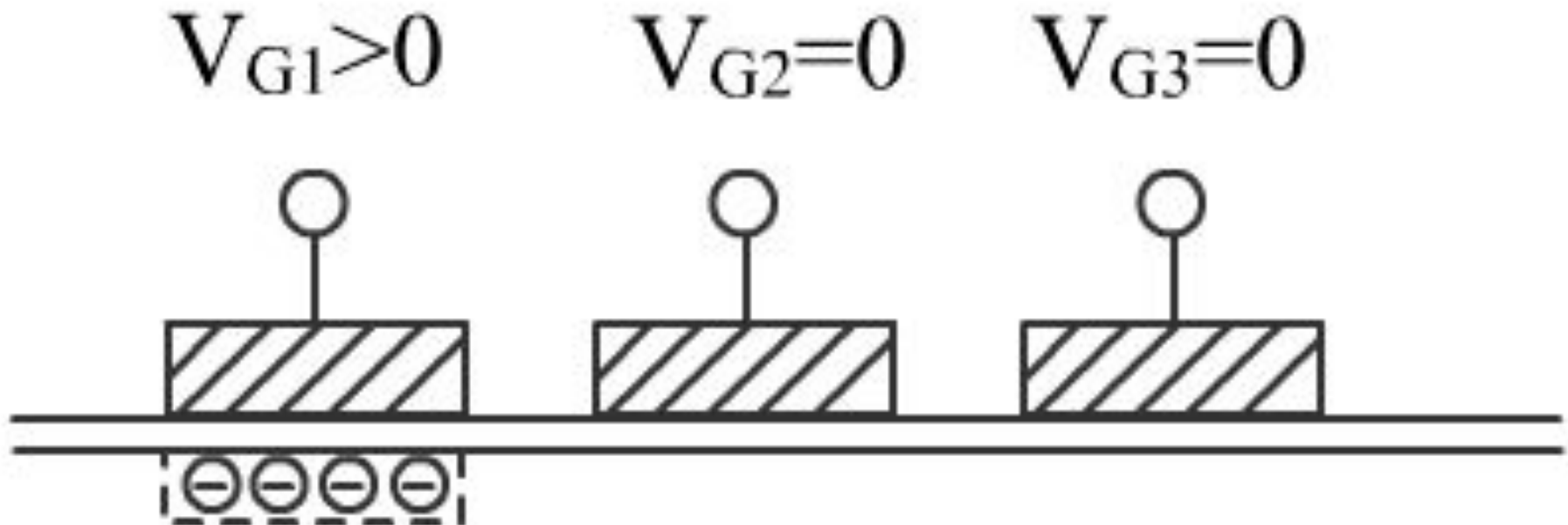
Упрощенно прибор с зарядовой связью можно рассматривать как матрицу близко расположенных МДП-конденсаторов. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник (МДП-структуры) научились получать в конце 50-х годов. Были найдены и развиты технологии, которые обеспечивали низкую плотность дефектов и примесей в поверхностном слое полупроводника. Тем самым уже через 10 лет были заложены предпосылки для изобретения приборов с зарядовой связью.

С физической точки зрения ПЗС интересны тем, что электрический сигнал в них представлен не током или напряжением, как в большинстве других твердотельных приборах, а зарядом. При соответствующей последовательности тактовых импульсов напряжения на электродах МДП-конденсаторов зарядовые пакеты можно переносить между соседними элементами прибора. Поэтому такие приборы и названы приборами с переносом заряда или с зарядовой связью. ПЗС-элементы служат для преобразования оптического излучения в электрические сигналы и передачи информации от одного элемента электронной схемы к другому.

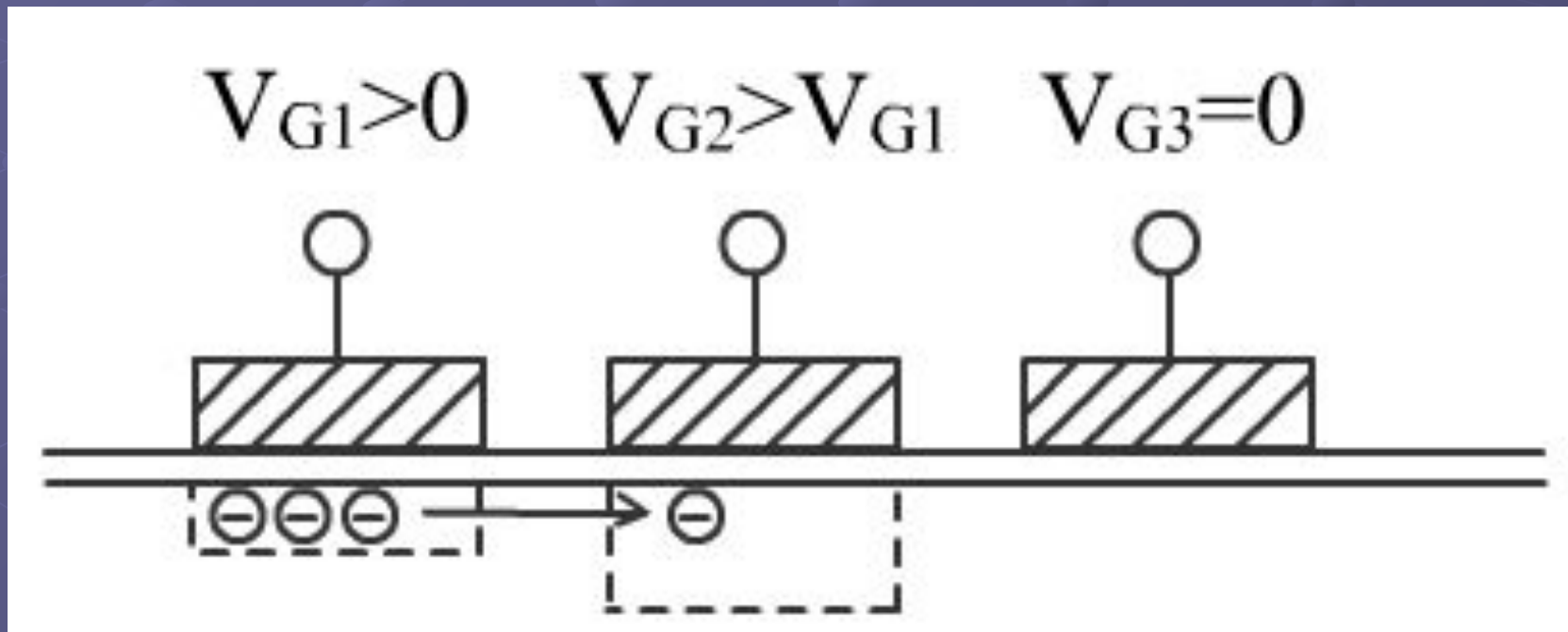
Структура состоит из слоя кремния р-типа (подложка), изолирующего слоя двуокиси кремния и набора пластин-электродов. Полупроводник р-типа, получают добавлением (легирование) к кристаллу кремния акцепторных примесей, например, атомов бора. Акцепторная примесь создает в кристалле полупроводника свободные положительно заряженные носители — дырки. Дырки в полупроводнике р-типа являются основными носителями заряда: свободных электронов там очень мало.



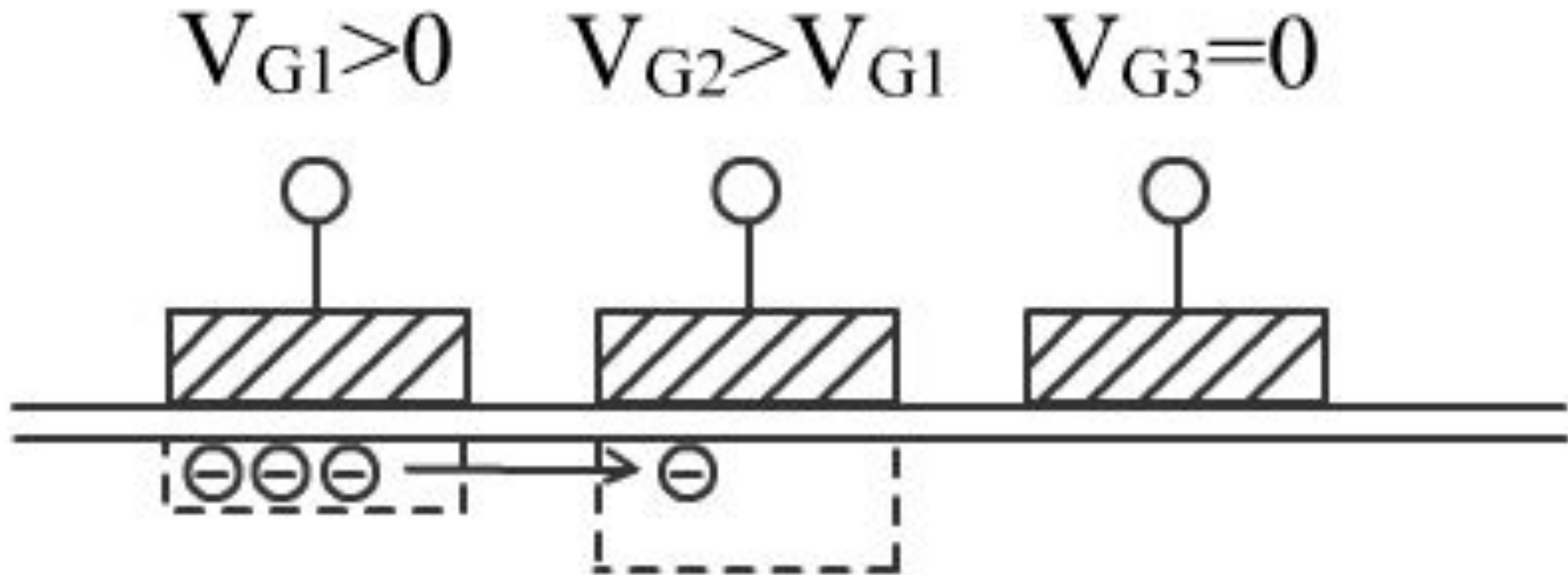
Если теперь подать небольшой положительный потенциал на один из электродов ячейки ПЗС, а два других электрода оставить под нулевым потенциалом относительно подложки, то под положительно смещенным электродом образуется область обедненная основными носителями — дырками. Они будут оттеснены вглубь кристалла. На языке энергетических диаграмм это означает, что под электродом формируется потенциальная яма.



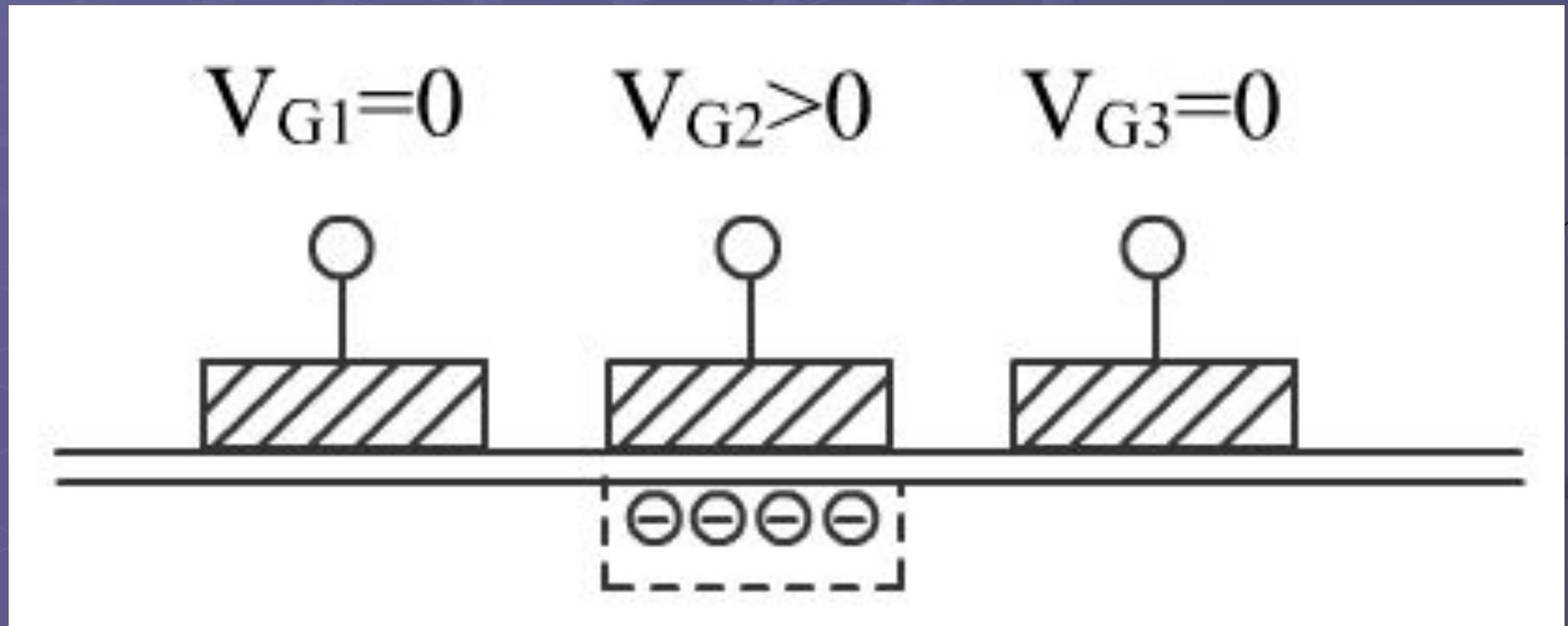
При подаче обедняющего импульса напряжения V_{G1} на затвор 1 го элемента в ОПЗ полупроводника образуется неравновесный слой обеднения. Известно, что неравновесное состояние сохраняется в период времени t порядка времени генерационно-рекомбинационных процессов $t_{ген}$. Поэтому все остальные процессы в ПЗС элементах должны проходить за времена меньше $t_{ген}$. Пусть в момент времени $t_1 \gg t_{ген}$ в ОПЗ под затвор 1 го элемента инжектирован каким-либо образом информационный заряд электронов. Теперь в момент времени $t_2 > t_1$, но $t_2 \ll t_{ген}$ на затвор 2 го ПЗС элемента подадим напряжение $V_{G2} > V_{G1}$, способствующее формированию более глубокой потенциальной ямы для электронов под затвором 2 го элемента.



Вследствие диффузии и дрейфа возникнет поток электронов из ОПЗ под 1-м элементом в ОПЗ под вторым элементом, как показано на рисунке. Когда весь информационный заряд перетечет в ОПЗ 2-го ПЗС элемента, напряжение на затворе V_{G1} снимается, а на затворе V_{G2} уменьшается до значения, равного V_{G1} . Произошла передача информационного заряда. Затем цикл повторяется и заряд передается дальше в ОПЗ 3-го ПЗС элемента. Для того, чтобы приборы с зарядовой связью эффективно функционировали, необходимо, чтобы время передачи $t_{пер}$ от одного элемента к другому было много меньше времени генерационно-рекомбинационных процессов ($t_{пер} \ll t_{ген}$).



Когда весь информационный заряд перетечет в ОПЗ 2-го ПЗС элемента, напряжение на затворе V_{G1} снимается, а на затворе V_{G2} уменьшается до значения, равного V_{G1} . Произошла передача информационного заряда. Затем цикл повторяется и заряд передается дальше в ОПЗ 3-го ПЗС элемента



Электроды ПЗС-матриц

Электроды ПЗС в течение некоторого времени после изобретения чаще всего изготавливались в одном слое металла. Слой алюминия толщиной около 1 мкм наносили на прибор испарением. Затем путем фотолитографии формировали электроды. Наиболее критичным этапом в технологическом цикле изготовления одноуровневой структуры этого типа является вытравливание межэлектродных зазоров. Для обеспечения хорошего переноса зарядовых пакетов надо, чтобы потенциальные ямы соседних электродов перекрывались. Глубина потенциальной ямы зависит от степени легирования кремния и величины приложенного к электроду потенциала. Типичные значения — единицы микрон. Отсюда следует, что межэлектродные зазоры не должны быть больше единиц микрон.

Суммарная длина этих узких зазоров в больших приборах весьма велика.

Понятно, что любое случайное замыкание соседних электродов, произошедшее на одной из операций технологического цикла, полностью выведет прибор из строя. Последующее развитие ПЗС-технологии было направлено на создание структур, свободных от недостатков первых технологий и работающих с более простыми управляющими напряжениями.

Благодаря применению новейших высокоточных технологий в изготовлении ПЗС, эти приемники излучения в настоящее время стали доминирующими в телевизионных системах и вывели их на принципиально новый уровень, существенно расширив функциональные возможности ПЗС и сделав доступными по себестоимости для широкого применения.