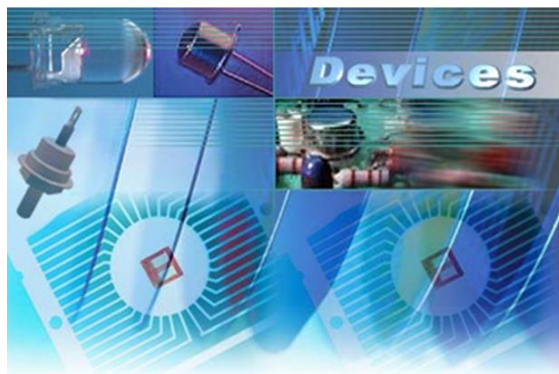




Видове MOS транзистори



Полупроводникови елементи



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 1 от ...

Въведение



Съществуват различни разновидности на MOS транзистори, които са намерили многобройни приложения. От тях специално място заемат тези с нищожна консумация, използвани в космическата електроника и в устройства с батерийно захранване, мощните MOS транзистори за управление в силовата електроника и транзисторите с променливо прагово напрежение, позволили създаването на полупроводникови памети за компютърната индустрия.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 2 от ...

Класификация



MOS транзисторите могат да се систематизират според:

- ✦ Вида на канала – с N канал, с P канал и комплементарни (CMOS)
- ✦ Броя на гейтовете – с един и с два гейта
- ✦ Дължината на канала – MOS транзистори с къс канал, DMOS, VMOS
- ✦ Вида на структурата – обикновена и сандвич (FAMOS, FGMOS, MNOS)
- ✦ Вида на подложката – полупроводникова (Si, GaAs), диелектрична и др.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 3 от ...

Цели и предпоставки

Разглеждат се структурата, принципът на действие и основните приложения на различни типове MOS транзистори.

Познавате

След изучаване на материала вие би трябвало да:

- ✦ Различни типове MOS транзистори
- ✦ Тяхната структура и
- ✦ Основните им приложения

Разбирате

- ✦ Принципът на действие на различни типове MOS транзистори
- ✦ Процесите, протичащи в MOS транзисторните клетки памет при запис и изтриване на информация

Анализирате

- ✦ Предимствата и недостатъците им

Предпоставки: MOS транзистори



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

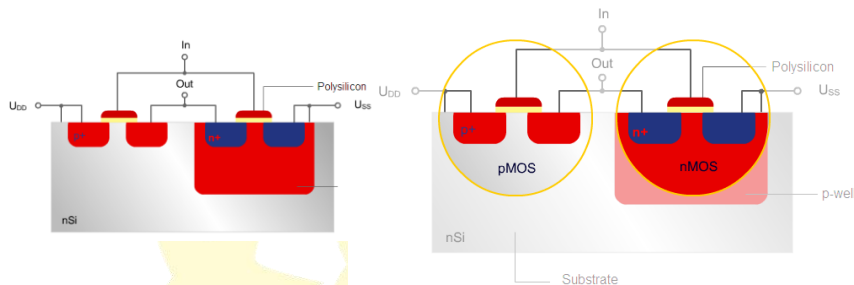
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 4 от ...

CMOS структура



CMOS (Complementary MOS) структурата се състои от два MOS транзистора – един с *N*-канал и един с *P*- канал, в обща подложка. Гейтовете и дрейновете на двата транзистора са свързани заедно, формирайки съответно вход и изход.

N-каналният транзистор е разположен в *P*-дъжоб, който играе роля на подложка за този транзистор.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

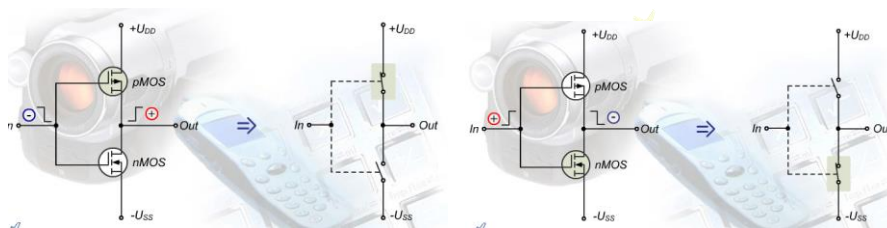
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 5 от ...

CMOS ключ



CMOS е съвременна технология за производство на интегралните схеми. Основно нейно предимство е **ниската консумация** (нано ватове). Това я прави популярна в космическата електроника, микропроцесорите, памети, устройства, работещи с батерийно захранване като калкулатори, цифрови фотоапарати, камери, мобилни телефони и др.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

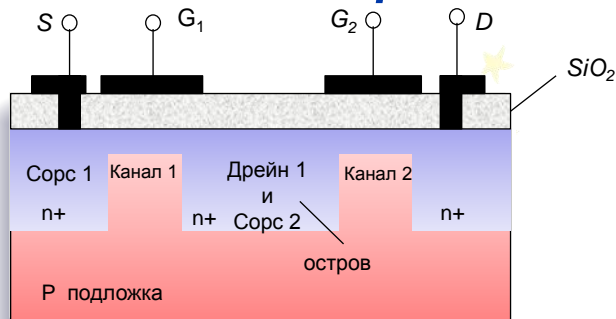
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 6 от ...

Двугейтов MOS транзистор



Двугейтовият транзистор може да се разглежда като **два последователно свързани MOS транзистора**, които са конструктивно **еднакви**. В средната част на канала е формирана силно легирана **N област - остров**. **Островът** е дрейн – **D** за първия и сорс - **S** за втория транзистор, без външен извод. Токът, протичащ през транзистора, може да се управлява и чрез **двата гейта**.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

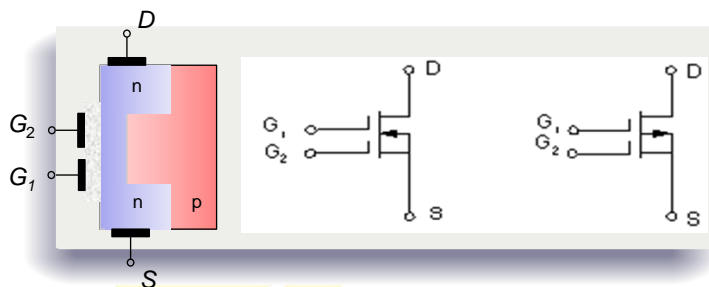
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 7 от ...

Двугейтов MOS транзистор



Наличието на G_2 , намалява проходния капацитет $G_1 - D$, увеличава изходното съпротивление и коефициента на усилване. Изходните характеристики са подобни на тези на класическия MOS транзистор, като в областта на насищане имат по-малък наклон поради по-голямото си $R_{изх}$. Аналитичните изрази на характеристиките се получават от система уравнения за двата съставни транзистора с отчитане на $I_{D1} = I_{D2}$



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

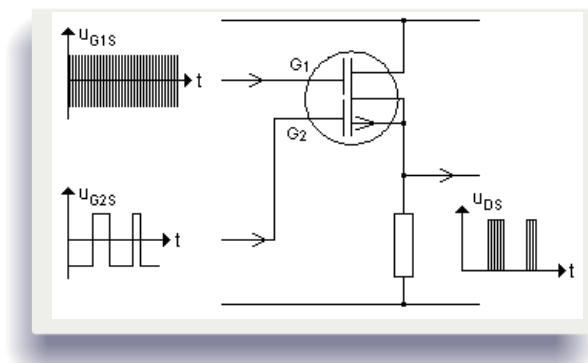
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 8 от ...

Приложения



Двугейтовите MOS транзистори обикновено се използват за ВЧ смесители, модулатори и ВЧ усилватели.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

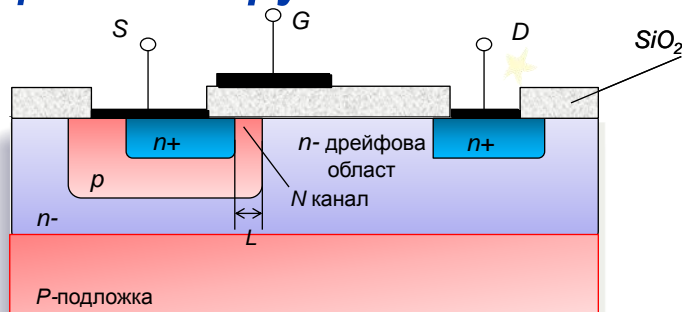
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 9 от ...

Двойнодифузионен DMOS



Методът на **двойната дифузия** е един от основните методи за изготвяне на мощни MOS транзистори с къс канал. Изполват се две последователни дифузии: 1- за създаване на p област (подложка) и 2- за $n+$ област. Дължината на канала L се определя от разликата между тези две области. Тя е от порядъка на $0.1-1 \mu\text{m}$.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

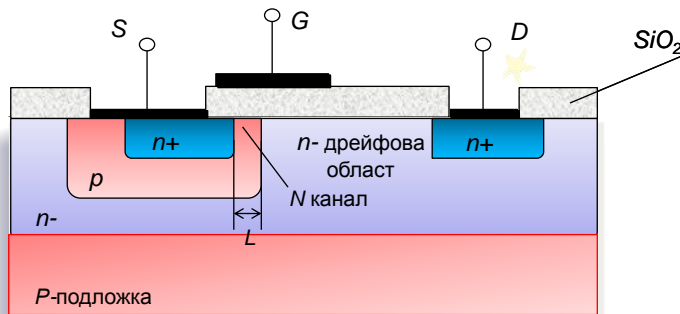
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 10 от ...

Хоризонтален DMOS – действие



Непосредствено до канала е разположена **нисколегирана N** дрейфова област. При прилагане на U_{DS} и при $U_{GS} > U_T$, електроните преминават от S към D през късия канал, прекосявайки дрейфова N областта, където има създадено силно електрическо поле.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

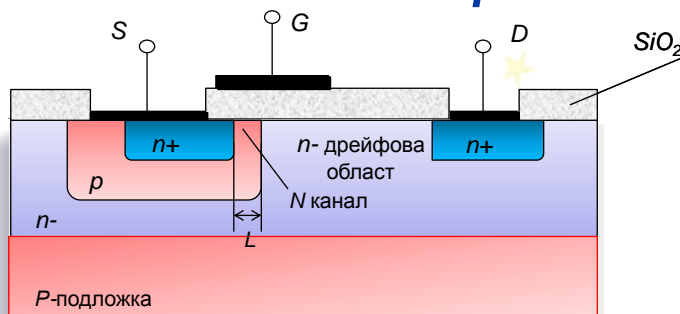
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 11 от ...

Хоризонтален DMOS – предимства



Малката дължина на канала довежда до:

- ✦ добри честотни свойства и високо бързодействие
- ✦ по-добра стръмност на транзистора

Нисколегираната N област позволява: по-високи работни напрежения.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

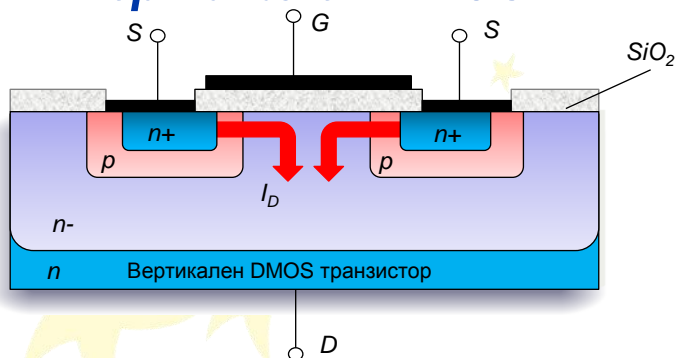
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 12 от ...

Вертикален DMOS



Дрейнтът D е разположен на долната страна на подложката и структурата има по-малки размери на кристала. Вертикалната структура на DMOS транзистора позволява работа с **по-високи напрежения**.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

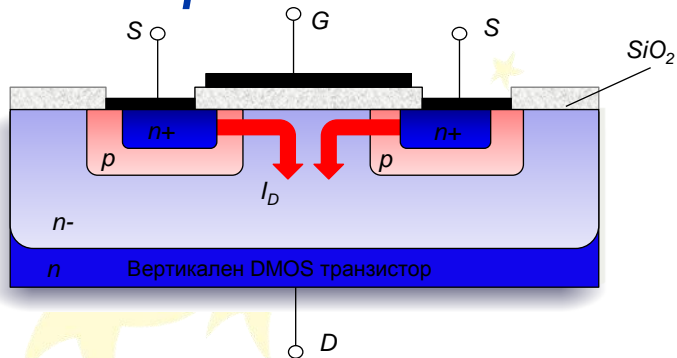
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 13 от ...

Приложения



Верикалните DNOS транзистори се използват като **мощни ключове** за електротовари и за управление на електродвигатели. Мощните елементи се състоят от множество подходящо свързани структури, разположени върху обща подложка. Пробивните напрежения могат да достигнат до 2000 V, а превключващите токове – до 500 A.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

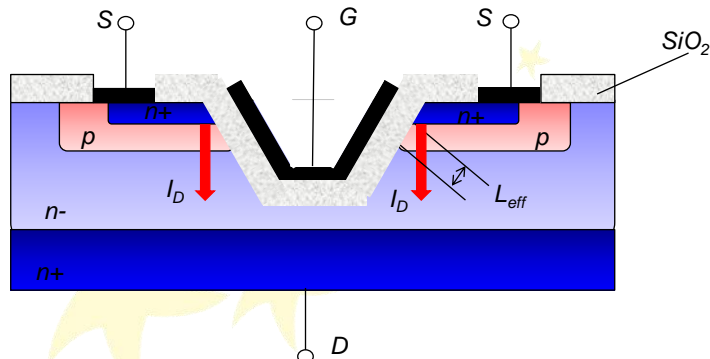
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 14 от ...

VMOS транзистор



VMOS транзисторът е разновидност на мощните MOS транзистори с **къс канал**, който се постига с V-образна канавка. **V образната канавка** се получава при използване на свойството **анизотропност** на **Si** при ецване в **различни** кристалографски направления. Дължина на канала **$L_{eff} \sim 1\mu\text{m}$** . Дрейнт **D** се намира от долната страна на подложката, а **S** и **G** от горната.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

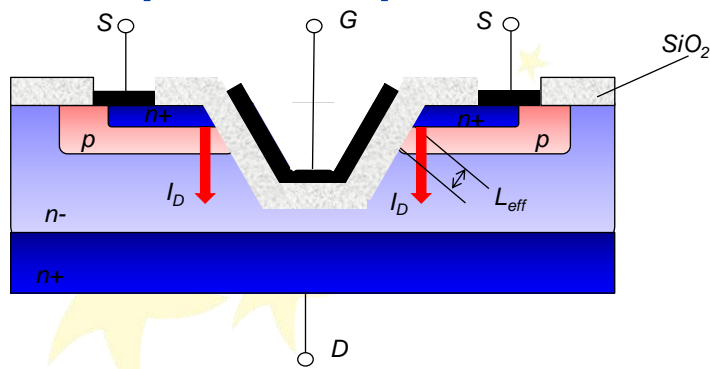
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 15 от ...

VMOS транзистор – действие



Принципът на работа на VMOS е аналогичен на DMOS транзистора. **N-** каналът се индуцира в **P** областта до V-образната канавка, като за всяка V-канавка се създават 2 канала. Това удвояване на каналите прави VMOS транзистора един от най-икономически изгодните мощни MOS транзистори.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”

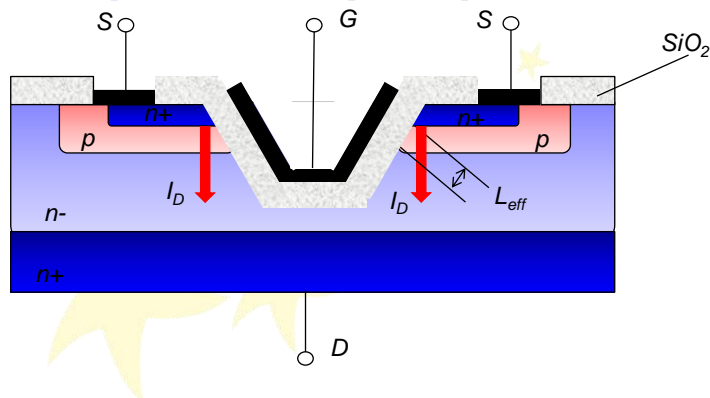
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 16 от ...

VMOS транзистор – предимства



Вертикално разположената дрейфова N^- област осигурява **високо пробивно напрежение**, **малък проходен капацитет C_{GD}** и **по-висока степен на интеграция**, защото на горната повърхност са разположени само два електрода.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

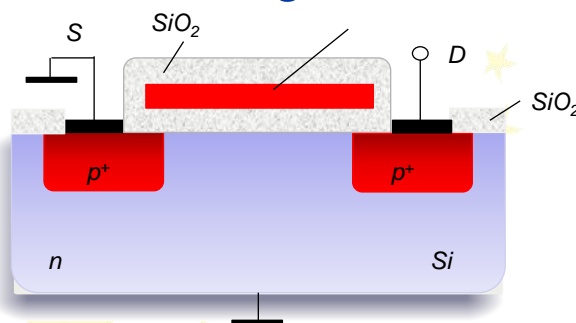
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 17 от ...

FAMOS – Floating Avalanche MOS



FAMOS – Floating Avalanche MOS транзисторите имат **“плаващ” (floating) гейт** и използват **лавинен пробив (Avalanche)** за запис на информация. Те служат като енергонезависими елементи в полупроводникови постоянни паметни с електрическо програмиране – EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) – електрически програмируема постоянна памет.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“

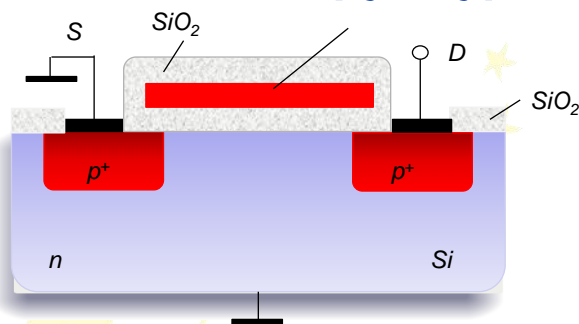
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 18 от ...

FAMOS – структура



FAMOS транзисторът има плуващ гейт – **поликристален силициев гейт**, изолиран от подложката с тънък SiO_2 .

Структурата е непроводяща – върху гейта няма заряд и под него липсва канал.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

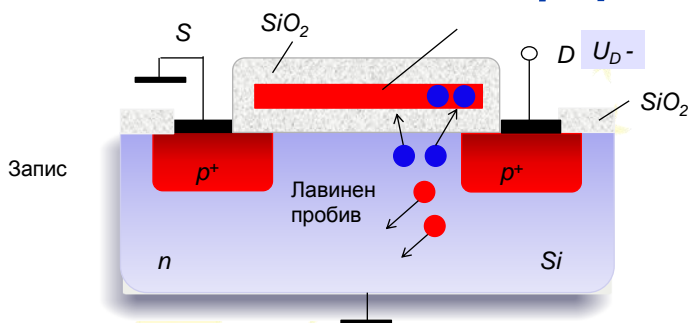
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 19 от ...

FAMOS – запис на информация



Запис на информация – При подаване на **отрицателен** импус на Дрейна по отношение на подложката (за Р канален транзистор), в прехода Дрейн/Подложка възниква **лавинен пробив**.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

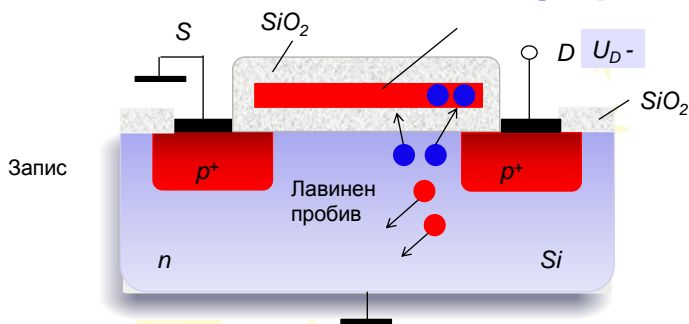
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 20 от ...

FAMOS – запис на информация



Електрони с голяма енергия – „горещи електрони“ преодоляват потенциалната бариера на SiO_2 , достигат до изолирания Гейт, захващат се там и довеждат до **намаляване на праговото напрежение** на транзистора. Въведената по такъв начин информация (зарядът електрони върху изолирания гейт) може да бъде съхранявана без захранване десетки години (40 години).



Европейски съюз

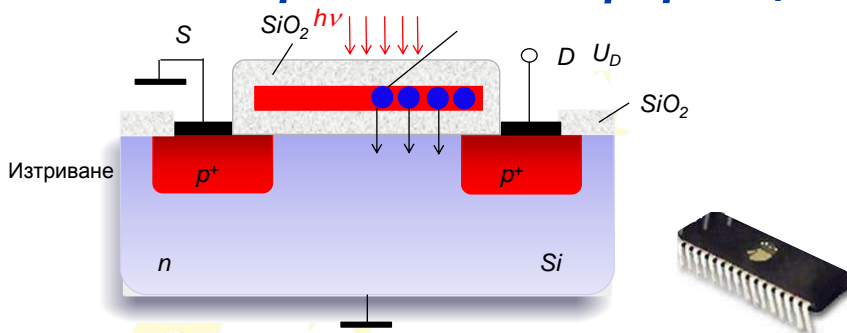
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 21 от ...

FAMOS – изтриване на информация



Изтриване – Извършва се чрез облъчване с **ултравиолетови лъчи**, при което електроните в изолирания гейт получават допълнителна енергия, достатъчна, за да преминат обратно от гейта в подложката. При това се възстановява големината на праговото напрежение.



Европейски съюз

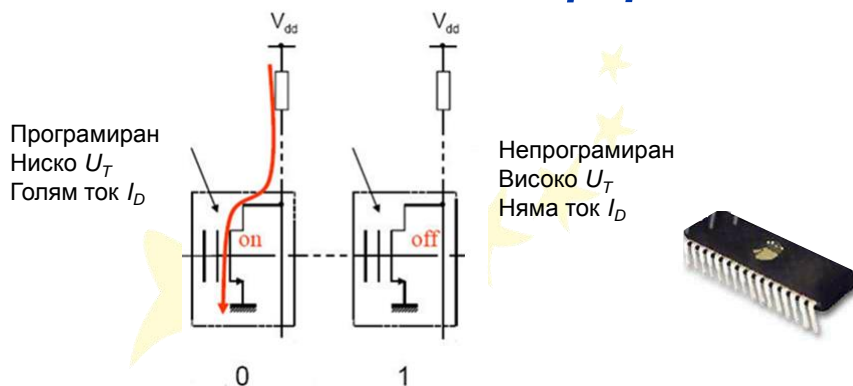
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 22 от ...

FAMOS – четене на информация



При четене, в зависимост от това дали има записана информация или не, протича различен по големина дрейнов ток поради разликата в праговите напрежения на транзистора със заряд (при записана информация) или без заряд в изолирания гейт.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

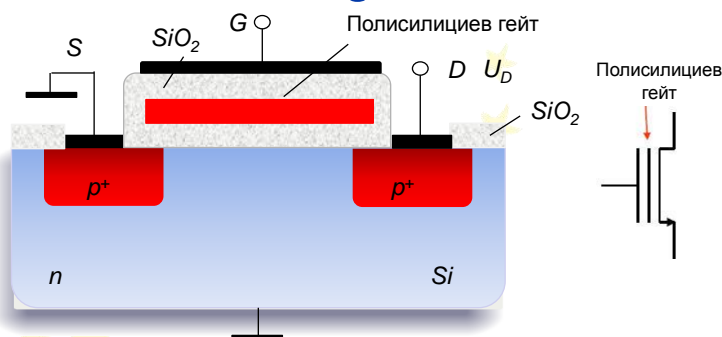
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 23 от ...

FGMOS – Floating-Gate MOS



MOS транзистор с “плаващ” потенциал на гейта с **електрическо записване и изтриване** на информацията FGMOS (Floating-Gate MOS). Има подобна структура като FAMOS, но с два изолирани гейта – “плаващ” и управляващ.

Те са основа за изграждане на EEPROM (Electrically Erasable PROM) и FLASH памет.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

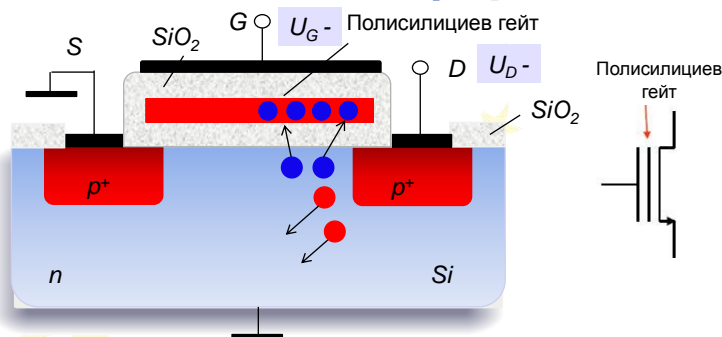
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 24 от ...

FGMOS – запис на информация



Запис на информация – зареждане на “плаващия” гейт става чрез подаване на отрицателни импулси на Дрейна. Отрицателно зареденият плуващ гейт намалява праговото напрежение на транзистора.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

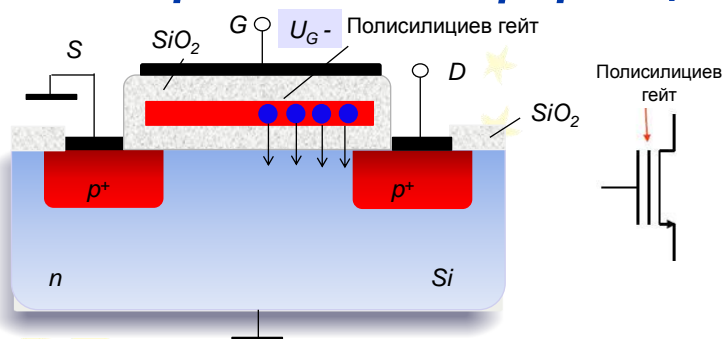
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 25 от ...

FGMOS – изтриване на информация



Изтриване – Връщането в начално състояние се извършва чрез подаване на подходящо (отрицателно) напрежение на управляващия гейт.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

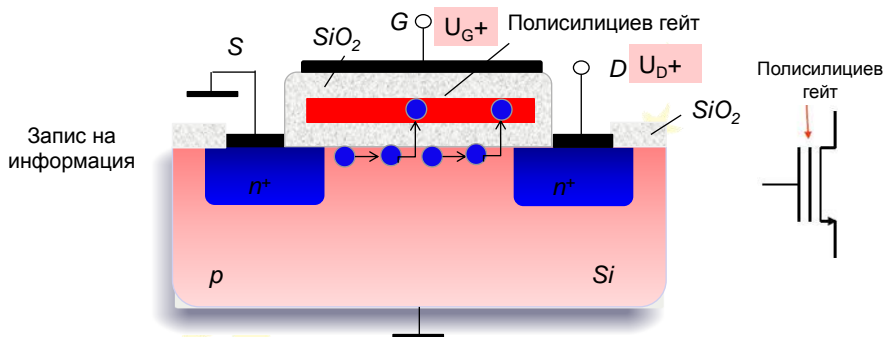
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 26 от ...

N канален FGMOS – запис



Запис – подават се положителни импулси с голяма амплитуда на дрейна и на управляващия гейт. Образува се инверсен канал с голяма токова плътност. Част от електроните придобиват достатъчна енергия, за да преодолеят потенциалната бариера на тънкия окис и попадат върху “плаващия” гейт. Отрицателно зареденият “плаващ” гейт повишава праговото напрежение.



Европейски съюз

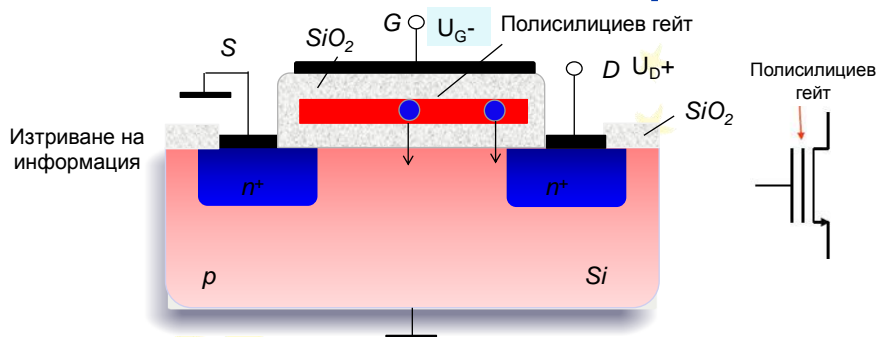
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 27 от ...

N канален FGMOS – изтриване



Връщане в изходно състояние (**изтриване**) става чрез подаване на голямо отрицателно напрежение на управляващия гейт.



Европейски съюз

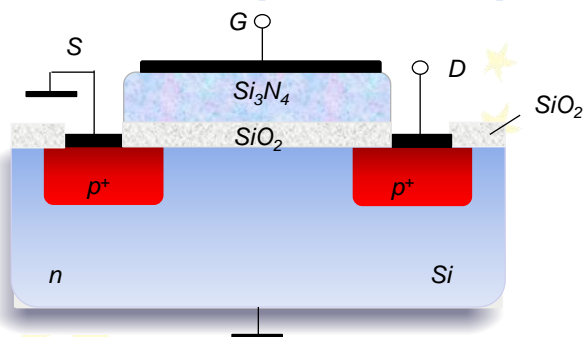
ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042
 „Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции”
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси”, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 28 от ...

MNOS транзистор



MOS транзистор с двоен диелектрик MNOS (Metal Nitride-Oxide Semiconductor). Използва се комбинацията Si_3N_4 и SiO_2 , като слой Si_3N_4 е дебел, а слой SiO_2 е тънък – SiO_2 е по-малко от $1\mu m$, Si_3N_4 е няколко микрона. Използват се за EEPROM памети (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory).



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

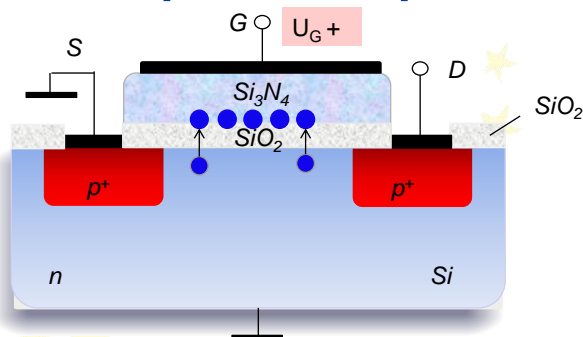
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 29 от ...

MNOS транзистор – запис



Запис – При прилагане на положително напрежение на гейта (25-30 V) за кратко време, електроните преминават през тънкия слой SiO_2 и достигат до дебелия слой диелектрик Si_3N_4 , но не могат да преминат през него и се натрупват на границата, където има много уловки. Намалява се праговото напрежение на транзистора. Създаденият обменен заряд остава там с години.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051P0001--4.3.04-0042

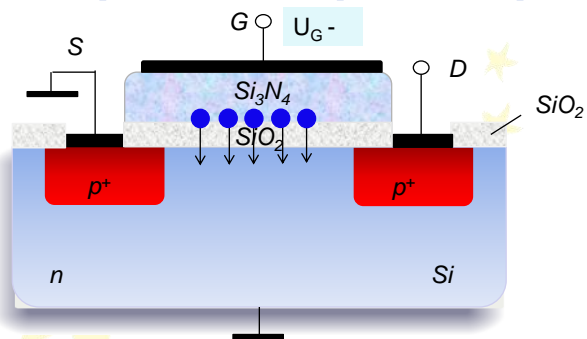
„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 30 от ...

MNOS транзистор – изтриване



Изтриването на информацията става чрез подаване на гейта на отрицателно напрежение от същия порядък.



Европейски съюз

ПРОЕКТ BG051PO001--4.3.04-0042

„Организационна и технологична инфраструктура за учене през целия живот и развитие на компетенции“
 Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
 Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси“,
 съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



Европейски социален фонд

стр. 31 от ...