

8. Полеви транзистори: принцип на действие, видове, параметри, схеми на свързване. Еднопреходни транзистори

Source

Drain

70 nm



История на полевите транзистори

1925 – австро-унгарския учен **Dr. Julius Edgar Lilienfield** предлага основните принципи на устройство, което днес бихме идентифицирали като Metal-Epitaxial Semiconductor Field-Effect Transistor (MESFET);

1926 – **Lilienfield** емигрира в САЩ и патентова своето устройство като (US Patent 1,745,175) “Method and apparatus for controlling electric currents.”;

1928 – **Lilienfield** публикува патент за полеви транзистор с изграден канал (US Patent 1,900,018);

1960 – **Dawon Kahng** и **Martin M. (John) Atalla** от Bell Labs произвеждат първия успешен MOSFET транзистор;

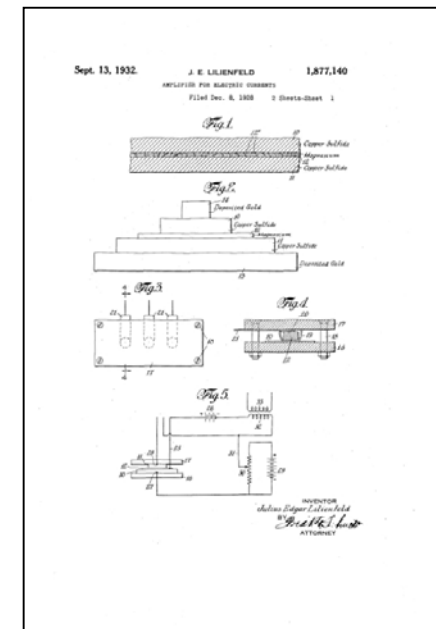
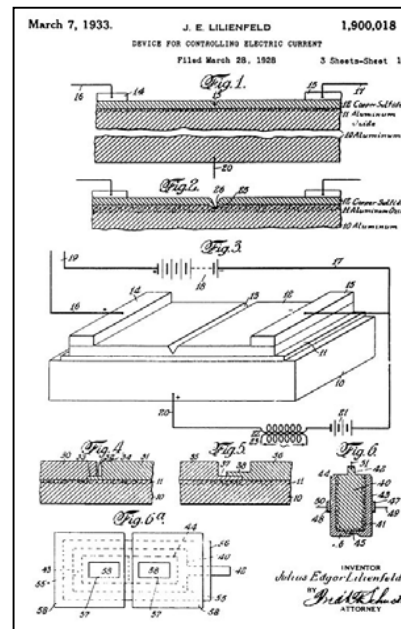
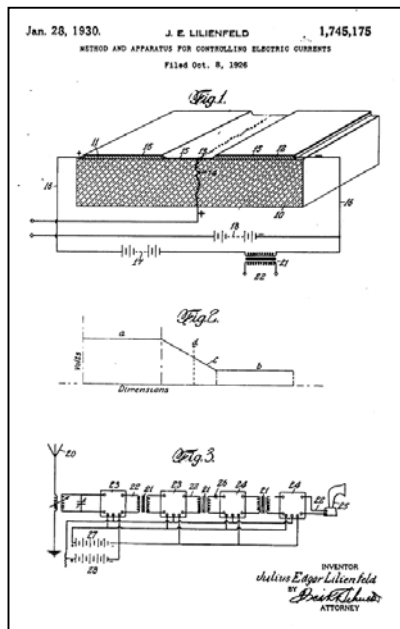
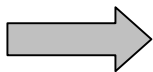
1962 – **Steven Hofstein** и **Fredric Heiman** от развойната лаборатория на RCA в Princeton, New Jersey създават експериментална интегрална схема, състояща се от 16 MOSFET.

История на полевите транзистори – продължение



**Julius Edgar
Lilienfeld**

патенти



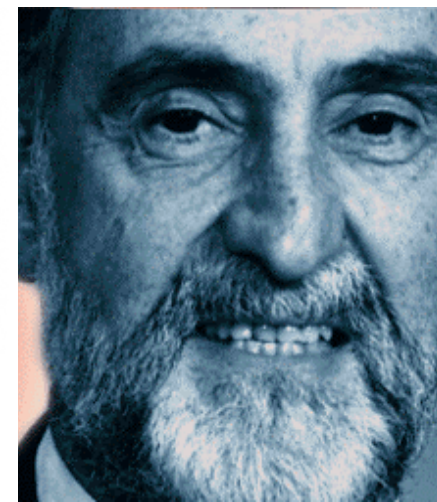
Dawon Kahng



**Martin M.
(John) Atalla**

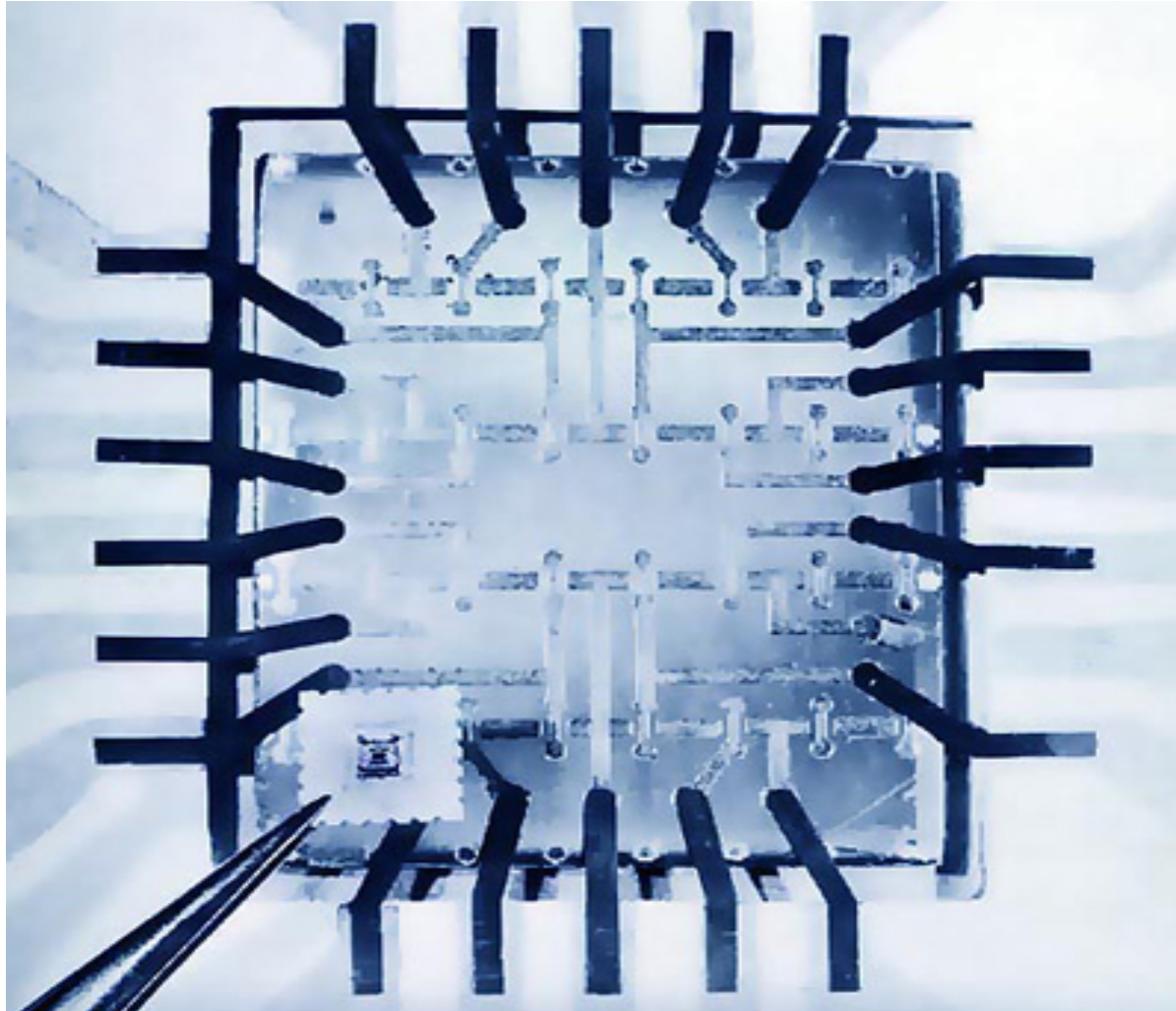


Steven Hofstein



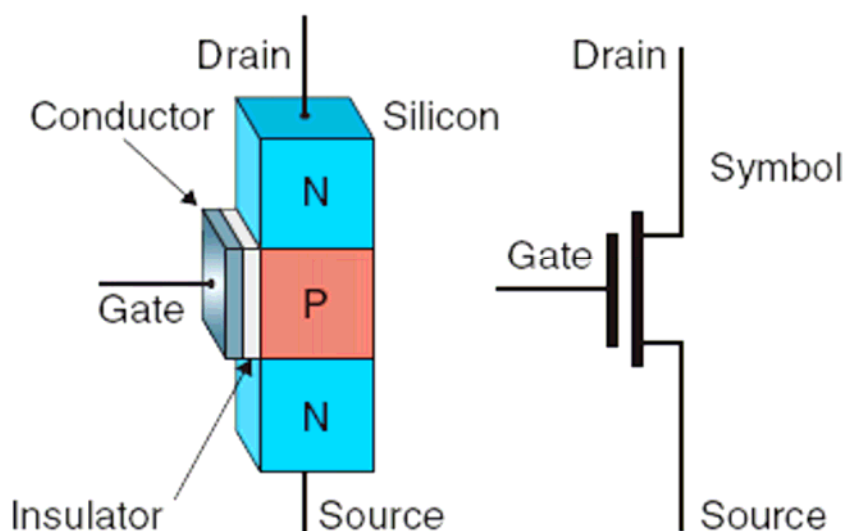
Fredric Heiman

История на полевите транзистори – продължение

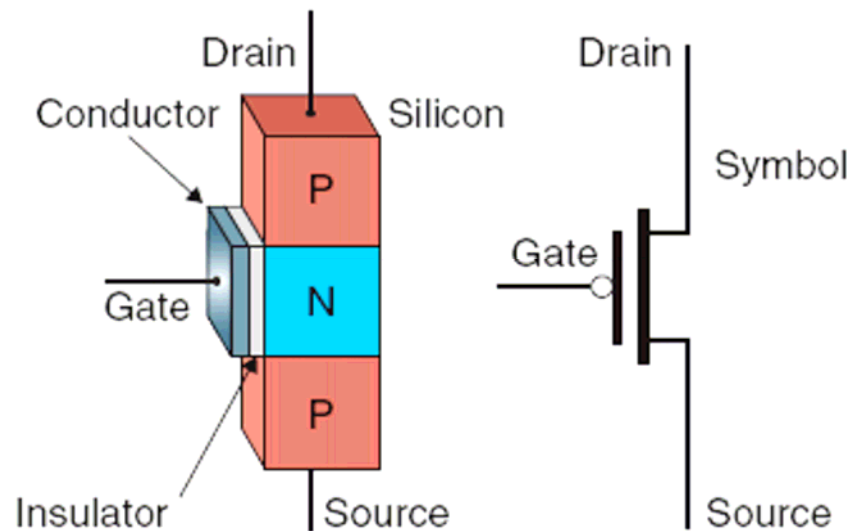


Интегралната схема на RCA, състояща се от 16 MOSFET транзистора

Принцип на действие на полевите транзистори



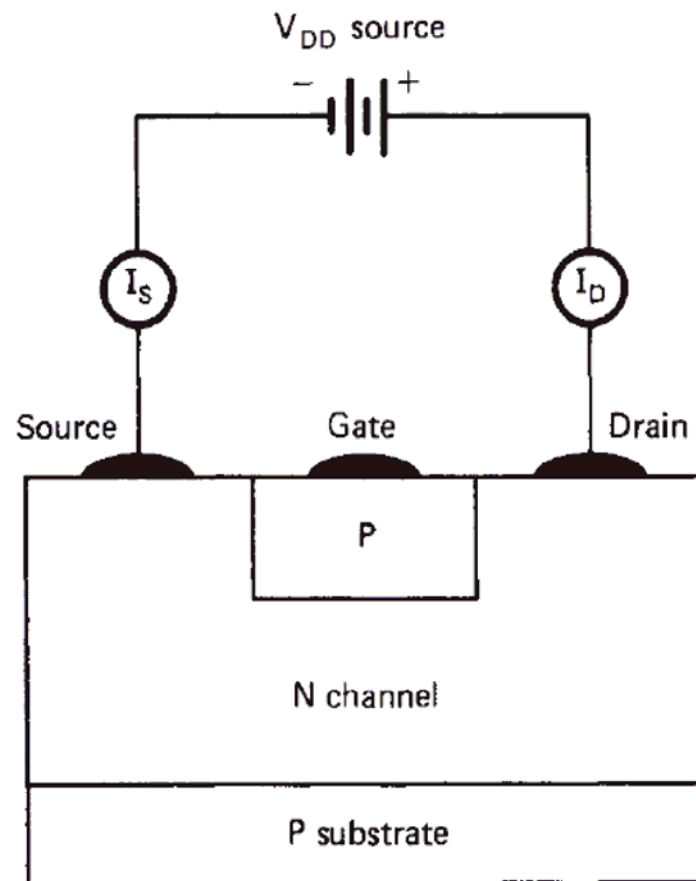
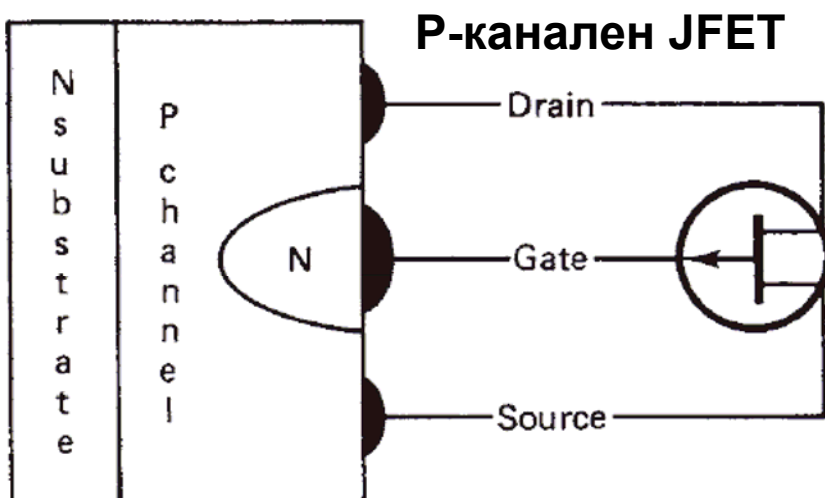
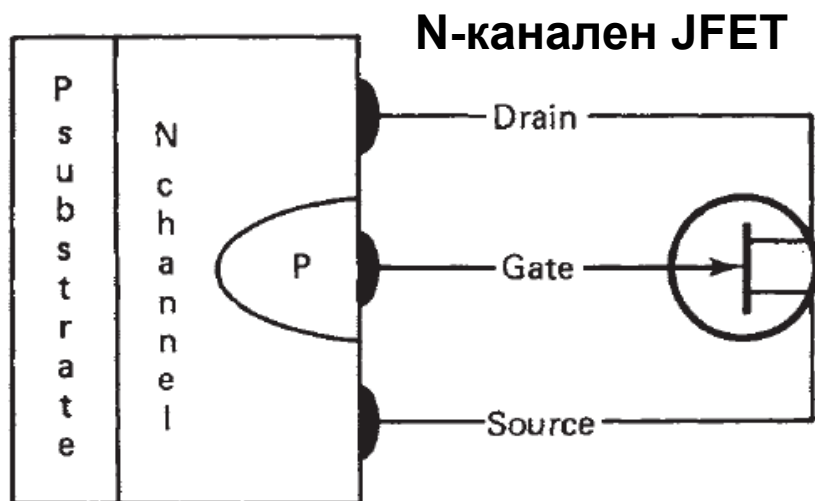
NMOS полеви транзистор



PMOS полеви транзистор

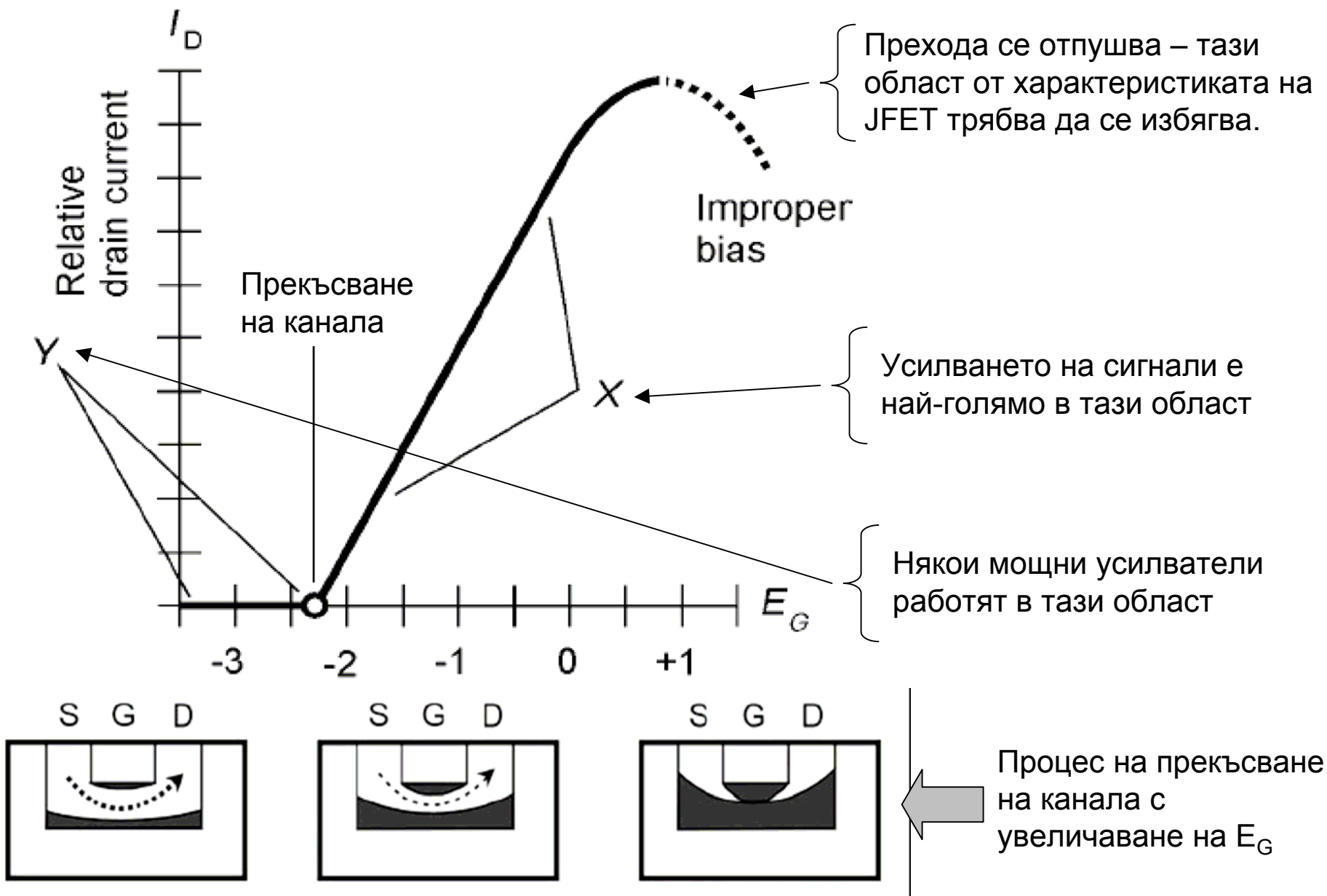
Понятието “полеви транзистор”, тоест “използващ поле за управление” произтича от факта, че сигнала се прилага на извода Gate, който е изолиран от канала между изводите Drain и Source от слой окис, но създава електро-магнитно поле, което управлява канала и включва или изключва полевия транзистор. В съвременните полеви транзистори гейта се изработва не от метал, а от полисилиций.

Полеви транзистори с р-п преход (JFET)

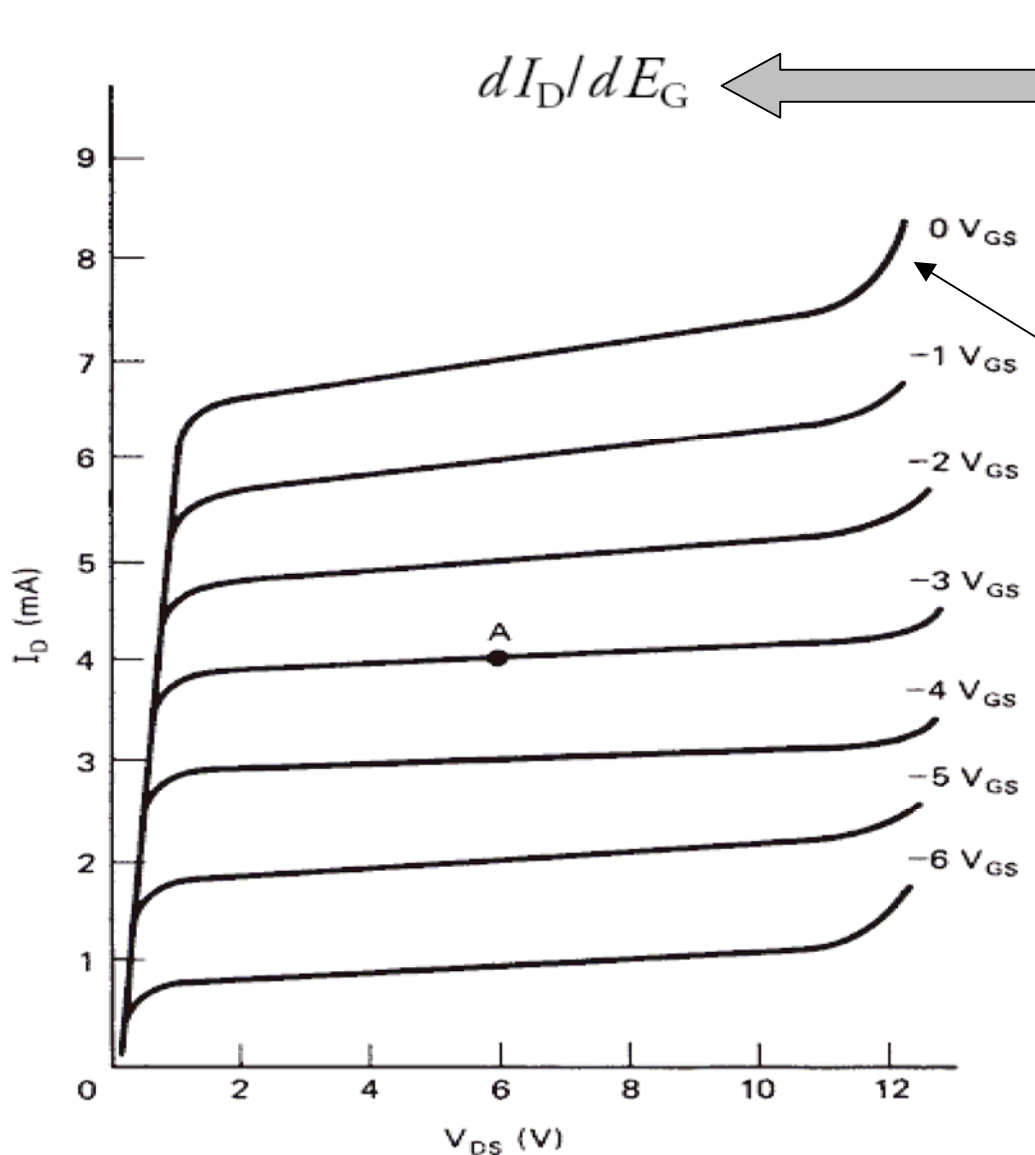


При липса на напрежение на Gate-терминала през канала на JFET-транзистора ще протича ток

Характеристики на JFET полеви транзистори



Характеристики на JFET полеви транзистори

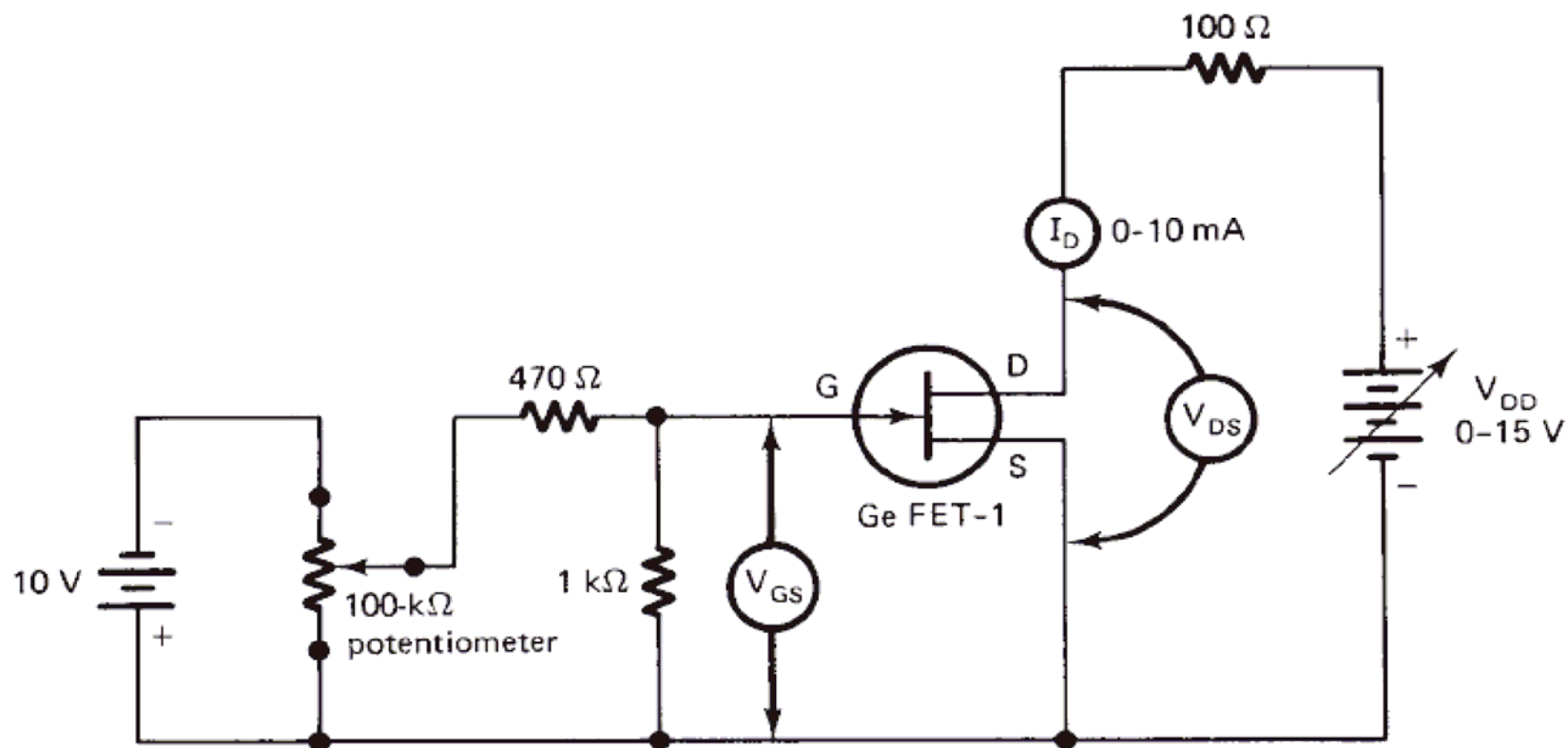


Важен параметър на JFET транзисторите е **проводимостта** (еквивалентна на коефициента на усилване по ток при биполярните транзистори).

Област на лавинен пробив. Трябва да се избягва при нормална експлоатация.

За разлика от биполярните транзистори полевите транзистори се управляват с напрежение (а не ток)!

Опитна постановка за снемане на характеристиките на JFET полеви транзистор



MOSFET полеви транзистор с индуциран канал (в режим на обогатяване)

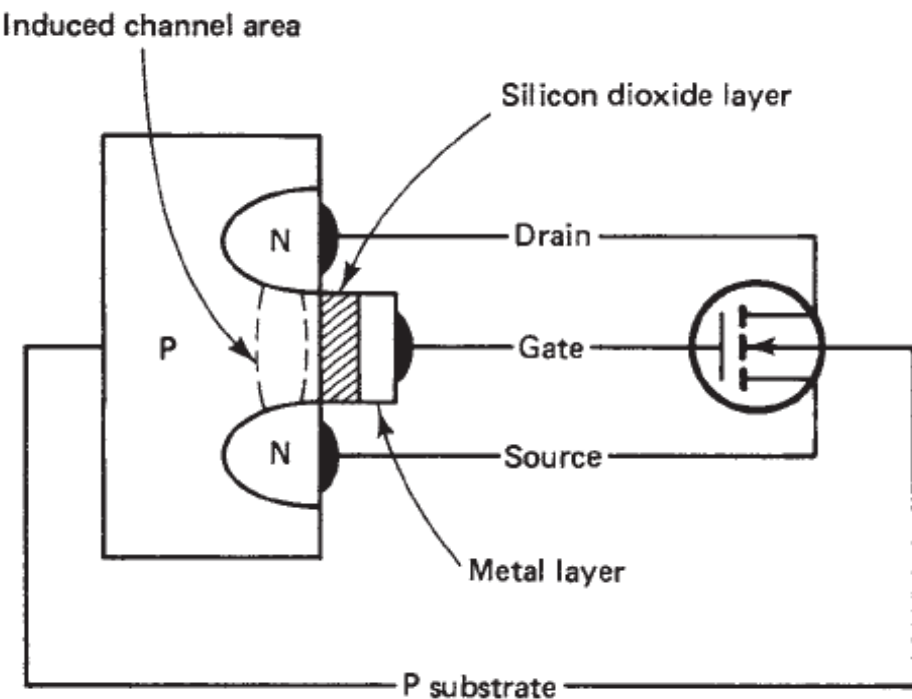


MOSFET = Metal Oxide Semiconductor (имат изключително високо входно R)

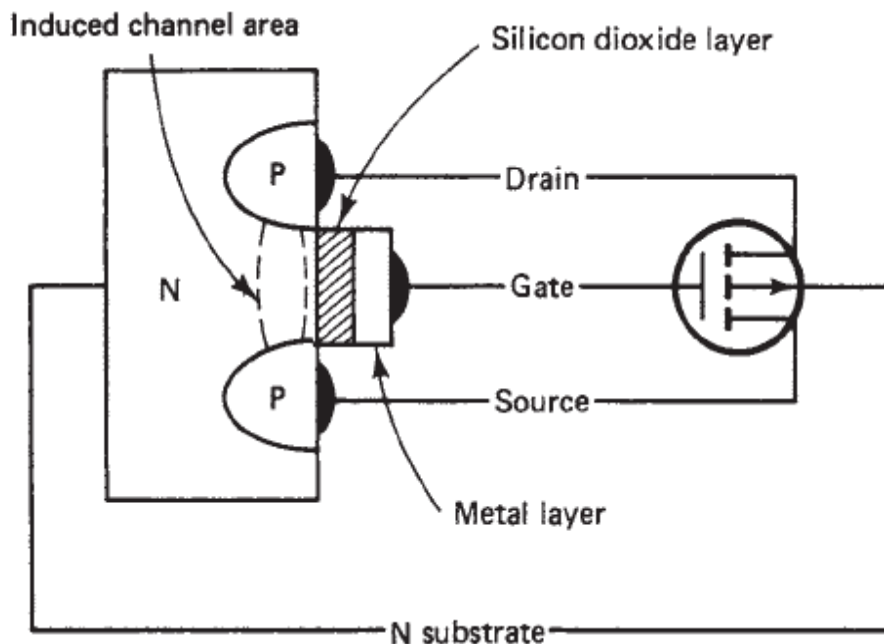
Първото име на MOSFET е било IGFET (Insulated-Gate FET). Слабото място на MOSFET транзисторите е тяхната чувствителност към електростатичен разряд.

При транзисторите с индуциран канал без прилагане на напрежение Gate-Source канал между Drain и Source не съществува и те не провеждат ток.

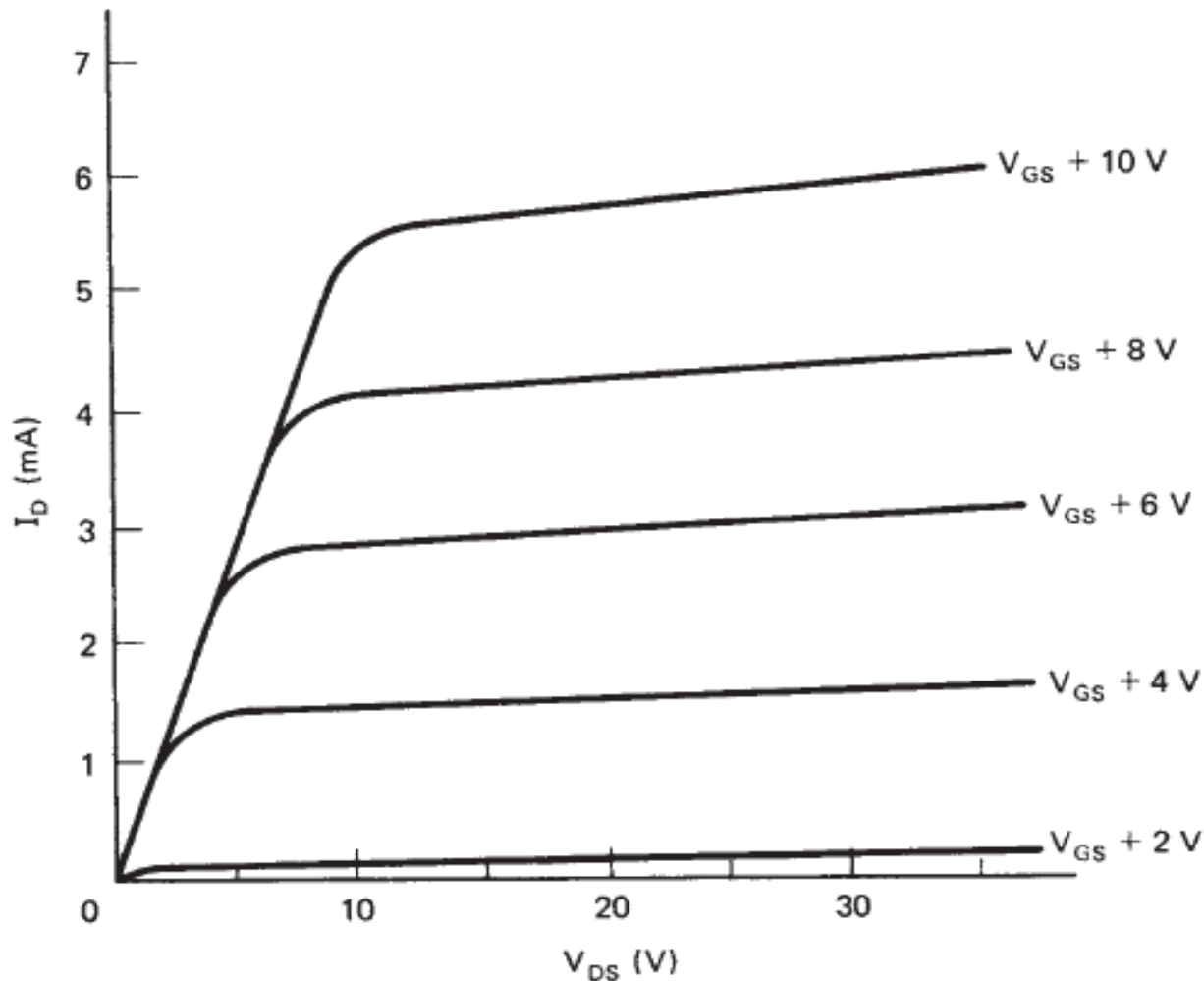
N-канален MOSFET



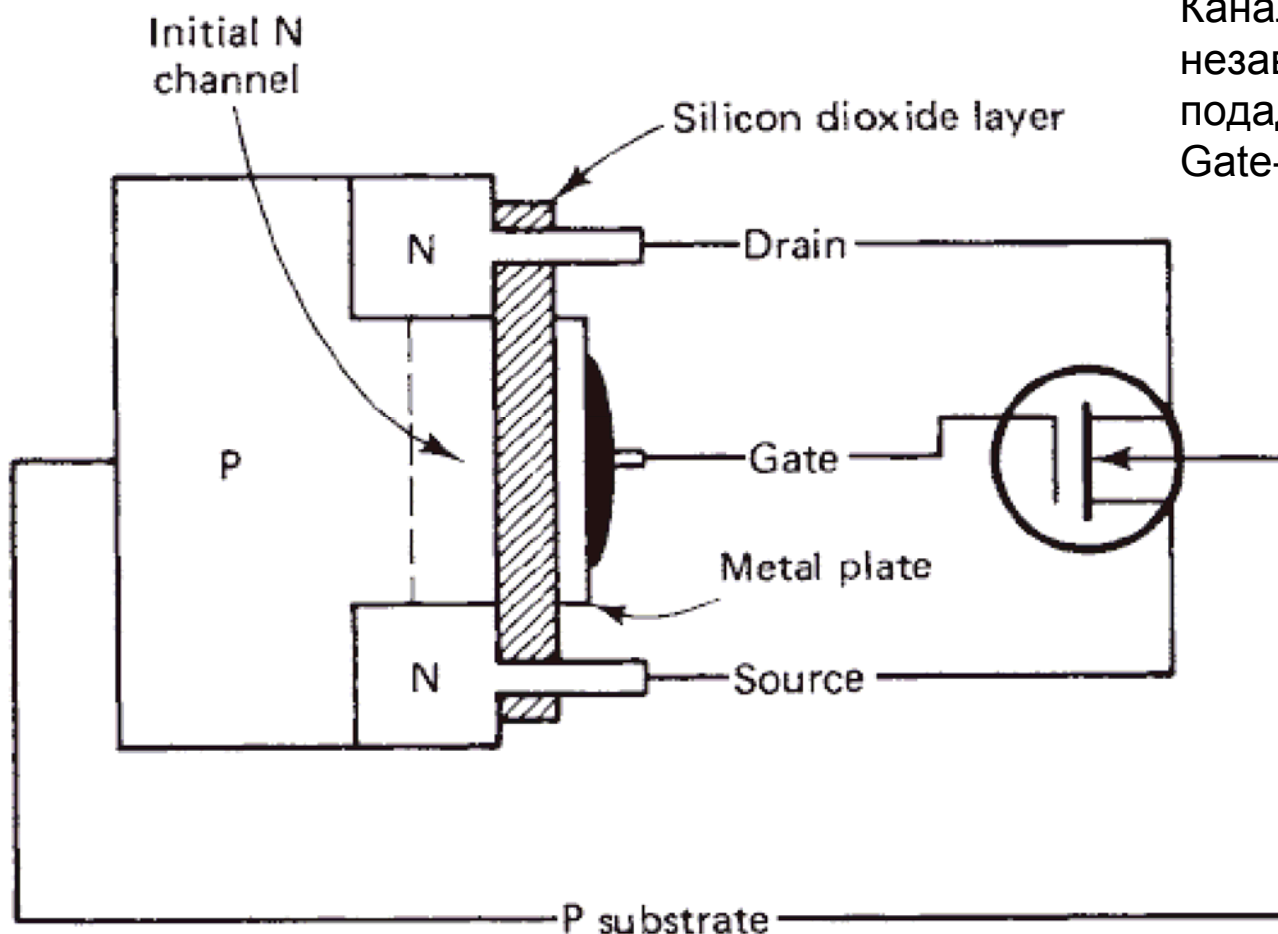
P-канален MOSFET



Характеристични криви на MOSFET полеви транзистор с индуциран канал

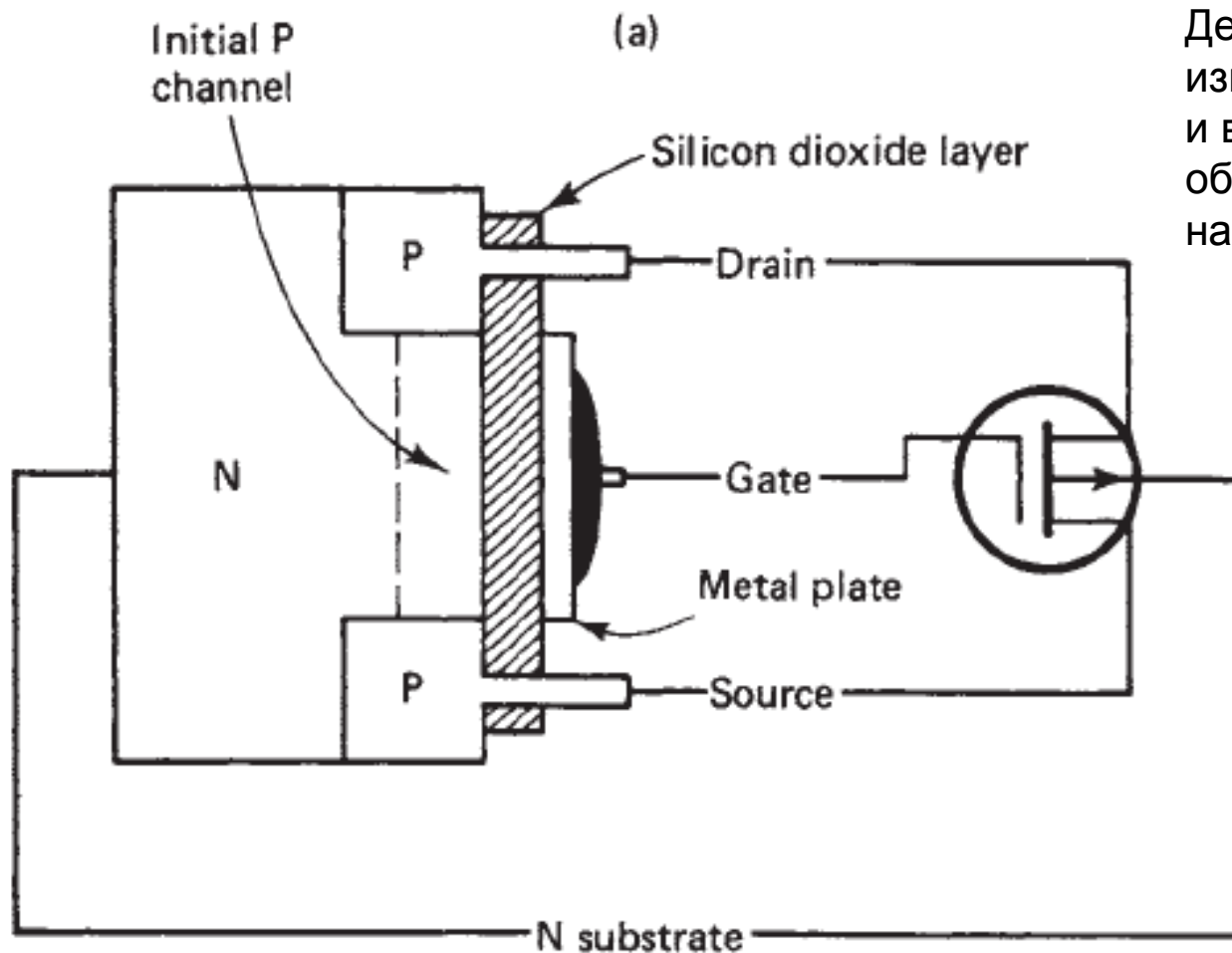


MOSFET полеви транзистор с изграден канал (в режим на обедняване) – N-канален MOSFET



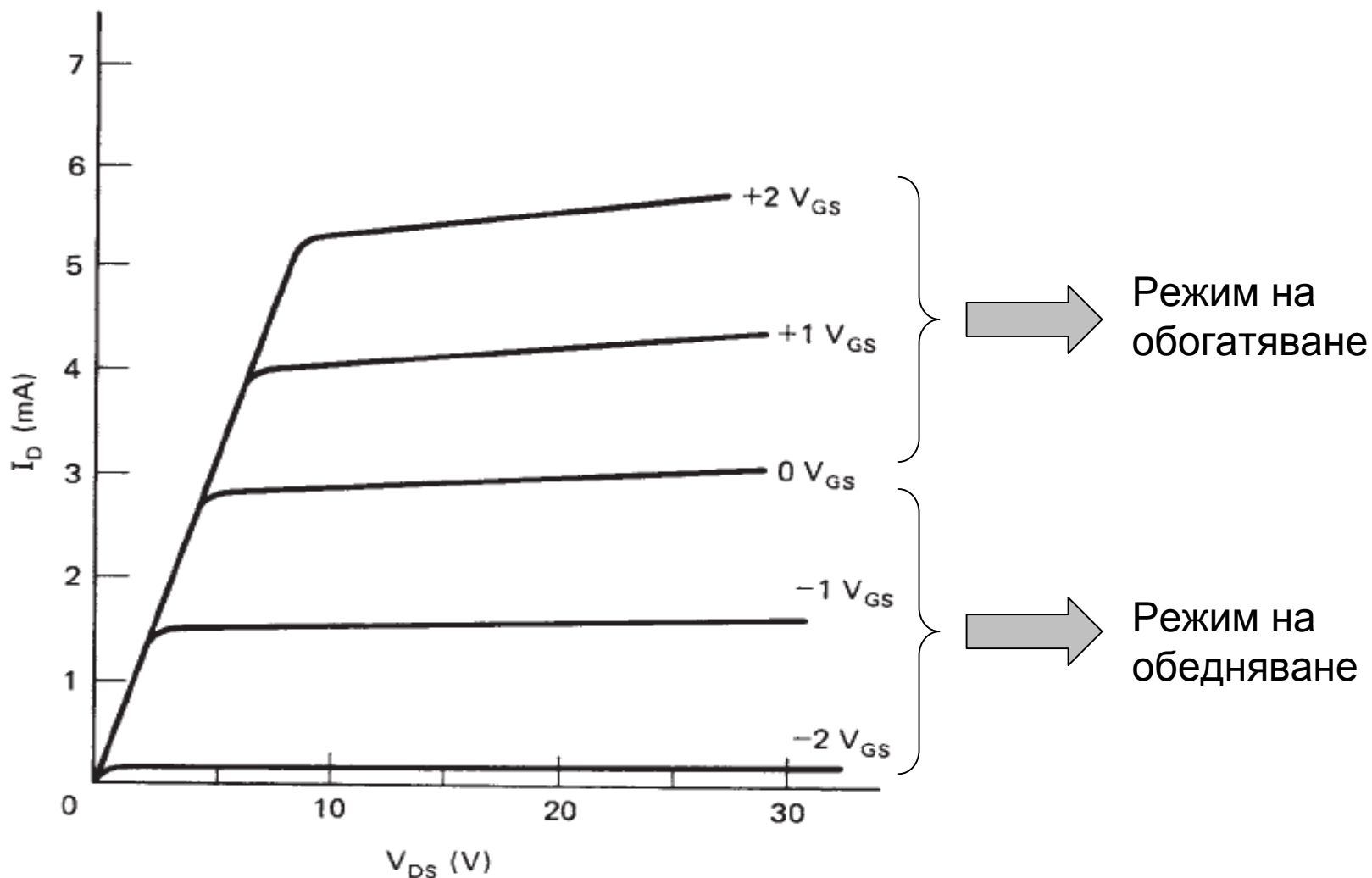
Каналът съществува независимо от подаденото напрежение Gate-Source.

MOSFET полеви транзистор с изграден канал (в режим на обедняване) – P-канален MOSFET

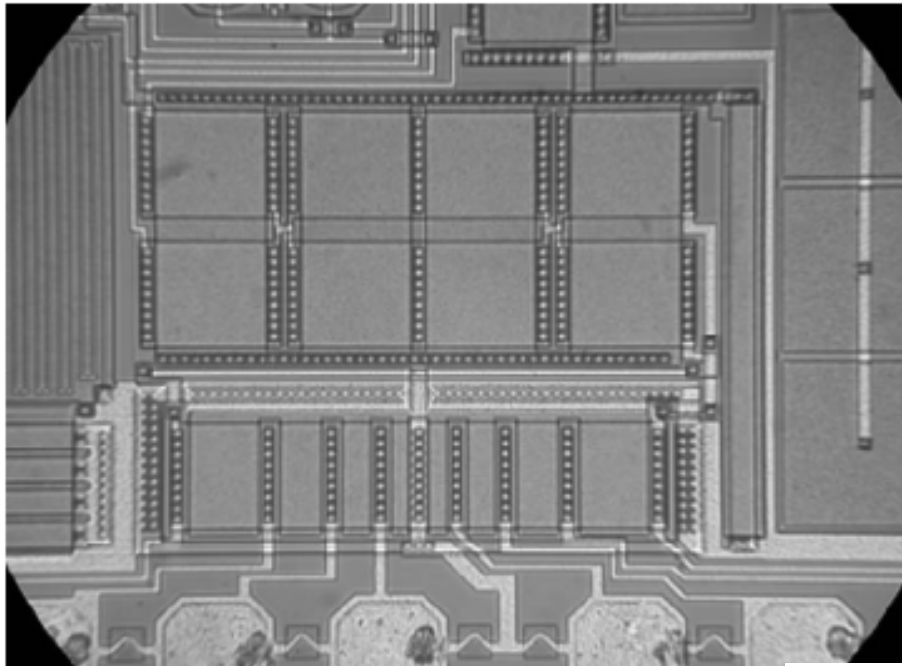


Дефекто MOSFET с изграден канал работят и в режим на обедняване и в режим на обогатяване.

Фамилия характеристики на N-канален MOSFET полеви транзистор с изграден канал

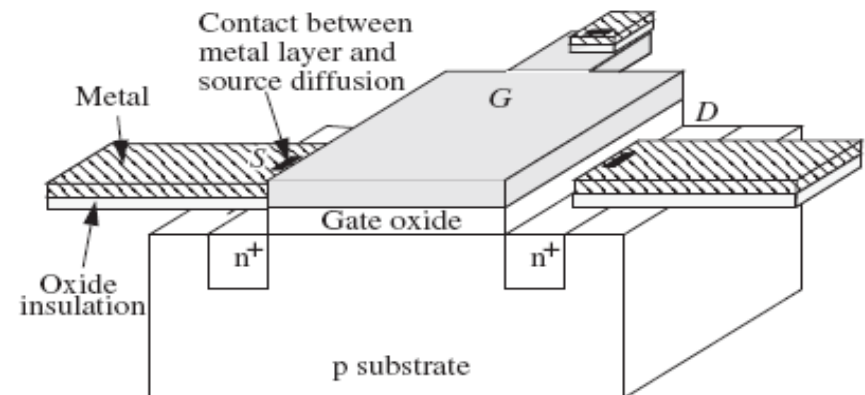
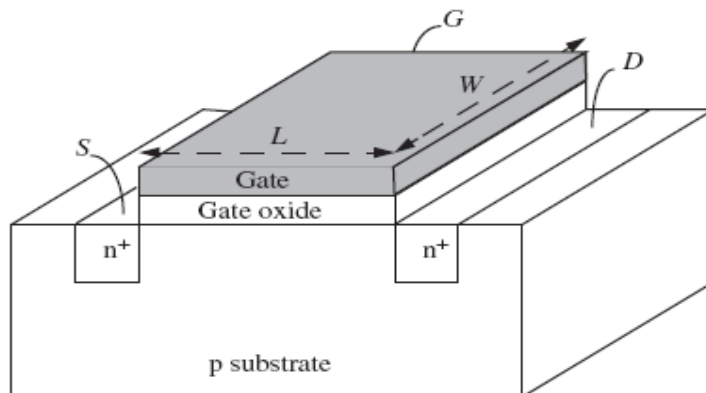
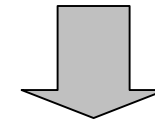


Реализация и геометрия на MOSFET транзистори

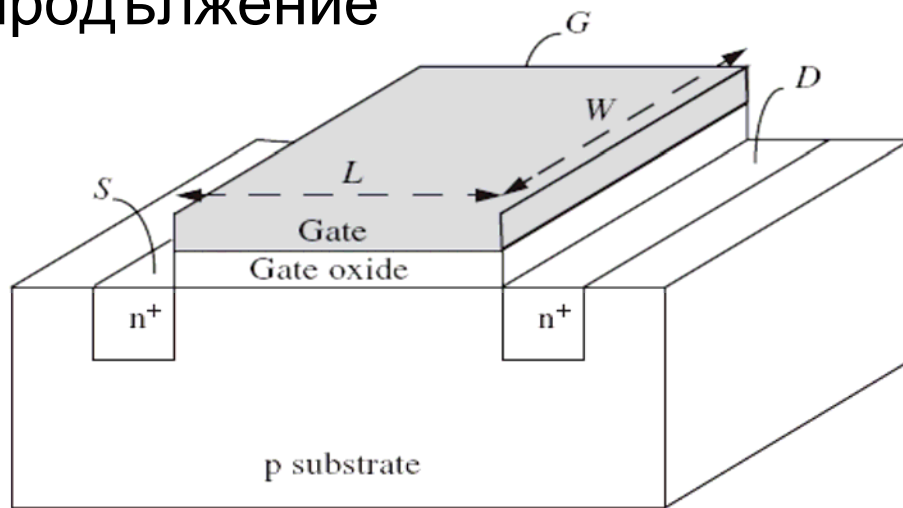


Няколко n-канални MOSFET транзистора изработени като интегрална схема (Maxim Integrated Products).
Размерите на всеки от тях са $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$.

Осъществяване на връзките към терминалите на полевия транзистор



Реализация и геометрия на MOSFET транзистори - продължение



$$R_{ON} = R_n \frac{L}{W}$$

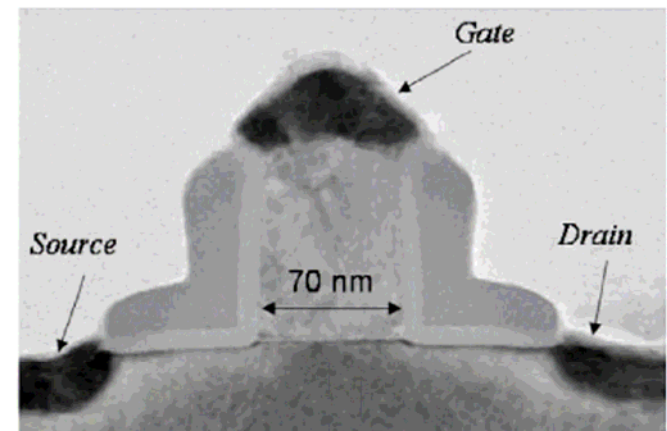


Връзка между геометричните размери на MOSFET и съпротивлението на канала (R_n – съпротивление на единица площ)

Историческо развитие на геометричните размери на MOSFET с типични приложения

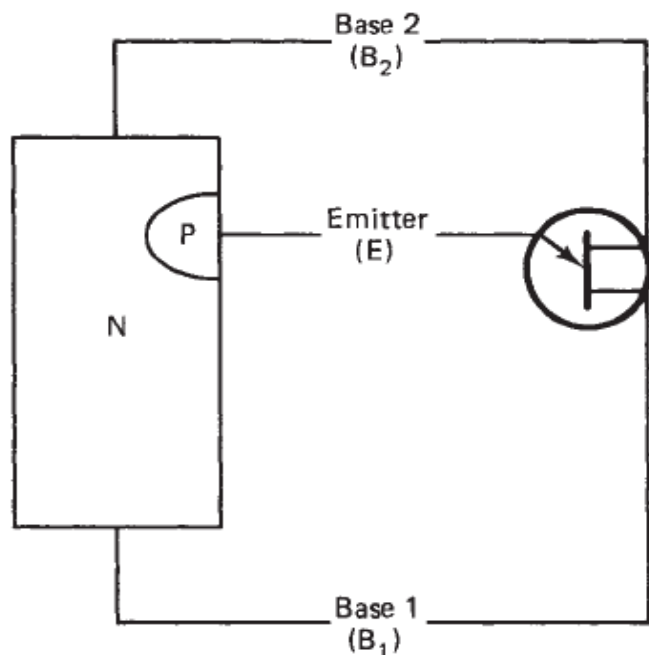
YEAR	DESIGN	MIN L
1981	Analog echo canceler	8 μm
1984	Telecom bus controller	4 μm
1987	RISC microprocessor	2 μm
1994	Multiprocessor communications controller	0.5 μm
2002	Raw microprocessor	0.18 μm

Напречен разрез на логически транзистор на Intel, произведен по 0.13 μm технология



Еднопреходен транзистор (Unijunction Transistor = UJT)

Област на отрицателно съпротивление: Устройства притежаващи такава област имат склонност за регенерация и осцилация.



Рязкото спадане на съпротивлението води до увеличаване на тока B1-B2, което може да се използва като тригер за други електронни устройства.

