1a. Lista de Exercícios – Dispositivos Semicondutores II

1) Num capacitor MOS, para as seguintes características:

	Semic.	Conc. Do semic.	Metal	Espessura do óxido	Carga no óxido
a)	Si – p	1e15 cm^{-3}	Alumínio	20nm	1e11
b)	Si – p	1e15 cm^{-3}	Si poli N+ Degenerado	15nm	1e11
d)	Si – p	1e17 cm^{-3}	Si poli P+ Degenerado	30nm	5e10
e)	Si – n	1e15 cm^{-3}	Alumínio	20nm	1e11
f)	Si – n	1e15 cm^{-3}	Si poli N+ Degenerado	15nm	1e11
g)	Si – n	1e17 cm^{-3}	Si poli P+ Degenerado	30nm	5e10

Pede-se:

A) Desenhe o diagrama de bandas de energia e o perfil de cargas na acumulação, banda plana, depleção e inversão;
B) Calcule a diferença de trabalho
C) Calcule a tensão de banda plana;
D) Profundidade máxima de depleção (Xdmáx);
E) Calcule a tensão de limiar;
F) a profundidade de depleção para $\phi s=0$; $\phi s=\phi f$ e $\phi s=2\phi f$

2) Determine a função trabalho do metal num capacitor MOS construído sobre substrato tipo p com concentração Na=1E16cm^{-3}, espessura de óxido de porta de 40nm, porta de silício poli N+, cargas no óxido Qox/q=5E10cm^{-2}, e uma tensão de limiar de 1V.

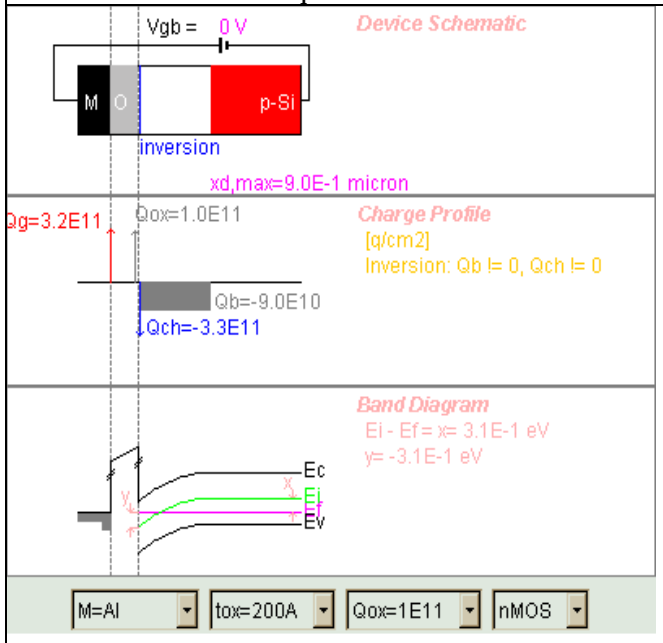
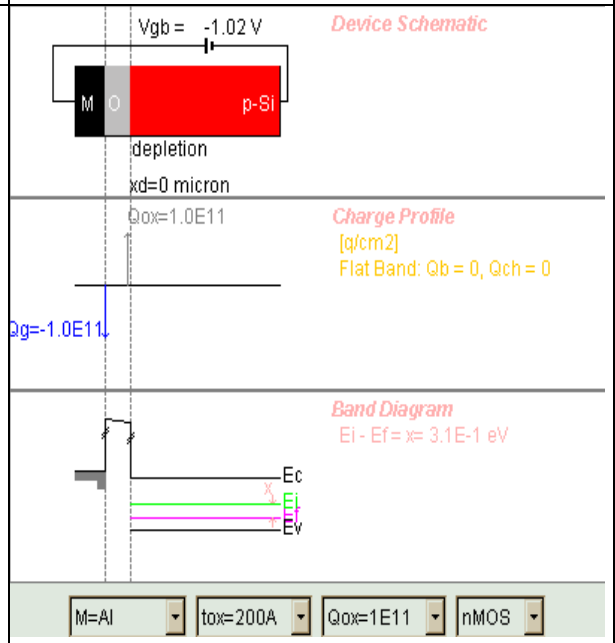
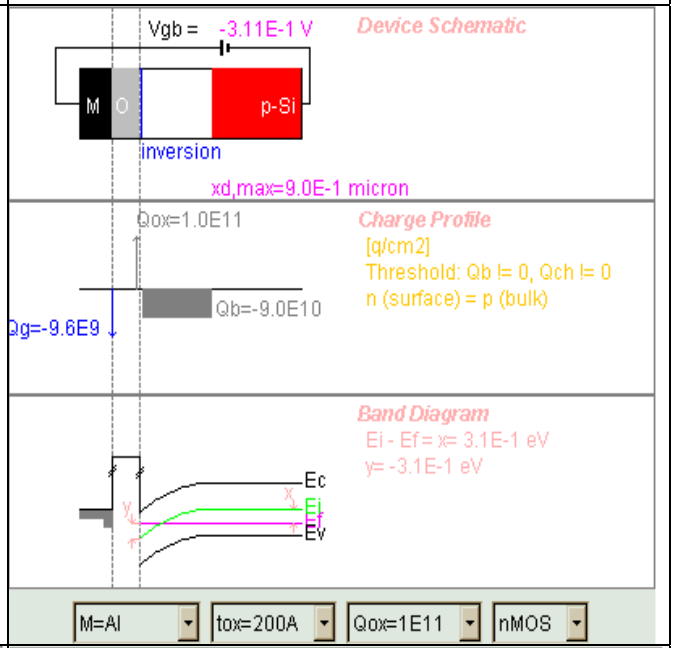
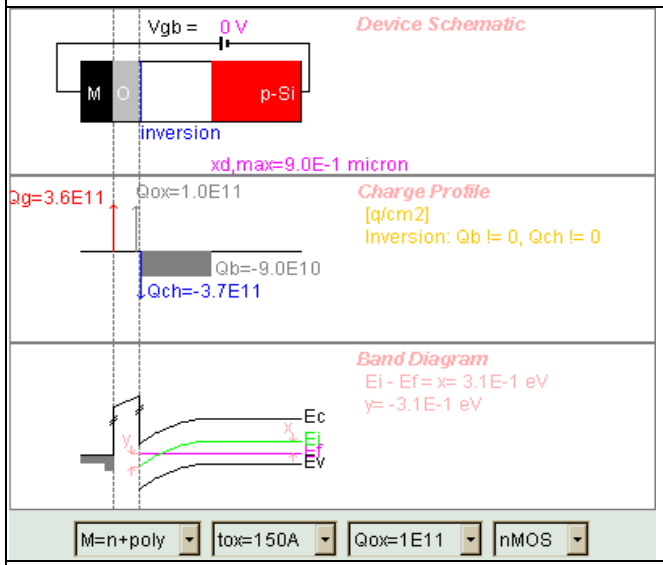
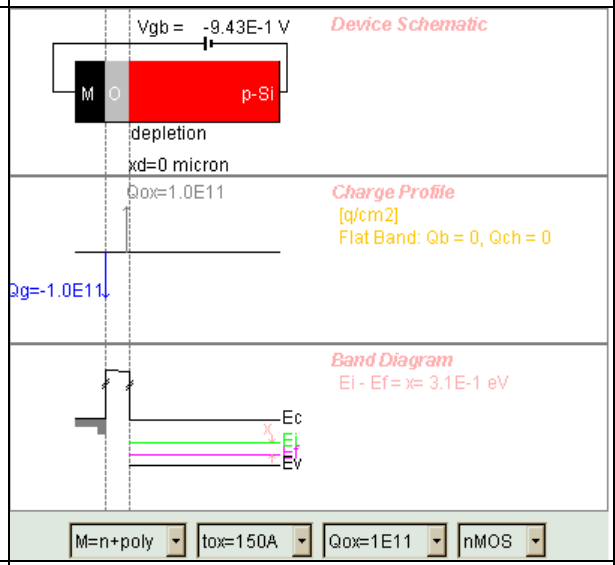
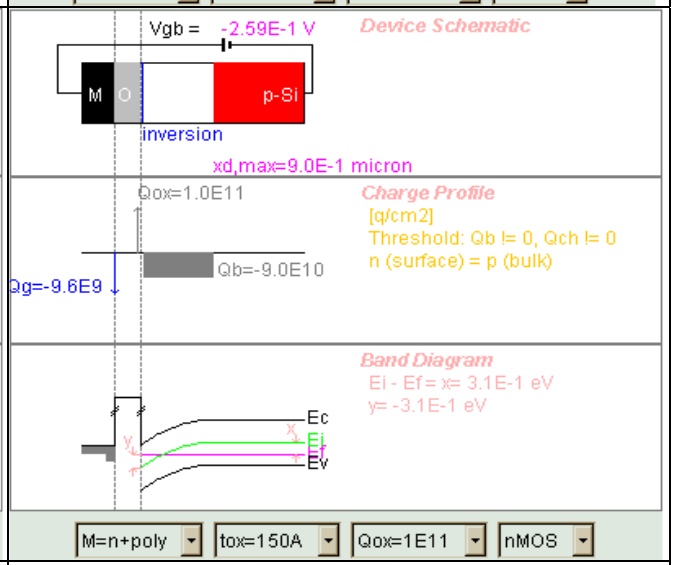
3) Determine em que regime de operação encontra-se um capacitor MOS construído sobre substrato tipo p com concentração Na=4E14cm^{-3}, espessura de óxido de porta de 45nm, porta de silício poli N+, cargas no óxido Qox/q=6E10cm^{-2}, com uma tensão V_G aplicada de + 5 V.

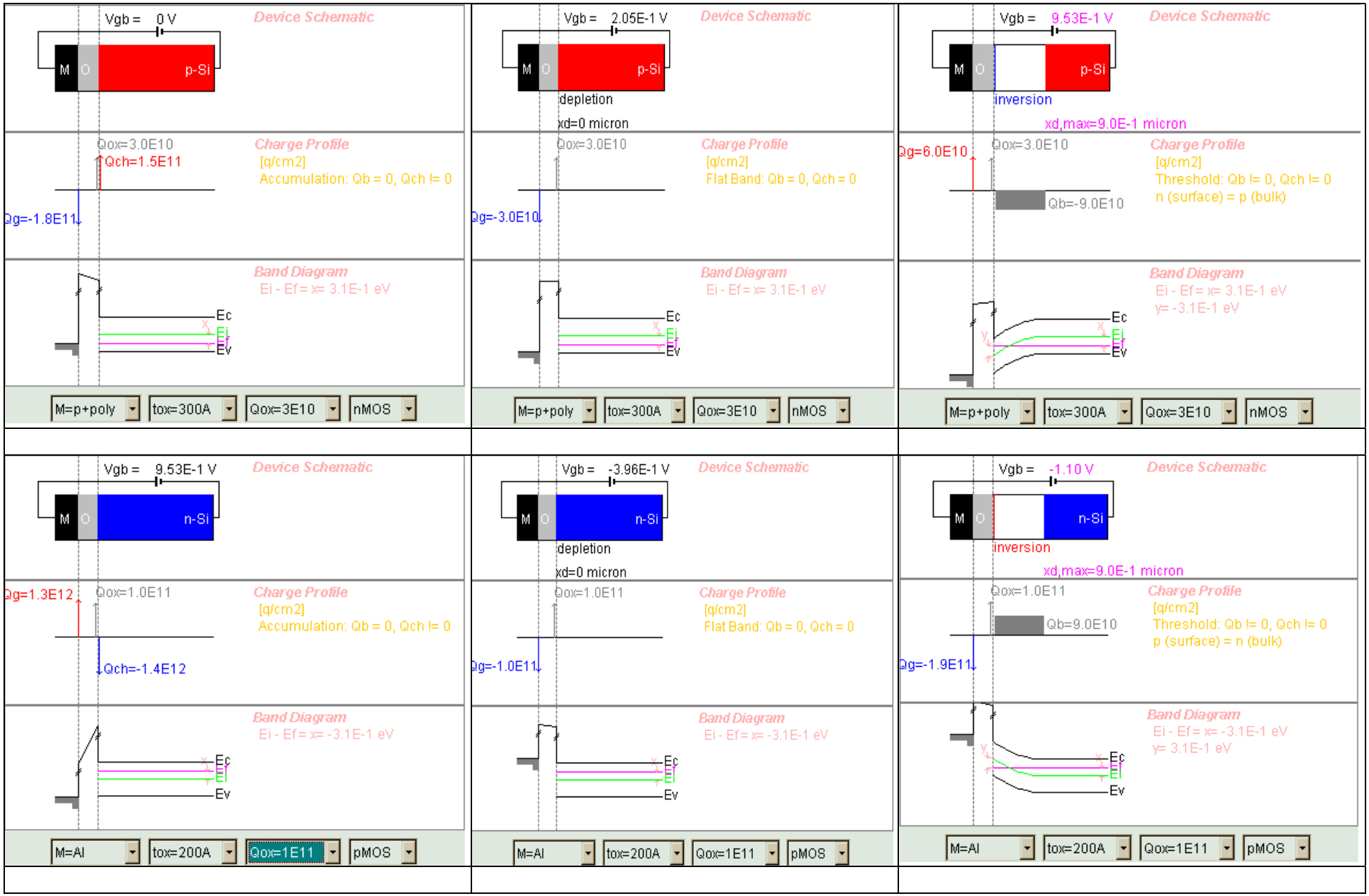
4) Determine o valor mínimo de tensão que deve ser aplicada a um capacitor MOS (ideal) para criar uma camada pelicular de elétrons na interface SiO_2 / Si. Desenhe os diagramas de energia nesta condição e calcule o comprimento de depleção neste caso.

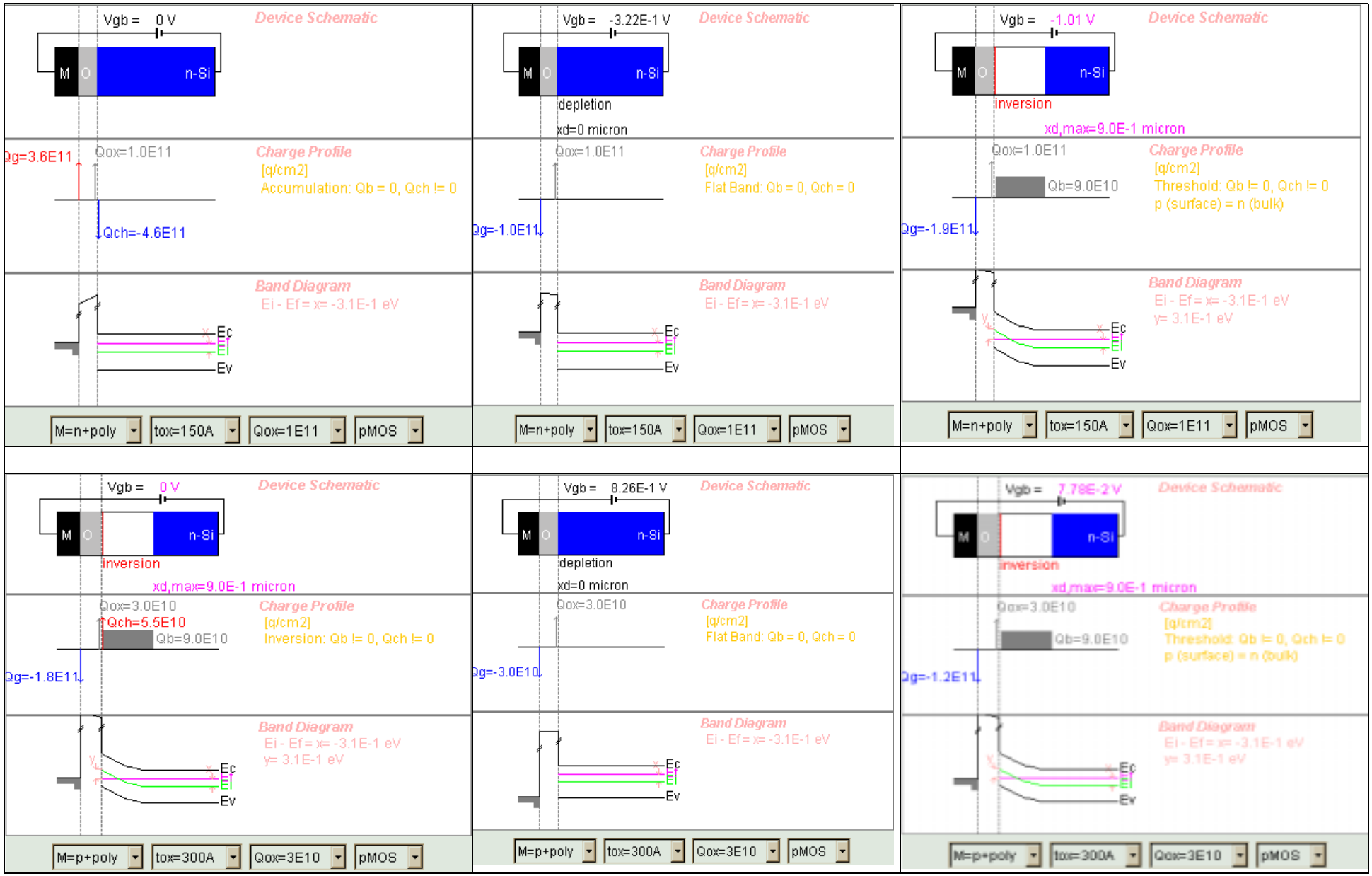
Dados do capacitor MOS:
Material de porta = Al
Isolante = SiO_2 , ε_{SiO2}= 3,45 x 10^{-13} F/cm, x_{ox}= 10nm
Semicondutor = Si dopado com boro, 5E+15 at./cm^3.
ε_{si} = 1,06 x 10^{-12} F/cm, ni=1,45x10^{-10} at./cm^3

4)O que são as cargas de óxido de porta.

5) Explique a curva C-V de alta e baixa freqüência.

Equilíbrio	Banda Plana	Inversão
		
		


Vgb = 0 V
Device Schematic
M O p-Si
Qox=3.0E10
Qch=1.5E11
Charge Profile
[q/cm2]
Accumulation: Qb = 0, Qch != 0
Qg=-1.8E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
nMOS
Vgb = 2.05E-1 V
Device Schematic
M O p-Si
depletion
xd=0 micron
Qox=3.0E10
Charge Profile
[q/cm2]
Flat Band: Qb = 0, Qch = 0
Qg=-3.0E10
Band Diagram
Ei - Ef = x= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
nMOS
Vgb = 9.53E-1 V
Device Schematic
M O p-Si
inversion
xd,max=9.0E-1 micron
Qg=6.0E10
Qox=3.0E10
Charge Profile
[q/cm2]
Threshold: Qb != 0, Qch != 0
n (surface) = p (bulk)
Qb=-9.0E10
Band Diagram
Ei - Ef = x= 3.1E-1 eV
y= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
nMOS
Vgb = 9.53E-1 V
Device Schematic
M O n-Si
Qg=1.3E12
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Accumulation: Qb = 0, Qch != 0
Qch=-1.4E12
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=Al
tox=200A
Qox=1E11
pMOS
Vgb = -3.96E-1 V
Device Schematic
M O n-Si
depletion
xd=0 micron
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Flat Band: Qb = 0, Qch = 0
Qg=-1.0E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=Al
tox=200A
Qox=1E11
pMOS
Vgb = -1.10 V
Device Schematic
M O n-Si
inversion
xd,max=9.0E-1 micron
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Threshold: Qb != 0, Qch != 0
p (surface) = n (bulk)
Qb=9.0E10
Qg=-1.9E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
y= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=Al
tox=200A
Qox=1E11
pMOS


Vgb = 0 V
Device Schematic
M O n-Si
Qg=3.6E11
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Accumulation: Qb = 0, Qch != 0
Qch=-4.6E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=n+poly
tox=150A
Qox=1E11
pMOS
Vgb = -3.22E-1 V
Device Schematic
M O n-Si
depletion
xd=0 micron
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Flat Band: Qb = 0, Qch = 0
Qg=-1.0E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=n+poly
tox=150A
Qox=1E11
pMOS
Vgb = -1.01 V
Device Schematic
M O n-Si
inversion
xd,max=9.0E-1 micron
Qox=1.0E11
Charge Profile
[q/cm2]
Threshold: Qb != 0, Qch != 0
p (surface) = n (bulk)
Qb=9.0E10
Qg=-1.9E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
y= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=n+poly
tox=150A
Qox=1E11
pMOS
Vgb = 0 V
Device Schematic
M O n-Si
inversion
xd,max=9.0E-1 micron
Qox=3.0E10
Qch=5.5E10
Qb=9.0E10
Charge Profile
[q/cm2]
Inversion: Qb != 0, Qch != 0
Qg=-1.8E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
y= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
pMOS
Vgb = 8.26E-1 V
Device Schematic
M O n-Si
depletion
xd=0 micron
Qox=3.0E10
Charge Profile
[q/cm2]
Flat Band: Qb = 0, Qch = 0
Qg=-3.0E10
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
pMOS
Vgb = 7.78E-2 V
Device Schematic
M O n-Si
inversion
xd,max=9.0E-1 micron
Qox=3.0E10
Charge Profile
[q/cm2]
Threshold: Qb != 0, Qch != 0
p (surface) = n (bulk)
Qb=9.0E10
Qg=-1.2E11
Band Diagram
Ei - Ef = x= -3.1E-1 eV
y= 3.1E-1 eV
Ec
Ei
Ev
M=p+poly
tox=300A
Qox=3E10
pMOS