

Introdução

Através da deposição química a partir da fase vapor auxiliada por plasma remoto (RPCVD), pretende-se obter filmes finos e ultra-finos de óxido (SiO₂), oxinitreto (SiO_xN_y) e nitreto (Si₃N₄) de silício sobre substratos semicondutores, para a aplicação em transistores HBT ("Heterojunction Bipolar Transistor") e MESFET ("Metal Semiconductor Field-Effect Transistor"), fabricados com substrato de GaAs, e dispositivos de Si. O interesse nestes filmes isolantes finos e nesta tecnologia cresce à medida que aumentam os níveis de integração e de complexidade dos atuais dispositivos e circuitos eletrônicos com dimensões submicrométricas. Neste projeto, são revisadas as técnicas de processamento CVD ("Chemical Vapor Deposition"), e apresentada à justificativa da escolha dos reatores ECR ("Electron Cyclotron Resonance") e RT/PCVD ("Rapid Thermal/ Remote Plasma CVD"), que utilizarão a tecnologia CVD com plasma remoto (RPCVD) para a deposição dos filmes.

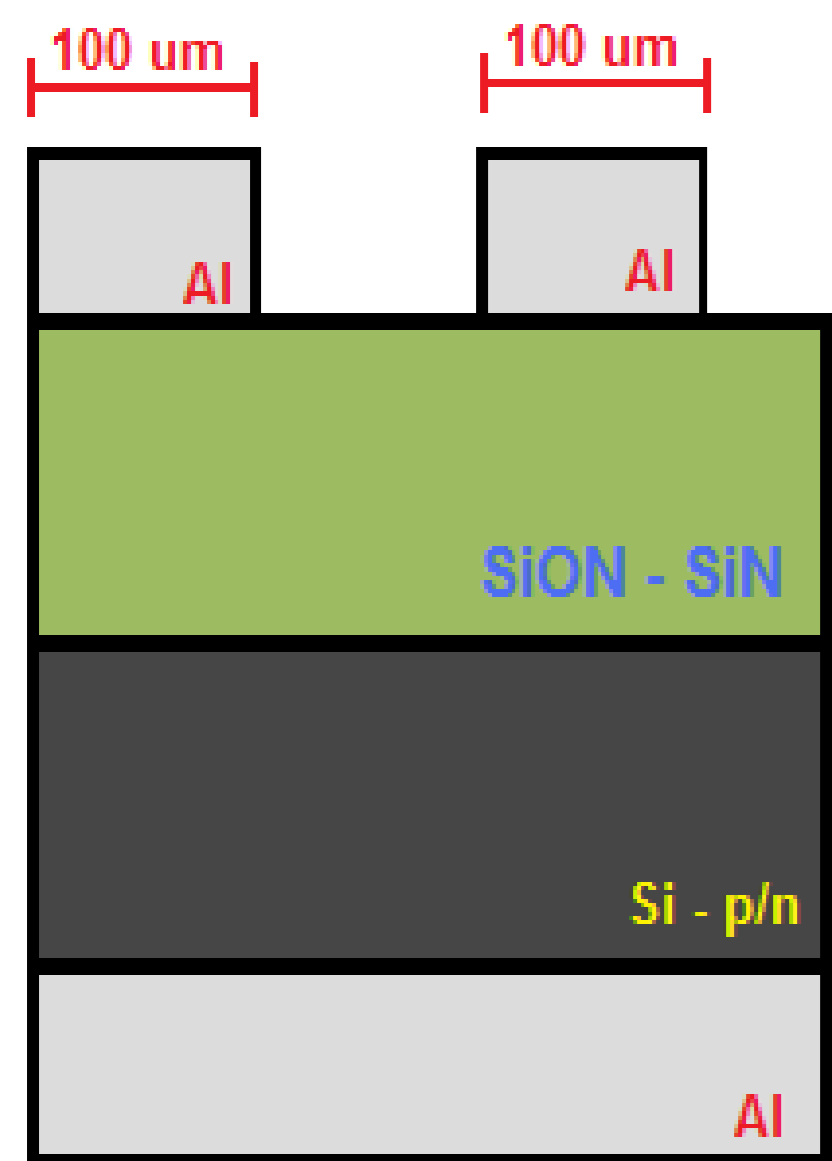
Material e Métodos

OBTENÇÃO DOS FILMES de SiO_xN_y e de Si₃N₄

Neste projeto foram utilizados, para a deposição dos filmes, os sistemas CVD dos tipos ECR ("Electron Cyclotron Resonance") e RT/PCVD ("Rapid Thermal/ Remote Plasma CVD"), pertencentes ao grupo de pesquisa do Departamento de Semicondutores, Instrumentos e Fotônica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (DSIF/FEEC) e do Centro de Componentes Semicondutores (CCS) da UNICAMP.

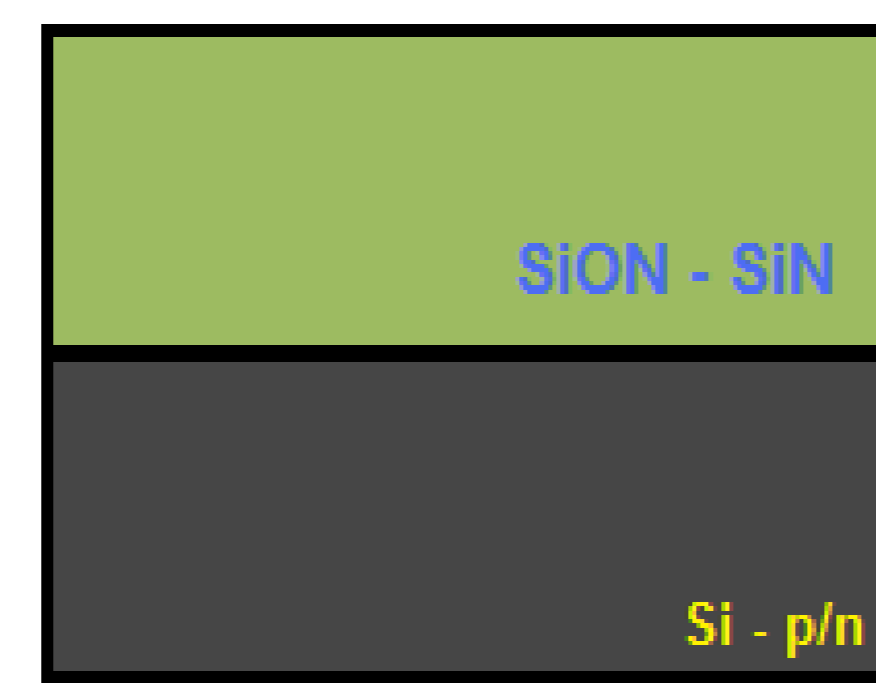
CARACTERIZAÇÃO ELÉTRICA DOS FILMES

Para a obtenção das curvas C-V foram utilizados o analisador de parâmetro Keithley 4200 – SCS e um capacitômetro Keithley 590.



Nitretos ECR – CVD:

Medida CxV:
- capacitância máx. (C_{máx})
- carga efetiva (Q₀/q)
- constante dielétrica (E)



Elipsometria:
- espessura (t)
- índice de refração (n)

Potência ECR (W)	Fluxo de SiH ₄ (sccm)	Fluxo de Ar (sccm)	Fluxo de N ₂ (sccm)	Pressão mTorr	Temp. (°C)	Tempo de Deposição (minutos)
250	125	5	2,5	2	20	2
						4
						8
						10

Oxinitretos ECR – CVD:

Potência ECR (W)	Fluxo de SiH ₄ (sccm)	Fluxo de Ar (sccm)	Fluxo de N ₂ (sccm)	Fluxo de O ₂ (sccm)	Pressão (m Torr)	Temp. (°C)	Tempo de Deposição (minutos)
750	200	20	7	3	4	20	2
							4
							8
							10

Nitretos RT/PCVD:

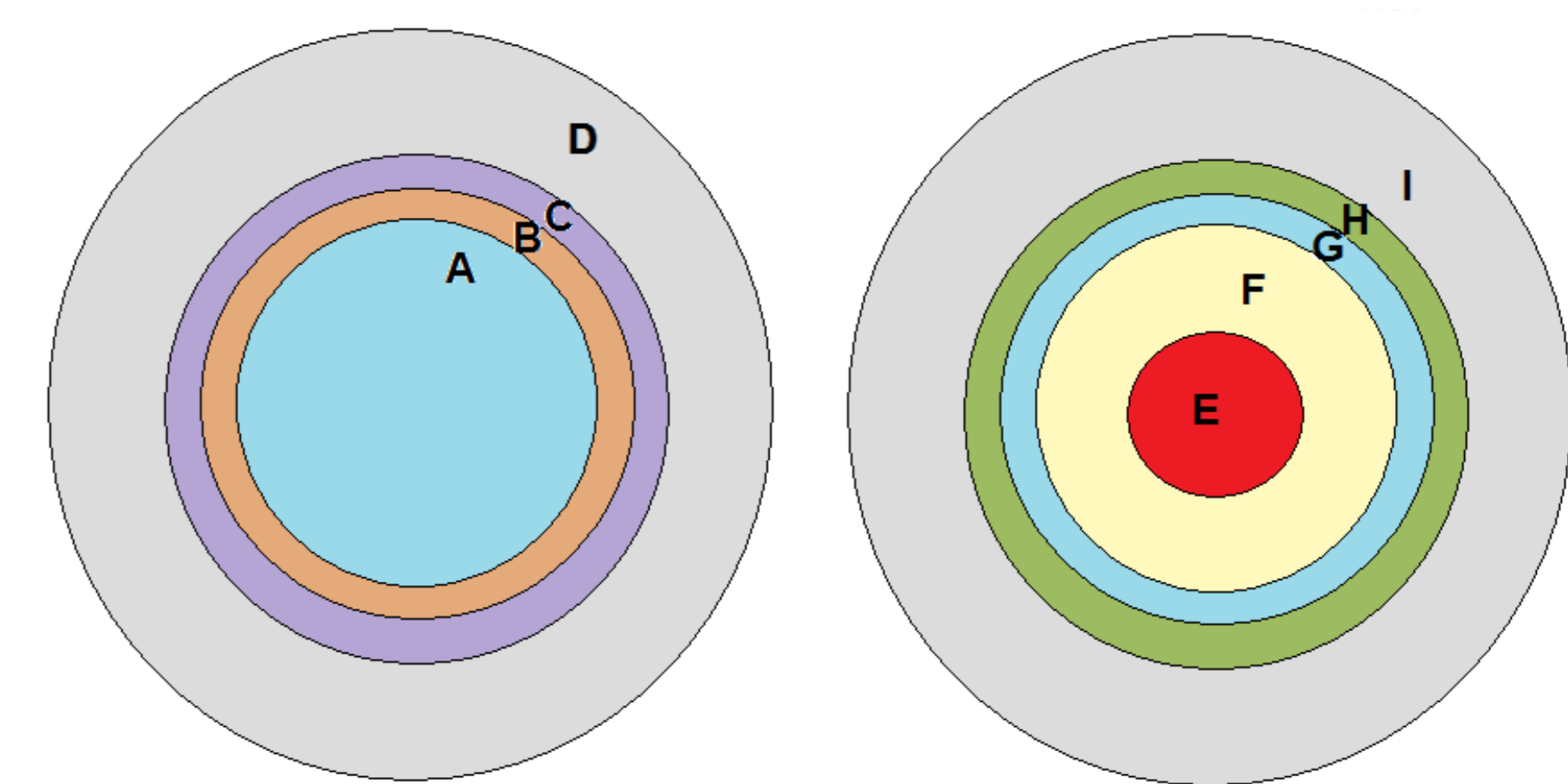
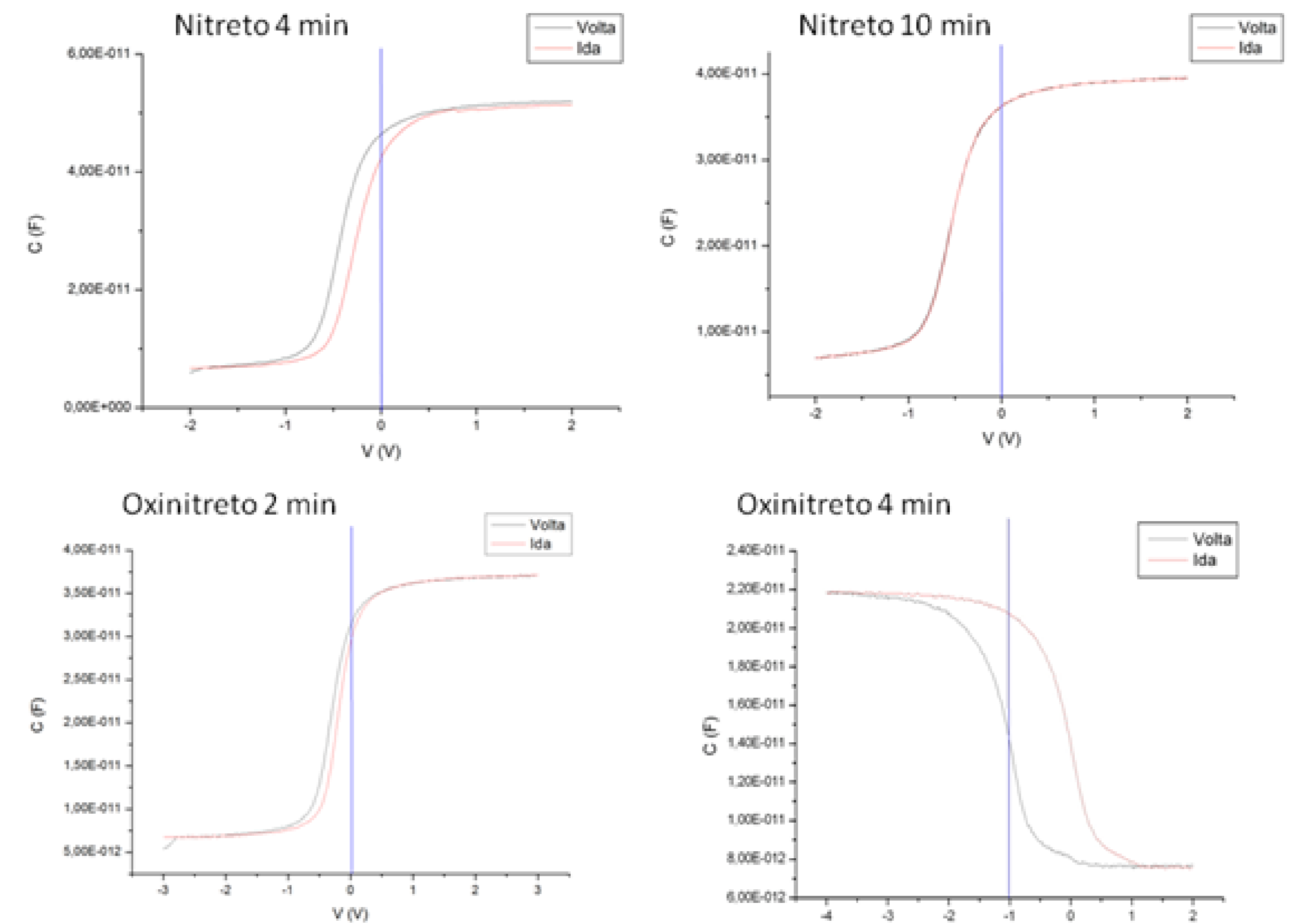
Processo	Fluxo de SiH ₄ (sccm)	Fluxo de NH ₃ (sccm)	Pressão (Torr)	Temp. (°C)	Tempo de Deposição (minutos)
44	600	40	1,75	300	20
46	300	20	1,75	300	20

RESULTADOS

Filmes do ECR-CVD – Caracterização estrutural (elipsometria para obter índice de refração e espessura) e elétrica (medida C-V para obtenção da densidade de carga).

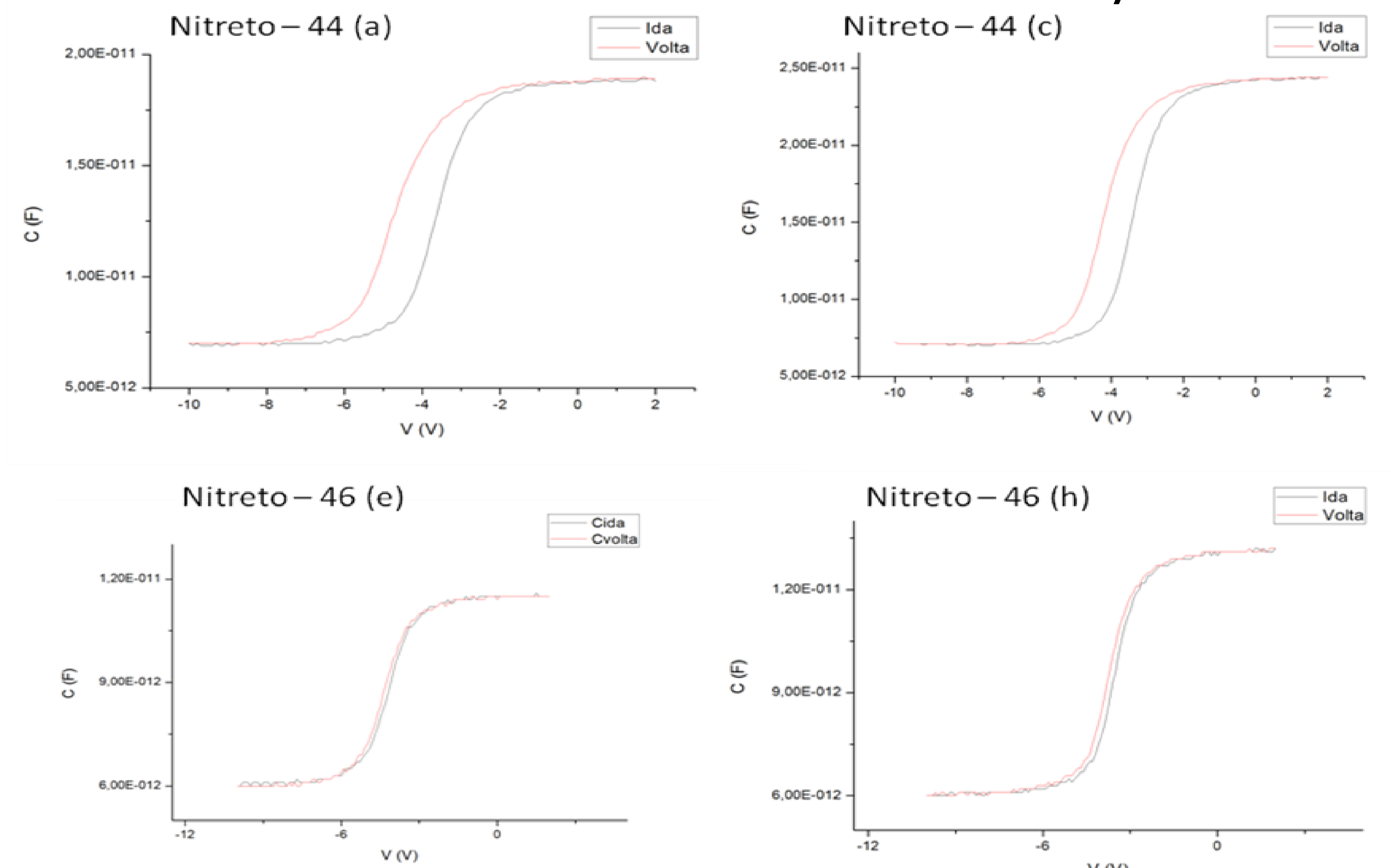
Tempo de Deposição (min)	Q ₀ /q (x10 ¹⁰ cm ⁻²)	Índice de Refração	Espessura (Å)	Tipo de Filme
2	-6,7 ± 3,5	1,92 ± 0,03	130 ± 8	Nitreto rico em N
4	-6,5 ± 2,4	1,84 ± 0,02	218 ± 22	Nitreto rico em N
8	3,4 ± 2,3	1,87 ± 0,01	321 ± 10	Nitreto rico em N
10	17,8 ± 3,2	1,88 ± 0,01	336 ± 3	Nitreto rico em N
2	3,3 ± 6,7	1,68 ± 0,03	360 ± 13	Oxinitreto
4	-12,9 ± 2,1	1,66 ± 0,02	640 ± 20	Oxinitreto
8	11,4 ± 1,5	1,62 ± 0,01	1340 ± 24	Oxinitreto
10	12,3 ± 4,3	1,61 ± 0,05	1859 ± 90	Oxinitreto

Curvas C-V dos Nitretos e Oxinitretos feitos no ECR com 10 min de recozimento.



Esquemas das regiões depositadas nos substratos de Si. O esquema da esquerda representa a lâmina do processo 44 e a lâmina da direita o processo 46. As letras D e I indicam o substrato de Si.

Curvas C-V dos Nitretos e Oxinitretos feitos no RT/PCVD.



Filmes do RT/PCVD – Caracterização estrutural (elipsometria para obter índice de refração e espessura) e elétrica (medida C-V para obtenção da densidade de carga).

Processo	Q ₀ /q (x10 ¹⁰ cm ⁻²)	Índice de Refração	Espessura (Å)	Tipo de Filme
44 (a)	147 ± 20	1,86 ± 0,01	555 ± 21	-
44 (b)	117 ± 10	1,84 ± 0,01	325 ± 8	-
44 (c)	163 ± 22	1,83 ± 0,02	428 ± 17	-
44 (média)	143 ± 70	-	-	Nitreto rico em N
46 (f)	76,8 ± 6,2	1,88 ± 0,01	855 ± 15	-
46 (g)	71,2 ± 6,3	1,87 ± 0,01	1497 ± 118	-
46 (e)	78,5 ± 2,4	1,84 ± 0,01	1987 ± 33	-
46 (h)	71,0 ± 4,1	1,83 ± 0,02	658 ± 69	-
46 (média)	74,3 ± 5,9	-	-	Nitreto rico em N

CONCLUSÕES

Filmes de Nitreto depositados pelo sistema ECR-CVD:

➔ 13 nm < espessura < 34 nm – formação de filme fino ; 1,84 < n < 1,92 – nitreto rico em N; 3 x10¹⁰cm⁻² < |Densidade de Carga| < 18 x10¹⁰cm⁻²

Filmes de Oxinitreto depositados pelo sistema ECR-CVD:

➔ 36 nm < espessura < 180 nm – formação de filme fino ; 1,61 < n < 1,68 – nitreto rico em N; 3 x10¹⁰cm⁻² < |Densidade de Carga| < 13 x10¹⁰cm⁻²

Filmes de Nitreto depositados pelo sistema RT/PCVD:

➔ 32 nm < espessura < 140 nm – formação de filme fino ; 1,83 < n < 1,87 – nitreto rico em N; 71 x10¹⁰cm⁻² < |Densidade de Carga| < 163 x10¹⁰cm⁻²