



Ciência e Tecnologia de Filmes Finos

➤ Seminário apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ciência dos Materiais, POSMAT/UNESP, como parte dos requisitos necessários à obtenção de nota para a disciplina Ciência e Tecnologia de Filmes Finos.

➤ Aplicações de Filmes Finos

➤ Professor: Dr. Humberto.
➤ Alunos: Adalberto Miranda
Bruno Mello de Freitas.

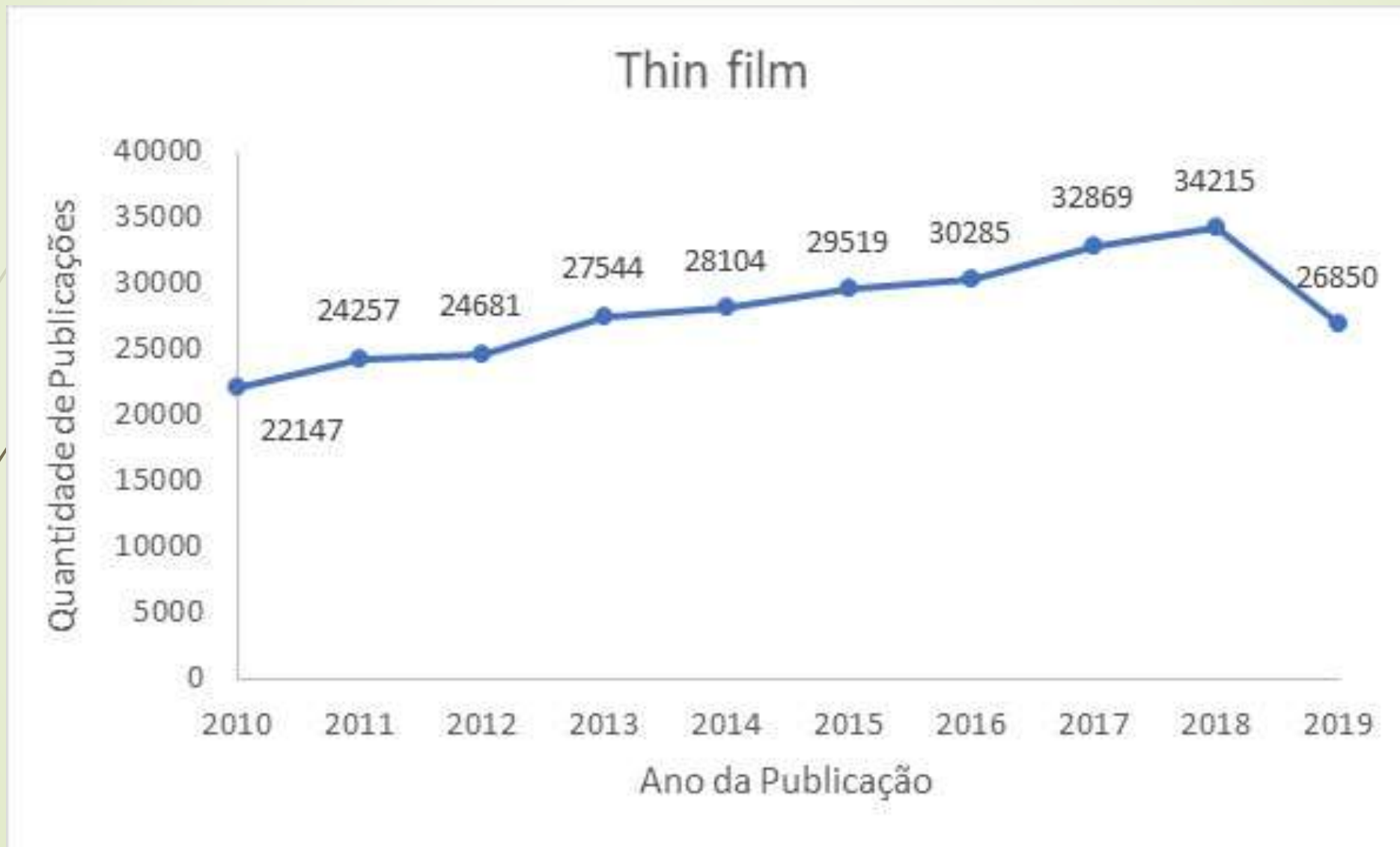


SUMÁRIO

- ❑ Motivação
- ❑ Aplicações de Filmes Finos:
 - Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
 - Filmes foto e eletro-sensíveis
 - Transistores de filmes finos
 - Circuitos integrados
 - Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
 - Lasers semicondutores e comunicações ópticas
- ❑ Conclusão
- ❑ Referências



MOTIVAÇÃO





SUMÁRIO

☐ Motivação

☐ Aplicações de Filmes Finos:

- Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
- Filmes foto e eletro-sensíveis
- Transistores de filmes finos
- Circuitos integrados
- Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
- Lasers semicondutores e comunicações ópticas

☐ Conclusão

☐ Referências



Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies

➡ O artigo

Materials Letters 73 (2012) 202–205

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Materials Letters

journal homepage: www.elsevier.com/locate/matlet

Microstructure and friction-reducing performance of sulfurized W doped diamond-like carbon film

Wen Yue ^{a,*}, Xiaocheng Gao ^a, Chengbiao Wang ^a, Zhiqiang Fu ^a, Xiang Yu ^a, Jiajun Liu ^b

^a School of Engineering and Technology, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China
^b Mechanical Engineering Department, Tsinghua University, Beijing 100084, China

ARTICLE INFO

Article history:
Received 2 December 2011
Accepted 10 January 2012
Available online 15 January 2012

Keywords:
Solid lubrication
Diamond-like carbon
Sulfide
Wear and tribology
Thin films

ABSTRACT

The microstructure and friction-reducing performance of W doped diamond-like carbon (W-DLC) film treated by low temperature ion sulfuration was investigated in this paper. According to our designing thought a solid lubrication layer of WS₂ with gradient distribution and about 100 nm depth was successfully prepared on the W-DLC film. The structural analyses were performed using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) and Raman spectroscopy. The examinations of mechanical and tribological properties were completed using a nanoindenter and ball-on-disk friction and wear tester. The results showed that a soft layer of low content WS₂ and a slight increase of sp²-C phase on the hard W-DLC film played an important and beneficial role for improving the friction-reducing performance of DLC film.

© 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.



Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies

➤ Introdução:

- Estrutura DLC (Carbono tipo Diamante)
- Combinação de DLC com lubrificante de WS_2 ou MoS_2 .
- Com isso, uma camada de filme fino de W-DLC foi preparada por tratamento de sulfuração de íons em baixa temperatura.



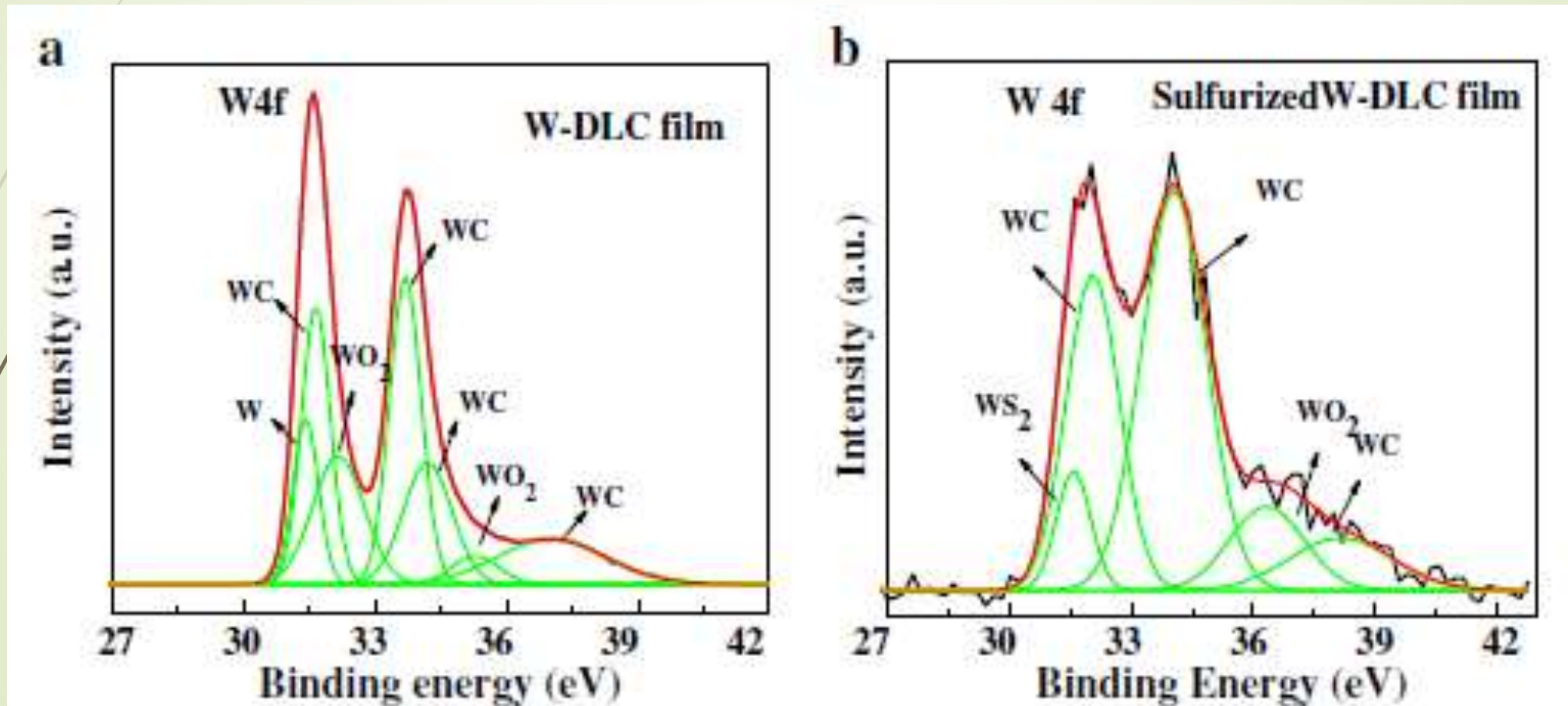
Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies

Metodologia:

- Filme de W-DLC depositado em aço inox 316
- Argônio e Acetileno com pureza de 99,99%
- Câmara a vácuo
- Espessura de aproximadamente 2 μm
- Tratamento por sulfuração de íons em um forno de nitretação a plasma
- Tensão de 1000 V ; Pressão do ar de 20 Pa; Temperatura de 200°C; Tempo: 4 h.
- O estado químico: Espectroscópio de fotoelétrons de raios X (XPS)
- Nanodureza: Nanoindentador MTS XP com de indentação de 250 nm (1/10)
- Tribologia: Tribômetro MS-T3000, velocidade de rotação de 400 rpm, carga de 2 N
- Repetição de 3 ensaios.

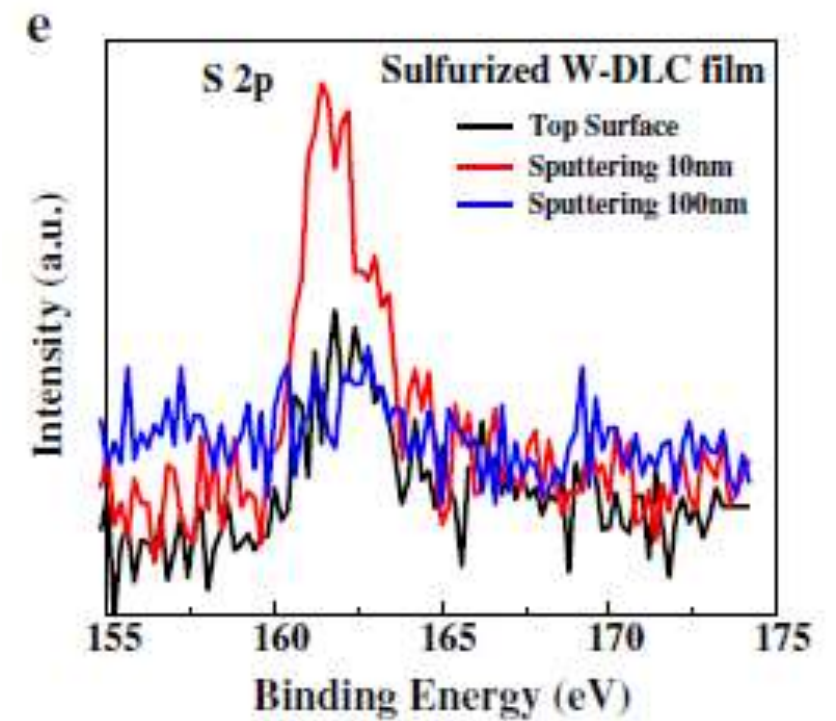
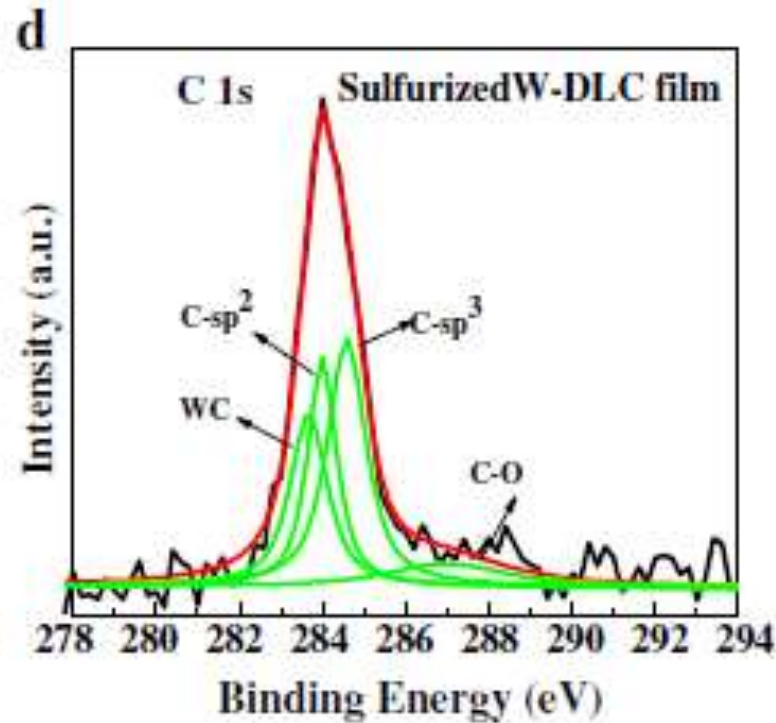
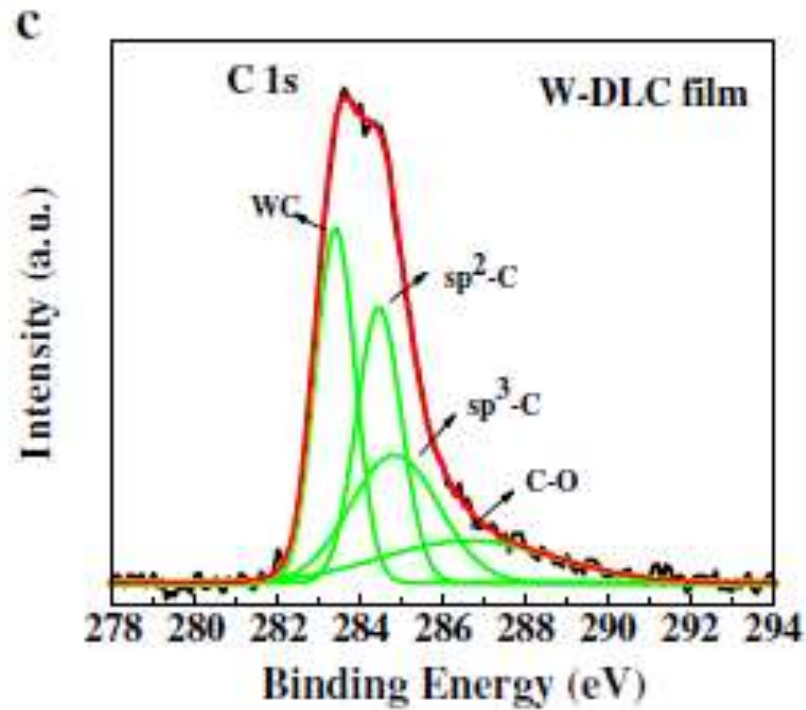
Resultados e Discussão:

XPS



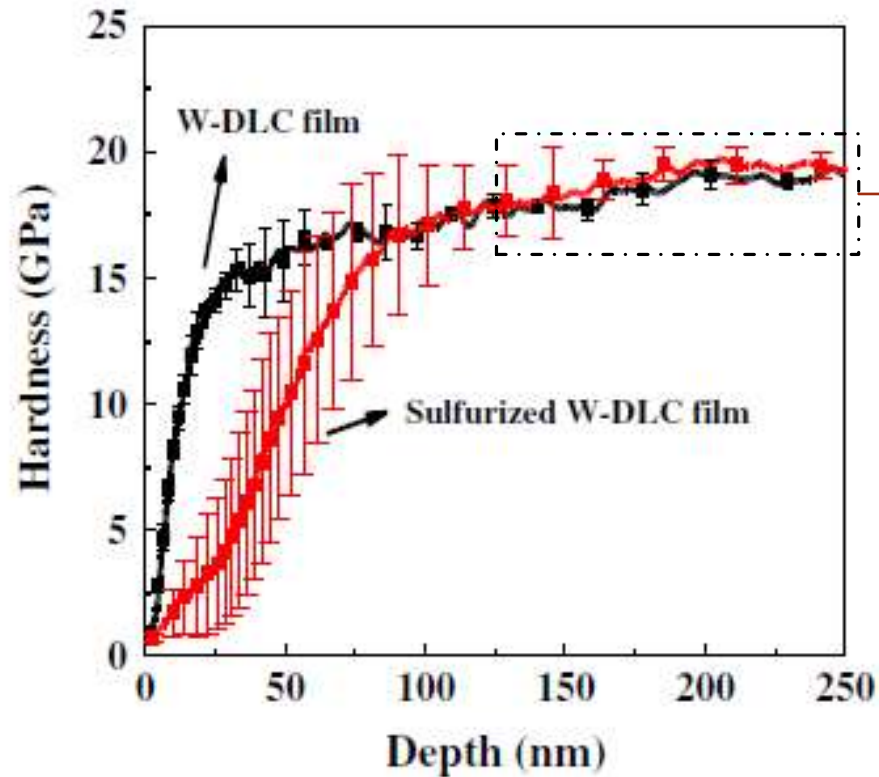
Resultados e Discussão:

XPS



Resultados e Discussão:

Nanodureza

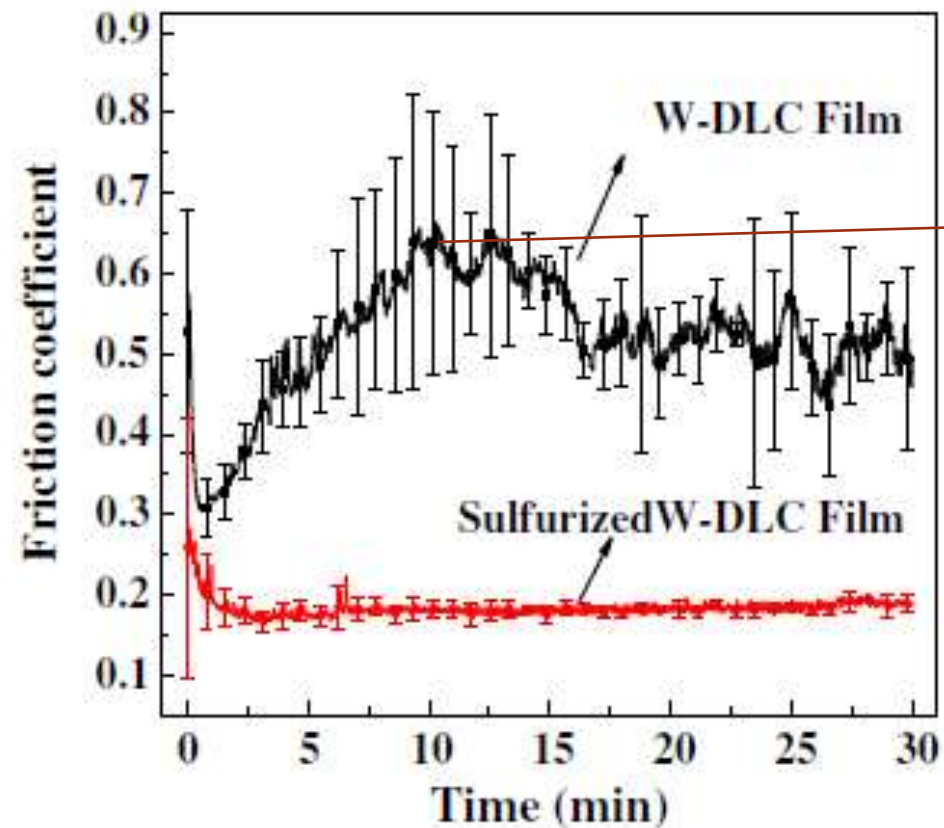


19 GPa
120 - 250 nm

Fig. 3. Nanohardness distribution along depth in W-DLC film and sulfurized W-DLC film.

Resultados e Discussão:

Tribologia:



μ máx de 0,6

μ médio de 0,18

Fig. 4. Friction coefficient variation with time of W-DLC film and sulfurized W-DLC film.



Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies

➤ Conclusões:

- Uma camada de WS_2 surgiu no filme fino de W-DLC pelo tratamento de sulfuração a baixa temperatura.
- Um pequeno aumento da fase SP^2 -C e um certo teor de WS_2 em aproximadamente 100 nm foi formado sobre um substrato rígido do filme W-DLC.
- O filme W-DLC sulfurizado exibiu um coeficiente de atrito muito menor que o do filme não tratado



SUMÁRIO

☐ Motivação

☐ Aplicações de Filmes Finos:

- Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
- Filmes foto e eletro-sensíveis
- Transistores de filmes finos
- Circuitos integrados
- Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
- Lasers semicondutores e comunicações ópticas

☐ Conclusão

☐ Referências



Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

➡ O artigo

Progress in Organic Coatings 70 (2011) 365–368

Contents lists available at ScienceDirect

 Progress in Organic Coatings

journal homepage: www.elsevier.com/locate/porgcoat



Electro-optically sensitive diamond-like carbon thin films deposited by reactive magnetron sputtering for electronic device applications

Vinícius Z. Rizzo*, Ronaldo D. Mansano

Laboratório de Sistemas Integráveis da Escola, Politécnica da Universidade de São Paulo, Av. Prof. Luciano Gualberto, 158, 05508-900 São Paulo – SP, Brazil

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article history: Received 28 May 2010 Received in revised form 18 June 2010 Accepted 9 July 2010 Keywords: Diamond-like carbon coatings Optical properties Electrical properties Reactive magnetron sputtering	The goal of this work is to study and relate electrical and optical properties of diamond-like carbon (DLC) thin films for applications in electronic devices. DLC films were deposited in a reactive RF magnetron sputtering system on p-type silicon and glass substrates. The target was a 99.9999% pure, 6 in. diameter graphite plate and methane was used as processing gas. Eight DLC films were produced for each substrate, varying deposition time, the reactor pressure between 5 mTorr and 10 mTorr while the RF power was applied at 13.56 MHz and varied between 100, 150, 200 and 250 W. After deposition, the films were analyzed by <i>I-V</i> and <i>C-V</i> measurements (Cheng et al. (2004) [1]) in order to determine the electric resistivity, photo-current response and dielectric constant, optical transmittance, used to find the optical gap by the Tauc method; and by photoluminescence analysis to determine the photoemission and confirm the optical band gap. These characteristics are compared and the influence of the deposition parameters is discussed.

© 2011 Published by Elsevier B.V.



Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

➤ Introdução:

- DLC (Carbono tipo Diamante)
- Pulverização catódica
- Importância na microeletrônica
- Aplicações de DLC na microeletrônica
- Objetivo: estudar a influência do processo de deposição nas propriedades ópticas e elétricas de filmes de DLC depositados por pulverização catódica com RF.



Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

► Metodologia:

- Limpeza das bolachas de silício tipo p
- 8 amostras em atmosfera com 100% de CH_4
- Sistema de pulverização de Magnetron RF utilizando um alvo de grafite 99,9999% puro
- Antes da injeção de gás, a pressão no reator foi reduzida para 6×10^{-6} Torr (8×10^{-4} Pa)
- 4 amostras foram depositados em 5 mTorr ($6,6 \times 10^{-1}$ Pa) e 4 amostras em 10 mTorr (1,33 Pa), onde, em cada uma das condições de pressão, a energia RF foi de 100 W, 150 W, 200 W e 250W.
- Espessura de 200 nm

Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

Resultados e Discussão:

- Taxa de deposição aumenta
- Tanto a pressão quanto a potência aumentam a ionização do plasma

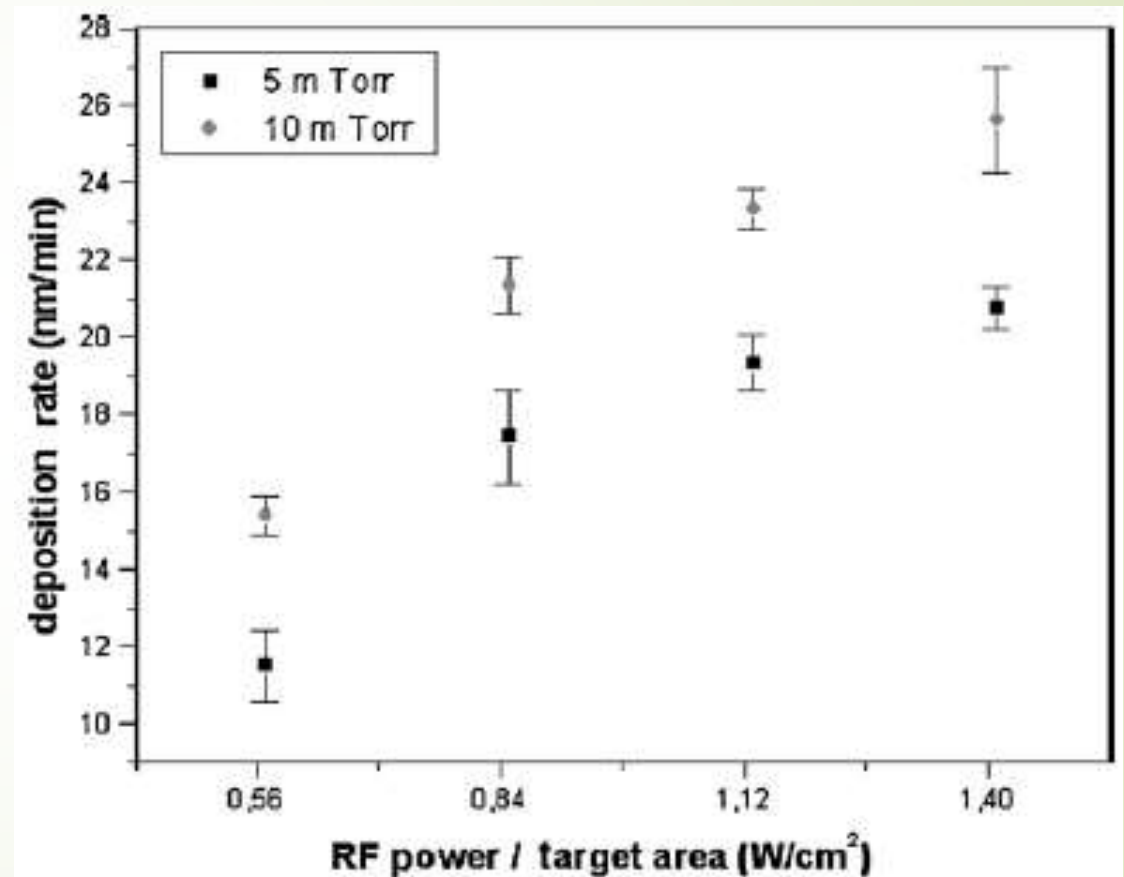


Fig. 1. Deposition rate of DLC films deposited by RF reactive magnetron sputtering at 5 mTorr and 10 mTorr working pressures and different RF power normalized by the graphite target area.

Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

Resultados e Discussão:

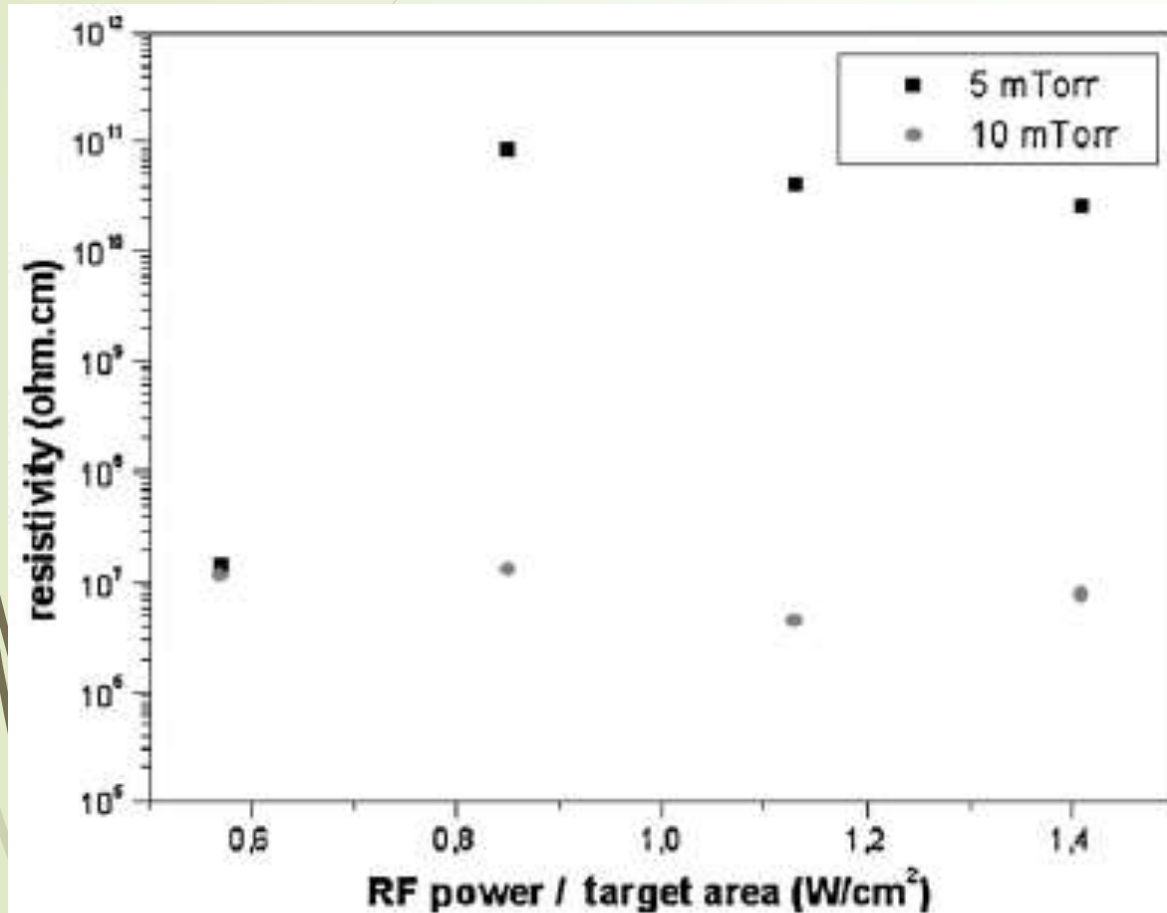


Fig. 2. Resistivity of DLC films deposited by RF reactive magnetron sputtering at 5 mTorr and 10 mTorr working pressures and different RF power.

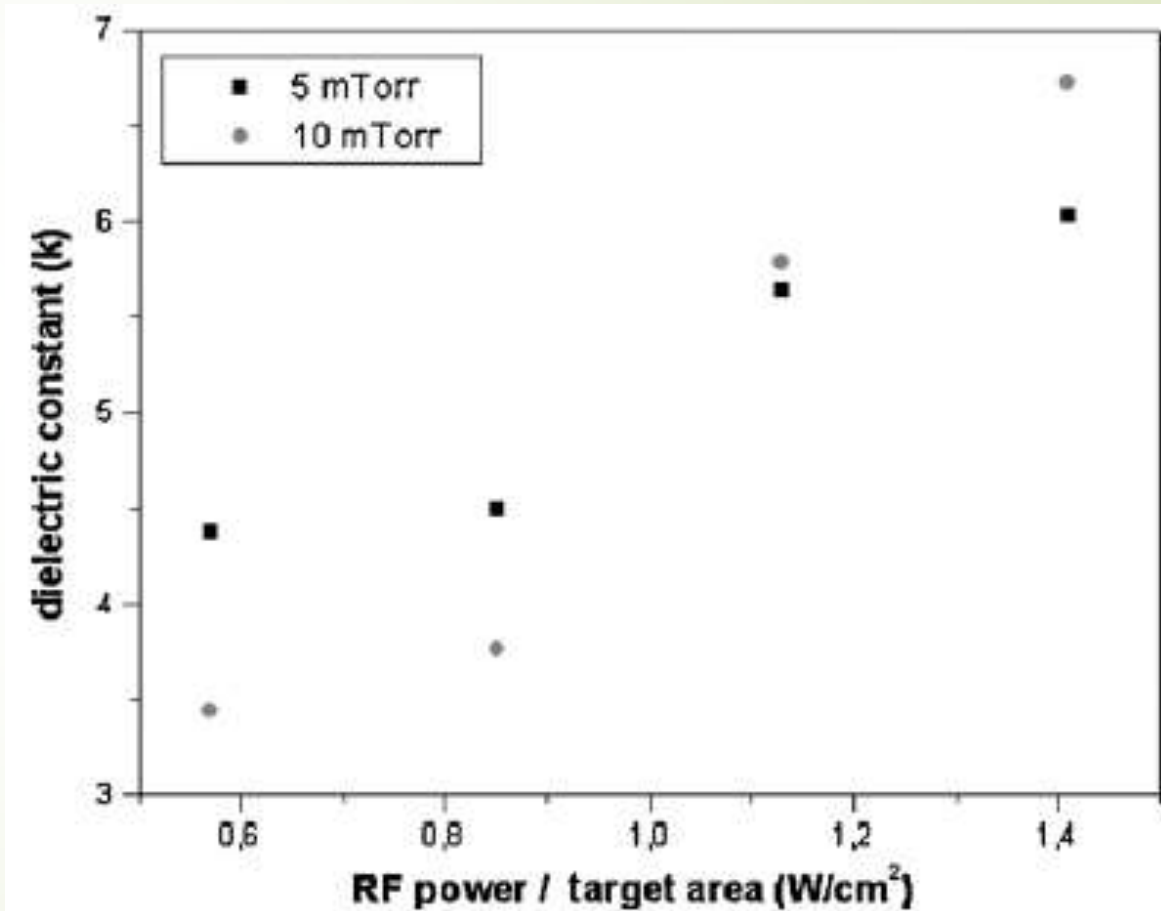


Fig. 3. Dielectric constant of DLC films deposited by RF reactive magnetron sputtering at 5 mTorr and 10 mTorr working pressures and different RF power.

Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

Resultados e Discussão:

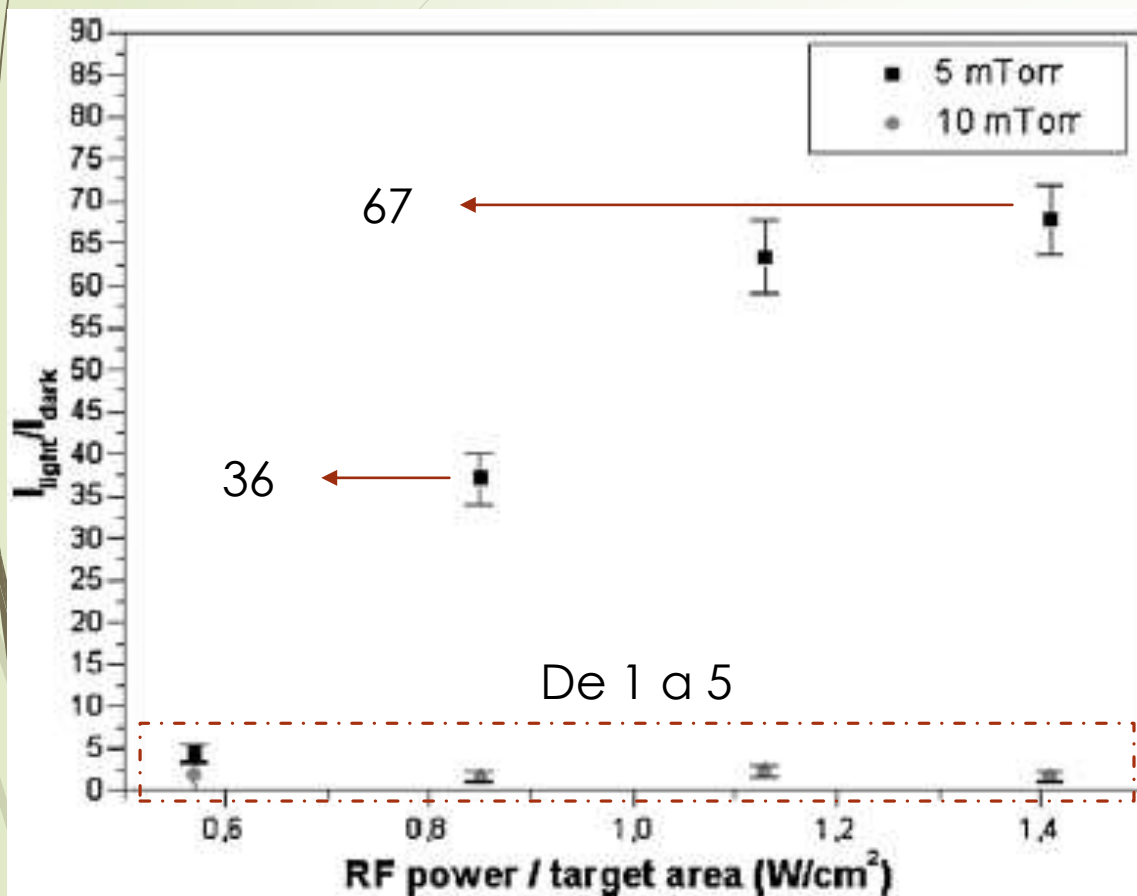


Fig. 5. Photo-current gain for Al-DLC-Si_p-type structures where DLC films were deposited by RF reactive magnetron sputtering at 5 mTorr and 10 mTorr working pressures and different RF power.

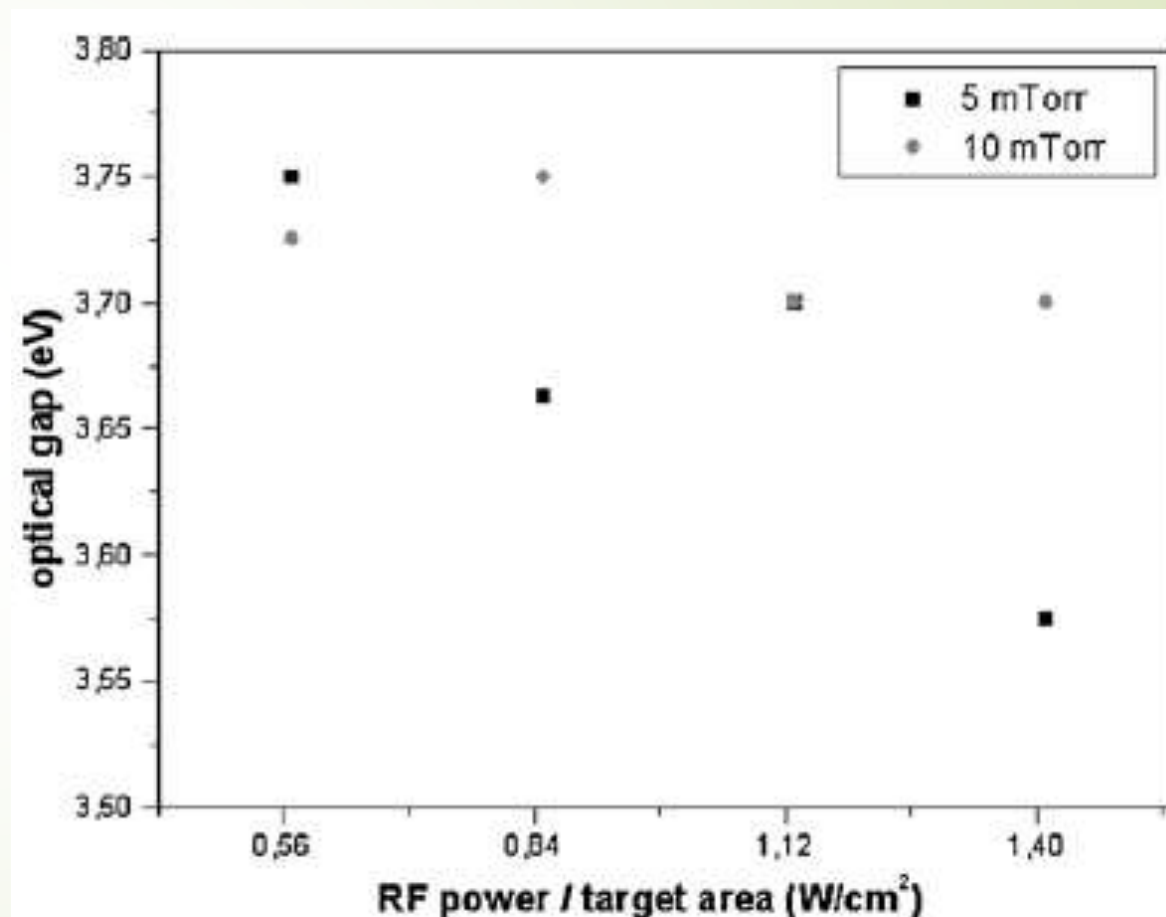


Fig. 6. Absorption optical gaps of DLC films deposited by RF reactive magnetron sputtering at 5 mTorr and 10 mTorr working pressures and different RF power.



Filmes foto e eletro-sensíveis

Transistores de filmes finos

➤ Conclusões:

- As variáveis de pressão (mTorr) e potência (W) de processamento contribuem para aumentar a taxa de deposição.
- O intervalo da constante dielétrica obtida foi de 3,4 a 6,7.
- DLC são úteis para dispositivos ópticos e eletro-ópticos, bem como foto-sensores, uma vez que podem mostrar uma considerável resposta foto-corrente com um ganho de até 60.



SUMÁRIO

☐ Motivação

☐ Aplicações de Filmes Finos:

- Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
- Filmes foto e eletro-sensíveis
- Transistores de filmes finos
- Circuitos integrados
- Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
- Lasers semicondutores e comunicações ópticas

☐ Conclusão

☐ Referências



Circuitos Integrados

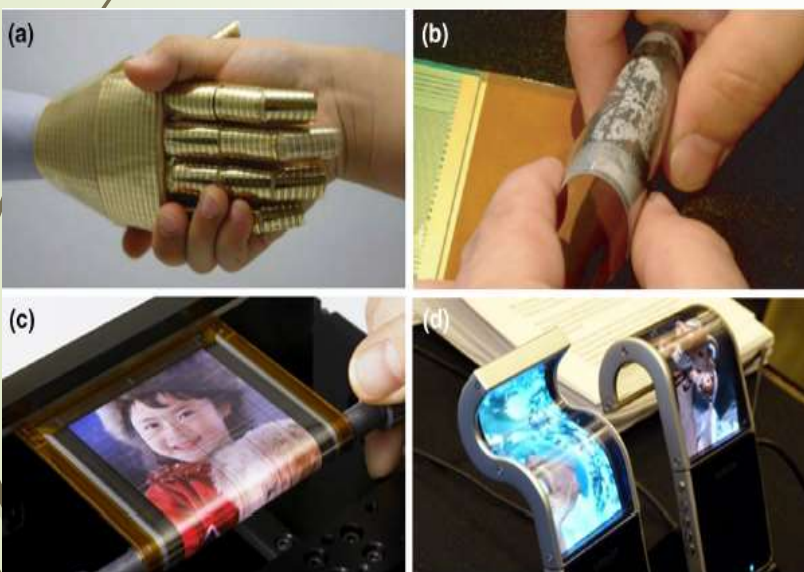
► Introdução:

- Filmes Finos - podem ser classificados em metálicos, não metálicos, orgânicos ou compostos, sobre outro material, por processos físicos ou químicos, espessura que varia de 1 a 100.000Å.

- **Método:** Análise da evolução de transistores orgânicos flexíveis e circuitos integrados em termos de material, fabricação e aplicação.



- **Resultado:** uso de correntes de Foucault em campos de frequências e ressonância e larguras de linha ressonantes ficam insignificantes, porque os filmes são mais finos que a superfície de radiação de microondas.



- Filme de "E-skin", com três circuitos integrados separados são matrizes de sensores de pressão, decodificadores de linha e seletores de coluna para ler a pressão informações em uma área grande.

- **Aplicações:** circuitos flexíveis, principalmente, *rollable*, como E-paper, *Smart cards*, etiquetas de identificação de frequência (RFID) e folhas de sensores.



SUMÁRIO

☐ Motivação

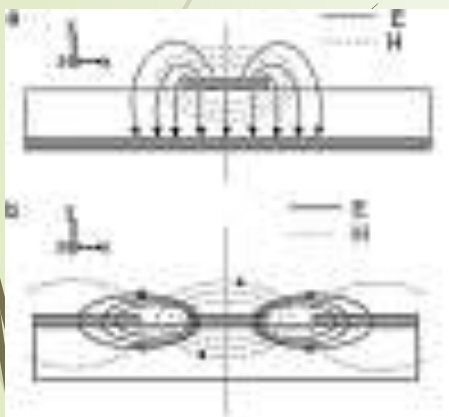
☐ Aplicações de Filmes Finos:

- Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
- Filmes foto e eletro-sensíveis
- Transistores de filmes finos
- Circuitos integrados
- Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
- Lasers semicondutores e comunicações ópticas

☐ Conclusão

☐ Referências

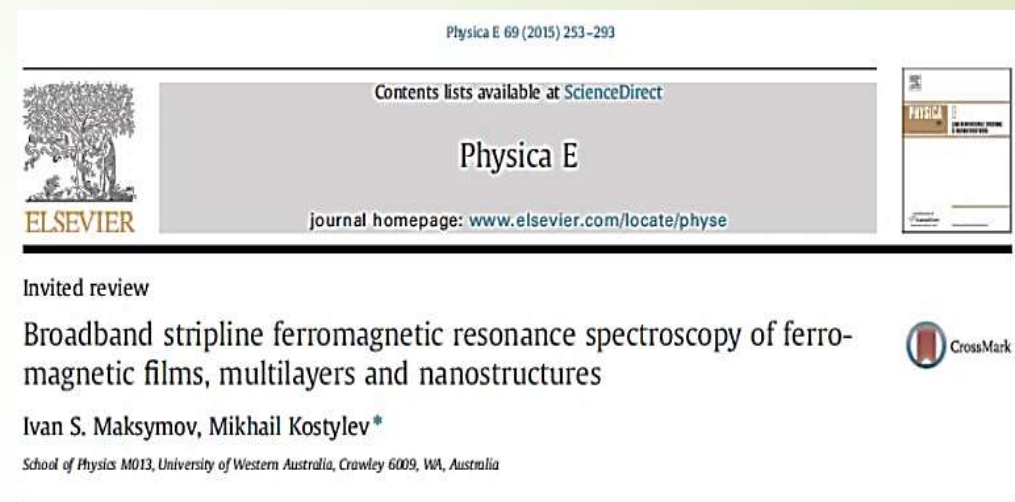
➤ **Métodos:** Análise crítica e prática da espectroscopia de Ressonância Ferromagnética de Banda Larga (BFMR) desenvolvida para a caracterização de sistemas magnéticos de baixa dimensionalidade.



➤ **Resultado:** experimentais e teóricos do stripline BFMR, geometria dos transdutores, orientação do campo magnético estático, presença de correntes parasitas de microondas e dos impactos de camadas não magnéticas, interfaces e superfícies nas amostras. Mostra como a pesquisa crescerá no campo de nanomagnetismo.

➤ **Aplicações:** circuitos flexíveis, principalmente, *rollable*, como E-paper, *Smart cards*, etiquetas de identificação de frequência (RFID) e folhas de sensores.

Fig. Campo magnético de microondas de uma microtriplina descarregada





SUMÁRIO

☐ Motivação

☐ Aplicações de Filmes Finos:

- Recobrimento, tribologia e endurecimento de superfícies
- Filmes foto e eletro-sensíveis
- Transistores de filmes finos
- Circuitos integrados
- Multi-camadas ópticas e ferromagnéticas
- Lasers semicondutores e comunicações ópticas

☐ Conclusão

☐ Referências

- **Método:** Relato da técnica fotoreflexância (PR) a laser para caracterizar a refração não-linear (deformação) física de Si, pela deposição de filmes finos semicondutores, de substratos de SiGe.

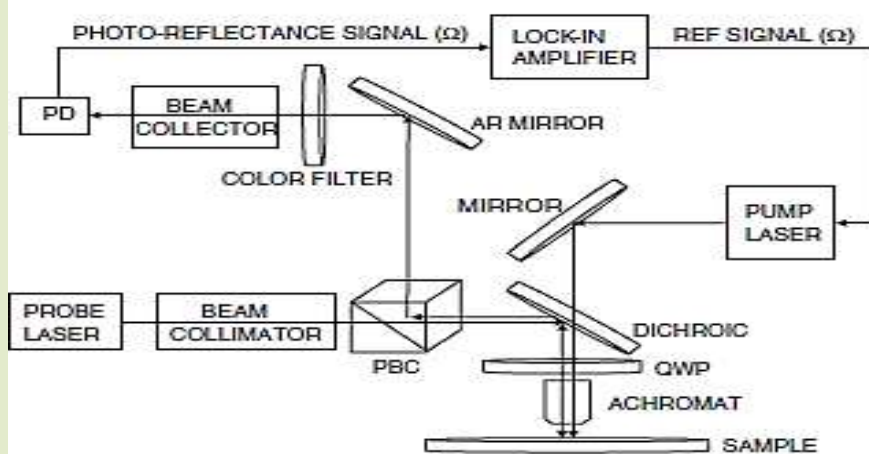
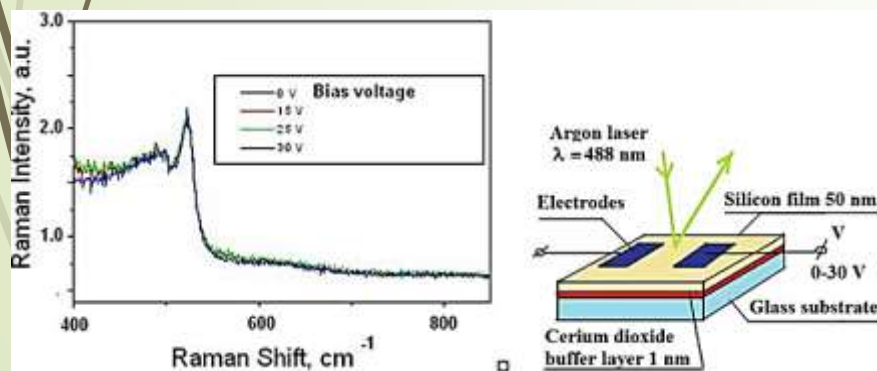


Fig. 1. Schematic of laser PR apparatus.



- **Resultado:** Os filmes de Si nanocristalino podem ser aplicados para dispositivos optoeletrônicos.

Aplicações:

- Medições absolutas de eletrorefração em filmes finos semicondutores.
- WDM (waveelength division multiplexing), exige circuitos complexos e mecanismos de realimentação para detectar e corrigir variações no comprimento de onda.
- Sistemas de médias e longas distâncias (fibras ópticas).



Outras Aplicações

- ☐ P-type thin films transistors with solution-deposited lead sulfide films as semiconductor
- ☐ Effect of substrate temperature on sputtered indium-aluminum-zinc oxide films and thin film transistors
- ☐ Investigation on the electrical performances and stability of W-doped ZnO thin-film transistors



Conclusão

- Vasta utilização em:
 - Filmes foto e eletro-sensíveis
 - Transistores
 - Circuitos integrados
 - Semicondutores
 - Diminuição de desgaste



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wen Yue, Xiaocheng Gao, Chengbiao Wang, Zhiqiang Fu, Xiang Yu, Jiajun Liu. **Microstructure and friction-reducing performance of sulfurized W doped diamond-like carbon film**. Materials Letters, v. 73, p. 202-205, 2012.
2. Vinícius Z. Rizzo, Ronaldo D. Mansano. **Electro-optically sensitive diamond-like carbon thin films deposited by reactive magnetron sputtering for electronic device applications**. Progress in Organic Coatings, v. 70, p.365-368, 2011.
3. LU, C.; JI, Z.; XU, G.; WANG, W.; WANG, L.; HAN, Z.; LI, L.; LIU, M.. **Progress in flexible organic thin-film transistors and integrated circuits**. Sciencedirect, Science Bulletin, 61 (2016) 1081-1096.
4. MAKSYMОВ, I.S. e KOSTYLEV, M.. **Broadbands tripline ferromagnetic resonance spectroscopy of ferromagnetic films, multilayers and nanostructures**. Elsevier, Physica E 69 (2015) 253–293..
5. CHISM, W. e CARTWRIGHT, J.. **Laser photo-reflectance characterization of resonant nonlinear electrorefraction in thin semiconductor films**. Ciencedirec, Thin Solid Films. 520, Issue 21, (2012) 6521-6524.



Agradecimentos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"

OBRIGADO PELA ATENÇÃO DE TODOS



Aos professores de Pós-Graduação da UNESP e UFAM.

Aos colegas de Pós-Graduação do POSMAT.