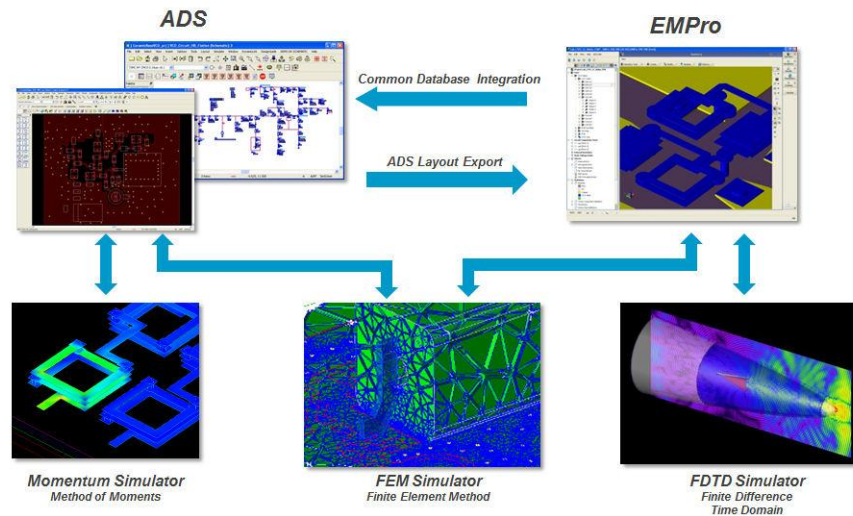


Laborator 1

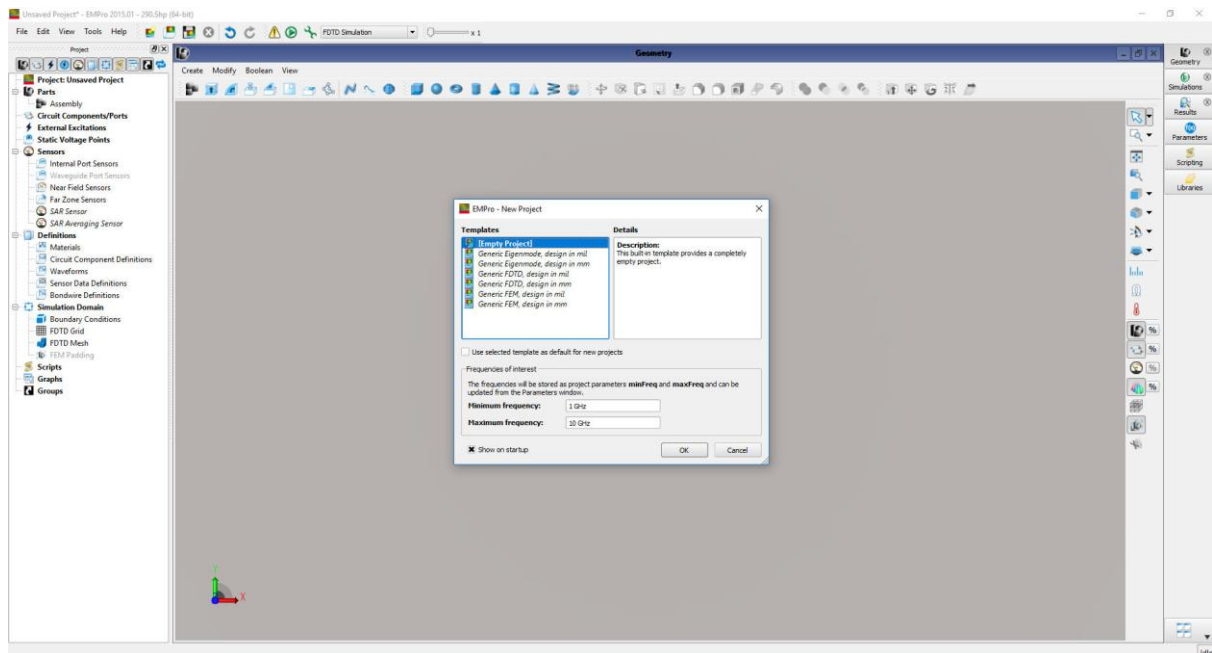
Utilizarea programului de simulare electromagnetică EmPro

1. Prezentarea programului EmPro

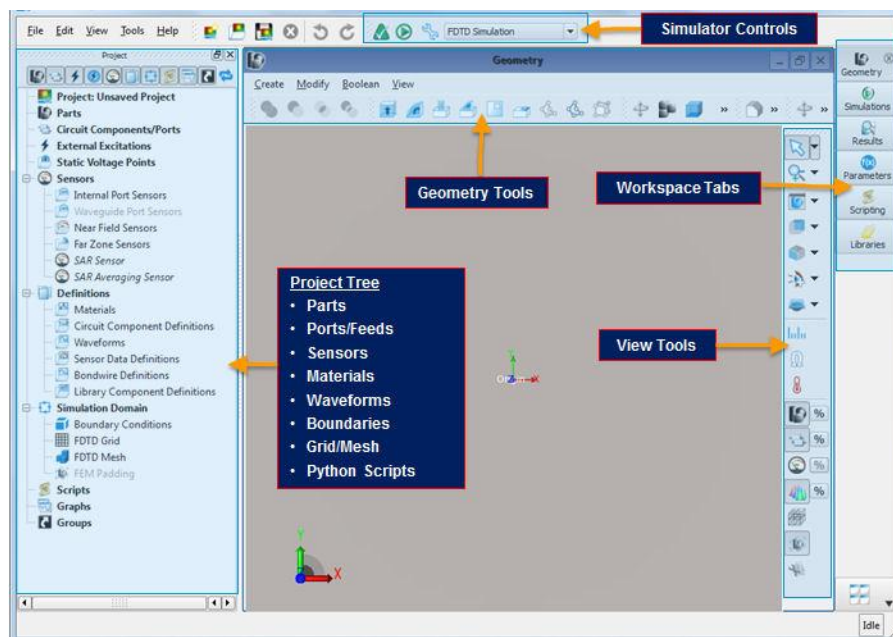
EmPro este un program de simulare electromagnetică 3D creat de firma Keysight. Este conceput pentru a oferi programului Advanced Design System capabilități de simulare electromagnetică (ADS ofera nativ simulare 2.5D prin metoda momentelor).



Programul se pornește din bara de start din Windows. Inițial se pornește în interfața de desenare a structurii și cu fereastra de creare a unui nou proiect.



La crearea proiectului se poate alege simulatorul utilizat (FDTD, FEM sau Eigenmode: aflarea modurilor proprii), unitățile de măsură standard utilizate în proiect (mm sau mil) și de asemenea intervalul de frecvență în care se va face simularea. Intervalul de frecvență poate fi modificat mai târziu, dar deoarece un mare număr de elemente (fizice) depinde de acesta e important să fie cât mai corect estimat inițial pentru a evita corecții masive mai târziu.



În partea stângă a interfeței se regăsește Project Tree, o structură în care pot fi regăsite (aproape) toate elementele de interes din proiectul curent. Fereastra centrală oferă acces la desenarea/vizualizarea structurii analizate (vizualizarea diferitelor elemente putând fi controlată rapid din bara de butoane View Tools). În partea dreaptă (Workspace Tabs) se pot afișa, deasupra ferestrei de geometrie, ferestrele de urmărire control a simulărilor, vizualizare rezultate, vizualizare/modificare parametri, editare script-uri (Python), încărcare bibliotecii. În partea de sus este prezentă zona de alegere/control a simulatorului.

Trebuie menționat că deși și FDTD și FEM sunt simulatoare de tip general, putând simula orice tip de structură (ca o consecință orice structură simulată va putea fi analizată cu oricare din cele două metode sau cu ambele, pentru a compara rezultatele), totuși schimbarea simulatorului activ nu se reduce numai la alegerea lui din interfață, ci are efecte secundare care conduc la operațiuni mai complexe (schimbare surse, schimbare grilă de calcul etc.).

2. Mod de lucru în EmPro

2.1. Materiale

Materialele se adaugă prin click dreapta pe secțiunea **Definitions > Materials** . În mod normal, toate materialele care trebuie utilizate la disciplină se regăsesc în biblioteca standard (Select from Default Material Library) dar se pot adăuga și materiale noi (New Material Definition). Această ultimă variantă ar putea să devină necesară când trebuie afectate caracteristicile unui material pentru a coincide cu tehnologia exactă care se utilizează.

2.2. Sisteme de coordonate

Generale: x,y,z

Locale: u,v,w

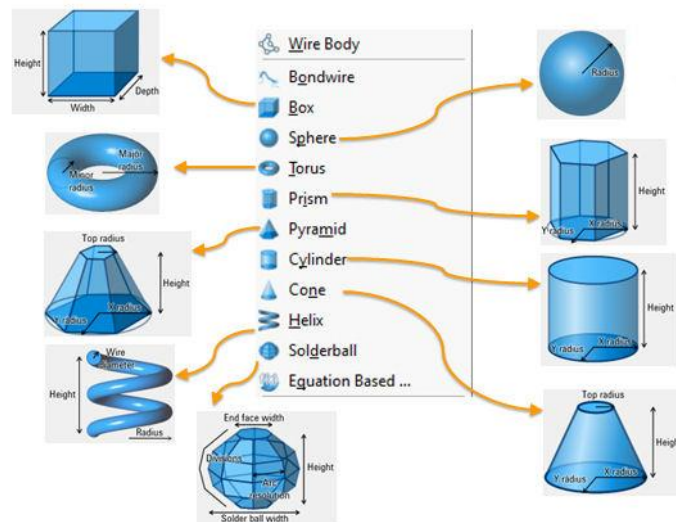
2.3. Elemente

Inserate prin click dreapta **Parts** în Project Tree. **Create New ...** Un element primește un nume sugestiv, util pentru a-l regăsi rapid în structura desenată

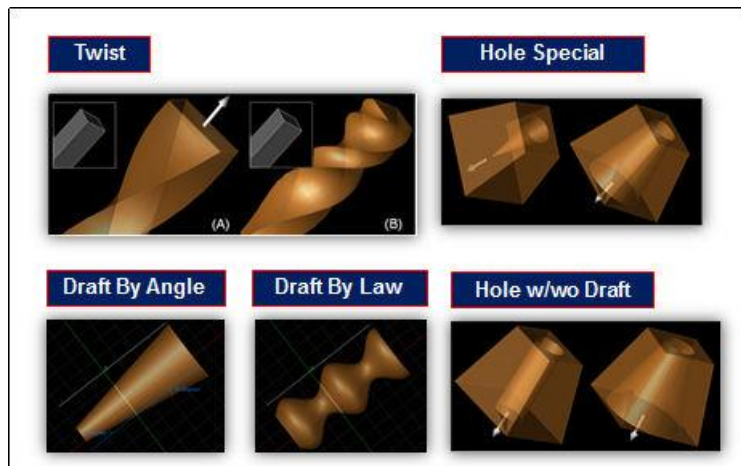
Pot fi grupate prin crearea ansamblelor: **Parts > Create New > Assembly** . Un ansamblu primește un nume

2.4. Desenare structuri

Utilizarea și suprapunerea blocurilor 3D predefinite și introducerea caracteristicilor geometrice ale acestora **Parts > Create New > Box ...**



Desenarea unei structuri 2D (mai simplu) și deplasarea lor după a treia dimensiune pentru a crea un obiect 3D, **Parts > Create New > Extrude**



2.5. Compunere elemente

Operațiunile sunt de tip logic:

Scădere, Uniune, Intersecție

2.6. Definire grilă

Dependentă de metoda de simulare

2.7. Definire surse de energie

Dependentă de metoda de simulare

2.8. Opțiuni simulator

Dependent de metoda de simulare

2.9. Simulare

Dependent de metoda de simulare

3. Activitate în laborator

Se exersează desenarea unor structuri tipice în tehnologia utilizată la curs (Foundry Plessey). Detalii pe server, pe scurt în cele ce urmează.

Straturile de materiale implicate sunt reprezentate simplificat în figura 1, indicându-se de asemenea suprafețele pe care se depun cele două niveluri de metalizare M2 și M3 (nitrura de siliciu se depune deasupra acestor metalizări pentru a evita conexiuni electrice nedorite).

În tabelul 3 sunt prezentate caracteristicile materialelor utilizate.



Fig. 1. Straturi dielectrice

Nr.	Material	ϵ_r	$\tan \delta$	σ [S/m]	R_{sq} [m Ω /sq]	h [μ m]
1	GaAs	12.85	$0.3 \cdot 10^{-3}$			200
2	Si ₃ N ₄	7.2	$15 \cdot 10^{-3}$			0.13
3	PI	3.4	$55 \cdot 10^{-3}$			1.8
4	M2			$3.6 \cdot 10^7$	55	0.5
5	M3			$3.3 \cdot 10^7$	10	3

Tabel 3. Caracteristici materiale utilizate

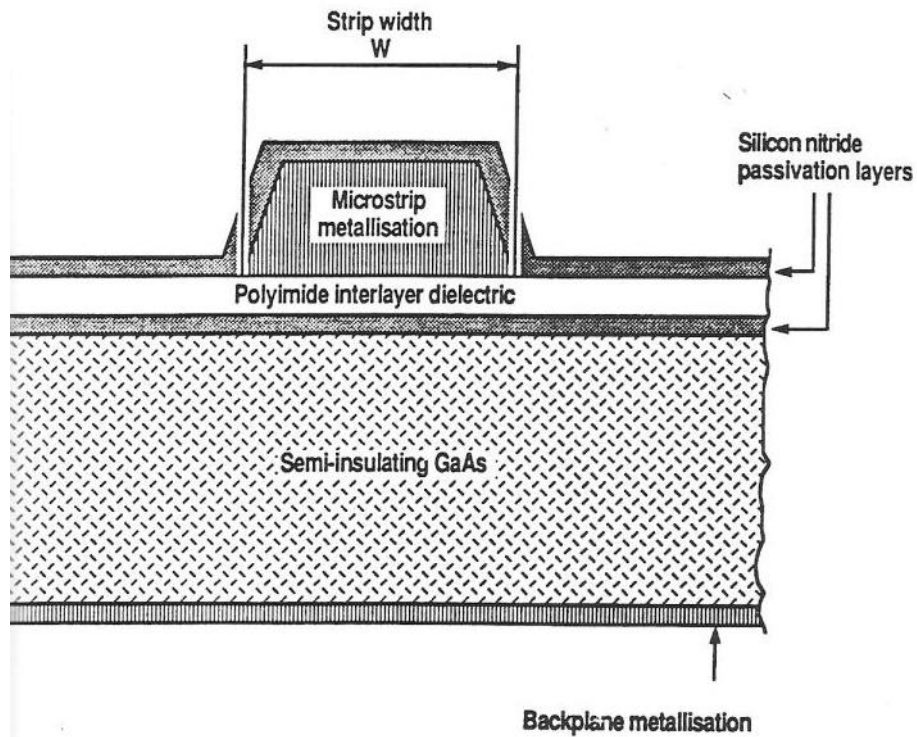


Fig. 5. Geometria reală în circuitul integrat

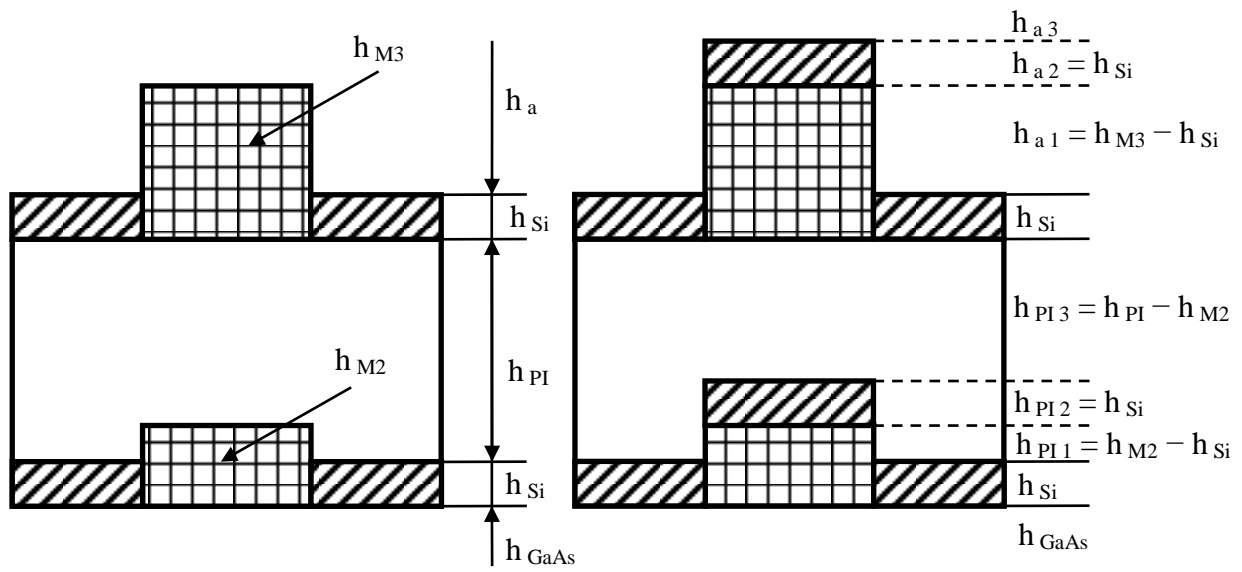


Fig. 7. Modelarea pasivizării pe metalizare (5 straturi -> 9 straturi)