

Por uma eletrônica mais rápida

Engenheiro desenvolve trabalho em parceria com universidades europeias

CARMO GALLO NETTO
carmo@reitoria.unicamp.br

Uma circunstância na sequência curricular do engenheiro elétrico Cleber Biasotto chama a atenção. Natural de Campinas, onde se bacharelou em 2002, recebeu em 2005 o diploma de mestre na área de microeletrônica da Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC) da Unicamp, em trabalho realizado no Centro de Componentes Semicondutores (CCS) da Universidade.

Depois de mais dois anos de trabalho acadêmico na Unicamp, radicou-se por aproximadamente quatro anos na cidade de Delft, na Holanda, para dedicar-se ao desenvolvimento de uma eletrônica alternativa de maior velocidade, que o levou a doutorar-se, em 2011, pela Delft University of Technology (TUDelft) publicando o livro "DotFETs: MOSFETs Strained by a Single SiGe Dot in a Low-Temperature ELA Technology", em que DotFETs (Dot Field Effect Transistor) refere-se ao nome de batismo do dispositivo final fabricado.

De volta ao Brasil, dedicou-se a escrever a tese de doutorado que acaba de apresentar à FEEC, denominada "Processos Alternativos para Micro e Nanotecnologias", que contém os desenvolvimentos práticos e teóricos que o levaram a cidade de Delft. É *sui generis* o fato de todo o trabalho apresentado agora na tese ter servido, mesmo antes de ser publicado, como base para a fabricação de transistores de efeito de campo com estrutura Metal-Óxido-Semicondutor (MOS) sobre ilhas de ligas de silício-germânio (SiGe), os chamados DotFETs de alta velocidade, nos laboratórios da TUDelft em conjunto com outras universidades da União Europeia e apoio da empresa STMicroelectronics, de Grenoble, França.

Desde 2010, quando voltou ao Brasil, ele é Coordenador de Pesquisa e Desenvolvimento da empresa alemã de semicondutores Semikron, que atua no país desde 1963. Agora se prepara para no início do ano assumir a função de especialista em tecnologia eletrônica avançada na Ceitec S.A., empresa pública federal vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, focada no desenvolvimento e produção de circuitos integrados.

Criada em 2008 e sediada em Porto Alegre, a empresa é a única da América Latina que será capaz de produzir chips, os circuitos integrados.

A construção de transistores utilizados na fabricação dos circuitos integrados, normalmente envolve o emprego de processos em altas temperaturas e tempos longos. O tempo encarece a produção e a temperatura pode causar danos aos materiais envolvidos em suas constituições, tais como silício (Si), germânio (Ge), óxidos e metais, que possuem significativas diferenças nas temperaturas de mudanças de fase (fusão e ebulição).

Para manter a integridade de todo o conjunto e acelerar o processo durante a fabricação de transistores, procura-se trabalhar com temperaturas e tempos menores. Isso naturalmente não pode ser conseguido, por exemplo, submetendo o conjunto a um forno de alta temperatura, pois cada constituinte possui uma característica térmica diferente.

Cleber utilizou então a técnica de recozimento a laser, em que o feixe de luz incide pontualmente nas regiões desejadas, não danificando os demais materiais do entorno, o que possibilita o ajuste de cada componente sem danos. O professor José Alexandre Diniz, orientador do trabalho realizado no Brasil, explica que o processo a laser ainda não é utilizado em escala de pro-



O professor José Alexandre Diniz (à direita), orientador, e Cleber Biasotto, autor da tese: técnica de recozimento a laser

dução e por isso é considerado alternativo. Esse processo ponto-a-ponto é muito lento, de baixa produtividade, mas com a evolução da tecnologia de micro e nanofabricação pode vir a se tornar mais rápido e viável.

A PROPOSTA

Foi o que aconteceu com a tecnologia de fabricação dos transistores, que compõem os chips (circuitos integrados), que são os dispositivos semicondutores mais importantes na área da eletrônica e são utilizados em praticamente todos os equipamentos eletrônicos. Os circuitos integrados são constituídos por estes dispositivos semicondutores (com dimensões micro e nanométricas) interligados um ao outro e produzidos na superfície de um substrato fino de material semicondutor.

O primeiro transistor foi fabricado em germânio, logo em seguida utilizou-se o silício por apresentar algumas vantagens sobre o germânio. Atualmente o silício e a liga SiGe apresentam características interessantes na fabricação de transistores. A utilização da liga SiGe permite obter transistores de maior velocidade, mas para que isso aconteça, é necessário o estudo de processos em baixa temperatura para que a liga de SiGe mantenha as suas características físicas iniciais e de baixo custo, viabilizando o processo de fabricação.

Em vista disso, a proposta inicial do trabalho desenvolvido por Cleber já no mestrado era o de obter materiais isolantes sobre silício para aplicação em microeletrônica utilizando baixa temperatura de processamento. Iniciando o doutorado em 2005, a ideia era a de obter filmes de SiGe de maneira mais barata, utilizando o equipamento de que dispunham no laboratório.

Cleber conseguiu produzir algumas ligas de SiGe, desenvolvendo uma tecnologia alternativa, ainda não utilizada, mas que não atendiam totalmente às necessidades físicas necessárias para a produção de transistores de alta qualidade, embora conseguisse produzir alguns diodos com estruturas SiGe sobre Si. Decidiu-se então mo-

ver-se para a Holanda com o objetivo de desenvolver um processo em baixa temperatura ($\leq 400^\circ\text{C}$) aplicado a liga de SiGe, utilizando aparelhagem mais sofisticada e mais cara, não disponível no laboratório do CCS, com vistas à produção de transistores MOS sobre ligas de SiGe, tais como os DotFETs.

No desenvolvimento destes transistores, levou na bagagem a tecnologia alternativa desenvolvida no CCS, pois a TUDelft necessitava deste conhecimento para a fabricação de transistores MOS.

"Como os pesquisadores da TUDelft não tinham conhecimento de processos em baixa temperatura, acharam interessante que eu fosse para lá desenvolver transistores de SiGe utilizando essa técnica. Na TUDelft, além de obter dispositivos com a liga de SiGe usei também a tecnologia de recozimento a laser para conseguir a característica elétrica necessária para a fabricação do protótipo de um DotFET. Foi quando utilizei a tecnologia desenvolvida no CCS. O que mostro agora na tese de doutorado apresentada à Unicamp serviu como base para desenvolver todo trabalho na TUDelft", enfatiza.

DECORRÊNCIAS

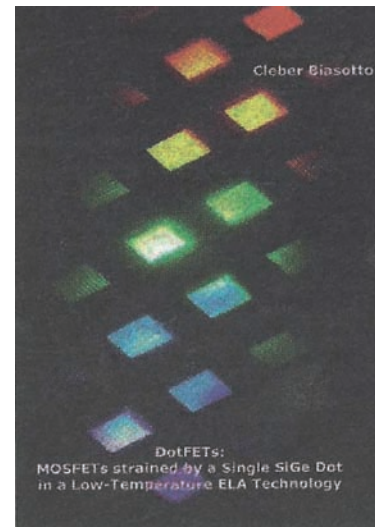
O professor Diniz acrescenta que a chamada estrutura MOS (Metal-Óxido-Semicondutor) de porta de um transistor é responsável pelo controle da corrente elétrica, sendo o semicondutor desta estrutura a liga SiGe. Como havia necessidade, na composição do transistor, do emprego de um óxido de qualidade também obtida em baixa temperatura sobre a liga SiGe, foi confiada ainda a Cleber essa tarefa. Para tanto ele se valeu também de trabalhos que tinha desenvolvido na Unicamp.

Cleber esclarece que o trabalho foi realizado com a cooperação de várias universidades europeias e da empresa que tinha interesse nesse desenvolvimento, que detém uma tecnologia de obtenção de Si pelo processo tradicional. O trabalho contribuiu para a melhora dessa tecnologia ainda não incorporada por questões de velocidade

de produção. O projeto foi desenvolvido no âmbito da União Europeia e, em Delft Cleber, juntou todas as tecnologias e caracterizou os dispositivos fabricados em laboratório.

O professor Diniz explica ainda que a redução do tamanho dos dispositivos semicondutores permite uma maior integração por unidade de área e que, por sua vez, um transistor pequeno consegue comutar mais rapidamente os estados de ligado e desligado aumentando a velocidade de resposta do circuito integrado formado por eles.

Entretanto, como os transistores atuais já são extremamente pequenos, com dimensões menores que 50 nanômetros, possivelmente não haverá como reduzi-los ainda mais devido aos próprios limites físicos do silício. Resta então como saída mudar a natureza do material para fabricação de transistores. "Esse é o papel de um engenheiro de processo na área de microeletrônica em que há engenheiros que projetam os circuitos e os que desenvolvem processos de fabricação. Esses têm que trabalhar com materiais e processos com vistas a atingir melhor desempenho, pois o que se pretende é que o dispositivo apresente respostas melhores", diz ele.



Capa do livro publicado na Holanda: nome de batismo do dispositivo

Publicação

Tese: "Processos alternativos para micro e nanotecnologia"
Autor: Cleber Biasotto
Orientador: José Alexandre Diniz
Unidade: Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação (FEEC)