

S20221130_01_TU Wien

高速、高効率ゲルマニウムコンピュータチップ

ウイーン工科大学(TU Wien)で、シリコンとゲルマニウムでできた新しいタイプの材料が、チップ技術により利用可能になった。これは、より高速で効率的なコンピュータ、新しい量子コンポーネントを可能にする。

今日のチップ技術は、概ねシリコンベースである。少量のゲルマニウムは、非常に特殊なコンポーネントに加えられただけである。しかし、将来ゲルマニウムを高比率で使用する正当な理由がある。化合物半導体シリコン-ゲルマニウムは、今日のシリコン技術に対して決定的な利点がある。エネルギー効率や到達可能なクロック周波数に関してである。

主要な問題は、技術的に信頼できる方法でナノスケールの金属半導体接点を作ることである。これは、シリコンよりもゲルマニウムの比率が高いと遙かに難しくなる。しかし、ウイーン工科大学では今回、**Linz and Thun** (スイス)の研究チームと協力して、非常に高品質の結晶アルミニウムと高度なシリコン-ゲルマニウム層システムでできた接点でこの問題が解決できることを示した。シリコンにおけるゲルマニウムの比率により、このインタコネクは、様々な、非常に興味深い接点特性を可能にする、特にオプトエレクトロニックと量子コンポーネントの場合である。

酸素の問題

「各半導体層は、従来のプロセスでは自然の成り行きで汚染される。これは、原子レベルでは単純に阻止できない」と **TU Wien**、固体エレクトロニクス研究所、**Masiar Sistani** は説明している。なによりもまず、材料表面に非常に素早く累積するのは酸素原子である。表面に酸素層が形成される。

しかし、シリコンでは、これは問題ではない。シリコンは、常に正確に同じタイプの酸素を形成する。「しかし、ゲルマニウムでは、物事は遙かに複雑である。この場合、形成されるのは様々な酸素の全範囲がある。しかし、このことの意味は、異なるナノエレクトロニクスコンポーネントは、非常に多様な表面組成を持ち、したがって、多様な電子的特性を持つことができる」(**Masiar Sistani**)。

これらのコンポーネントと金属接点とを接続したいとすると、問題がある。例え、全てのこれらのコンポーネントを正確に同じように製造するように努めても、それでも大きな違いは避けられない。それは、挿入のための材料が、半導体産業では、すべて取扱が複雑なことである。

「再現性は大きな問題である」と、TU Wien 固体エレクトロニクス研究所長 **Walter Weber** は言う。「ゲルマニウムリッチのシリコン-ゲルマニウムを使う時、電子コンポーネントに接点を着けた後、それが実際に必要な特性を持っていることは保証できない」。結果、チップ製造ではこの材料の利用には制限がある。

生憎、シリコン-ゲルマニウムは、決定的な利点がある。「電荷キャリア濃度がシリコンよりも高く、特に正の電荷キャリア、いわゆるホールは、この材料ではシリコン内よりも遙かに効率的に動くことができる。したがって、その材料により、今日のシリコンチップと比較して遙かに高いクロック周波数が可能であり、エネルギー効率も高い」と **Lukas Wind** はコメントしている。同氏は、**Walter Weber** の研究グループの博士課程学生。

「完璧な」接点

とは言え、研究チームは、問題がどのように解決できるかを示すことができた。アルミニウム接点とシリコン-ゲルマニウムコンポーネントの間に原子スケールで完璧な接点を作る方法が見つかったのである。最初に、シリコンの薄い層と実際の材料—シリコン-ゲルマニウムでレイヤーシステムが作られる。その実際の材料から電子コンポーネントが造られることになる。

制御的に構造を過熱することで、今度は、接点はアルミニウムとシリコンの間に設置された。約 500°C で強い拡散が起こる。原子は、その場所から離れ、移動を開始することが可能になる。シリコンとゲルマニウム原子は、比較的迅速にアルミニウム接点に浸透し、アルミニウムが、自由になった空間を満たす。

「利用した積層方式における拡散ダイナミクスにより、アルミニウムと非常に薄いシリコン層が間にある Si-Ge の間に、界面ができる」と **Masiar Sistani** は説明している。この製造プロセスにより酸素原子は、この原子的にシャープで極めて純粋な界面に到達するチャンスがない。

「われわれの実験は、これら接点が高信頼で簡単に再現できる仕方で製造できることを示している。これに必要な技術的システムは、すでにチップ産業で使われている。したがって、それは単なるラボテストではなく、チップ産業で比較的素早く利用できるプロセスである」

紹介した製造プロセスの主要な利点は、シリコン-ゲルマニウム組成に関係なく、高品質接点が製造できること。「紹介した切り立った、ロバストで信頼できる金属

—半導体接点は、多数の新しいナノエレクトロニクス、オプトエレクトロニクスや量子デバイスにとって大きな関心の的であるとわれわれは見ている」(Walter Weber)。