

最先端研究

いま、
この研究室が
熱い!



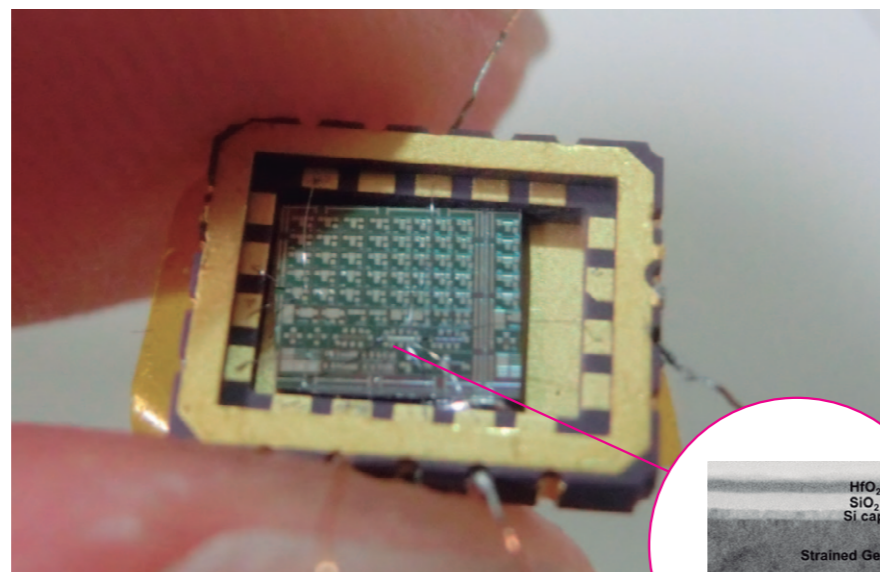
Profile
澤野 憲太郎(さわの けんたろう)

2005年、東京大学大学院工学系研究科・物理工学専攻 博士課程修了。同年より武蔵工業大学・助手。2008年より東京都市大学(旧武蔵工業大学)講師。2011年、ミュンヘン工科大学・客員研究員。2012年より東京都市大学・准教授として現在に至る。

エレクトロニクスの進歩が止まる!? 半導体成長の物理的 限界に、若き研究者が挑む

——難易度高い「ゲルマニウム—シリコン」半導体で、
微細化に頼らない性能向上を実現——

工学部電気電子工学科 准教授 澤野 憲太郎 工学博士



澤野研究室で実際に試作された試料のサンプル。半導体(シリコン・ゲルマニウム)のかげらの中に、細かい回路(デバイス)が無数に並んでいます。その1つに細かい配線をして、電流を流して実験します。右は電子顕微鏡によるシリコン/ゲルマニウム結晶層の断面写真。

私たちの生活を支えるエレクトロニクスは、より高速に、より高機能に、まさに「飛躍的」といえる成長を遂げてきました。しかしこうした成長が限界を迎える危機が、実は目前に迫っていることを、皆さんは知っていましたか?

そうした半導体進歩の停滞という問題に立ち向かう研究で、国内外から大きな注目を集めているのが、澤野憲太郎先生の研究室です。

半導体の微細化は、「これ以上小さくできない」レベルに

LSIなどの半導体集積回路は、ある面積の基板(チップ)上に、スイッチのような素子や回路が無数に並んだ構造をしています。最近では一つのチップ上に並ぶ素子は100億個に達するものもあるとか。こうした素子や回路をできるだけ小さく作り、より多く載せる(集積する)ことで、これまで半導体集積回路は飛躍的

な性能向上を果たしてきました。

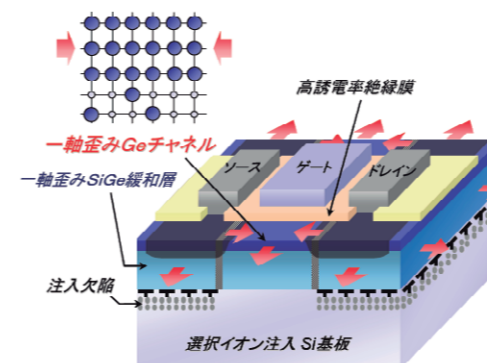
しかしこうした素子や回路は、まもなく原子の個数を数えられるほどのサイズにまで微細化が進みつつあります。そこまで小さくなると、本来流れるべきではないところに電流が流れ誤作動したり、作る方法がなくなるなど、物理的な限界を迎え、成長も止まってしまいます。しかし今やあらゆる産業のベースとなる半導体の進歩が止まることは、全産業の進歩も止まりかねません。そこで世



この研究では、半導体材料の結晶を成長させる「シリコン分子線エピタキシー(MBE)装置」(写真)で、とにかくよい試料を作ることが、成功のカギを握ります。そのため、メンテナンス作業も学生総動員で行われます。



クリーンルームでの作業の様子。都市大総合研究所には、450㎡の広さを持つ、クリーンルームが完備されています。



シリコンの基板の上に、ゲルマニウムをなじませる層を形成し、その上にさらに電子を通しやすいシリコン/ゲルマニウムの層をつくる澤野研究室の保有技術。左上の図のように、小さい原子のシリコン(Si)の中に、大きな原子のゲルマニウム(Ge)を結晶化させ入れ込むことで、電子がうまく流れる歪み状態をつくります。

界中の多くの研究者が、微細化に頼らない半導体の性能向上の方法を研究しています。

これからの半導体の進歩を支える決定打をめざして

半導体を通る電子のスピードは、基板となる材料(通常はシリコン)の原子配列を、広げたり狭めたりという「結晶歪(ひず)み」を意図的に作ってやることで変化すると、最近の研究から分かってきました。つまり、電子がよく流れるような状態に、歪みをうまく作ってやれば、半導体の性能は飛躍的に向上するはず。そこで澤野研究室では、独自の結晶化技術を駆使して、規則的に並ぶシリコンの原子配列に、シリコンより原子サイズの大きな「ゲルマニウム(Ge)」を結晶化させ入れ込むことで、原子の並びを意図的に変化さ

せ、最適な歪みを人工的に作るようとしています。

微細化に頼らず半導体の性能を上げる方法には、今のところは決定打といえるものではなく、新しく生まれる技術も、残念ながら一時のぎにすぎないような現状があります。その中でゲルマニウムを利用した研究は、最低10年は安定的な進歩を続けていける決定打として、大きな期待が持たれてきました。

とはいえ、シリコン基板の上にゲルマニウムを添加して、高品質な基板として機能させることは大変難しく、シリコンとゲルマニウムの結合した結晶膜を何層も重ねて段階的になじませたり、うまく機能する層を基板表面に集中的に作る技術の開発が必要となりますが、その分野で澤野先生は大きな強みを持っています。

より使いやすく、安全な材料へのこだわり

また、単に電子のスピードを上げるだけなら、「ガリウムヒ素(GaAs)」など他の半導体を使う方法もありますが、ヒ素を含むため人体への悪影響が懸念され、また資源の量も少ないため、工業材料としては大きな問題があります。そこで安全で安価、性質も安定しており豊富に存在する材料は何かというと、これまでも半導体として長く使われてきた「シリコン」が圧倒的に有利。ですから澤野先生は、シリコンに何か相性の良い別の材料を微量加える方法に、常にこだわっています。

こうした研究内容が、この分野で実用性の高い研究と注目を集め、国の研究開発事業の中でも高い評価を得ています。