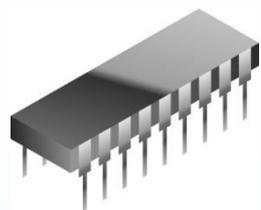


次世代半導体は社会をもっと豊かにする！

2014年ノーベル賞の窒化ガリウムの実力は？

ダイヤモンドが半導体に！



2014 NOBEL PRIZE IN PHYSICS

半導体について詳しい方もそうでない方も大歓迎です。
お気軽に参加してください！



11月29日(火) 16:30-17:00

吹田キャンパス 理工学図書館 東館1F ラーニングコモンズ
担当TA 道上久也(精密科学・応用物理学専攻) ※申込不要

半導体って？

半導体ってなに？



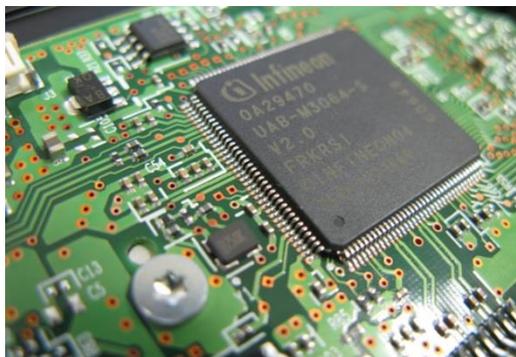
電流を通す or 通さないを制御できる材料

電気の流れやすさ

ゴム手袋



半導体



銅線



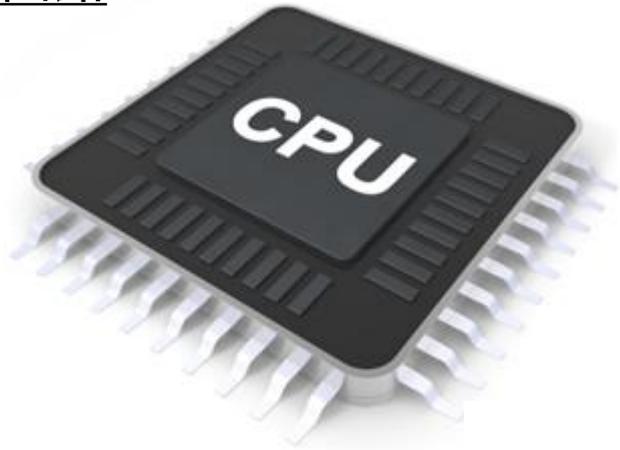
半導体は、絶縁体と導体との中間の性質を持っており、人間が手を加えれば電流が流れる or 流れない を制御できる！

社会生活の主なエネルギーは電気なので、電気を流す or 流さないを制御できる半導体は、電気を使うもののほとんどすべてに必要です。



半導体はいろいろな種類がある

集積回路



CPUやメモリーはもちろん半導体です。
そして、スマートフォンの中にも、たくさんの半導体が搭載されています。



CPUやメモリ以外にも、半導体が使われています。

電力用半導体 (Power Device)



交流一直流の変換や、電圧の変換などをおこなう半導体です。



たとえば、新幹線やエアコンで

ぐんぐん加速したいとき
(がんがん効かせたいとき)



電力アップ！

ちょっとだけ加速したいとき
(ちょっと室温をあげたいとき)



電力ダウン！

させる役割があります。

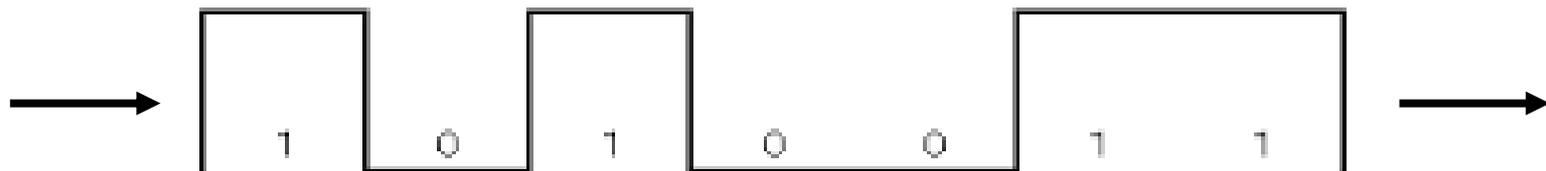


CPUやメモリ以外にも、半導体が使われています。

高周波デバイス



高周波のデジタル信号を用いた通信に用いられます。



オン-オフの切り替えが速いほど多くの情報を送ることができます。



次世代半導体材料

以下の三種の材料が、次世代半導体材料として注目されています。

SiC (シリコンカーバイド)

GaN (ガリウムナイトライド)

ダイヤモンド

半導体としての電子物性を示した表です。

	Si	4H-SiC	GaN	Diamond
バンドギャップ [eV]	1.12	3.26	3.39	5.47
絶縁破壊強度 [MV/cm]	3	25	33	100
電子飽和速度 [10^7 cm / S]	1	2	2.5	1.1

株式会社ロームHPより引用

SiC、GaN、ダイヤモンドはバンドギャップがSiよりも大きく、Siよりも絶縁体に近い性質を持っています。

そのため、絶縁性に優れており、大電力を扱う電力用半導体の性能を大幅に向上させることができます。

また、電子飽和速度が速く、SiよりもすばやくON-OFFの切り替えが可能で、高周波デバイスとして使用した場合、より高い周波数で動作させることができます。

参考文献

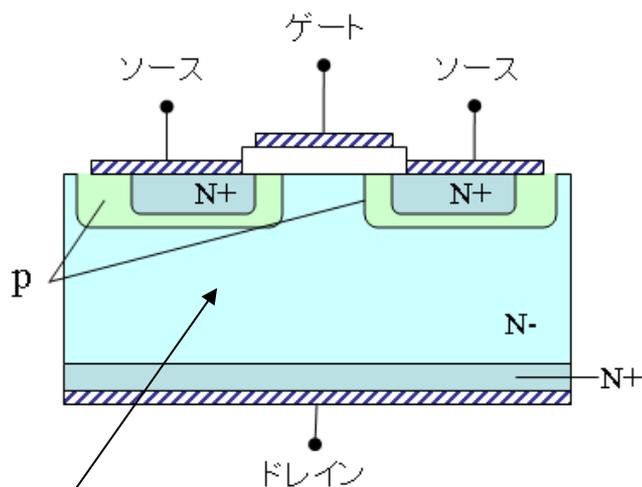
- ▶ 四戸 孝, 電子情報通信学会 信学技報, SiC パワーデバイスの開発動向, 2013年
- ▶ 松下 景一, 他, 東芝レビュー, GaN HEMT素子の通信用途に向けた実用化への取り組み, 2012年
- ▶ 鹿田真一, 他, 2013年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, ダイヤモンドパワーデバイス・ウェハの研究状況とCMPへの期待, 2013年



電力用半導体に関して詳しく説明します。

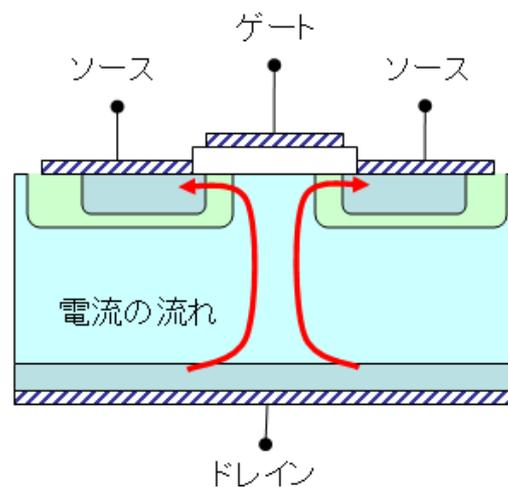
今までは、どのタイプの半導体も、ほとんどシリコン(Si)が材料でしたが、Siを使っているのは、これ以上の高性能化は難しくなってきました。

縦型パワーMOSFETの構造



抵抗として働く
ここで電力を消費する

ON時の電流の流れ



電圧がとても高いので、抵抗層を薄くできない



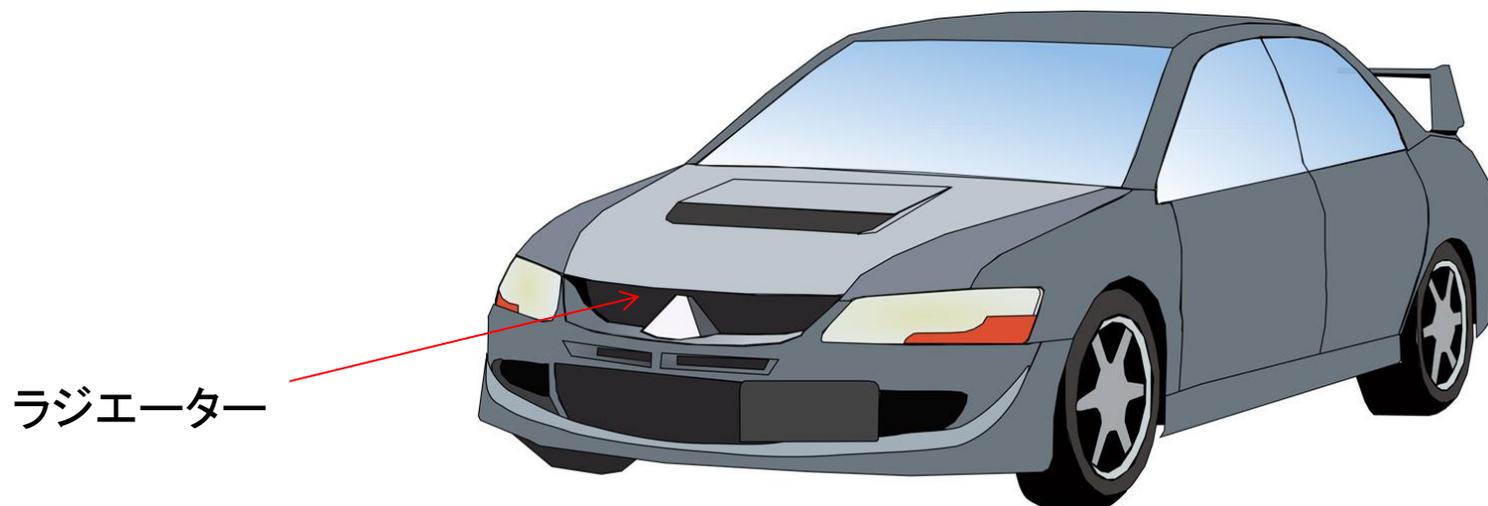
消費電力を低くできない
ものすごく発熱する

参考文献

▶ 四戸 孝, 電子情報通信学会 信学技報, SiC パワーデバイスの開発動向, 2013年



電力用半導体に関して詳しく説明します。



現状の電力用半導体であれば、

半導体の部分で消費する電力が多い(約15%)が、次世代半導体を搭載すれば、その消費電力を1%程度に抑えることができます。

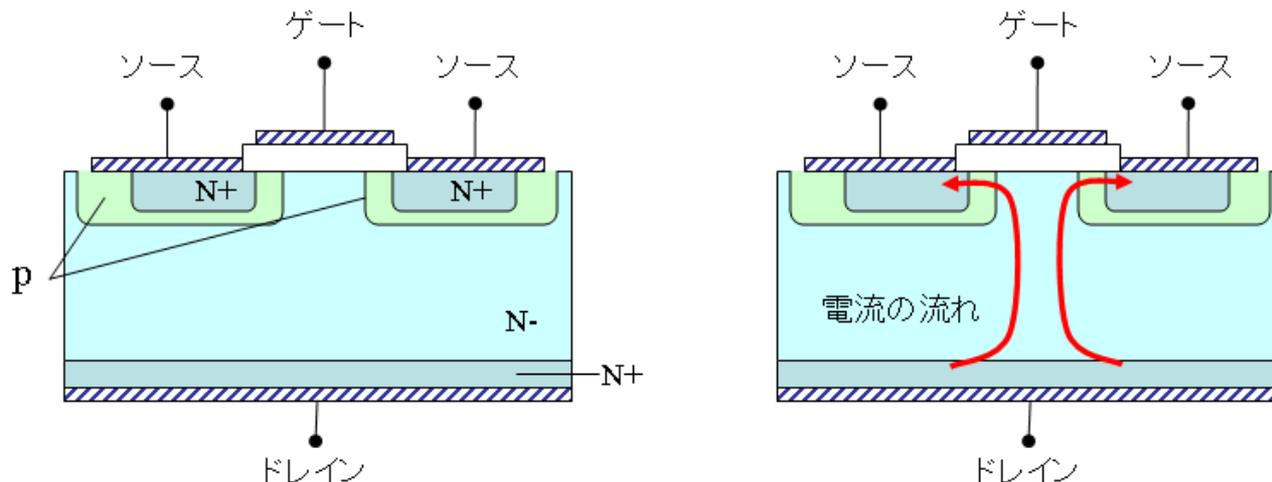
また、発熱する半導体を冷却するために大型の重いラジエーターを積んでいますが、次世代半導体にはそれは必要なく、車体の小型化、軽量化が実現します！

参考文献

- ▶ 林 秀樹, 『SEIテクニカルレビュー』第178号, 化合物半導体デバイスー限りなき可能性を求めて(その2)ー, 2011年
- ▶ 波多野 睦子, 『LANDFALL vol.80, デバイスの可能性 究極の素材ダイヤモンド』, 2014年



高周波デバイスに関して詳しく説明します。



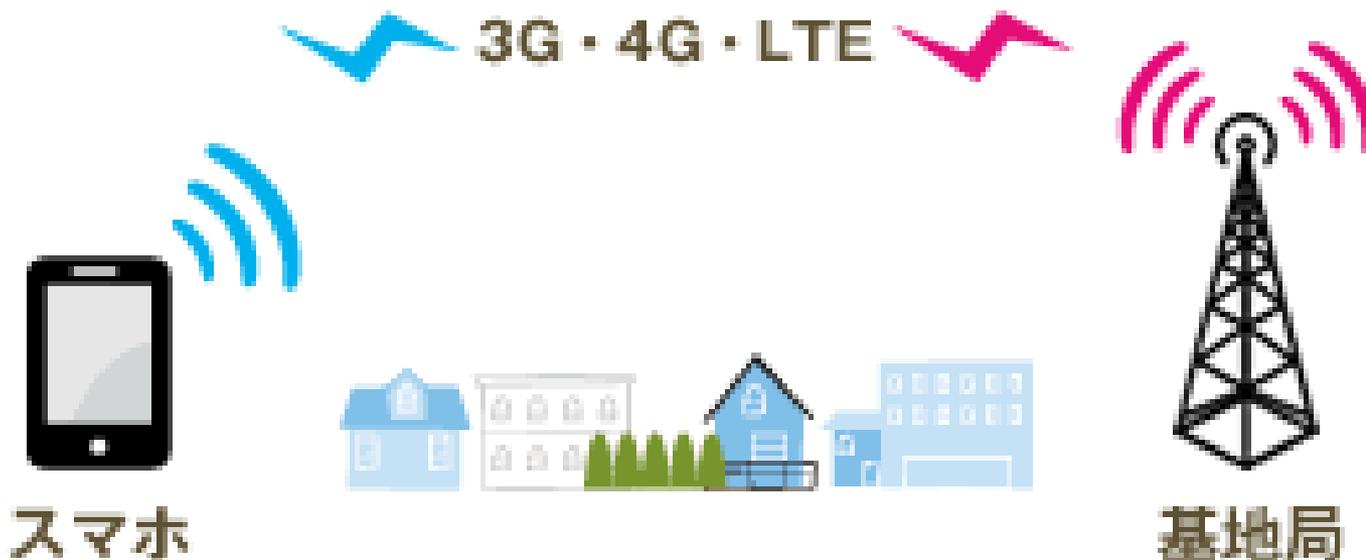
Siは飽和電子速度が遅いので、
高速動作が苦手。
また、出力が弱い。

次世代半導体材料は、飽和電子速度が速く、
高い周波数でオン オフの切り替えができる！
また、高出力の電磁波を送信することができる。

	Si	4H-SiC	GaN	Diamond
バンドギャップ [eV]	1.12	3.26	3.39	5.47
絶縁破壊強度 [MV/cm]	3	25	33	100
電子飽和速度 [10^7 cm / S]	1	2	2.5	1.1



高周波デバイスに関して詳しく説明します。



現在は3Gや4Gの通信が用いられていますが、5G通信にはさらに周波数を上げる、もしくは電力密度を増加させて情報量の多い通信を実現しようとしています。

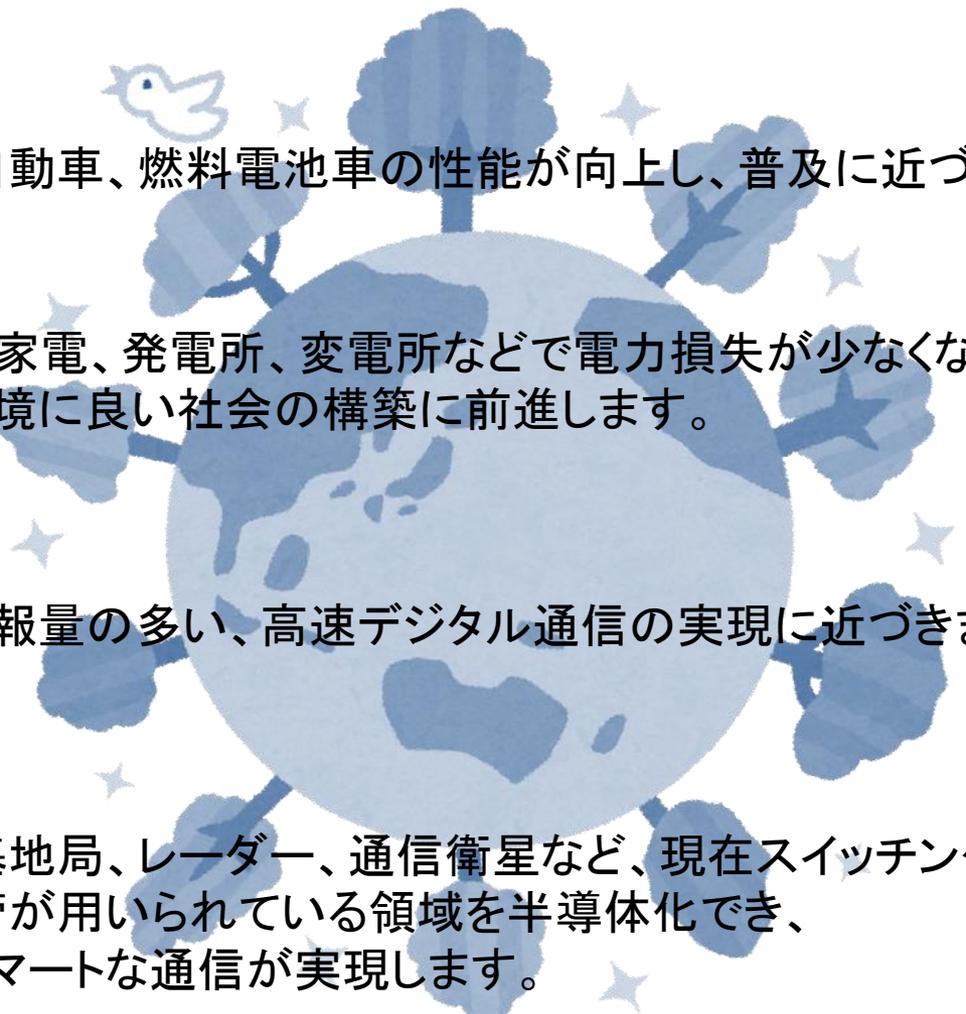
次世代半導体の高周波デバイスが製品化されれば、将来5G通信が実現し、今よりも情報量の多い通信が携帯端末でも可能になるかもしれません。

参考文献

- ▶ 山下 勝己, 日経テクノロジーonline, 5Gの無線インフラに向けたGaNパワートランジスタ, 2015年
- ▶ 嘉数 誠, NTT技術ジャーナル, ダイヤモンド高周波電力デバイス, 2010年



次世代半導体の社会



▶ 電気自動車、燃料電池車の性能が向上し、普及に近づきます。

▶ 鉄道、家電、発電所、変電所などで電力損失が少なくなり、より環境に良い社会の構築に前進します。

▶ より情報量の多い、高速デジタル通信の実現に近づきます。

▶ 放送基地局、レーダー、通信衛星など、現在スイッチング素子に真空管が用いられている領域を半導体化でき、よりスマートな通信が実現します。