

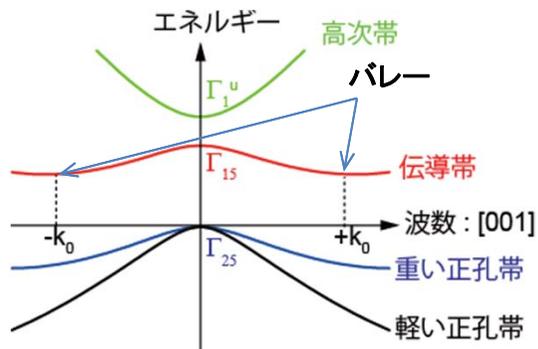
Motivation どんな問題に取り組むのか？

シリコンのバンド構造は、電子と正孔が異なる波数にエネルギーの安定点を持つ間接バンドであることが知られています。間接バンドでは、フォノンの助けを借りずに運動量保存則を満たすことが不可能なため、発光効率が極めて低いことが知られています。本研究では、シリコンのバンド構造を電氣的に制御し、発光効率を高める実験に取り組みました。

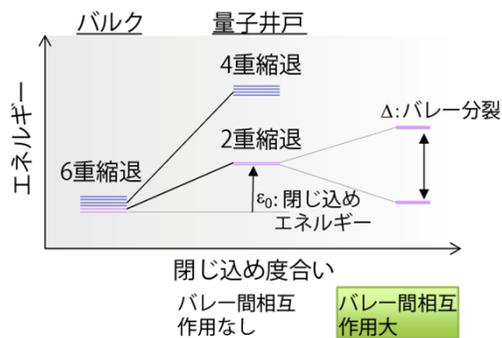
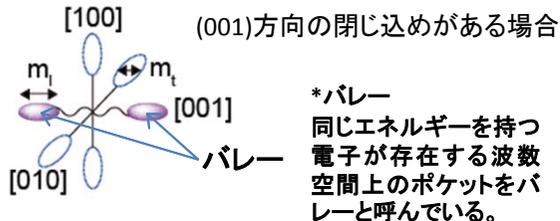
Originality and Impact 新規性とインパクトは？

これまでバレー間の相互作用が非常に強い特殊なSi/SiO₂界面の存在が知られておりました。今回我々は、①バレー間の相互作用がゲート電界により制御可能であること、②発光効率がバレー間相互作用に高い相関を持つことに着目し、バンド構造の電氣的な制御を目的とし、特殊なSi/SiO₂界面を持つゲート付LEDを作製しました。その結果、ゲート電界を変化させることで通常のSiに対し800倍の直接遷移発光効率が達成可能であることを確認しました。半導体のバンド構造は、通常結晶構造により一意的に決まるものですが、本研究では間接・直接バンドを電氣的に制御できることを示しており、半導体におけるシリコンの役割を大きく変える可能性を秘めています。

シリコンのバンド構造



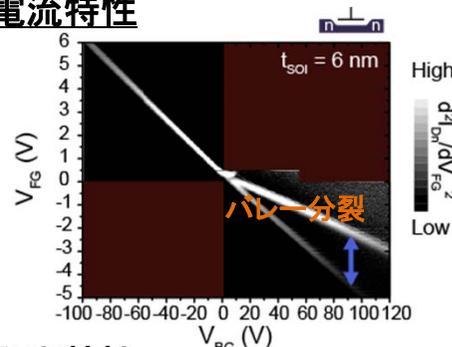
伝導電子の等エネルギー面



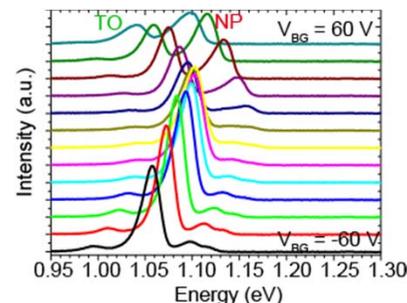
*バレー間相互作用

バルク結晶中の電子は、波数を良い量子数としていますが、量子井戸のような空間反転対称性を破る構造を導入すると、波数は良い量子数ではなく波数による電子の独立性は失われます。その結果他のバレーに属する電子が相互作用しエネルギー分裂を示します。

電流特性

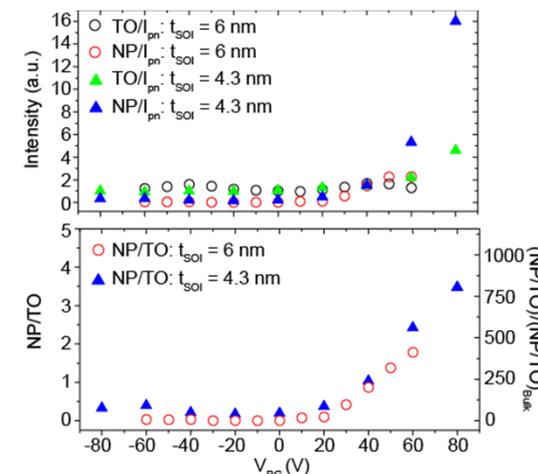


発光特性



特殊な界面に電子を押付けた際に巨大なバレー間相互作用が発現するとともに直接遷移発光(NP)の強度が増加

発光効率のゲート電圧依存性



バルクSi結晶に対し直接遷移効率800倍に増加(ゲート電界で制御)

発光ダイオード(LED)断面図

