

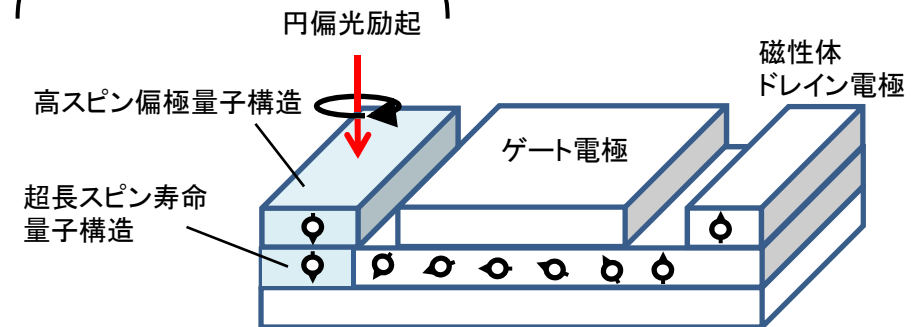
研究プロジェクト名: 円偏光励起による高偏極長スピン寿命半導体電子注入源の研究

概要: 半導体スピントロニクスデバイスとしてスピントランジスタやアンプが提案され世界中で研究が進んでいる。しかし、これらのデバイス動作を実証するために必須の高いスピン偏極率を持つスピン偏極電子注入源が未だ存在しない。円偏光励起によって高いスピン偏極率を実現する半導体量子構造と、光励起された高スピン偏極電子を長いスピン寿命を維持したまま流す量子構造を組み合わせて、これまで存在しなかった高スピン偏極で長スピン寿命のスピン偏極電子注入源の実現を目的とする。

コアメンバー: 竹内淳(早稲田大学), 白井正文(東北大学), 下村哲(愛媛大学)

期待される研究成果: 本研究によって、高スピン偏極で長スピン寿命のスピン偏極電子注入源が実現されれば、これまで困難だった実用的な見地からの半導体スピントロニクスデバイスの実証研究が可能になる。また、本デバイスは円偏光の信号を受けてスピン偏極した電子流に変えるというスピントロニクス光電子デバイスとしての機能を有しており、その発展可能性は大きい。透過型電子顕微鏡、逆光電子分光、高エネルギー物理学においても、高い偏極率をもつスピン偏極電子源が求められており、本研究で開発される電子源への期待は高い。本年度はさらに化合物半導体材料系及び量子構造の調査を進める。

円偏光励起による高スピン偏極電子注入源

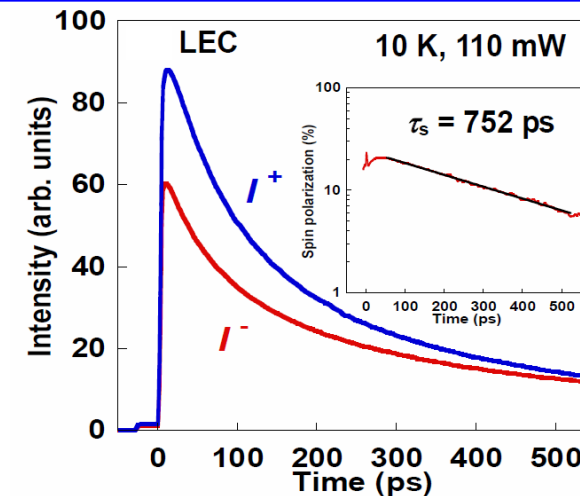


スピン偏極電子注入源を用いたスピントランジスタ動作テストの構成

研究プロジェクト名: 円偏光励起による高偏極長スピン寿命半導体電子注入源の研究

概要: 半導体スピントロニクスデバイスとしてスピントランジスタやアンプが提案され世界中で研究が進んでいる。しかし、これらのデバイス動作を実証するために必須の高いスピン偏極率を持つスピン偏極電子注入源が未だ存在しない。円偏光励起によって高いスピン偏極率を実現する半導体量子構造と、光励起された高スピン偏極電子を長いスピン寿命を維持したまま流す量子構造を組み合わせることによって、これまで存在しなかった高スピン偏極で長スピン寿命のスピン偏極電子注入源の実現を目的とする。

研究成果(実施状況): スピン緩和時間の長い半導体の候補として、Vertical Gradient Freeze法とLiquid Encapsulated Czochralski(LEC)法のそれぞれによって成長したGaAsバルクと、Molecular Beam Epitaxy法によってGaAs基板上に成長したGaSbバルクのスピン緩和時間をポンププローブ法によって測定した。その結果、成長方法の違いや格子不斉によるスピン緩和時間の違いが明らかになった。



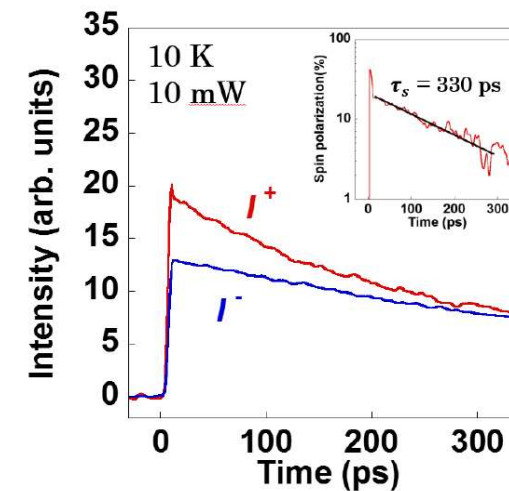
LEC法成長によるGaAsバルクのポンププローブ測定結果。挿入図はスピン偏極の時間変化を表し、スピン緩和時間は752ps.

主要発表論文等: [1] “VGF法及びLEC法成長によるノンドープGaAsバルクのスピン緩和”, 谷川 詩馬, 飯田 真之, 田中 大介, 滝沢 将也, 竹内 淳, 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 7a-A414-4 (福岡, 2017年9月5~8日). [2] “GaAs基板上に成長させたGaSbバルクのスピン緩和”, 田中 大介, Lianhe Li, 谷川 詩馬, 飯田 真之, 滝沢 将也, Edmund Linfield, 竹内 淳, 第78回応用物理学会秋季学術講演会, 8a-A413-9 (福岡, 2017年9月5~8日).

研究プロジェクト名: 円偏光励起による高偏極長スピン寿命半導体電子注入源の研究

概要: 半導体スピントロニクスデバイスとしてスピントランジスタやアンプが提案され世界中で研究が進んでいる。しかし、これらのデバイス動作を実証するために必須の高いスピン偏極率を持つスピン偏極電子注入源が未だ存在しない。円偏光励起によって高いスピン偏極率を実現する半導体量子構造と、光励起された高スピン偏極電子を長いスピン寿命を維持したまま流す量子構造を組み合わせることによって、これまで存在しなかった高スピン偏極で長スピン寿命のスピン偏極電子注入源の実現を目的とする。

研究成果(実施状況): スピン緩和時間の長い半導体の候補として、GaSb/AlSb量子井戸とGaSbバルクのスピン緩和時間をポンププローブ法によって測定した。両サンプルともGaAs基板上に成長しているため、格子不整合が存在する。時間分解測定の結果、量子構造とバルクでのスピン緩和時間の違いに加えて格子不整合の影響があり、バッファ層の厚さの違いもスピン緩和時間に影響することが明らかになった。



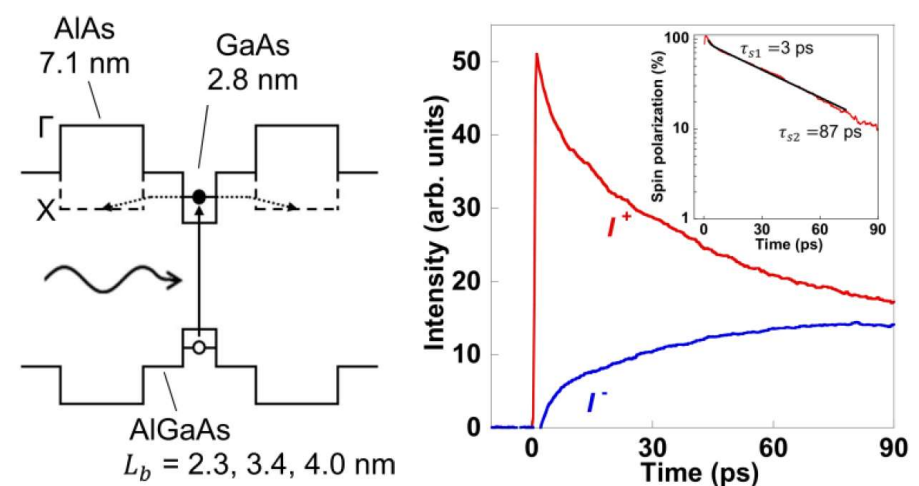
GaSbバルクのスピン緩和過程のポンププローブ測定結果。挿入図はスピン偏極の時間変化を表し、スピン緩和時間は330ps。

主要発表論文等: [1] "(411)A面 GaAs基板上のGaAs/GaSb量子井戸のPL偏光特性", 山本 巧, 樋口 慎生, 塚本 晟, 田中 佐武郎, 神原 蒼, 下村 哲, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-234B-16 (名古屋, 2018年9月18~21日). [2] "2温度成長法でMBE成長した(001)GaAsBi/GaAs多重量子井戸の偏光依存PL", 神原 蒼, 山本 巧, 樋口 慎生, 塚本 晟, 田中 佐武郎, 下村 哲, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-234B-15 (名古屋, 2018年9月18~21日). [3] "GaAs基板上に成長させたGaSbバルクのスピン緩和", 中村 雄一, Li Lianhe, 山田 築, 亀崎 拓也, Linfield Edmund, 竹内 淳, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-211A-18 (名古屋, 2018年9月18~21日). [4] "Spin relaxation in bulk GaSb with different thicknesses grown on GaAs substrates", D. Tanaka, L. Li, M. Takizawa, S. Tanigawa, M. Iida, E. Linfield, A. Tackeuchi, 第79回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-131A-12 (名古屋, 2018年9月18~21日).

研究プロジェクト名: 円偏光励起による高偏極長スピン寿命半導体電子注入源の研究

概要: 半導体スピントロニクスデバイスとしてスピントランジスタやアンプが提案され世界中で研究が進んでいる。しかし、これらのデバイス動作を実証するために必須の高いスピン偏極率を持つスピン偏極電子注入源が未だ存在しない。円偏光励起によって高いスピン偏極率を実現する半導体量子構造と、光励起された高スピン偏極電子を長いスピン寿命を維持したまま流す量子構造を組み合わせることによって、これまで存在しなかった高スピン偏極で長スピン寿命のスピン偏極電子注入源の実現を目的とする。

研究成果(実施状況): 同一のGaAs基板上に成長した3種類の井戸幅のGaAs/AlGaAs量子井戸のスピン緩和時間を調べ、14Kでは井戸幅が広がるほどスピン緩和時間が短くなるが、300Kではその逆の依存性になることが明らかになった。また、GaAs量子井戸とAlAsバリア層からなるType-IIトンネル双量子井戸において、スピン緩和時間の励起光強度依存性を調べ、トンネル時間の長短によって、この依存性が逆転することが明らかになった。



Type-IIトンネル双量子井戸の構造(左図)とスピン緩和過程のポンププローブ測定結果(右図).右図の挿入図はスピン偏極の時間変化を表し、電子のスピン緩和時間は87ps.

主要発表論文等: [1] “GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As量子井戸におけるスピン緩和時間の井戸幅依存性(II)”, 松田侑己, 中村雄一, 大橋龍太郎, 菊池哲太, 藤沼広輝, 下村哲, 竹内淳, 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 18p-E216-4 (北海道大学, 2019年9月18日). [2] “Excitation power dependence of spin relaxation time in GaAs/AlGaAs/AlAs type-II tunneling bi-quantum wells”, 中村雄一, 松田侑己, 藤沼広輝, 孫啓明, 金子朔夜, 中山航, 竹内淳, 第67回応用物理学会春季学術講演会, 12a-D511-4 (上智大学, 2020年3月12日). [3] “Controlling Bi-Propagated Nanostructure Formation in GaAs/GaAsBi Core-Shell Nanowires”, T.Matsuda, K.Takada, K.Yano, K.Yoshikawa, S.Shimomura, Y.Shimizu, K.Nagashima, T.Yanagida, F.Ishikawa, Nano Lett. 19, pp.8510-8518 (2019). [4] “MBE growth of GaAsBi/GaAs quantum wells by two-substrate-temperature method”, S. Shimomura, Asia Pacific Society for Materials Research 2019 Annual Meeting (Sapporo, 2019/7/27). [5] “(100) GaAs基板上GaAsBi/GaAs量子井戸のAs flux依存性”, 山本巧, Patil Pallavi, 下村哲, 第80回応用物理学会秋季学術講演会 (北海道大学, 2019年9月18日). [6] “(221)A,B GaAs基板上のGaAsBi/GaAs量子井戸のホトルミネッセンス”, 清水彩花, 山本巧, 神原豊, 下村哲, 第80回応用物理学会秋季学術講演会 (北海道大学, 2019年9月18日).