

Prowadzone od lat 80 XX wieku badania na heterostrukturach półprzewodnikowych z dwuwymiarowym gazem elektronowym (2DEG) pozwoliły na uzyskanie głębię transportu kwantowego, z odkryciem całkowitego i ułamkowego efektu Halla, kwantowania przewodności w kontakcie punktowym (QPC) oraz oscylacje Aharonova-Bohma w pierścieniach kwantowych. Przewodność układów, w których zachodzi transport koherentny zdeterminowane są przez rozproszenie funkcji falowej elektronów z powierzchni Fermiego. Od niedawna możliwe stały się badania w których lokalnie zaburza się profil potencjału i bada reakcję przewodności układu na takie zaburzenie poprzez wpływ zaburzenia na funkcję falową. Jedną z technik pozwalających na badanie przestrzennych własności takich układów, jest mikroskopia bramki skanującej (SGM), której zasada działania opiera się na skanowaniu powierzchni próbki za pomocą ostrza mikroskopu atomowego, do którego przyłożono ładunek dodatni lub ujemny. Tak naładowane ostrze mikroskopu oddziałuje z 2DEG umieszczonym na płytce pod powierzchni próbki, zmieniając w ten sposób przewodność układu. Zmieniając położenie ostrza nad powierzchnią próbki zbiera się dwuwymiarowe mapy przewodności. Ze względu na złożony charakter odpowiedzi układu, aktualnym zagadnieniem jest interpretacja wyników do wiadczalnych. W mojej pracy badawczej zajmuje się modelowaniem układów oraz do wiadczalnych transportowych, aby wyznaczyć zakres informacji do uzyskania o układzie z danych do wiadczalnych.

Technika SGM może również posłużyć do badania układów, gdzie występuje niezerowa polaryzacja spinowa dzięki możliwości zaobserwowania nieznanych nam jeszcze nowych zjawisk fizycznych wynikających ze spinowej natury elektronu. Dlatego te zjawiska spinowe w układach z dwuwymiarowym gazem elektronowym stanowią obecnie atrakcyjne pole do prowadzenia badań naukowych pod tym kątem. Z jednej strony wiele problemów nie zostało jeszcze dokładnie wyjaśnionych np. obecnie dyskutuje się wpływ oddziaływania SO na kształt tzw. anomalii 0.7, nie mówi się o tym że samo pochodzenie anomalii nie jest jeszcze do końca wyjaśnione (istnieją liczne modele teoretyczne tłumaczące te anomalie na różne sposoby). Z drugiej strony coraz lepsze możliwości aparaturowe pozwalają tworzyć z dużą precyzją nowe układy półprzewodnikowe oparte np. na heterostrukturach z InSb wykazujące kilkakrotnie większe wartości oddziaływania SO w porównaniu do standardowego InGaAs. Duże wartości stałej oddziaływania SO powodują, że układy te stają się bardzo atrakcyjne z punktu widzenia przyszłego zastosowania w spinotronice, gdy pozwalają one na tworzenie spinowo spolaryzowanych prądów bez konieczności obecności zewnętrznego pola magnetycznego, co jak do tej pory stanowiło duże ograniczenie.

Jednym z celów tego projektu jest zbadanie wpływu oddziaływania SO na tzw. efektywny czynnik Lande g^* . Z do wiadczalnych wynika bowiem, że wartość g^* silnie zależy od kierunku zewnętrznego pola magnetycznego. Przy czym zmiana ta jest najbardziej widoczna, gdy pole B jest ustawione prostopadle do powierzchni próbki. Obecnie uważa się, że to oddziaływanie wymienne powoduje widoczne zmiany czynnika g^* w funkcji kierunku pola B . Jednak na podstawie naszych wstępnych rachunków wynika, że bez oddziaływania SO taka zmiana g^* byłaby niemożliwa, co może tłumaczyć że do wiadczalnych te były przeprowadzane wyłącznie dla układów z InGaAs, gdzie występuje silne oddziaływanie SO. Dlatego te zbadanie tego problemu dokładnie pozwoliłoby ustalić związek pomiędzy mierzonymi w eksperymencie wartościami g^* a oddziaływaniem SO. Innym problemem którego chcemy się podjąć realizowanym projekcie jest zbadanie soczewkowania magnetycznego w którym to możliwe byłaby obserwacja rozszczepienia wiązki elektronowej na spiny o przeciwnych znakach. Standardowe do wiadczalnych z soczewkowania magnetycznego polega na skierowaniu wiązki elektronowej do odpowiedniej szczeliny utworzonej z kwantowego kontaktu punkowego podłożonego do drenu. Zmieniając pole magnetyczne możemy zmieniać nachylenie wiązki elektronów (jako efekt działania siły Lorentza) tak że tylko dla pewnych wartości pola B wiązka trafi do szczeliny drenu, co zaobserwujemy w do wiadczalnych jako wzrost przewodności układu. Soczewkowanie magnetyczne ma swój analogi w działaniu mikroskopu elektronowego, tylko że tutaj ogniskowanie wiązki odbywa się za pomocą pola elektrycznego, a nie magnetycznego. W przypadku występowania polaryzacji spinowej elektrony o przeciwnych spinach posiadają różne wektory falowe (co w wielu przypadkach jest jednoznaczne z różnicą prędkości), co zatem idzie, będą inaczej podlegały działaniu występującej w niezerowym polu siły Lorentza, zatem wiązka elektronowa powinna ulec rozszczepieniu na spiny o przeciwnych kierunkach, a to powinno być mierzalne w do wiadczalnych. Stopień rozszczepienia będzie zależny od siły oddziaływania SO. Zbadanie zatem takiego problemu pozwoliłoby na ustalenie zależności stopnia rozdzielenia soczewkowanej wiązki od siły sprężenia SO.