



GÖTEBORGS UNIVERSITET

**Ultrafast magnetodynamics
of self-localized spin textures
driven by spin current**

Roman Ovcharov

Institutionen för fysik
Naturvetenskapliga fakulteten

Akademisk avhandling för filosofie doktorexamen i Naturvetenskap, inriktning fysik,
som med tillstånd från Naturvetenskapliga fakulteten kommer att offentligt försvaras den
fredagen 29.11.2024 kl. 8:30 i PJ-salen, Institutionen för fysik, Origovägen 6B, Göteborg.

ISBN: 978-91-8069-969-3 (Printed version)

ISBN: 978-91-8069-970-9 (PDF)

Tillgänglig via <http://hdl.handle.net/2077/83595>



GÖTEBORGS UNIVERSITET

Svensk summering

Spinntronik är ett teknikfält som utvecklats från elektroniken och som använder elektronens spinn. Denna extra frihetsgrad öppnar upp för nya sätt att designa icke-flyktiga minnes-, logik-, signal- och databehandlingskomponenter. Funktionen hos spinntroniska komponenter baseras på att en spinnpolariserad laddningsström, eller en ”ren” spinnström, lokalt kan excitera den magnetiska ordningen i ett material. Genom att uppfylla storlekskraven (nanometer) som behövs för att kunna konkurrera med den rådande halvledartechnologin, är spinntroniska nano-oscillatorer lovande kandidater för att bygga okonventionella beräkningssystem, såsom neuromorfiska beräkningar eller Isingmaskiner. I den här avhandlingen undersöks dynamiken hos själv-lokaliserade spinnstrukturer, det vill säga dynamiskt eller topologiskt stabila konfigurationer av magnetisk ordning som är lokaliserade i rummet, med avseende på tillämpning i spinntroniska komponenter.

Avhandlingen inleds med en introduktion till det teoretiska ramverket samt en översikt av spinntroniska nano-oscillatorer — ett huvudämne i det här arbetet. Efterföljande kapitel är ordnade baserat på typen av undersökt magnetisk ordning.

Kapitel 2 presenterar ett experiment på injektionslåsning av fält-lokaliserade och själv-lokaliserade spinnvågstyper, vilka enkelt kan omformas i en ferromagnetisk spinn-Hall-nano-oscillator. Experimentet förklaras med hjälp av en teoretisk modell av synkronisering i närvaro av brus.

Kapitel 3 och 4 fokuserar på antiferromagneter och undersöker kvasi-1D- och 2D-spinnstrukturer. De flesta resultaten behandlar domänväggar, vilkas inre dynamik erbjuder dels en väg för att konstruera en nano-oscillator med hög frekvens (sub-THz), dels ett sätt att få bukt med utmaningar relaterade till uniformt ordnade antiferromagneter. En lång domänvägg kan fungera som en överföringsledning, inom vilken informationen bärs av en annan lokaliserad inhomogenitet: en Blochlinje. Konceptet för en sådan överföring utforskas i början av kapitel 4. Avsnittet om antiferromagneter avslutas med en studie av dynamiska dropp-liknande texturer, som formas av den ömsesidiga attraktionen mellan elementära excitationer, magnoner, och exciteras av en spinnström.

Kapitel 5 byter fokus till ferrimagneters unika egenskaper och behandlar åter domänväggsdynamik. Trots att ferrimagneter kombinerar fördelarna med de två tidigare nämnda ordningstyperna (ferro- och antiferro-), visar vi att tvingad dynamik hos domänväggar i ferrimagneter inte alltid kan förenklas till dessa gränfall, utan uppvisar ett distinkt beteende – periodiska ”explosiva” instabiliteter.

Kapitel 6 avslutar avhandlingen med en diskussion om möjliga framtida forskningsriktningar, baserat på de erhållna resultaten.

Keywords: spinntronik, spinn-Hall-nano-oscillatorer, spinntextur, antiferromagneter, ferrimagneter