



**prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.**

**České vysoké učení technické v Praze**

**Fakulta elektrotechnická**

**Email: ripka@fel.cvut.cz**

### **Oceněný projekt:**

**„Fluxgate efekt v tenkých vrstvách“**

### **Hlavní výsledky projektu:**

Byl vyvinut nový typ bezcívkového tenkovrstvého fluxgate senzoru, popsány základní principy jeho činnosti a nový teoretický popis experimentálně ověřen.

### **Shrnutí hlavních výsledků projektu:**

Fluxgate senzory se používají pro přesná měření magnetického pole např. v kosmickém výzkumu, pro navigaci nebo ve vojenských aplikacích.

Tyto senzory jsou již řadu let jedním z klíčových výzkumných a vývojových témat katedry měření ČVUT FEL. Toto pracoviště se v oblasti magnetických senzorů řadí mezi několik špičkových světových laboratoří. První etapa výzkumu byla završena vývojem nové konstrukce senzoru, která získala v r. 2010 Cenu inovace a byla úspěšně komercializována (mj. i použita v hledači bomb řadu let vyráběném rakouskou firmou Schiebel).

Pro současné požadavky tyto klasické senzory přestávají svými parametry stačit a klasický vývoj narazil na fyzikální meze. Bylo nutné vrátit se k základnímu výzkumu a přemýšlet o nových principech a materiálech.

Důležitou etapou proto byl právě ukončený projekt GAČR Fluxgate efekt v tenkých vrstvách.

Během řešení projektu jsme navrhli dvou-doménový model ortogonálního fluxgate senzoru, který lépe charakterizuje fluxgate efekt v tenkých vrstvách, než dosavadní model Primdahla. Platnost modelu jsme experimentálně ověřili. Vytvořili jsme také jednoduchý model pro nově navržený bezcívkový fluxgate senzor,

jehož princip byl patentován (národní a evropský patent). Ve spolupráci se španělskými partnery jsme vylepšili elektrolytickou technologii pro přípravu magnetických tenkých vrstev a aplikovali ji i na sklem pokryté amorfní mikrodráty. Ukázali jsme, že tato topologie vede k lepšímu rozložení budicího proudu a budicího pole, což v důsledku způsobilo radikální snížení

remanence senzoru (tzv. perming efekt). Byl stanoven vliv depozičních parametrů na velikost a směr indukované anizotropie v magnetické vrstvě. Anizotropie byla zkoumána standardními metodami i metodou GMI. Pro indukci helikální anizotropie (nutnou pro bezcívkové fluxgate senzory) byly vyvinuty dvě metody - elektrodepozice v helikálním magnetickém poli a elektrodepozice pod torzí. Překonali jsme tedy předchozí omezení plynoucí z nutnosti indukování takovéto anizotropie mechanicky na již hotových senzorech. Vyrobili jsme prototypy magnetických senzorů využívající bezcívkový i ortogonální fluxgate efekt - využili jsme vrstev Cu-FeNi, Cu-sklo-FeNi a také amorfní CoFeSiB materiál. Byla vyvinuta elektronika pro buzení a zpracování signálů z těchto senzorů a proměřeny jejich charakteristiky z hlediska citlivosti, šumu a stability jak ve fluxgate módu, tak v módu GMI. Byla provedena charakterizace cross-field odezvy u senzorů pracujících na principu fluxgate efektu. Výše uvedené výsledky byly prezentovány na mezinárodních konferencích a celkem v 16-ti publikačních výstupech v impaktovaných časopisech.