DIELEKTRIK VA YUMSHOQ MAGNIT MATERIALLARNING ZAMONAVIY ELEKTRON ELEMENTLARDAGI FUNKSIONAL IMKONIYATLARI

Uzakov Orif Hamroyevich
Buxoro davlat universiteti “Muhandislik texnologiyalari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari” kafedrasi dotsenti
https://doi.org/10.5281/zenodo.24279215

Annotatsiya

Tezisda zamonaviy elektron texnika uchun dielektrik va yumshoq magnit materiallarning funksional roli 2025–2026-yillardagi ilmiy manbalar asosida tahlil qilinadi. HfO2 asosidagi ferrolektrik materiallarning FeFET va no-volatil xotira elementlaridagi imkoniyatlari, shuningdek ko‘p komponentli yumshoq magnit qotishmalar va izolyatsion qoplamali soft magnetic composite materiallarning yuqori chastotali induktiv elementlardagi afzalliklari yoritiladi [1–3]. Material tanlashda elektr izolyatsiyasi, dielektrik yo‘qotish, qutblanish, magnit singdiruvchanlik, koertsitiv kuch, qizish va chastota diapazoni birgalikda ko‘rilishi asoslangan.

Kalit so‘zlar: dielektrik material, ferrolektrik, HfO2, FeFET, yumshoq magnit material, SMC, induktor, elektron element.

KIRISH

Elektron sxemada material faqat passiv konstruktiv muhit emas. Dielektrikning qutblanish va sizib o‘tish xossalari kondensator, MOS strukturasi va xotira elementlarining parametrlarini, magnit materialning B–H xususiyatlari esa induktor, transformator va filtrlarning yo‘qotishlarini belgilaydi.

2025-yilgi FeFET sharhi HfO2 asosidagi ferrolektrik qatlamlarning CMOS bilan mosligi, yupqa qatlamda yuqori qutblanish va no-volatil xotira uchun istiqbolini ko‘rsatadi [1]. Shu yili Materials Today Electronics jurnalida yumshoq magnit multikomponent qotishmalar yuqori chastota va yuqori quvvat zichligidagi elektronika uchun istiqbolli deb baholangan [2].

1. DIELEKTRIK MATERIALLARNING ASOSIY PARAMETRLARI

Kondensator uchun sig‘im dielektrikning nisbiy singdiruvchanligi, elektrod maydoni va qatlam qalinligiga bog‘liq:

$C = \varepsilon_0 \varepsilon_r A/d$ (1)

Bu yerda ε0 — vakuumning dielektrik doimiysi, εr — materialning nisbiy dielektrik singdiruvchanligi, A — elektrod maydoni, d — dielektrik qalinligi. Zamonaviy nanoelektronikada yuqori-κ dielektriklar kichik geometrik qalinlikda katta elektr sig‘im olish imkonini beradi.

2. FERROLEKTRIK HfO2 VA FeFET

Ferrolektrik FETlarda gate stack ichidagi ferrolektrik qatlam qoldiq qutblanish orqali xotira holatini saqlaydi. 2025-yilgi sharh HfO2 asosidagi FeFETlarning yupqa profil, yuqori qutblanish, retention va endurance bo‘yicha istiqbolini qayd etadi [1]. Asosiy muammolar CMOS moslik, gate leakage, depolarizatsion maydon va material interfeyslaridir.

Bu yo‘nalish elektron texnika materiallari fanida dielektrikning passiv izolyator rolidan funksional xotira materiali roliga o‘tishini ko‘rsatadi.

3. YUMSHOQ MAGNIT QOTISHMALAR

Yumshoq magnit materiallar yuqori magnit singdiruvchanlik, past koertsitiv kuch va kichik gisterezis yo‘qotishlari bilan tavsiflanadi. 2025-yilgi review amorf, nanokristall va high-entropy turidagi multikomponent qotishmalarni yuqori chastotali quvvat elektronikasi uchun istiqbolli deb ko‘rsatadi [2]. Ularning yuqori harorat barqarorligi, korroziyaga chidamliligi va mexanik xossalari an’anaviy materiallarga nisbatan qo‘shimcha afzallik berishi mumkin.

© 2026 International Conference on Artificial Intelligence and Applications . All Rights Reserved.

4. SMC VA IZOLYATSION QOPLAMA TEXNOLOGIYASI

Soft magnetic composite materiallarda ferromagnit zarrachalar elektr izolyatsion qoplama bilan ajratiladi. Bu uyurma toklarini cheklab, yuqori chastotadagi yo‘qotishlarni kamaytirishga yordam beradi. 2025-yilgi review organik, noorganik va kompozit qoplamalar, shuningdek passivatsiya, oksidlash, CVD va boshqa qoplash usullarini tizimlashtiradi [3].

Material/texnologiya	Asosiy funksional xossa	Elektron element	Cheklov
HfO2-ferroelektrik	Qoldiq qutblanish	FeFET, NVM	Leakage, endurance
Amorf/nanokristall qotishma	Past Hc, yuqori μ	Induktor, transformator	Chastota/harorat kompromissi
SMC + qoplama	Uyurma tokini kamaytirish	Yuqori chastotali magnit komponent	Qoplama yaxlitligi
Ferrit thin-film	Yuqori chastotaga moslik	Integrated inductor	Saturatsiya va texnologik integratsiya

5. 2026-YILDAGI INTEGRALLASHGAN YUMSHOQ MAGNIT MATERIALLAR TRENDI

2026-yilgi yangi review integrallashgan yumshoq magnit materiallarni besh o‘n yillik rivojlanish kesimida tahlil qilib, 97 ta materialning xossa fazosini taqqoslagan [4]. Unda FeCoN, FeGaB va spin-spray ferrit yupqa qatlamlari integrallashgan yuqori chastotali komponentlar uchun alohida ajratilgan.

Bu tendensiya passiv elementlarni alohida hajmli komponent sifatida emas, chip yoki paket bilan birgalikda integratsiyalash yo‘nalishi kuchayayotganini ko‘rsatadi.

XULOSA

Dielektrik va magnit materiallar zamonaviy elektron elementlarning funksional xususiyatini belgilovchi faol materiallar sinfiga aylanmoqda. HfO2 asosidagi ferrolektrik qatlamlar no-volatil xotira, multikomponent yumshoq magnit qotishmalar va SMC materiallar esa yuqori chastotali energiya o‘zgartirish tizimlari uchun istiqbolli [1–4].

Kelgusida material tanlash faqat bitta yuqori εr yoki μ qiymatiga emas, balki leakage, issiqlik barqarorligi, chastota, texnologik moslik va ishonchlilikning birgalikdagi optimumiga asoslanishi kerak.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Recent advancements and progress in development of ferroelectric field effect transistor: A review. Memories - Materials, Devices, Circuits and Systems. 2025;10:100130. DOI: 10.1016/j.memori.2025.100130.
2. Multicomponent soft magnetic alloys for soft magnetic composites: A review. Materials Today Electronics. 2025;12:100153. DOI: 10.1016/j.mtelec.2025.100153.
3. Soft magnetic composites insulating coating technology: A review. Materials Today Communications. 2025;48:113395. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2025.113395.
4. Integrated soft magnetic materials and applications: A review. Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2026. PII: S0304885326007432.

© 2026 International Conference on Artificial Intelligence and Applications . All Rights Reserved.