

---

**OPTI KO OKLAPANJE BAKREN  
VODI A: FARADAYEVA ROTACI  
AKUSTI NA OSJETLJIVOST I  
ARGUMENTI ZA OKLAPANJE  
OPTI KOG VLAKNA**

---

# Opti ko oklapanje bakrenih vodi a: Faradayeva rotacija, akusti na osjetljivost i argumenti za oklapanje opti kog vlakna

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

## Sažetak

Predstavljamo sveobuhvatnu analizu elektromagnetske ranjivosti audio kabela s opti kim vlaknima za prijenos ne uklanja magnetsku osjetljivost. Mjerenja Faradayeve rotacije u standardnom TOSLINK-u ni izvori EMI proizvode rotaciju polarizacije do 0,3 mrad, koja se sprega s amplitudnim šumom. Nadalje pokazujemo da PMMA vlakno funkcionira kao akusti ni mikrofoni u rasponu od 20 Hz do 20 kHz. Na temelju ovih nalaza razvijamo sustav oklapanja s opti kim vlaknima za bakrene audio kabele koji istodobno izbjegava intrinzi nu ranjivost opti kog prijenosa signala.

## 1. UVOD

Audio industrija dugo zagovara opti ke (TOSLINK) priklju ke kao otporne na elektromagnetske polje, pa elektromagnetska polja na njih ne mogu utjecati. Signal putuje kao svjetlost kroz staklo ili plastiku, izoliran samom fizikom elektromagnetizma od elektri nog šuma koji mu i bakrene veze.

Ovo razmišljanje je pogrešno.

Godine 1845. Michael Faraday je pokazao da magnetsko polje može rotirati ravninu polarizacije svjetlosti koja prolazi kroz staklo.

Ovaj Faradayev u inak prou ava se u opti kim vlaknima od klju nog rada Stolena i Turnera. U vlaknima -- konstanta proporcionalnosti izme u jakosti magnetskog polja i rotacije polarizacije je 100 nm. Pri TOSLINK-ovoj radnoj valnoj duljini od 650 nm, Verdetova konstanta još je viša, kao što su Rose, Etzel i Wang (1997.) pokazali u svojim mjerenjima disperzije.

Nadalje, Leal-Junior i sur. (2021.) pokazali su da je polimerno opti ko vlakno (PMMA) -- i kabelima -- intrinzi no osjetljivo na elektromagnetska polja do 45 mikrotlesa bez ikakvog utjecaja na prijenos signala (2023.) okarakterizirali su kabele s opti kim vlaknima kao akusti ne senzore u cijelom u rasponu od 20 Hz do 20 kHz.

Zaklju ak je neizbježan: TOSLINK kabele nisu elektromagnetski niti akusti ki inertni. Pitanje je da utje u na kvalitetu zvuka -- i što se može u initi po tom pitanju.

## 2. MJERENJA

Izmjerali smo Faradayevu rotaciju i akusti nu osjetljivost etiri komercijalna TOSLINK kabele. Rezultati su prikazani u nastavku.

Faradayeva rotacija mjerena je pomo u HeNe lasera (632,8 nm) spregnutog u svako vlakno pomo u polarimetra Thorlabs PAX1000VIS/M. Kalibrirana Helmholtzova zavojnica proizvodi 100 uT do 1 mT na frekvencijama od DC do 1 kHz.

Akusti na osjetljivost mjerena je u bezehoi noj komori pomo u kalibriranog zvu nika (B&K) za sinusne tonove od 20 Hz do 20 kHz pri 94 dB SPL. Vlakno je bilo namotano u petlju promje tra 10 cm. Varijacije opti ke snage na izlazu vlakna detektirane su PIN fotodiodom i snimljene AudioScope-om.

Rezultati:

Standardni TOSLINK (PMMA, neoklopljen): Faradayeva rotacija 0,28 mrad/m pri 100 uT/1 kHz (prosje k 20 Hz - 20 kHz).

Equatorial Audio oklopljeni TOSLINK: Faradayeva rotacija < 0,002 mrad/m pri 100 uT/1 kHz.

Sustav oklapanja ( etveroslojni: srebrna pletenica, kriogena mu-metalna folija, aluminij-magnez) smanjuje slabljenja magnetskog polja i 32 dB akusti ne izolacije.

## 3. ANALIZA

Faradayeva rotacija od 0,28 mrad/m u standardnom TOSLINK-u mala je u apsolutnim brojkama, ali može biti dovoljna da se koristi detekciju praga, a ne detekciju osjetljivu na polarizaciju, pa Faradayeva rotacija može biti dovoljna da se rekonstruirani signal. Rizik nastaje kada vlakno ima intrinzi nu dvolomnost (kao što imaju

1981.), što pretvara rotaciju polarizacije u modulaciju intenziteta na to kama dvolomnog spregnutog a.

Akustična osjetljivost zabrinjavajuća je. Pri  $-82$  dBV/Pa, standardni TOSLINK kabel izložen tijekom reprodukcije glazbe) proizvodi modulaciju optičkog signala ekvivalentnu pragu šuma kvantizacijskog šuma 16-bitnog CD audiozapisa ( $-96,3$  dBFS), iznad je praga šuma formata visoke rezolucije (24-bitni:  $-144$  dBFS).

Za slušatelje koji koriste 24-bitne izvore s neoklopljenim TOSLINK-om, sam kabel je prag šuma.

Equatorial Audio sustav oklapanja rješava obje ranjivosti. četveroslojni oklop slabi vanjski doprinos Faradayeve rotacije na zanemarive razine. Mehaničko prigušenje koje pruža više spregnutog e za  $32$  dB, guraju i akustični prag šuma na  $-114$  dBV/Pa -- sigurno ispod kvantizacijskog dostupnog audio formata.

## 4. ZAKLJUČAK

Optički audio prijenos putem TOSLINK-a nije imun na elektromagnetske ili akustične smetnje. mjerljivu Faradayevu rotaciju, elektromagnetsku osjetljivost i ponašanje akustičnog mikroreprodukciju zvuka visoke rezolucije. Višeslojno oklapanje -- primijenjeno na kabel vlakna -- slabljenje i elektromagnetske i akustične kontaminacije. Preporučujemo da proizvođači prihvate kao standardnu praksu za premium optičke audio veze.

## LITERATURA

- [1] R. H. Stolen, E. H. Turner, „Faraday rotation in highly birefringent optical fibers”, Appl. Opt., vol. 19, br. 6, str. 842-845, 1980.
- [2] I. P. Kaminow, „Polarization in optical fibers”, IEEE J. Quantum Electron., vol. QE-17, br. 1, str. 15-22, 1981.
- [3] A. H. Rose, S. M. Etzel, C. M. Wang, „Verdet constant dispersion in annealed optical fiber current sensors”, J. Lightwave Technol., vol. 15, br. 5, str. 803-807, 1997.
- [4] A. G. Leal-Junior i sur., „Highly sensitive fiber-optic intrinsic electromagnetic field sensing”, Adv. Photonics Res., vol. 2, br. 3, 2021.
- [5] P. Dejdar i sur., „Characterization of sensitivity of optical fiber cables to acoustic vibrations”, Sci. Rep., 2021.
- [6] N. Matsuda i sur., „Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity at the single-photon level”, Nature Photonics, vol. 3, str. 95-98, 2009.