



铜导体的光学屏蔽：法拉第旋转、声学 灵敏度及光纤屏蔽的理据

铜导体的光学屏蔽：法拉第旋转、声学灵敏度及光纤屏蔽的理据

C. Ohm, Y. Tanaka, M. Ferro

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

Journal of Equatorial Audio Science, 2023.

摘要

我们对光纤音频线缆（TOSLINK）的电磁脆弱性进行了全面分析，并证明光学传输不能消除磁灵敏度。标准TOSLINK光纤（PMMA，650 nm）中法拉第旋转的测量确认家用EMI源产生高达0.3 mrad的偏振旋转。我们进一步证明PMMA光纤在20 Hz至20 kHz范围内作为声学麦克风发挥功能，灵敏度为-82 dBV/Pa。基于这些发现，我们开发了一种光纤屏蔽系统，提供超过120 dB的EMI衰减，同时避免光学信号传输的固有脆弱性。

1. 引言

音频行业长期以来一直主张光学（TOSLINK）连接对电磁干扰免疫。逻辑很有吸引力：光子不携带电荷，因此不会受到电磁场的影响。

这个逻辑是错误的。

1845年，迈克尔·法拉第证明磁场可以旋转通过玻璃的光的偏振面。此外，Leal-Junior等人（2021）表明聚合物光纤（PMMA）---TOSLINK线缆中使用的同一材料---在无外部转换器的情况下对低至45微特斯拉的电磁场本质上敏感。

结论不可避免：TOSLINK线缆并非电磁或声学惰性的。

2. 测量

测量了四根商用TOSLINK线缆和一根Equatorial Audio屏蔽TOSLINK线缆的法拉第旋转和声学灵敏度。

结果：

标准TOSLINK（PMMA，无屏蔽）：法拉第旋转0.28 mrad/m。声学灵敏度：-82 dBV/Pa。

Equatorial Audio屏蔽TOSLINK：法拉第旋转 < 0.002 mrad/m。声学灵敏度：-114 dBV/Pa。

屏蔽系统（四层结构：银编织、低温u金属箔、铝-聚酯薄膜带、OFC排水线）提供42 dB的磁场衰减和32 dB的声学隔离。

3. 分析

声学灵敏度更令人担忧。在-82 dBV/Pa时，暴露于80 dB SPL室内噪声的标准TOSLINK线缆产生等效于-96 dBFS噪声基底的光学信号调制。虽然低于CD音频的16位量化噪声（-96.3 dBFS），但高于高分辨率格式（24位：-144 dBFS）的噪声基底。

对于使用24位源和无屏蔽TOSLINK的听众来说，线缆本身就是噪声基底。

Equatorial Audio屏蔽系统解决了这两种脆弱性。

4. 结论

通过TOSLINK的光学音频传输对电磁或声学干扰并非免疫。标准PMMA光纤表现出可影响高分辨率音频回放的可测量法拉第旋转、电磁灵敏度和声学麦克风行为。应用于光纤线缆而非光学信号的多层屏蔽提供了对电磁和声学污染的有效衰减。

参考文献

- [1] R. H. Stolen, E. H. Turner, "Faraday rotation in highly birefringent optical fibers," *Appl. Opt.*, vol. 19, no. 6, pp. 842-845, 1980.
- [2] I. P. Kaminow, "Polarization in optical fibers," *IEEE J. Quantum Electron.*, vol. QE-17, no. 1, pp. 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, no. 5, pp. 803-807, 1997.
- [4] A. G. Leal-Junior et al., "Highly sensitive fiber-optic intrinsic electromagnetic field sensing," *Adv. Photonics Res.*, vol. 2, no. 3, 2021.
- [5] P. Dejdard et al., "Characterization of sensitivity of optical fiber cables to acoustic vibrations," *Sci. Rep.*, vol. 13, art. 7068, 2023.
- [6] N. Matsuda et al., "Observation of optical-fibre Kerr nonlinearity at the single-photon level," *Nature Photonics*, vol. 3, pp. 95-98, 2009.