

用于脑卒中微波检测系统的高隔离度微带天线设计

乔丽萍 滕国锋

(西藏民族大学信息工程学院 陕西 咸阳 712082)

【摘要】以有效抑制微带单元天线耦合为目标,基于开口谐振环的互偶性原理,设计了一款满足脑卒中微波检测系统需求的新型 CSRR-WMS 双单元微带天线。该微带天线结构在 3GHz 具有强去耦作用,该双单元矩形微带天线经测试工作频点在 3GHz,在对双单元间的隔离度改善了 12.2dB 的同时,对远场辐射方向图和谐振频率的影响却非常小。

【关键词】微带线;可穿戴;隔离器;微波检测

中图分类号:TN402;TN433 文献标识码:A

引言

脑卒中是一种急性脑血管疾病,死亡率和致残率高,研究表明西藏地区脑卒中发病年龄早平原地区十年,这也是西藏平均期望寿命比平原地区低的重要因素之一^[1-3]。鉴于缺乏有效的治疗手段,目前认为预防是最好的措施。微波检测由于具有非电离及成本低等优点,是具有发展前景的疾病可穿戴检测预警技术,其中天线是微波检测系统的关键组成^[4-5]。

根据脑中微波检测系统的需求,研究新型的具有高隔离度的天线的小型化技术。在原有普通天线的基础上加以创新改进,再将天线性能进一步改善,从而实现高隔离度低剖面,使天线更适用于可穿戴系统。重点研究在不牺牲天线带宽和定向性的情况下,如何合理涉及并添加辅助结构进行微带线天线的性能优化。如何合理涉及并添加辅助结构进行微带线天线的性能优化。

1 脑卒中微波检测系统天线布局

根据可穿戴头盔检测设备的情况设计四阵列天线方案,如图 1 所示。四个天线分别位于人脑仿真模型的前后左右四个方位。其中天线 1 作为发射天线发射微波信号,其余三个天线负责接收信号。为了满足检测系统的可穿戴特性,研究并提出了一种小型化超宽带天线,集成谐振环路、反射板、缝隙结构,使天线进一步小型化,得到较传统平面天线更高的带宽和增益性能。

对于可穿戴的微波检测系统,天线性能的要求应该具备以下几点:第一,尺寸尽可能小。一方面为了实现可穿戴人体检测,另一方面提高天线的部署数量,获得更充足的微波散射信号。第二,工作频率设置在合适的频段,以最大化体现中风病灶和正常大脑组织的介电特性的不同。第三,带宽应尽可能宽。宽带可以增加采样点数,增加实验数据的多样性。第四,定向辐射的增益高,可以使接收到的经过病灶后散射回的信号差异变化明显。

2 双单元微带天线结构设计及测试

2.1 微带天线结构

为了达到上述工作要求,利用色散模式法分析得到该微带线表面波的禁带,通过与波导法的分析相比较确定天线的禁带频点,并以此为依据提出了一种 3GHz 频点的双单元微带天线,加载 CSRR 波导超表面的具有高隔离度的微带天线结构如图 2 所示。天线采用双单元贴片,距离为 14mm,共基板共地,隔离器 CSRR 三周期排列居中。

2.2 天线测试结果

对设计的天线进行仿真测试,结果如图 3 所示:S 参数变化及前后场 H 面对比。对微带线结构进行创新设计加载 CSRR-WMS,测试结果表明,谐振频点由原来的 3GHz 变化为 2.98GHz,发生了轻微偏移。

3GHz 频点时的 $|S_{12}|$ 由 -20.81dB 减小至 -33.12dB。

$|S_{12}|$ 减小了 12.31dB,这个结果表明所设计的 CSRR-WMS 单元,在满足检测要求的同时,可以有效地抑制天线单元之间的耦合。而且加载 CSRR-WMS,对天线的阻抗匹配产生影响非常小,同时未对其远场辐射图产生太大影响。

对加载 CSRR-WMS 隔离器之后的贴片的表面电流密度进一步仿真,结果如图 4 所示。仿真结果表明,通过加载 CSRR-WMS 隔离单元,双单元之间的耦合作用明显被减弱。

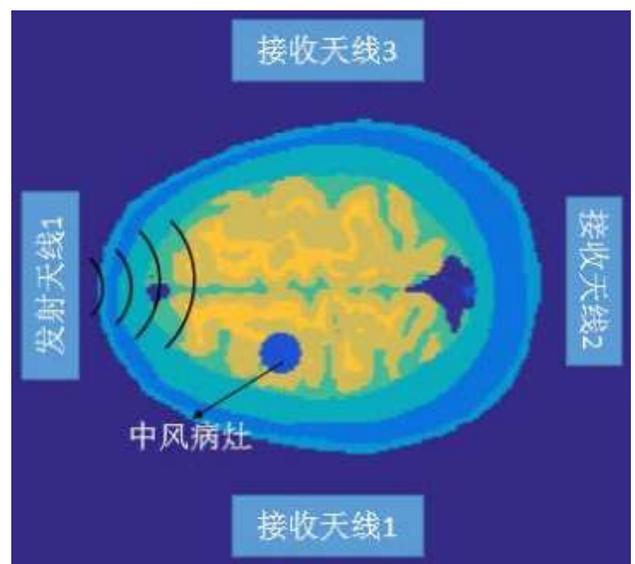
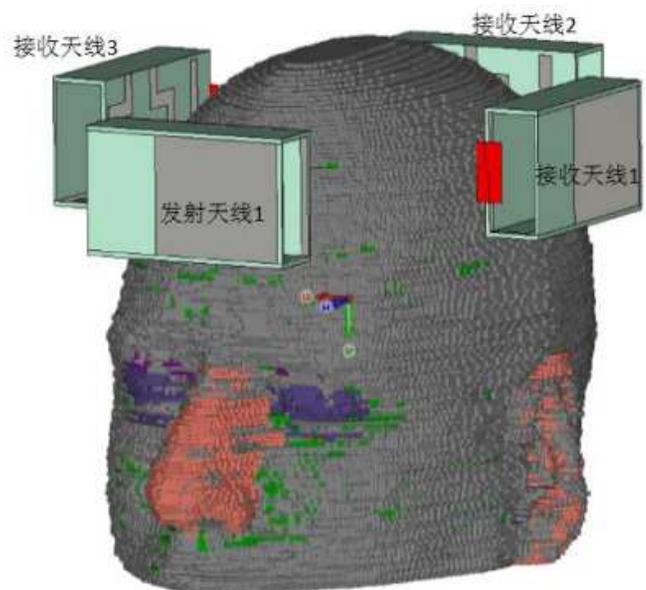


图 1 脑卒中微波检测系统天线部署示意图

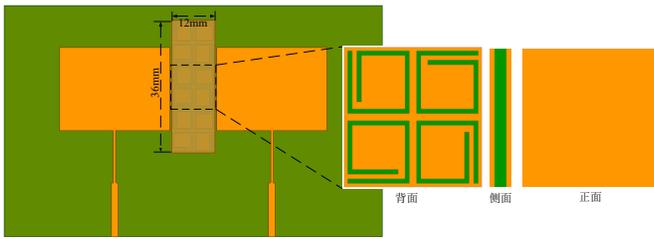


图2 高隔离度 3.0G 双单元微带天线结构

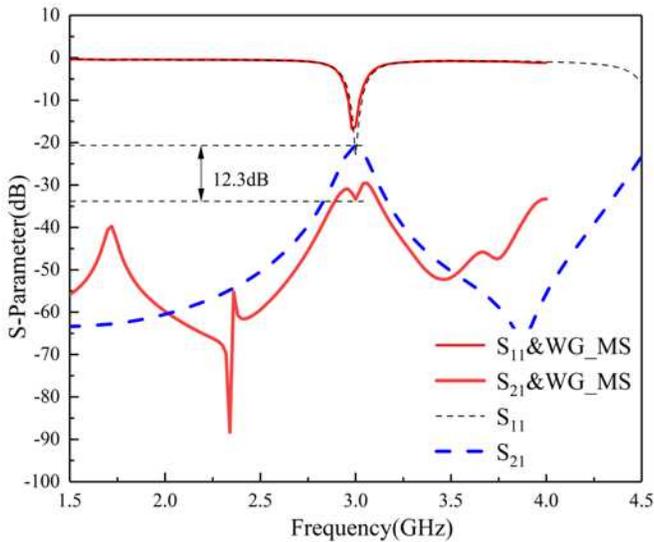


图3 S 参数以及前后远场 H 面对比图

结论

对传统微带线结构进行创新设计, 提出了一款 CSRR-WMS 超导表面结构高隔离度的微带线天线结构。通过散射参量提取法得到了该结构的宏观电磁参量, 分析其在垂直电场极化作用下的空间波的调控情况, 研究表明该微带天线结构在 3GHz 具有强去耦作用。该双单元矩形微带天线可以可靠工作于 3GHz, 在对双单元间的隔离度改善了 12.2dB 的同时, 对远场辐射方向图和谐振频率的影响却非常小。

根据脑中风微波检测系统的需求, 研究在传统微带线天线在的基础上加以创新改进, 实现了低剖面, 使天线更适用

于可穿戴系统。同时满足不牺牲天线带宽和定向性的情况下, 通过添加高隔离度单元对天线性能达到了优化。

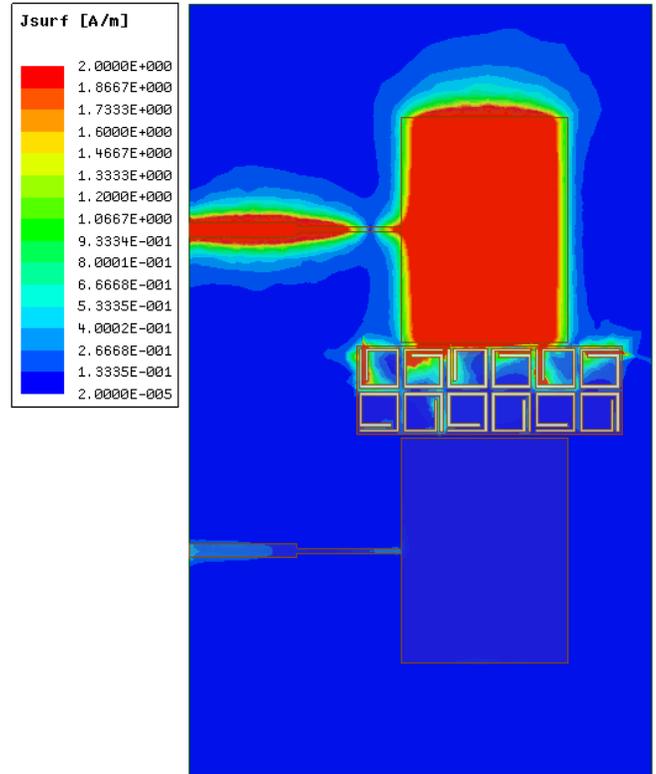


图4 贴片表面电流对比图

参考文献:

[1] Mobashsher A T, Abbosh A M, Wang Y. Microwave System to Detect Traumatic Brain Injuries Using Compact Unidirectional Antenna and Wideband Transceiver With Verification on Realistic Head Phantom[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2014, 62(9):1826-1836.

[2] Bahramiabarghouei H, Porter E, Santorelli A, et al. Flexible 16 Antenna Array for Microwave Breast Cancer Detection. [J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 2015, 62(10):2516-2525.

[3] Bellorofonte C, Vedruccio C, Tombolini P, et al. Non-invasive detection of prostate cancer by electromagnetic interaction. [J]. European Urology, 2005, 47(1):29-37.

[4] 林雪晨, 张斌珍, 段俊萍, 黄成远, 郑鹏帅. 基于 PDMS 的柔性可穿戴微带天线 [J]. 微纳电子技术, 2018, 55(07):487-492.

[5] Schilingovski P, Vulfin V, Sayfan-Altman S, et al. Wearable antennas design for wireless communication[C]// IEEE International Conference on Microwaves. IEEE, 2017.

[6] Yan S, Vandenbosch G A E. Wearable pattern reconfigurable patch antenna[C]// IEEE International Symposium on Antennas & Propagation & Usnc/ursi National Radio Science Meeting. IEEE, 2016.

基金项目: 西藏自然科学基金 (XZ2019ZRG-40) 项目