

# 磁共振成像表面线圈研制

韩跃 陈迪榕

(中国科学院科健公司)

朱协卿 鲁佩菊

(中国科学院电子研究所)

## 摘要

本文描述了一种新型的传感器——用于超导磁共振成像的矩形表面线圈，介绍了具体实验方法和 技术，特别对去耦电路的作用和环境因素进行了分析，并给出了实验结果。

磁共振成像技术已经被我国许多影象医务工作者所认识，并用于临床研究病理<sup>[1,2]</sup>。磁共振成像的首要任务是得到清晰的图象，而射频线圈则是负责信号的发射和接收，对于确保图象质量具有特别重要的意义。在早期的磁共振成像设备中，只采用能产生均匀射频场的头部和体部的射频线圈，这种线圈体积较大，往往兼顾发射和接收功能<sup>[3]</sup>。其它类形线圈，尽管不产生均匀射频场，但都有着同样的现象，即当接收线圈靠近病人的表面时，接收信号的信噪比大大提高。故这类线圈统称为表面线圈。如果将表面线圈结合相应的软件，就可以大大地提高图象的分辨能力。表面线圈的形式多种多样，可根据诊断部位的需要进行设计。本文结合实际描述了典型的矩形表面线圈设计，并对实验方法和实验结果进行了详细分析，可供制作其它形式的表面线圈参考。

### 一、表面线圈的等效电路

一种典型的表面线圈等效电路如图1所示。这个等效电路可以用于任何形状的表面线圈，其中除了电阻  $R$  受邻近效应的影响主要取决于线圈与病人之间的接近程度外，其它参数早已被人们认真分析过。本文只给出矩形表面线圈的计算结果<sup>[4]</sup>。

1. 电感:

$$L = 0.02a \left( 2.3 \lg \frac{16a}{d} - 1 \right),$$

其中  $a$  为矩形的边长， $d$  为导体的直径。

2. 电容:

$$C = 1/(2\pi f_0)^2 l,$$

其中  $f_0$  为共振频率， $l$  为导体的长度。

3. 电阻:

$$R = [k(83.2\sqrt{f_0} \cdot l)/d]10^{-9}\Omega,$$

其中  $k$  为邻近效应常数，一般取 1—10 之间的一个值。

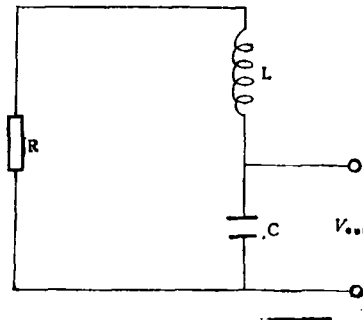


图 1

### 二、实验方法和结果

实验是在 0.6T 超导磁共振成像系统上完成的。选用 1cm 直径的铜管绕成长和宽均为 13cm 的矩形，选高  $Q$  值电容作为共振匹配。失谐和保护回路电路见图 2。采用多层聚四氟乙稀膜为表面线圈绝缘材料。

用国产的 BT-3 型(频带 1—300MHz)扫频仪作为调试仪器。调试过程如下，首先把线圈置于主磁体内部(为避免此线圈与别的线圈

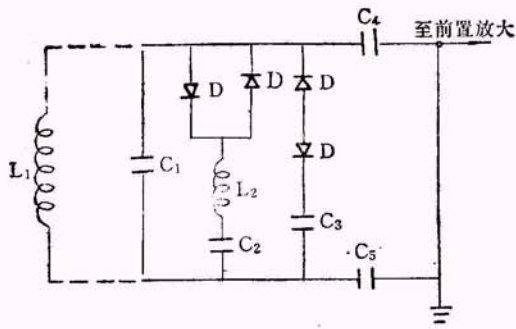


图 2

之间互感的影响),采用串联法找出共振电容的大致范围,然后调整匹配电容的数值直到接收信号峰最强,同时调整共振电容到共振频率。这样反复几次,匹配和共振回路的电容就确定了。失谐电路和保护电路是最后加上去的,用来减少表面接收线圈和发射线圈之间的信号干扰,以及在电容电路电压过高时保护病人。

图 3 给出了表面线圈的临床应用结果,图 3(a) 和 3(b) 分别为用体部线圈和表面线圈作为接收线圈得到的人体脊椎扫描象。在同一病人身上临床结果有巨大差别,用体部线圈在这位病人脊椎上看不见明显病变,而用表面线圈作为接收器的扫描图象上,明显地看到了一个十几毫米直径的占位性病变。信噪比提高了三至四倍。此人体扫描象是在美国德能佳有限公

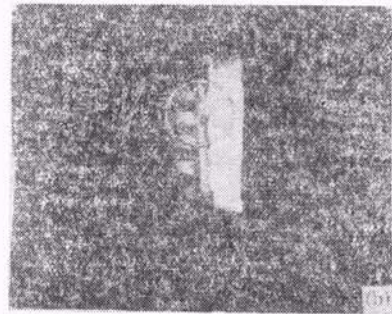
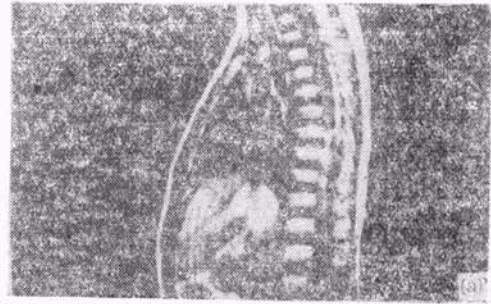
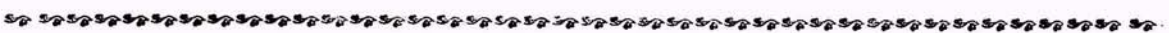


图 3

司生产的 0.6T 超导磁共振成像仪上得到的断层扫描象,在临床诊断医学上很有实用价值。

- [ 1 ] 朱小平等编, 磁共振成像入门, 同济大学出版社, (1987), 19-52.
- [ 2 ] 戴建平主编, MRI 在神经外科诊断中的应用, 卫生出版社, (1987).
- [ 3 ] D. J. Hoult, *Progress in NMR Spectroscopy*, 12 (1978), 41-77.



(上接第 69 页)

- [ 1 ] K. Kishio, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, 26-4 (1987), L391.
- [ 2 ] Y. Saito et al., *ibid*, 26-3 (1987), L223.
- [ 3 ] T. Hasogawa, et al., *ibid*, 26-4 (1987), L337.
- [ 4 ] B. Batlogg, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 59(1987), 912.
- [ 5 ] D. J. Bishop, et al., *Phys. Rev. B*, 35(1987), 8788.
- [ 6 ] K. N. Yang, et al., *Solid. State Comm.*, 63-6 (1987), 515.
- [ 7 ] B. W. Lee, et al., *Phys. Rev. B*, 37(1988), 2368.
- [ 8 ] B. W. Veal, et al., *Appl. Phys. Lett.*, 51(1987), 279.
- [ 9 ] Gang Xiao et al., *Phys. Rev. B*, 35(1987), 8782.
- [ 10 ] Gang Xiao et al., *Phys. Rev. Lett.*, 60(1988), 1446.
- [ 11 ] Z. Q. Qiu, et al., *J. Magn. Magn. Mat.*, 69(1987), L221.
- [ 12 ] H. Tang, et al., *Phys. Rev. B*, 36(1987), 4015.
- [ 13 ] T. J. Kistenmacher et al., *Phys. Rev. B*, 36(1987), 8877.
- [ 14 ] R. J. Cava, et al., *Phys. Rev. B*, 36(1987), 5719.
- [ 15 ] R. N. Bbargava, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 59(1987), 1468.
- [ 16 ] I. Felner et al., *Phys. Rev. B*, 36(1987), 3923.
- [ 17 ] L. C. Bourne, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 58(1987), 2337.
- [ 18 ] L. C. Bourne, et al., *Phys. Rev. B*, 36(1987), 3990.
- [ 19 ] C. W. Chu, et al., *Phys. Rev. Lett.*, 60(1988), 941.
- [ 20 ] Z. Z. Sheng and A. M. Mermann, *Nature*, 332(1988), 138.