

溶胶-凝胶法制备 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ 薄膜及 GaN MIS 结构 C-V 特性*

舒 斌[†] 张鹤鸣 王 青 黄大鹏 宣荣喜

(西安电子科技大学微电子学院, 宽禁带半导体材料与器件教育部重点实验室, 西安 710071)

摘要: 采用溶胶-凝胶法制备出高介电常数的 $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ (BZN) 薄膜. 总结出适合作为 GaN 金属-绝缘层-半导体场效应晶体管(MIS FET)栅介质的 BZN 薄膜的原料配比、烧结温度和保温时间等工艺参数, 解决了原料溶解、粘稠度、浸润度等工艺问题. 同时, 结合半导体工艺制造出以 BZN 薄膜为绝缘介质的 GaN MIS 结构, 通过测量到的高频 C-V 特性曲线, 得到薄膜的相对介电常数为 91, MIS 结构的强反型电压为 -3.4V , 平带电压为 -1.9V .

关键词: 溶胶-凝胶; 铋铌铈薄膜; 金属-绝缘层-半导体结构; 电容-电压曲线

PACC: 7340Q; 7755; 8110D

中图分类号: TN386

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2007)09-1406-05

1 引言

目前的 GaN 紫外探测器都采用倒焊工艺将 GaN 光敏元件阵列与硅基读出电路通过钢桥相连, 这种结构使得探测器的抗辐射、耐高温性能受到很大限制, 尤其是钢桥在受到振动或热应力作用的情况下容易发生断裂, 从而使整个探测器阵列无法正常使用. 解决这一难题的根本方法是将光敏元件与读出电路制造在同一片 GaN 衬底上, 然而至今尚无此类 GaN 单片集成紫外探测器诞生, 这主要是由于作为读出电路元件的 GaN 场效应晶体管的开启电压较高, 无法与外围的信号处理电路兼容. 因此, 降低 GaN 场效应晶体管的开启电压就成为解决这一难题的关键. 要降低 GaN 场效应晶体管的开启电压, 可采取降低栅介质层厚度的方法, 但减薄栅氧化层厚度不仅要增加工艺难度, 而且量子效应将非常严重, 还会引起很大的隧道电流, 这将使得器件和电路的静态功耗增加. 因此, 单纯从工艺上降低器件的工作电压并不可取, 必须寻找更好性能的材料来代替传统的栅介质材料. 研究表明, 采用高介电常数的栅介质材料将会显著降低器件的阈值电压, 且工艺实现简单^[1,2]. $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ (BZN) 高频陶瓷介电材料具有介电常数高、介电常数温度稳定性和高频稳定性好的优点, 是一种很有潜力的 GaN MIS FET 器件栅介质材料, 有望显著降低其阈值电压. 目前, 国内外制备 BZN 材料的方法主要有: 传统陶瓷工艺、反应射频磁电溅射 (reactive RF-magne-

tron sputtering) 法^[3] 和脉冲激光淀积 (pulsed laser deposition) 法^[4] 等. 其中, 传统陶瓷工艺过程简便, 可以直接将 Bi_2O_3 、ZnO 与 Nb_2O_5 等原料混和而不必通过化学反应来得到 BZN 材料, 该方法对设备要求低, 可以制备块状体材料和纳米级粉体材料, 但不能制备薄膜材料; 后两种方法所使用的设备价格昂贵. 薄膜制备方法中的溶胶-凝胶法是一种湿化学工艺, 其特点是能将所需的成分按设定的比例精确地混合在溶液中, 从而达到分子级的混合, 与其他镀膜工艺相比, 它不需任何真空条件和过高的温度, 而且可以轻易完成大面积基片上的镀膜, 且薄膜均匀性好, 层附着力强, 该方法操作简单, 成本相对较低^[5], 很适合作为制备介质薄膜的方法.

本文以硝酸铋、乙酸铈、草酸铈等为原料, 首次采用溶胶-凝胶法制备出 BZN 薄膜, 测试了其表面形貌; 总结出适合作为 GaN MISFET 栅介质的 BZN 薄膜的原料配比、烧结温度和保温时间等工艺参数, 解决了原料溶解、粘稠度、浸润度等工艺问题; 同时, 结合半导体工艺制造出以 BZN 薄膜为绝缘介质的 GaN MIS 结构, 测试了其高频 C-V 特性曲线.

2 实验

2.1 BZN 胶液的制备

含铋胶液的制备: 将 150mL 分析纯乙二醇液体

* 武器装备预研基金资助项目(批准号:51408061104DZ01)

[†] 通信作者. Email: binshu@xidian.edu.cn

2007-01-27 收到, 2007-04-13 定稿

倒入烧杯,在磁力加热搅拌器上以 85°C 温度加热搅拌,逐渐加入分析纯草酸($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,草酸含量不低于 99.5%)颗粒,以 pH 试纸测试溶液,制出 pH 值为 3~4.5 的溶液;加入分析纯硝酸铋($\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,硝酸铋含量不低于 99%)颗粒 17.55g,在 90°C 下加热搅拌 1h,经过室温冷却后,得到 150mL 澄清透明的 0.2mol/L 硝酸铋胶液^[6].由于作为溶剂的乙二醇具有很好的粘滞性,因此,配制出的胶液也较粘稠.

含锌胶液的配制:将 6.59g 分析纯乙酸锌($\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,乙酸锌含量不低于 99%)颗粒加入 100mL 无水乙醇中,在 95°C 温度下缓慢搅拌(磁棒转速:3~4r/s),保持液体透明;10min 后当烧杯底部不溶的白色沉淀物变成细小粉末时,将搅拌速度加大(磁棒转速:15~20r/s),使烧杯底部不溶物全部卷入旋转液流中,此时液体呈浑浊状态;以每 10s 一滴的速度逐滴加入乳酸($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$,乳酸含量 85~90%,乳酸酐含量 10%~15%)液体,该过程持续 1h,以使所有乙酸锌粉末完全溶解;经过室温冷却后,得到 100mL 澄清透明的 0.3mol/L 乙酸锌胶液^[7].

含铌胶液的配制:将乙醇铌($\text{Nb}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_5$,纯度 99.9%)液体在通氮气的手套箱中溶于无水乙醇,配制成 0.2mol/L 的储备液,放入干燥箱中保存.取一定量储备液,加入 1mol/L 盐酸的乙醇溶液及 2mol/L 水的乙醇溶液(盐酸和水的剂量与醇盐的摩尔比分别为 0.125:1 与 4:1),混和搅拌 4h 后保持其 pH 值为 4~5,可得到稳定溶胶^[8].由于乙醇铌具有非常强的吸湿性,极易发生水解并生成白色的 $\text{Nb}(\text{OH})_5$ 沉淀,导致无法配制出澄清透明的乙醇铌溶胶,但此沉淀可溶于浓草酸溶液^[9],利用此特性,将 28g 草酸($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$,草酸含量不低于 99.5%)颗粒溶于 100mL 去离子水,加热后得到 2.28mol/L 的浓草酸溶液,再将产生的 $\text{Nb}(\text{OH})_5$ 沉淀物加入其中,此沉淀物完全溶解,最后,得到澄清的草酸铌溶液.

含铋、锌、铌胶液的混和:由于含铋胶液稳定程度对 pH 值依赖较大,当含铋胶液与含铌胶液直接混和时,含有较多水的草酸铌胶液会迅速影响含铋溶胶 pH 值,导致含铋胶液溶胶与凝胶反应速度失衡,使缩聚速度大大高于水解速度,产生大量白色絮状沉淀.要解决这一问题,可利用草酸铌在水中溶解度很大的特性,用尽量少的去离子水溶解草酸铌,再经过无水乙醇稀释实现含铋胶液与含铌胶液的混合.当含铋溶胶与含锌溶胶直接混和时,也会有少量白色混浊,经过简单振荡后浑浊迅速消失,这是因为含锌胶液中仅含有少量由原料带入的结晶水,它对含铋胶液的稳定程度不会产生显著影响.基于上述

分析,实验中先将含铋溶胶与含锌溶胶混和,经过振荡得到澄清透明的胶液,再缓慢逐滴加入稀释过的草酸铌溶液,在此过程中,每滴入一滴草酸铌溶液都要经过振荡使产生的少量浑浊消失,最后得到澄清透明的含铋、锌、铌的胶液.为使得到的 BZN 材料介电常数更高,在原料混和时以铋、锌、铌的摩尔比为 3:2:3 作为基本配比,考虑到在随后的高温烧结过程中会有少量铋挥发,在确定最终的原料配比时,还需引入 10%~15% 的过量铋.

2.2 GaN MIS 结构(绝缘层为 BZN 薄膜)的制备

2.2.1 BZN 胶液的旋涂

将 37.5mm 的 n 型 GaN 片(衬底为蓝宝石,多子浓度为 $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$)分别放入乙醇、丙酮进行 3min 超声波清洗,再用氮气干燥处理制成旋涂用衬底,然后在衬底中央滴加少量配制好的 BZN 胶液,再用旋转匀胶机进行旋涂.由于乙二醇在 GaN 片表面存在不浸润现象,而配制的含铋胶液有较高含量的乙二醇,所以,配制的 BZN 胶液无法在 GaN 片上成膜.要解决这一问题,需要将含铋胶液的溶剂乙二醇换为其他能够与 GaN 片表面形成良好粘附的有机溶剂.利用硝酸铋在冰醋酸中溶解性好的特性,可将冰醋酸作为含铋胶液的溶剂.实验发现,硝酸铋可以完全溶于冰醋酸,形成澄清透明的含铋胶液,并且在 GaN 片表面形成良好浸润.与用乙二醇作为溶剂的含铋胶液相比,以冰醋酸为溶剂配制的含铋胶液稳定性不依赖于 pH 值,从而也避免了 BZN 胶液混和过程中产生的浑浊.

实验配制了以冰醋酸为溶剂的含铋胶液和以冰醋酸代替无水乙醇作为稀释剂的草酸铌胶液,将两者与含锌胶液混和后,得到了铋、锌、铌摩尔比为 3:2:3 的澄清透明 BZN 胶液.然后,将此胶液在 GaN 片上以 2000r/min 的速度进行旋涂,得到均匀平滑的 BZN 薄膜.最后,将该样品置于烘箱中,在 150°C 下烘干 5min 使薄膜坚固稳定.坚膜后可重复旋涂以得到具有一定厚度的薄膜.

2.2.2 BZN 薄膜材料烧结

BZN 薄膜材料的烧结温度及保温时间是决定该材料晶相及介电性能的关键因素之一.由 BZN 材料相变理论^[10]可知,在最有利于形成 α 相的铋、锌、铌摩尔比 3:2:3 情况下,烧结温度低于 850°C 时,材料中会含有 α 相和 β 相以及二者之间的过渡相,烧结温度高于 850°C 才能得到介电系数更高的 α 单相;另一方面,烧结温度也不能过高,否则薄膜材料容易出现裂纹和针孔而影响成膜质量;再加上高温加热炉中的温度波动问题,实验中选择的烧结温度为 900°C .由 BZN 材料保温时间与材料相组成之间的关系^[10],保温时间越长越利于 α 相的形成,在

保温 10h 后 BZN 材料 α 相与 β 相的相比比例变化甚微,此时 α 相与 β 相之间趋于动态平衡,相组成的比例基本稳定.因此,实验中选择保温时间为 10h.

烧结过程使用可编程高频电热炉作为加热工具,该炉可实现烧结温度和保温时间自动控制,冷却方式为随炉自然冷却.烧结过程中有少量黑烟从炉盖边缘冒出,证实了在高温加热过程中确有少量铋挥发,这也说明在初始原料配比时引入 10%~15% 的过量铋是有必要的.烧结和保温过程完成后,待加热炉内温度冷却至室温,取出 BZN 薄膜样品进行观察,发现烧结后的薄膜表面光滑,质地坚硬.由于在烘干坚膜过程以后,薄膜内仍含有部分有机溶剂,这部分有机溶剂在高温烧结过程中变为气态脱离薄膜表面,因此,局部表面有少量的细小针孔.减缓烧结过程的升温速度可使薄膜表面针孔减少.

2.2.3 银电极的制备

薄膜表面制备金属电极会有少量金属离子扩散进入薄膜内部.由 BZN 材料银掺杂特性研究可知,引入少量的银掺杂可提高 BZN 薄膜的介电常数^[11],目前已大量生产和使用的以 BZN 材料为绝缘介质的高频多层陶瓷电容器中,基本也都是以银作为内电极材料的.因此,实验中选择用银浆来制备 GaN MIS 结构的表面电极.在薄膜表面选取没有针孔的区域点上熔融银浆,制成直径 0.5mm 的圆点银电极.将点好银浆的 BZN 薄膜样品放入烘箱中,在 80℃ 下保温 5h,使银电极坚固并与薄膜形成良好接触.

3 GaN MIS 结构的 C-V 测试

BZN 薄膜样品在 JSM-6360 型扫描电子显微镜下放大 350 倍后的 SEM 照片如图 1 所示.可以看出薄膜表面晶粒分布均匀,图中出现的几处大颗粒物质是由于样品表面粘附的少量灰尘所致.

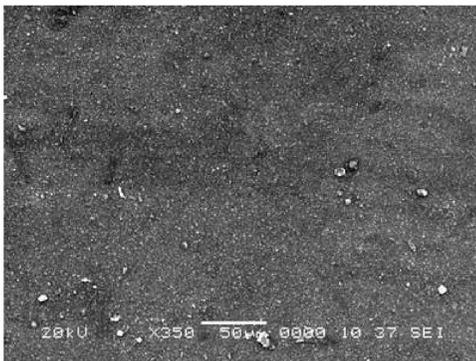


图 1 BZN 薄膜的 SEM 照片
Fig. 1 SEM photo of BZN film

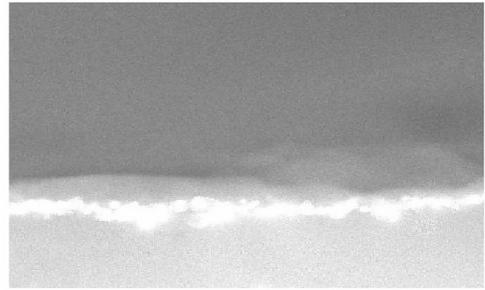


图 2 GaN MIS 结构横截面的 SEM 照片
Fig. 2 SEM photo of cross section of GaN MIS structure

将制备好的 GaN MIS 结构样品沿纵向切开,断面在 JSM-6360 型扫描电子显微镜下放大 10000 倍后的 SEM 照片如图 2 所示.图中界面处亮度较高的区域对应 BZN 薄膜中的晶粒团.由于铋和铈的原子序数较大,在电子束作用下释放的二次电子强度较高,所以 BZN 薄膜在扫描图像里呈现出较高的亮度.由图可计算出 BZN 薄膜的厚度为 320nm.

图 3 为使用 Agilent 4100 型半导体分析仪在 1MHz 频率下由负电压向正电压扫描与由正电压向负电压扫描得到的 GaN MIS 结构 C-V 曲线,其中粗线表示由负电压向正电压扫描,细线表示由正电压向负电压扫描.可以看出,曲线两端都存在少量的电容波动,这是由于在高频情况下极化偶极子电场方向随外加电压频率变化不能完全同步,存在极化弛豫现象,导致曲线不够平滑.另外,还可以看出,正反向扫描 C-V 曲线基本重合,与以铁电体作为绝缘层的 MIS 结构 C-V 曲线相比,不存在滞回窗口,因而在施加正反向回扫电压后不会引起剩余电荷的积累,这也是 BZN 材料比铁电材料更适合作为 MIS 结构绝缘层的一个主要原因.

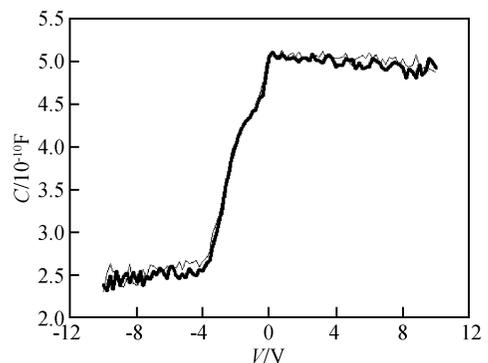


图 3 正反向扫描 1MHz C-V 曲线
Fig. 3 Positive and negative voltage sweep 1MHz C-V curve

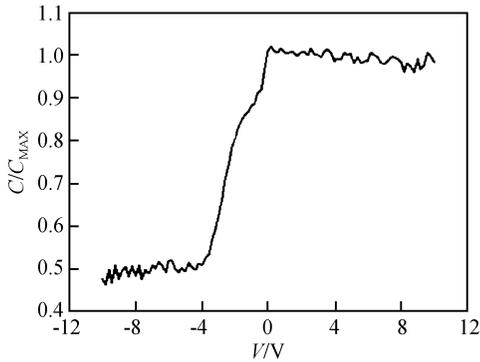


图 4 由负电压向正电压扫描的 1MHz 归一化 C-V 曲线
Fig. 4 1MHz unitary C-V curve (sweep from negative voltage to positive voltage)

对由负电压向正电压扫描的 C-V 曲线进行归一化计算后得到图 4。

对图 4 进行平滑拟合后得到光滑的 1MHz 归一化 C-V 曲线,如图 5 所示,可以看出,此 GaN MIS 结构开始形成强反型时的电压为 -3.4V,即阈值电压 $|V_T| = 3.4V$ 。

4 BZN 薄膜的相对介电常数与 GaN MIS 结构平带电压的计算

由经典电容公式:

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r = \frac{S}{d} \tag{1}$$

得到绝缘层相对介电常数为:

$$\epsilon_r = \frac{Cd}{\epsilon_0 S} \tag{2}$$

其中 C 为电容; ϵ_0 为真空介电常数; d 为绝缘层厚度; S 为电容面积. 由薄膜厚度 $d = 320nm$, 电极直径 $0.5mm$, MIS 结构最大电容 $5.08 \times 10^{-10} F$, 得到 BZN 绝缘层相对介电常数 $\epsilon_r = 91$. 在忽略界面态的情况下, MIS 结构 C-V 曲线会由于金属-半导体

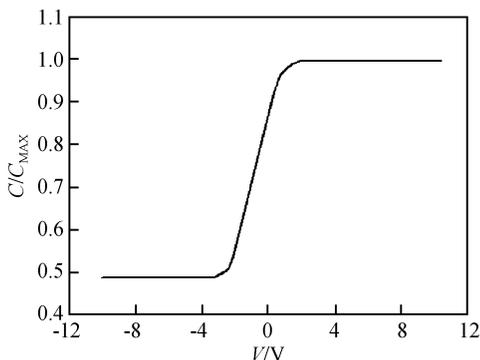


图 5 平滑拟合后的 1MHz 归一化 C-V 曲线
Fig. 5 Smoothed 1MHz unitary C-V curve

功函数差和绝缘层电荷的影响由理想状态发生平移,曲线形状不变,平移量成为平带电压,也就是使半导体表面能带保持平带状态所需要金属与半导体之间加的电压.理想状态下归一化平带电压^[12]为:

$$\frac{C_{FB}}{C_{MAX}} = \frac{1}{1 + \frac{\epsilon_{ri}}{\epsilon_{rs} d} \left(\frac{kT\epsilon_0\epsilon_{rs}}{q^2 N} \right)^{1/2}} \tag{3}$$

其中 C_{FB} 为平带电容; C_{MAX} 为绝缘层的最大电容; d 为绝缘层厚度; ϵ_0 为真空介电常数; ϵ_{ri} 为绝缘层相对介电常数; ϵ_{rs} 为半导体相对介电常数; k 为玻尔兹曼常数; T 为绝对温度; q 为电子电荷; N 为半导体的掺杂浓度. 由(3)式计算出, $C_{FB}/C_{MAX} = 0.63$. 由此可知,该 GaN MIS 结构的平带电容 C_{FB} 出现在绝缘层最大电容的 63% 处,对照图 5,可得平带电压 $V_{FB} = -1.9V$ 。

5 结论

本文在对比国内外制备 BZN 薄膜工艺的基础上,以硝酸铋、乙酸锌、草酸铌等为原料,首次采用溶胶-凝胶法制备出 BZN 薄膜,测试了其表面形貌;总结出适合作为 GaN MISFET 栅介质的 BZN 薄膜的原料配比、烧结温度和保温时间等工艺参数,解决了原料溶解、粘稠度、浸润度等工艺问题;同时,结合半导体工艺制造出以 BZN 薄膜为绝缘介质的 GaN MIS 结构样品,测试了其高频 C-V 特性曲线,通过该曲线,得到制备出的 BZN 薄膜相对介电常数为 91, GaN MIS 结构的平带电压为 -1.9V, 强反型电压为 -3.4V, 即阈值电压为 $|V_T| = 3.4V$. 与使用 SiO₂, Si₃N₄, Ga₂O₃ 和 Sc₂O₃ 等材料构成的 GaN MIS 结构^[13~16](相对介电系数均小于 40, 导致器件的开启电压较高,一般都大于 10V)相比,由 BZN 薄膜构成的 MIS 结构可使 GaN 场效应晶体管的开启电压显著降低。

参考文献

[1] Chen Yong, Zhao Jianming, Han Dedong, et al. Extraction of equivalent oxide thickness for HfO₂ high k gate dielectrics. Chinese Journal of Semiconductors, 2006, 27(5): 852 (in Chinese) [陈勇, 赵建明, 韩德栋, 等. HfO₂ 高 k 栅介质等效氧化层厚度的提取. 半导体学报, 2006, 27(5): 852]

[2] Wang Chenggang, Han Dedong, Yang Hong, et al. Characteristics of leakage current mechanisms and SILC effects of HfO₂ gate dielectric. Chinese Journal of Semiconductors, 2004, 25(7): 841 (in Chinese) [王成刚, 韩德栋, 杨红, 等. HfO₂ 高 k 栅介质漏电流机制和 SILC 效应. 半导体学报, 2004, 25(7): 841]

[3] Ha S, Lee Y S, Hong Y P, et al. The effect of substrate heating on the tunability of RF-sputtered Bi₂O₃-ZnO-Nb₂O₅ thin films. Appl Phys A: Materials Science & Processing, 2003, 80

- (3);585
- [4] Choi Y W, Kim I D, Tuller H L, et al. Low-voltage organic transistors and depletion-load inverters with high- k pyrochlore BZN gate dielectric on polymer substrate. *IEEE Trans Electron Devices*, 2005, 52(12):2819
- [5] Wang Zheyao, Liu Jianshe, Ren Tianling, et al. A modified sol-gel coating method for BST thick films on silicon substrates. *Chinese Journal of Semiconductors*, 2002, 23(8):830 (in Chinese) [王喆垚, 刘建设, 任天令, 等. 硅基衬底 $\text{Ba}_{0.5}\text{-Sr}_{0.5}\text{TiO}_3$ 厚膜制备的 sol-gel 新方法. *半导体学报*, 2002, 23(8):830]
- [6] Mao Chuanbin, Zhou Lian. Development and actuality of fabrication of Bi series oxide superconductor powder. *Rare Metal Materials and Engineering*, 1994, 23(6):1 (in Chinese) [毛传斌, 周廉. Bi 系氧化物超导体粉末制备发展及现状. *稀有金属材料与工程*, 1994, 23(6):1]
- [7] Xiu Xiangqian, Zhang Rong, Xu Xiaofeng, et al. Fabrication of ZnO-series dilute magnetic semiconductor film using sol-gel technique. *Chinese High Technology Letters*, 2003, 13(3):64 (in Chinese) [修向前, 张荣, 徐晓峰, 等. 溶胶-凝胶法制备 ZnO 基稀磁半导体薄膜. *高技术通讯*, 2003, 13(3):64]
- [8] Wu Yun, Hu Lili, Jiang Zhonghong. Fabrication of Nb_2O_5 film using sol-gel technique. *Journal of the Chinese Ceramic Society*, 1997, 25(3):269 (in Chinese) [吴云, 胡丽丽, 姜中宏. Nb_2O_5 薄膜的溶胶-凝胶法制备. *硅酸盐学报*, 1997, 25(3):269]
- [9] He Wannian, He Sijia, Wang Xiangdong, et al. The fabrication method of high purity non-fluorin tantalum and niobium five oxide. *Xinjiang Non-Ferrous Metal*, 1998, 2(9):36 (in Chinese) [何万年, 何思娜, 王向东, 等. 高纯无氟钽和铌五氧化物的制备方法. *新疆有色金属*, 1998, 2(9):36]
- [10] Wang Hong, Wang Xiaoli, Yao Xi. The pyrochlore structure and phase transformation in $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ ternary system. *Journal of Xi'an Jiaotong University*, 1995, 29(9):24 (in Chinese) [汪宏, 王晓莉, 姚熹. $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ 三元系统中焦绿石结构及相变. *西安交通大学学报*, 1995, 29(9):24]
- [11] Wei Jianzhong, Chen Renchang, Zhang Liangying, et al. Phase transformation and microstructure of $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ (BZN) series low symmetry β phase ceramics. *Journal of Inorganic Materials*, 2001, 29(2):142 (in Chinese) [魏建中, 陈忍昌, 张良莹, 等. $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ (BZN) 系低对称 β 相陶瓷的相转变与显微结构. *无机材料学报*, 2001, 29(2):142]
- [12] Liu Enke, Zhu Bingsheng, Luo Jinsheng. *Semiconductor physics*. Beijing: National Defence Industry Press, 1997 (in Chinese) [刘恩科, 朱秉升, 罗晋生. *半导体物理学*. 北京: 国防工业出版社, 1997]
- [13] Casey H C, Fountain G G, Alley R G, et al. Low interface trap density for remote plasma deposited SiO_2 on n-type GaN. *Appl Phys Lett*, 1996, 68(13):1850
- [14] Aruljuman S, Jimbo T, Ishikawa H, et al. Investigations of $\text{SiO}_2/\text{n-GaN}$ and $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{n-GaN}$ insulator-semiconductor interfaces with low interface state density. *Appl Phys Lett*, 1998, 73(17):809
- [15] Lee C T, Chen H W, Lee H Y. Metal-oxide-semiconductor devices using Ga_2O_3 dielectrics on n-type GaN. *Appl Phys Lett*, 2003, 82(34):4304
- [16] Cho H, Lee K P, Gila B P, et al. Influence of gate oxide thickness on $\text{Sc}_2\text{O}_3/\text{GaN}$ MOSFETs. *Solid-State Electron*, 2003, 47(10):1757

$\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ Film Fabricated by Sol-Gel Technique and C-V Characteristic of GaN MIS Structure *

Shu Bin[†], Zhang Heming, Wang Qing, Huang Dapeng, and Xuan Rongxi

(Key Laboratory of the Ministry of Education for Wide Band-Gap Semiconductor Materials and Devices, School of Microelectronics, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract: A $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Nb}_2\text{O}_5$ (BZN) film with a high dielectric constant, which can be used as a gate medium in GaN metal-insulator-semiconductor field effect transistors (MISFETs), was fabricated by the sol-gel technique. Process parameters such as raw material proportioning, sinter temperature, and heat preservation time were obtained. The problems of the dissolvability, viscosity, and soakage of the raw material were also solved. A GaN MIS structure with the BZN film was also fabricated; and from the measured C-V curve, ϵ_r of the BZN film was 91, and the reverse voltage and C_{FB} of this MIS structure were -3.4 and -1.9V, respectively.

Key words: sol-gel; BZN film; MIS structure; C-V curve

PACC: 7340Q; 7755; 8110D

Article ID: 0253-4177(2007)09-1406-05

* Project supported by the National Defense Pre-Research Foundation of China (No. 51408061104DZ01)

[†] Corresponding author. Email: binshu@xidian.edu.cn

Received 27 January 2007, revised manuscript received 13 April 2007