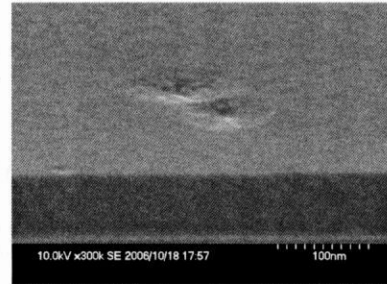
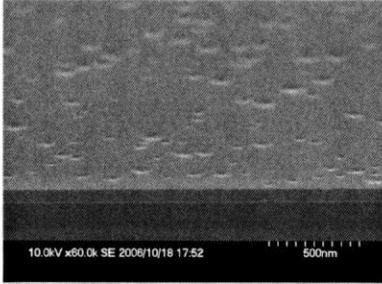
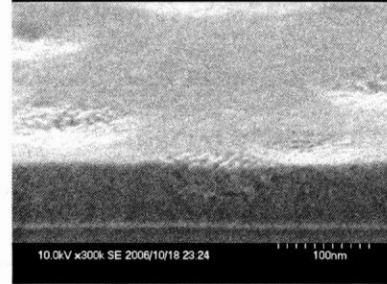
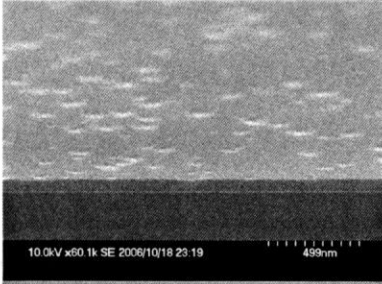


**ZrO<sub>2</sub> / Ti**

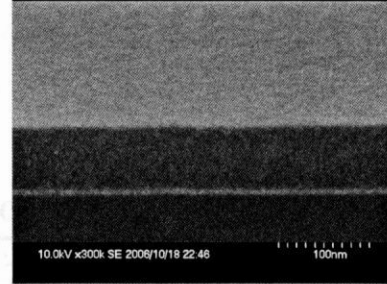
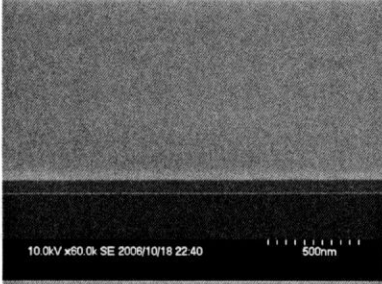
**a) 0W/400W**



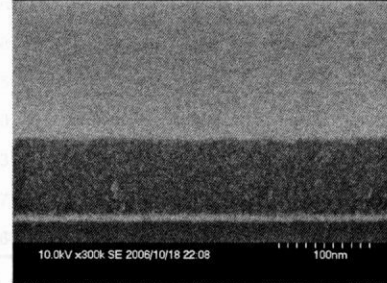
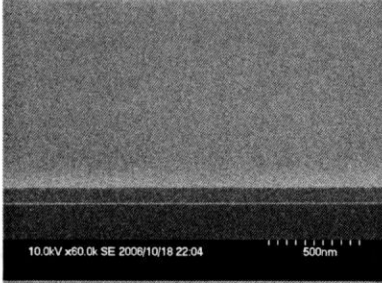
**b) 40W/400W**



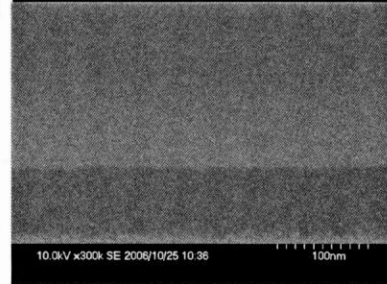
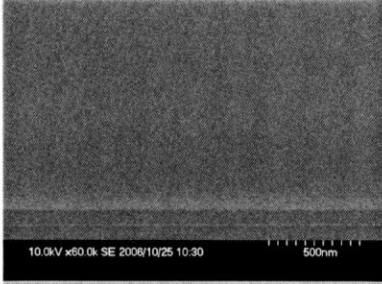
**c) 60W/400W**



**d) 80W/400W**



**e) 200W/400W**



**f) 200W/0W**

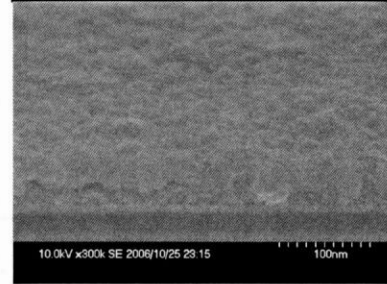
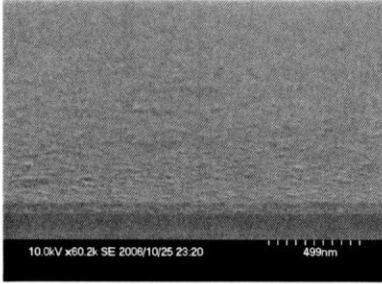


図 3.10 スパッタリング膜Ti<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>O<sub>2</sub>のSEM像

また、混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ と一般的に有機TFTのゲート絶縁膜として利用されている $SiO_2$ ( $SiO_2$ のスパッタ薄膜はrmsが0.3程度であった)を比較した場合に、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の方が平坦であった。また、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の膜厚が増加すると、図 3.9、3.10に見られる窪みは発生しやすくなり、窪みの密度が増加する傾向があった。SEM観察で窪みはグレインであることを合わせると、この窪み部分は多結晶であると考えられる。より詳しい $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の結晶性についてはX線回折により、明らかになると考えられる。図3.4と図3.5に示したそれぞれの $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の組成、スパッタリング時間、膜厚、蒸着速度を表3.1にまとめた。組成比は、第三章の第四節で説明した組成比(X)の決定方法から求めた。表3.1の(a)、(f)を比較すると $ZrO_2$ 膜のスパッタリング速度は $TiO_2$ 膜のスパッタリング速度に比べ、半分程度であることがわかる。図3.6は表3.1をもとに作成したグラフである。

表 3.1混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の組成比

	スパッタパワー ZrO <sub>2</sub> /Ti	組成 X	スパッタリング時間 分(m)	膜厚 (nm)	蒸着速度 (nm/h)
(a)	0W/400W	0	68	76	67
(b)	40W/400W	0.03	65	75	69
(c)	60W/400W	0.14	60	78	78
(d)	80W/400W	0.24	53	78	88
(e)	200W/400W	0.52	37	86	140
(f)	200W/0W	1	56	61	66

図3.6は $ZrO_2$ のRFパワーターゲットに対する $ZrO_2$ 組成比(X)の関係を表している。その関係を見ると $ZrO_2$ 組成比は $ZrO_2$ のRFパワーに対して単調に増加していることがわかる。

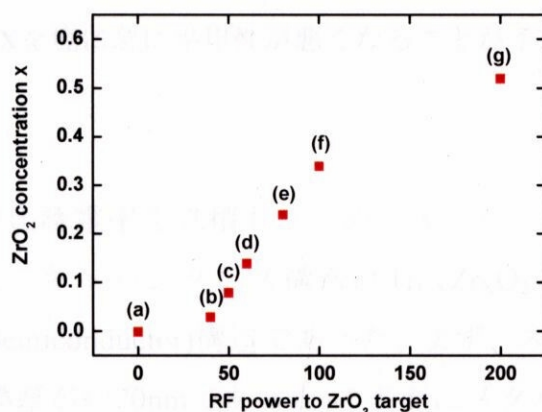
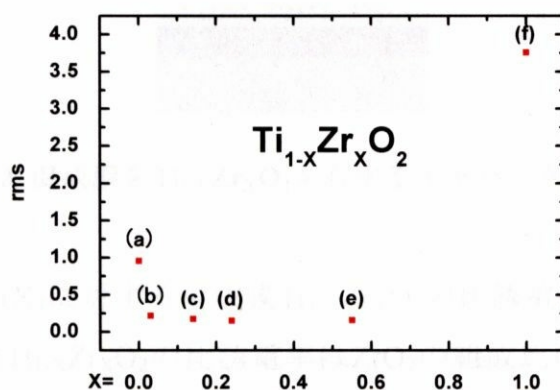


図 3.11  $ZrO_2$ のRFパワーターゲットに対する $ZrO_2$ 組成比(X)の関係

表 3.2混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の組成比のスパッタパワー依存性

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
RF Power (W) ZrO <sub>2</sub> /Ti	0 / 400	40 / 400	50 / 400	60 / 400	80 / 400	100 / 400	200 / 400
組成比 (X)	0	0.03	0.08	0.14	0.24	0.34	0.52

図 3.7は $ZrO_2$ の組成比 $X$ とAFMで測定したrmsとの関係を示す。上記にも説明したように組成比 $X$ が大きくなると平坦性も良くなる(rmsが小さくなる)がある組成 $X$ を境に急に平坦性が悪くなることがわかる。特に、本研究においては混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の表面粗さが膜の厚さと関係がある( $TiAl_2O_3$ 膜、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜とも膜厚が厚くなると結晶性が表れるため、表面粗さが悪くなる傾向がある)ため、成膜する際にできるだけ膜厚が一定になるように注意した。



	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
組成比 (X)	0	0.03	0.14	0.24	0.52	1
rms (nm)	0.96	0.22	0.18	0.15	0.16	3.76

図 3.12組成比(X)と $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の表面粗さ(rms)との関係

ある $X$ を境に急に平坦性が悪くなることが予想できる

## 第二項 電気的特性

混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の比誘電率を見積もるため、キャパシタを作製し、キャパシタンス測定を行った。キャパシタンス構造は $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の膜上にAlを蒸着したMIS(Metal-Insulator-Semiconductor)構造であった。まず、スパッタリングで成膜した混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ (膜厚が約70nmであった)の表面にメタルマスクを張り付けた。メタルマスクには4mm×4mm、2mm×2mm、1mm×1mm、0.5mm×0.5mmの正方形角

がある。Alの蒸着にはEB(electron-beam)真空蒸着機を用いた。蒸着圧力は $10^5$ Pa、蒸着速度を1Å/s、膜厚は100nmまで成膜した。キャパシタンスの測定にはLCRメータを用い、周波数1kHzで行った。比誘電率を求める際、式 3.1を利用した。実際にはスパッタリングで成膜した混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ は面内分布を持っている。混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ は上記にも説明したように基板を回転させながら成膜を行うが、回転軸から同心円上の膜の対しては面内分布が存在しないが、回転軸から直径方向には面内分布を持っていることがわかった。そのため、キャパシタンスを求める際には同心円上の膜の対して平均値を採った。キャパシタンスの値はトランジスタの移動度を導出する際(式 2.2、式 2.3)にも重要なパラメーターとして扱われる。図 3.8に混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ を有するキャパシタ構造を示す。

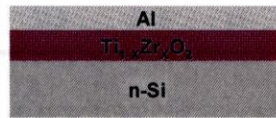
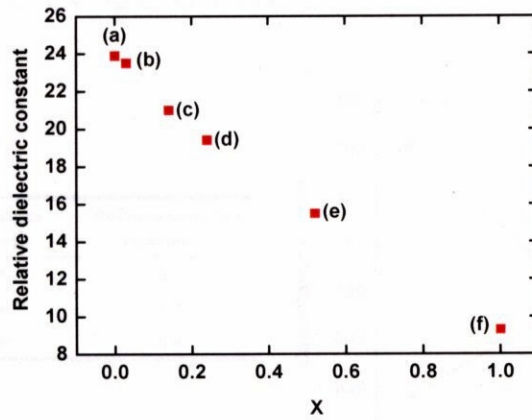


図 3.13 混成膜を $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ を有するキャパシタ構造

図は、 $ZrO_2$ の組成(X)に対する混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の比誘電率を表している。測定結果を見ると混成膜 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の比誘電率は $ZrO_2$ の組成比の増加と減少していることがわかる。本研究で得られた $TiO_2$ 膜の比誘電率23.9は、一般的な $TiO_2$ の比誘電率の値と(図3.1では50以上)比べると小さい値である。その理由としては薄膜の場合は下地の影響を強く受けることと、この厚みの膜では混成膜のほとんどが比結晶質であるからだと考えられる。なお、平坦な膜が得られた(c)では、比誘電率は21であり、 $Zr_xO_2$ 膜の場合は9.3であった。

有機TFTのゲート絶縁膜として使用された比誘電率15-25程度の膜は $Ta_2O_5$ 、 $HfO_2$ 、 $LaAlO_3$ などでも得ることが可能である。また、 $TiO_2$ については、30以上の値が得られるのが一般的である。それらと比べると本研究で得られた $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ の比誘電率は決して大きな値ではない。しかし、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜のrmsは0.1nmと表面の平坦性が非常に優れている。この値は移動度 $1.4cm^2/Vs$ が得られている $LaAlO_3$ のrms = 0.15-0.20を凌駕する。ゆえに、膜の平坦性だけから判断すると $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜を有機TFTのゲート絶縁膜として使用することにより $1cm^2/Vs$ 程度の移動度が

期待できる。



	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
X	0	0.03	0.14	0.24	0.52	1
Relative dielectric constant	23.9	23.5	21	19.4	15.5	9.3

図 3.14  $ZrO_2$ の組成比Xと $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の比誘電率との関係

上記に膜厚と比誘電率の関係を言及したが $AlO_3$ 、 $ZnS$ などの薄膜に対し、比誘電率の膜厚依存性に関する報告もあり、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜に対しても比誘電率の膜厚依存性を系統的に調べるところにした。図 3.15、3.16に $ZrO_2$ 膜、 $TiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性を示した。図 3.17には $Ti_{0.76}Zr_{0.24}O_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性を示した。三つとも、比誘電率は膜厚の増加と共に減少していることがわかった。その理由は上記にも言及したように、薄膜の場合は下地の影響を強く受けることと、薄膜であるこの厚みの膜ではほとんどが比結晶質であるからだと考えられる。 $ZrO_2$ 膜は13nm-24nm、 $TiO_2$ 膜は42nm-76nm、 $Ti_{0.76}Zr_{0.24}O_2$ 膜は56-99nmの範囲では比誘電率の膜厚依存性がほぼ線形的に変化した。他の材料( $AlO_3$ 、 $ZnS$ )でより広い範囲(膜厚は100nm以上)での比誘電率の変化は指数関数的変化し、ある膜厚で飽和に至ることが報告されている。つまり、膜厚が増加するとバルク相が表れ、比誘電率は膜厚とは関係なく、一定になることが知られている。 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜に関してもより広い範囲に対して調査を行うと、ある膜厚で比誘電率が飽和されることが確認できる考えられる。なお、 $Al_2O_3$ などの酸化物絶縁膜は時間と共にキャパシタンスの値が減少する報告<sup>[57]</sup>もあるが、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜では

キャパシタンスの時間依存性は見つからなかった。このことは $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜が安定であることを意味していると考えられる。

	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	13	381	5.6
(b)	18	349	7.1
(c)	24	325	8.8

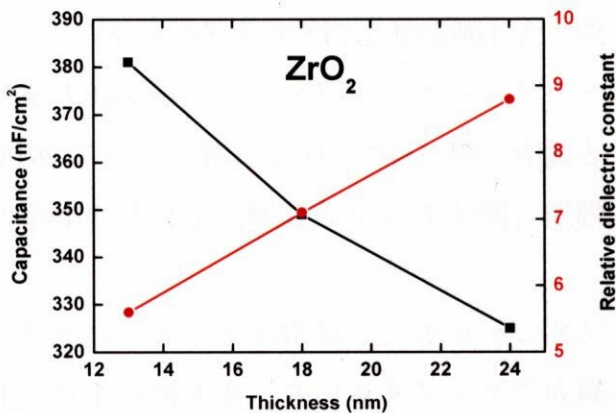


図 3.14  $ZrO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性

	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	42	381	18.1
(b)	59	310	20.7
(c)	76	278	23.9

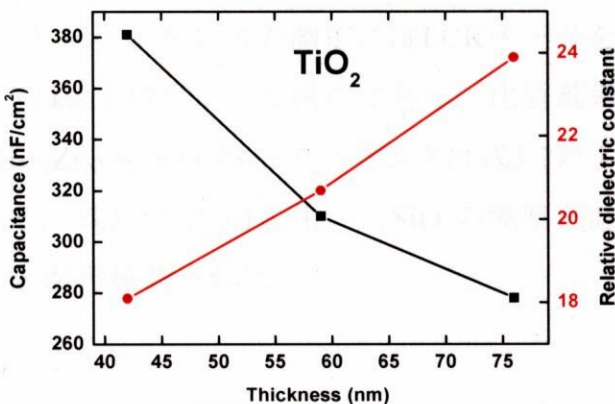


図 3.15  $TiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性

	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	56	240	15.2
(b)	78	196	17.3
(c)	99	173	19.4

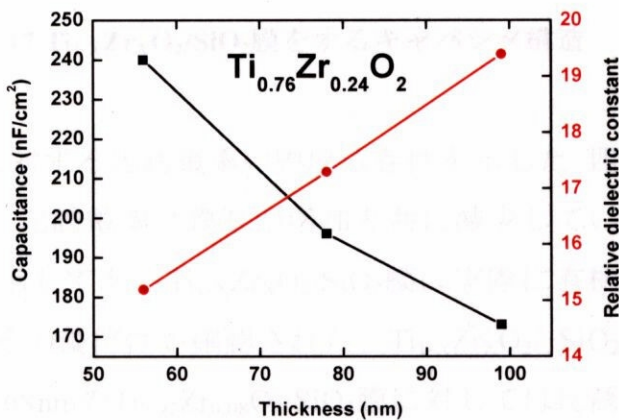


図 3.16  $Ti_{0.76}Zr_{0.24}O_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性

実際に  $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  膜を有機 TFT のゲート絶縁膜として使用する際には有機 TFT の安定動作と表面処理による性能向上(詳しいのは第四章、第五章にて説明する)のため、図 3.17 のように  $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  膜上に約、2-3nm 程度の  $SiO_2$  膜を積層した。 $SiO_2$  膜は  $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  の成膜が終わったら、すぐスパッタリングにより成膜した。成膜の条件はアルゴンアを 12.0sccm、酸素を 3.0sccm にフローした。スパッタターゲットは  $SiO_2$  で、スパッタパワーは 100W にした。特に、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  膜の作製と同じく、 $SiO_2$  膜を作製する際にも基板を rpm の速度で回転しながら 3 分間、成膜を行った。

積層された  $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜を用いてキャパシタンスを作製し、キャパシタンス測定を行った。キャパシタの作製条件を以下説明する。スパッタリングで成膜した  $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜の表面にメタルマスクを張り付ける。その後、電極になる Al の蒸着には EB (electron-beam) 真空蒸着器を用いた。蒸着圧力は  $10^5 Pa$ 、蒸着速度を  $1 A/s$ 、膜厚は 100nm まで成膜した。キャパシタンスの測定には LCR メータを用い、周波数 1kHz で行った。キャパシタは図 3.17 のような構造であり、比誘電率を求める際には式 3.1 を用いた。また、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜のキャパシタは式 3.2 のように  $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  膜と  $SiO_2$  膜が直列している。式 3.2 と式 3.1 を用いて  $SiO_2$  の膜厚を計算した結果、 $SiO_2$  膜厚は 2-3nm であることが再確認された。

$$\frac{1}{C_{Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2}} = \frac{1}{C_{Ti_{1-x}Zr_xO_2}} + \frac{1}{C_{SiO_2}}$$

式 3.2

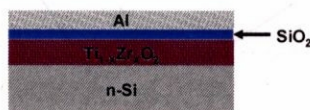
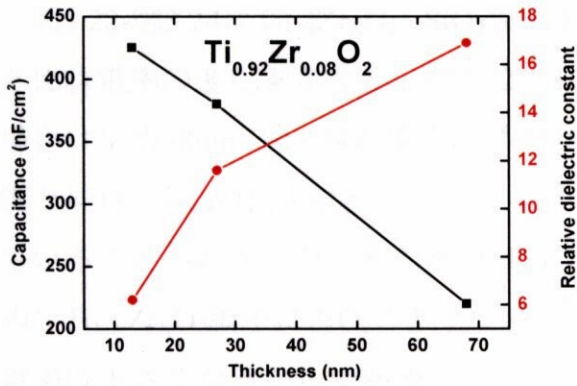


図 3.17  $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜をするキャパシタ構造

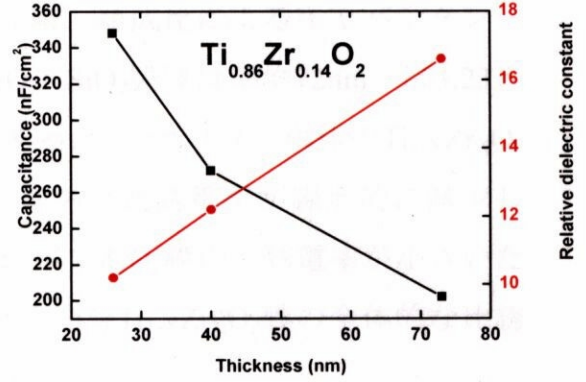
図 3.18 - 図 3.21 は  $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜に対する比誘電率の膜厚依存性を示した。四つとも、単体の  $Ti_{1-x}Zr_xO_2$  膜と同じく、比誘電率は膜厚の増加と共に減少していることがわかった。図 3.18 - 図 3.21 に示してある  $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜は実際に有機 TFT のゲート絶縁膜として使用され、その優位性が確認された。 $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$  膜の組成比を変えることにより、膜厚 68nm の  $Ti_{0.92}Zr_{0.08}O_2/SiO_2$  膜に対しては比誘電率 16.9 ともっとも大きい値が得られた。その反面、膜厚 14nm の  $Ti_{0.66}Zr_{0.34}O_2/SiO_2$

膜に対しては比誘電率5.8と最も小さかった。また、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜は膜厚が薄くなって行くと組成比による比誘電率の差が小さくなる傾向を示すことがわかった。



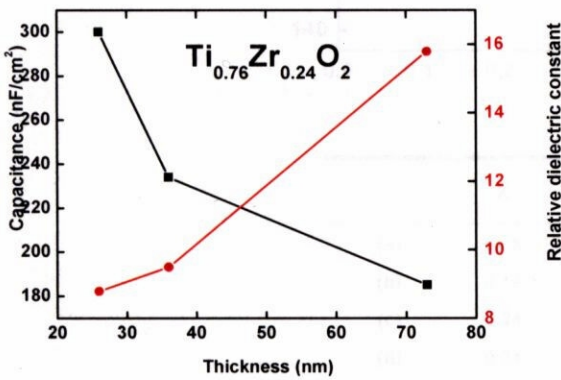
	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	68	220	16.9
(b)	27	380	11.6
(c)	13	425	6.2

図3.18  $Ti_{0.92}Zr_{0.08}O_2/SiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性



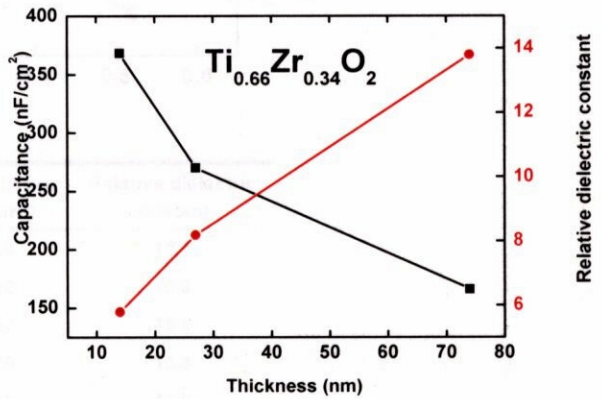
	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	73	202	16.6
(b)	40	272	12.2
(c)	26	348	10.2

図3.19  $Ti_{0.86}Zr_{0.14}O_2/SiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性



	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	73	185	15.8
(b)	36	234	9.5
(c)	26	300	8.8

図3.20  $Ti_{0.76}Zr_{0.24}O_2/SiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性



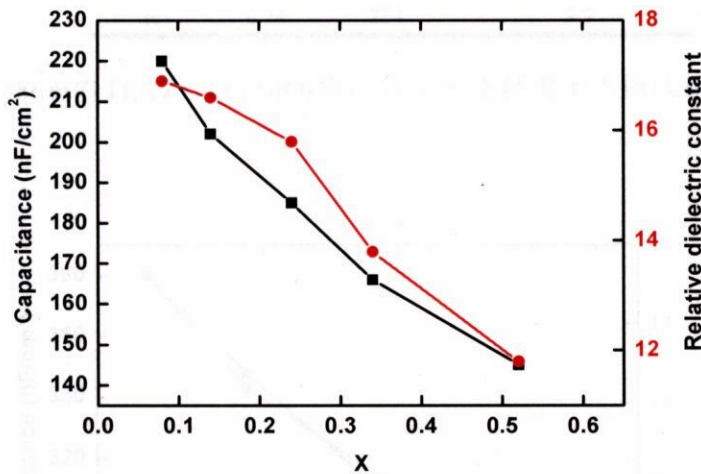
	Thickness (nm)	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	74	166	13.8
(b)	27	270	8.2
(c)	14	368	5.8

図3.21  $Ti_{0.66}Zr_{0.34}O_2/SiO_2$ 膜に対する比誘電率の膜厚依存性



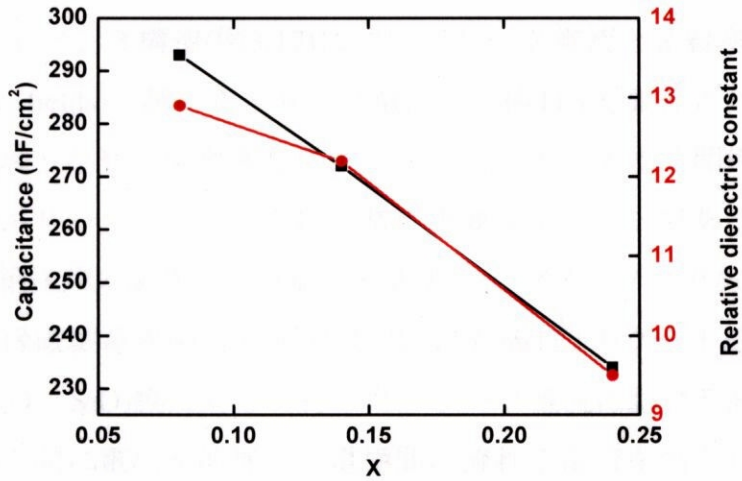
また、図3.18-図3.21には $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜の組成比と膜厚によるキャパシタンスの値も一緒に示した。膜厚13nmの $Ti_{0.92}Zr_{0.08}O_2$ 膜のキャパシタンスがもっとも大きく、その値は425nF/cm<sup>2</sup>にも至った。

図3.22-図3.24に $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜厚が一定の時、組成比によるキャパシタンスと比誘電率の変化を示した。図3.22の $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜厚は平均72nm、図3.23の場合は平均38nm、図3.24の場合は平均26nmであった。三つとも、単体の $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜と同様に組成比が大きくなるとキャパシタンスと比誘電率が線形的に減少していることがわかった。その理由は $TiO_2$ 膜に比べて $ZrO_2$ 膜の比誘電率が小さいため、 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜中に $ZrO_2$ の割合が高くなるとその分 $Ti_{1-x}Zr_xO_2$ 膜の全体的な比誘電率は小さくなるからである。



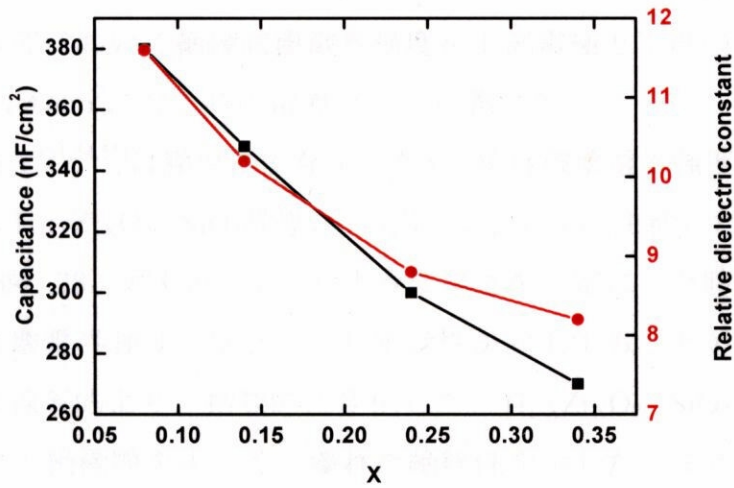
	X	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	0.08	220	16.9
(b)	0.14	202	16.6
(c)	0.24	185	15.8
(d)	0.34	166	13.8
(e)	0.52	145	11.8

図3.22 膜厚72nmの $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜に対する比誘電率の組成比依存性



	X	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	0.08	293	12.9
(b)	0.14	272	12.2
(c)	0.24	234	9.5

図3.23 膜厚38nmのTi<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>O<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub>膜に対する比誘電率の組成比依存性



	X	Capacitance (nF/cm <sup>2</sup> )	Relative dielectric constant
(a)	0.08	380	11.6
(b)	0.14	348	10.2
(c)	0.24	300	8.8
(d)	0.34	270	8.2

図3.24 膜厚26nmのTi<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>O<sub>2</sub>/ SiO<sub>2</sub>膜に対する比誘電率の組成比依存性

上記に示したキャパシタ構造(図3.17)についてリーク電流と絶縁破壊電界強度(Breakdown electric fields)を調べた。リーク電流は有機TFTを動作させる時にゲート、ソース間の電流となり、消費電力やオン/オフ比などに大きく関係する。そのためゲート絶縁膜がリークしないことは非常に重要なポイントである。また、絶縁破壊電界強度は絶縁膜の耐久力を評価する重要なパラメーターである。

リーク電流と絶縁破壊電界強度の測定は実際に有機TFTのゲート絶縁層として使用される $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜に対して行った。リーク電流における測定では上部電極と下部の電極の間に電圧を印加し、電極間に流れる電流を測定した。上部電極は直径 $200\mu m$ のAlであり、Alの蒸着には直径 $200\mu m$ の円型メタルマスクを $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜表面に貼り付け、EB(electron-beam)真空蒸着器を用いた。蒸着圧力は $10^5 Pa$ 、蒸着速度を $1A/s$ 、膜厚は $100nm$ まで成膜した。測定には半導体パラメータアナライザkeithley4200を使用した。図3.25、図3.27、図3.29に $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜の電界強度に対する電流密度を図3.26、図3.28、図3.30には絶縁破壊電界強度の組成比依存性を示す。電流密度を計算する際には電極間の電流を電極の面積 $4\pi \times 10^{-4}$ で割り、電界強度を計算する際には電極間に印加する電圧を絶縁膜の厚さで割って求めた。本研究において絶縁破壊電界強度を上部電極と下部の電極の間に流れる電流密度が $1\mu A/cm^2$ になる時の電界として定義した。

絶縁破壊電界強度<sup>[51,54,55]</sup>は膜厚に依存するため、絶縁破壊電界強度の組成比依存性を求める際には $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜厚が一定になるように注意した。 $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜は図3.26、図3.28、図3.30に示したように厚さを一定にした時、組成比が大きくなると絶縁破壊電界強度も増加しより絶縁性が向上することがわかった。その増加する様子は線形的より、指数的に変化した。 $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜のリーク電流は報告された他の絶縁膜を小さく、優れた絶縁性を示した。また、絶縁破壊電界強度においても $7MV/cm$ の $Al_2O_3$ 、 $6MV/cm$ の $LaAlO_3$ 、 $2MV/cm$ の $CaZrO_3$ 、 $2MV/cm$ の $Ba_{0.6}Sr_{0.4}TiO_3$ 、ポリマー絶縁膜の場合は $2.1MV/cm$ のPV、 $2.5MV/cm$ のPPIに対し $Ti_{0.66}Zr_{0.34}O_2$ は $8MV/cm$ にも及んだ。仮にこの $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜をゲート電極とソース・ドレイン電極の重なりである有機TFT構造を想定するとゲート・ソース間のリーク電流はおよそ $pA$ 以下であると考えられる。

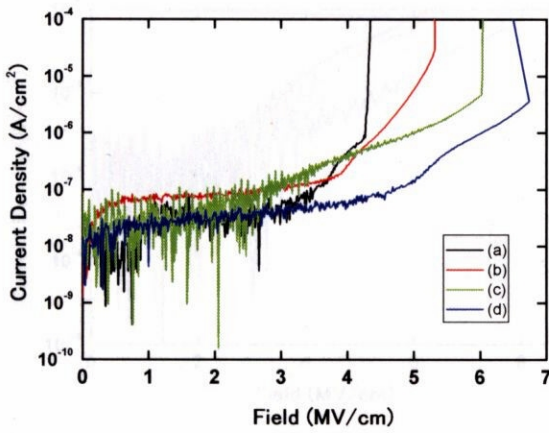


図3.25

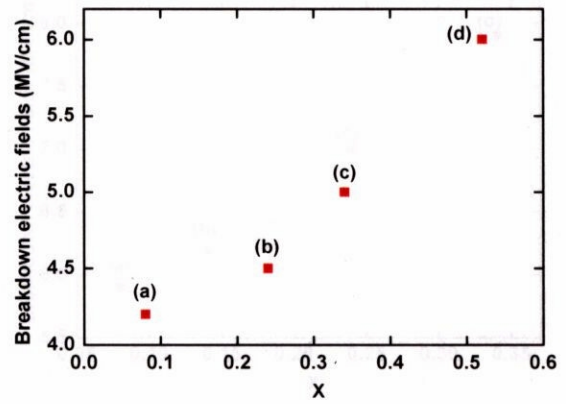


図3.26

	$Ti_{1-x}Zr_xO_2$ (X)	Thickness (nm)	Breakdown electric fields (MV/cm)
(a)	0.08	71	4.2
(b)	0.24	73	4.5
(c)	0.34	74	5.0
(d)	0.52	72	6.0

図3.25, 3.26 膜厚72nmの $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜における絶縁破壊電界強度の組成比依存性

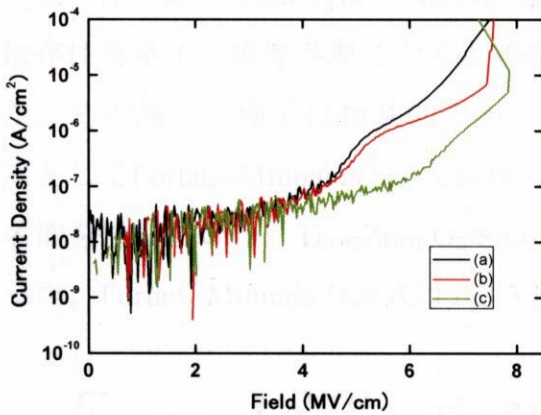


図3.27

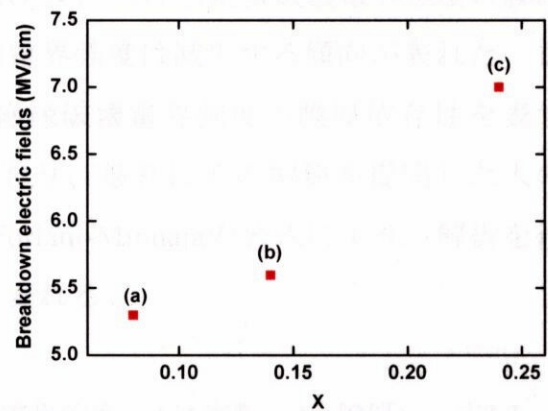


図3.28

	$Ti_{1-x}Zr_xO_2$ (X)	Thickness (nm)	Breakdown electric fields (MV/cm)
(a)	0.08	39	5.3
(b)	0.14	40	5.6
(c)	0.24	37	7

図3.27, 3.28 膜厚38nmの $Ti_{1-x}Zr_xO_2/SiO_2$ 膜における絶縁破壊電界強度の組成比依存性

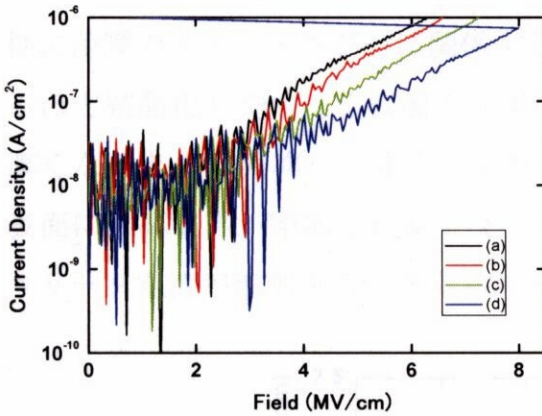


図3.29

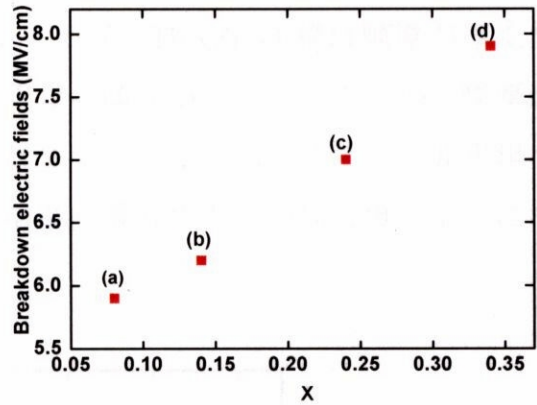


図3.30

	Ti <sub>1-x</sub> Zr <sub>x</sub> O <sub>2</sub> (X)	Thickness (nm)	Breakdown electric fields (MV/cm)
(a)	0.08	27	5.9
(b)	0.14	26	6.2
(c)	0.24	25	6.7
(d)	0.34	26	7.9

図3.29, 3.30 膜厚26nmのTi<sub>1-x</sub>Zr<sub>x</sub>O<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>膜における絶縁破壊電界強度の組成比依存性

図3.31に膜厚13nm-71nmのTi<sub>0.92</sub>Zr<sub>0.08</sub>O<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>膜における絶縁破壊電界強度の膜厚依存性を示す。膜厚が厚くなると絶縁破壊電界強度は減少する傾向が表れた。また、その減少の様子は指数的であった。絶縁破壊電界強度の膜厚依存性を表す式としてForlani-Minnajaの公式が知られており、最初にその関係を提唱した人の名前を冠している。Ti<sub>0.92</sub>Zr<sub>0.08</sub>O<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>膜をForlani-Minnajaの公式により、解析を行った。Forlani-Minnajaの公式は式3.3として表れる。

$$E_B = Ad^{-\alpha} \quad (E_B \text{は絶縁破壊電界強度、} A \text{は定数、} d \text{は膜厚)} \quad \text{式3.3}$$

この式で $\alpha$ の値は $\log E_B$ を $\log d$ の関数として表現したとき、グラフから求めることができる。 $\alpha$ は $\log E_B - \log d$ のグラフにおいて直線の傾きに相当する。ForlaniとMinnajaは $\alpha$ の値を0.5-0.25だと予測したがTi<sub>0.92</sub>Zr<sub>0.08</sub>O<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub>膜においては0.45が得られ、Forlani-Minnajaの公式を満足していることがわかった。このように絶縁破壊電界強度の膜厚依存性が表れる理由は報告<sup>[50]</sup>されたTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub>と同

様に薄膜のモルフォロジーに関係すると考えられる。 $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ 膜は膜厚が厚くなるほど結晶化しやすく、表面の平坦性が悪くなる傾向がある。そのため、膜厚が厚くなるとより非均一、非平坦な表面が表れやすくなる。この非均一、非平坦な表面には高電界が印加され易くなり、その結果、電荷注入の増加を導くようになりリーク電流が増加すると考えられる。

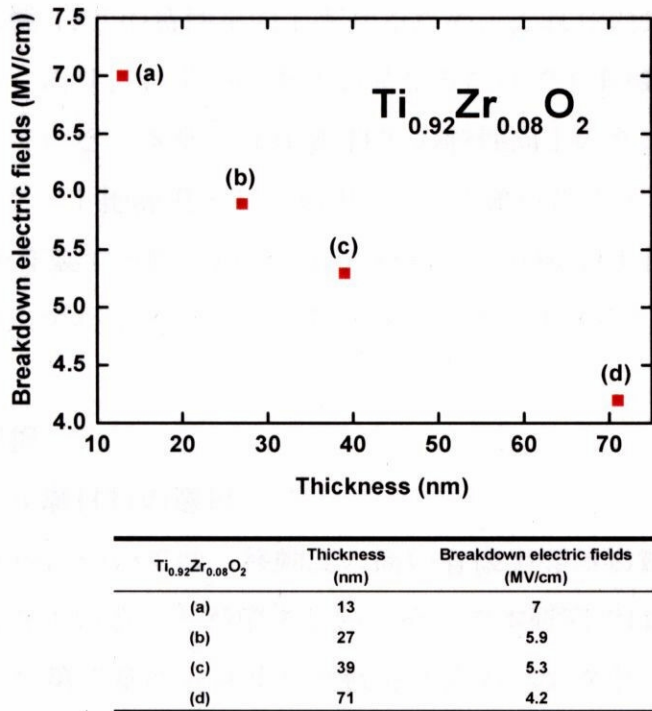


図3.31  $\text{Ti}_{0.92}\text{Zr}_{0.08}\text{O}_2/\text{SiO}_2$ 膜における絶縁破壊電界強度の膜厚依存性

### 第五節 まとめ

本章では、2元同時スパッタリングにより混成膜 $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ を作製し、表面形状および電気的特性の評価を行い、有機TFTのゲート絶縁膜としての可能性を検討した。これを、以下にまとめる。

- 1)  $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ 膜のrmsは0.1nmオーダーで非常によい平坦性を示した。
- 2)  $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ 膜が平坦な膜の比誘電率は9.3-23.9であった。
- 3)  $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2$ 膜・ $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2/\text{SiO}_2$ 膜の比誘電率は組成比により、線形的に変化する。
- 4)  $\text{Ti}_{1-x}\text{Zr}_x\text{O}_2/\text{SiO}_2$ 膜の絶縁破壊電界強度は組成比、膜厚により、指数的に変化する。