

【背景】金属と半導体を接触させたショットキー接合は整流性を示し、pn接合ダイオードと比較して高速動作に優れているため、デバイスのスイッチング特性向上や高周波信号の検知などに用いられる。また、ショットキー接合を利用した電界効果トランジスタ(MES-FET)は絶縁層を必要としないため、低温プロセス化が容易であり、フレキシブルデバイスへの応用に期待できる。酸化物半導体 InGaZnO(IGZO)とのショットキー接触には一般に金や白金などの金属が用いられるが、金属酸化物である酸化銀(AgO_x)は酸化状態により抵抗率や仕事関数を制御できる利点がある[1]。本研究では、フレキシブルデバイス応用に向けて、低温プロセス(~150°C)における IGZO/AgO_x ショットキー特性制御とフレキシブルデバイス応用を目的に、AgO_x成膜条件がショットキー特性に与える影響及びAgO_x膜物性との関連性について調査した。

【実験内容】図1に本研究で作製したショットキー接合ダイオードの構造を示す。AgO_x及びIGZO成膜は反応性直流(DC)マグネトロンスパッタ法により室温で実施した。この際、AgO_x成膜時の成膜酸素流量比(R[O₂])を0~60%まで変化させ、成膜酸素流量比の違いがショットキー特性に及ぼす影響を検討した。また、それぞれのR[O₂]におけるAgO_x膜物性評価については、ホール効果測定装置及びイオン化ポテンシャル測定装置を用いて、抵抗率と仕事関数の測定を行った。

【結果・考察】図2.(a)にIGZO/AgO_x接合I-V特性のAgO_x成膜R[O₂]依存性を示す。R[O₂]=0%ではオーミック性であるが、R[O₂]≥8%において逆方向電流が大幅に減少し整流性を示した。また、R[O₂]増加に伴い、逆方向電流が低減する傾向が見られ、R[O₂]=32%において整流比2.6×10⁹の良好なショットキー特性が得られた。しかし、R[O₂]=60%では順方向電流の減少により、整流比が低下した。図2.(b)にAgO_x単膜の抵抗率及び仕事関数のR[O₂]依存性を示す。抵抗率及び仕事関数ともにR[O₂]の増大に伴い増大し、正の相関が確認された。I-V特性ではR[O₂]=0%から32%への増大において、9桁の整流比改善を示しており、熱電子放出理論から算出したショットキー障壁高さの増大値は0.64 eVであった。しかし、AgO_xの仕事関数の増大値は0.4 eVであり、I-V特性で得られたショットキー障壁高さの増大値と比較すると0.24 eV低い値であった。これは、AgO_x形成時に導入した酸素ガスがIGZO表面に影響を及ぼし、IGZO/AgO_x界面でバンドベンディングが起こったと考えられる。これらの結果から、ショットキー障壁は、AgO_xの仕事関数増大に加え、IGZO表面のバンドベンディングによって形成されたものだと示唆される。

本研究で得られた低温(150°C)プロセスによるIGZO/AgO_xショットキー特性を利用しポリエチレンNAFTAレート(PEN)基板上でフレキシブルMES-FETの作製を試みた結果、特性改善の余地はあるものの、本研究室ではじめてフレキシブルMES-FETの動作を実証した。

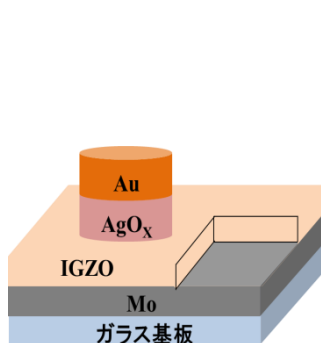


図1 ショットキー接合ダイオード構造

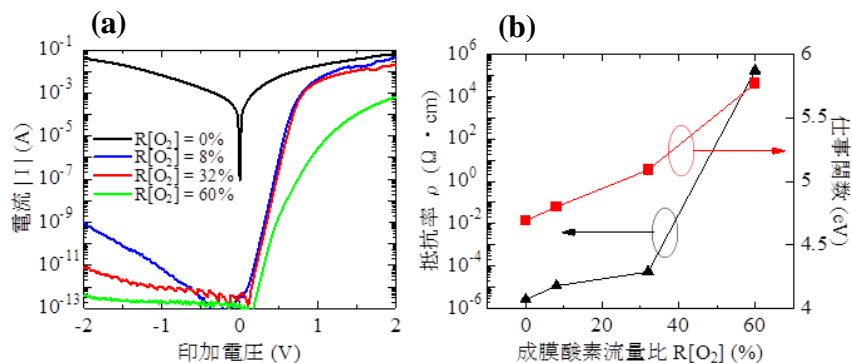


図2 (a) I-V特性及び(b) AgO_x膜物性におけるAgO_x成膜R[O₂]依存性