

氏名	もと やま やすし 本 山 靖
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論工博第 3983 号
学位授与の日付	平成 20 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	プラズマディスプレイパネル用電極材料の二次電子放出利得改善に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 橋 邦英 教授 石川 順三 教授 鈴木 実

論 文 内 容 の 要 旨

プラズマディスプレイパネル (PDP) は家庭用大画面テレビとして普及が拡大しているが、近年大画面化と多画素化が進み、その消費電力は増加する方向にある。その改善策として、パネルの駆動電圧の低減化が求められている。本論文は、PDPの省電力化に向け、電極保護膜と呼ばれる陰極に相当する部分の二次電子放出利得 γ を高めることにより、パネルの駆動電圧の低減化を達成しようとするものであり、7章からなっている。

第1章は序論であり、研究の背景と課題、本研究の位置づけについて述べ、全体の構成と各章の概要を示している。

第2章では、電極保護膜の γ についての理論検討がなされている。まず、不純物準位が無い場合の絶縁体一般における γ の値を容易に求め得る計算式をHagstrumの理論より導出している。この式により電極保護膜固体のバンドパラメータと入射イオンのポテンシャル (内部) エネルギーの関係を明示して、例えば、異なる2つの固体間で、価電子帯の頂上から真空準位までのエネルギーの幅と価電子帯の幅が一定の場合は、電子親和力が小さい固体ほど γ の値が大きくなることなど、イオンによる γ の決定要因に関するいくつかの知見が得られている。さらに、これまで報告されたことのない絶縁体における準安定原子による γ の理論式と理論値についても報告し、その γ の決定要因についても新しい知見が得られている。

第3章では、2章で導出した不純物準位が無い場合の絶縁体・半導体一般に適用できる近似的理論式を用いて、唯一実用化されているMgOにおける希ガスイオン及び準安定粒子 (分子のイオンや準安定原子のエキシマーも含む) による γ の値を計算している。これらのうち、NeおよびAr原子のイオンによる値以外はすべて初めて報告されたものである。その計算結果の妥当性を検討するために、これまで報告されてきた γ の測定結果と比較したところ、各希ガスの種類に対応した γ の系統的な変化に関して、計算値と測定値の間に良い一致が見られている。今回の計算結果で特に重要なことは、現在のPDPにおいて、保護膜に入射する主たる粒子と考えられるXeイオンによる γ が、MgOに欠陥準位が無い場合は0になること、つまり、Xeイオンによる二次電子が出ないことを初めて理論的に明らかにしたことである。さらに、Xe準安定原子による γ は0とならずに有限の値をとることから、Xeの準安定原子による放電のプライミング効果の有効性を理論的に示すことができたといえる。

第4章では、第3章のMgOの γ に関する研究を発展させ、欠陥準位の在るMgOの γ について検討している。まず、MgO電極保護膜のカソードルミネッセンス (CL) 測定を行い、MgO膜における酸素の欠陥によるFおよびF⁺センターの準位を確認している。さらに、MgO膜における酸素の欠陥密度が高くなるほど、放電電圧が低くなっていることを示し、MgO膜における欠陥準位と放電電圧の関係を初めて実験で明示している。さらに、放電によるエージングで、MgO表面の酸素欠陥が増加してMgOバンドギャップ中のFおよびF⁺センターが増加し、そのため放電電圧が低下していることを示す結果が得られ、これまで不明であったエージングによる放電電圧の低下の機構を初めて明らかにしている。さらに、FおよびF⁺センターバンドにある電子もAuger過程に基づく二次電子放出に係わり、その確率がCL強度に比例すると仮定することにより、MgOの酸素空孔による欠陥準位を考慮した各種希ガスに対する γ 値を初めて導出している。これらの結果

から得られたNeおよびXeイオンのパッシェン曲線の計算結果は、その傾向が実験結果と一致しており、FおよびF⁺センターバンドにある電子もAuger過程に基づく二次電子放出に係わると仮定したことの妥当性を示すことができたといえる。

第5章では、放電電圧の抜本的な低減を目指して、MgOに代わる高い γ 値を有する電極保護膜材料を探索するために、幾つかの欠陥準位の無い絶縁材料について、 γ 値の理論計算を行っている。低電圧な電極保護膜を探索する指針として、現在のPDPにおいて、電極保護膜に入射する主たる粒子と考えられるXeイオンによる γ が大きいことがあげられる。今回の計算結果では、SrOやBaOのアルカリ土類金属の酸化物では、欠陥準位を考えなくても、Xeイオンによる γ が0とならずに有限な値をとるため、これらを電極保護膜として用いた場合には、Xeの単体ガス中においても低い放電開始電圧となることを明らかにしている。

第6章では、5章で得られた知見を基に、アルカリ土類金属の複合酸化物であるSrCaO電極保護膜を用いたパネルを、その電極保護膜が本来持っている特性を損なわないように独自の方法で製作している。その結果、現在のカラーPDPの標準的な仕様を持つパネルにおいて、最も低い放電電圧が得られている。ここで、維持放電パルス電圧が、そのパネルを駆動できる最小値に近づくにつれて、パネルの発光効率は増加している。この低い放電電圧の効果により、SrCaO電極保護膜を用いた場合には、以下のようにPDPの省電力化が実現できることを実証している。1) 従来のガス組成においてSrCaOを用いたパネルの場合は、MgOの場合と比べて、輝度を同じとしたときに、発光効率は55%増加し、維持放電パルスにおける電力損失は約25%低減する。2) 高Xe分圧においてSrCaOを用いたパネルの場合は、従来のMgOのパネルと等しい輝度と維持放電パルス電圧値のままで、発光効率を1.9倍に改善できる。さらに、SrCaO膜の寿命に関して、スパッタ装置を利用してエッチング率を比較している。その結果、Sr_{0.62}Ca_{0.38}O膜の耐スパッタ寿命はSrO膜の約4.5倍となり、従来のMgO膜の約80%に達することを示している。SrO膜の場合は、同じガス条件においてパネルを駆動する際の電流がMgOの場合より小さくなるため、耐スパッタ寿命は、従来のMgOのものと同様以上であると考えられる。また、Sr_{0.62}Ca_{0.38}Oを用いたパネルとSrOのパネルの放電電圧を比較した結果、両者の電圧はほとんど同じであった。これらのことから、SrOにCaOを膜の組成比で40mol%程度加えることにより、SrOの低い放電電圧を維持したまま、耐スパッタ寿命をSrOのそれより4.5倍程度長くできることを明らかにしている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、プラズマディスプレイパネル（PDP）の低消費電力化を目指して、電極保護用誘電体薄膜の二次電子放出利得 γ の改善によって駆動電圧の低減を実現するための研究に関するものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 不純物準位が無い場合の一般的な誘電体において、Auger過程による γ の値を容易に求めることが可能な理論計算式を導出し、 γ が固体のバンドパラメータと入射イオンのポテンシャルエネルギーの関係によって決まることを明示した。また、準安定原子による二次電子放出利得についても、同様の方法を用いて理論式を導出している。
2. 得られた理論式を用いて、現在実用化されているMgO薄膜における希ガスの原子・分子イオン並びに準安定原子やエキシマーによる γ の値を網羅的に計算している。また、その計算結果のうちで実験値が得られているものについて相互の比較を行い、理論式の妥当性を確認している。その結果、現行のPDPで用いられているXe-Ne混合ガスのプラズマ中では、保護膜に入射する主たる粒子と考えられるXeイオンでは γ が0となるが、Xe準安定原子による γ は有限の値をとることを理論的に示唆した。
3. 実際のMgO薄膜では酸素欠損によるFおよびF⁺センターの欠陥準位があることをカソードルミネッセンスによって実験的に確認し、その増加と共に放電電圧が低下することを示す結果を得ている。その欠陥準位を介した二次電子放出過程を考慮した γ の理論式を導出し、欠陥準位の存在によって γ が増加し、放電電圧の低下に寄与していることを検証している。
4. MgOより高い γ 値を有する電極保護膜材料を探索するために、各種の誘電体材料について γ の理論計算を行い、SrOやBaOのアルカリ土類金属酸化物では、欠陥準位を考えなくても、Xeイオンによる γ が0とならず有限な値をとることを明らかにした。

5. これらの結果を基に、SrCaOを電極保護膜に用いたパネルを、その材料が本来持っている特性を損なわないように製作する独自の方法を開発して、放電電圧の低減と発光効率の増加に成功した。その耐スパッタ寿命も従来のMgOを用いたものと同様以上であると推定している。

以上の内容を総括すると、本論文はPDPの材料として用いられる各種誘電体の二次電子放出利得を理論と実験によって系統的に調べ、その結果に基づいてPDPの高効率化が実現可能な新材料を提案しており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成12年12月25日に、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。