

ホットエレクトロン注入型薄膜EL素子の研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 周, 桂喜 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1704

氏名・(本籍)	周 桂 喜 (中 国)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 81 号
学位授与の日付	平成 5 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・ 専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学専攻
学位論文題目	ホットエレクトロン注入型薄膜 EL 素子の研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授 安 藤 隆 男		
	教授 助 川 徳 三	教授 福 家 俊 郎	
	教授 畑 中 義 式	助教授 中 西 洋 一 郎	

論 文 内 容 の 要 旨

薄膜 EL 素子は、完全な固体素子で、輝度、コントラストなどの表示面で優れた表示品質を持つことから、次世代のパネル表示素子として期待されている。しかし、今日の情報化社会において不可欠のフルカラー表示が可能なディスプレイがまだ開発されていない。その実現のための最も重要な課題は赤色、緑色そして青色の三原色の発光を示す薄膜 EL 素子の開発である。現状は ZnS : Tb,F を発光層とする緑色発光薄膜 EL 素子で、十分な発光輝度が得られ、ほぼ実用できる状態であるのに対し、赤色及び青色発光を示す素子では、十分な輝度を示す段階に至っていないということである。それらの材料は、電子線励起で明るい発光 (CL) を示すことから、EL での低輝度の原因の一つは、発光中心の励起が十分に行なわれていないことであると考えられている。第 1 章では、こうした薄膜 EL 素子研究の背景から、ホットエレクトロン注入型 (HEI-EL) 薄膜 EL 素子への経緯について述べ、本研究の目的について言及する。

第 2 章では、P 型 Si-SiO₂ 構造におけるホットエレクトロン注入現象について述べる。P 型 Si に、約 3×10^5 V/cm の電界を印加するとアバランシェにより少数キャリアである電子が生成され、それが電界によって加速されながら、2.55eV から 2.90eV のエネルギーを持って Si-SiO₂ 界面に到達する。Si-SiO₂ 界面における伝導帯のエネルギー差 ϕ_b が約 3.10eV であり、SiO₂ への電子の注入に対するエネルギー障壁は、この ϕ_b から、ショットキー効果による障壁の低下分を差し引いたものになり、その大きさは SiO₂ に印加される電界強度に依存する。SiO₂ に 10^6 V/cm の電界を印加したとき、その障壁の大きさは約 2.84eV となり、それより高いエネルギーを持つ電子は、界面のエネルギー障

壁を乗り越えて、 SiO_2 に注入されることが可能となり、また、それより少し小さいエネルギーを持つ電子も一部、トンネリングによって SiO_2 へ注入される。

第3章では、 SiO_2 膜中におけるホットエレクトロン輸送機構について、Siが陽極酸化され、 SiO_2 が形成される過程で観察される発光現象を考察することにより調べた。観測された発光スペクトルは、3.04eV及び2.76eVにピークを持つ高エネルギー（HE）領域と、1.93eVにピークを持つ低エネルギー（LE）領域からなる。形成される SiO_2 の膜厚の増加に伴い、LE領域の発光が増加するのに対して、HE領域の発光が殆ど増加しないことから、LE領域の発光が SiO_2 膜中におけるホットエレクトロンによるものであり、HE領域の発光は SiO_2 からSiへホットエレクトロンが注入される際のホットエレクトロンの遷移によるものと考察した。更にこの考察から、 SiO_2 中におけるホットエレクトロンの輸送は、 SiO_2 の格子と衝突し、 SiO_2 の伝導帯より1.93eVの準位へのトラップ及び放出を繰り返しながら行われていること、また、 SiO_2 からSiへ注入したホットエレクトロンは、2.76eV以上のエネルギーを持つことが分かった。

第4章では、Si基板上への熱酸化による SiO_2 層の作製プロセス及びその上に発光層としてのZnS:Mn薄膜の堆積方法について述べ、作製したHEI-EL素子のEL特性についての実験結果と考察について述べる。作製したHEI-EL素子は、最大1000cd/m²以上の発光輝度及び約1.14lm/Wの発光効率を示した。これらの性能は、それぞれ同条件で作製した従来の二重絶縁構造のものと同程度のものであった。また、素子の発光開始電圧が奴40Vであり、従来の二重絶縁構造のものより大幅に低電圧化させることが出来た。HEI-EL素子の発光波形から、矩形波の印加電圧に対して発光波形は、電圧印加直後最大を示した後、急激に減少するという結果が得られた。この原因は、Si-SiO₂界面に電子が蓄積することであると考えた。

第5章では、HEI-EL素子のEL特性を向上させるための改善方法について述べる。P、P⁺そしてp/n型のSiの3種類の基板上に同時にHEI-EL素子を作製し、EL特性と基板の種類の関係について考察した。p⁺-Siを基板としたHEI-EL素子では、発光輝度はP型Siを使用した素子のそれと同程度で、発光開始電圧が若干低くなったのに対して、p/n基板を使用したHEI-EL素子では発光開始電圧が15V以上も低減し、発光輝度も若干高くなった。これは、p/n基板ではP型Siにおける少数キャリアである電子がn層から供給されるため、低い電圧で SiO_2 へホットエレクトロンの注入が行なわれたことによるものと考えた。また、素子領域の周囲にn⁺層を形成し、n⁺層をプラスとしたバイアス電圧を基板との間に印加することにより、Si-SiO₂界面に蓄積した電子の数を減少させることができると考えられる。本研究において、実験を行なったところ、素子の励起電圧を47V一定にしたとき、4Vのバイアス電圧の印加において、素子の発光輝度が30倍以上も向上するという結果が得られた。このことは、HEI-EL薄膜EL素子の発光輝度は、励起電圧の代わりに、小さいDCバイアス電圧で制御できることを示しており、シリコンウェハー上の集積化される表示装置への応用が期待できるものである。

最後に第6章では、本研究をまとめ、結論を与える。

論文審査結果の要旨

本研究はシリコン (Si) 基板上の薄い酸化シリコン (SiO_2) 膜を通して注入されるホットエレクトロンを蛍光体励起に用いて発光デバイスとする新しい形式の注入型エレクトロルミネッセンス (EL) 素子に関するものである。

本論文は全6章からなっており、最初に EL 素子の現状の問題点を述べている。即ち、CRT では高エネルギー電子の衝突により発光中心を励起出来るのに対し、EL では固体中の電子をそれ程高く加速することは困難であり、発光中心の励起が不十分であることが EL の輝度や青色発光を不十分にしている最大の原因である。この点から、固体内でホットエレクトロンを得る方法として、Si 基板上の薄い SiO_2 を介して発光層を付け、Si からのホットエレクトロンを SiO_2 の大きいバンドギャップを乗り越えさせることにより高加速の電子を固体内で得る方法を考案した。このようなホットエレクトロンを蛍光体中に注入させれば発光性能の向上が期待される。これらの経緯が第1章の序論で述べられている。

第2章では Si 基板上の空乏層での電界加速により生ずるホットエレクトロンが SiO_2 中へ注入するために必要な条件等について論ぜられ、

第3章では SiO_2 中へ注入した電子の輸送過程について述べている。 SiO_2 中の電子の挙動を測定するのは困難であるが、この論文では Si を陽極酸化する過程で電子が酸化膜中を走行する時の発光現象を見出し、これを分光学的に測定することにより、酸化膜中での電子の平均自由行程を求めている。これは 10nm であり、 SiO_2 中で数 eV のホットな電子を生成することが可能であることを見出した。この値に酸化膜と蛍光膜とのエネルギーの不連続値を加算すれば、4eV 程度のホットエレクトロンを作り出すことができることを見だしている。

第4章は Si-SiO₂ の上に蛍光体を配置した EL デバイスの実証例である。作成の容易な蛍光体であるマンガン (Mn) 付活 ZnS 薄膜を用いて、40V という低い発光開始電圧で、最大 1000cd/m² 以上の輝度と 1.11m/W の発光効率を示すデバイスが作成できた。従来の二重絶縁構造のものより大幅な低電圧化が実現できることが示された。

更に第5章では、本デバイスの欠点を改善出来るデバイスが示され、より低電圧化と、 SiO_2 と Si との界面に蓄積する電子を除去するため、素子の周囲に n^+ 層を形成し基板との間に数 V のバイアス電圧を印加し、輝度を向上させる方法を実験的に示している。これは、数 V 程度の低い直流電圧で発光を制御出来る新しいデバイスの提案でもある。

以上要するに、Si 基板上の SiO_2 を通して発光蛍光層にホットエレクトロンを注入し、EL 発光させる新しい形の EL 素子の提案とその実証が得られたことを示すものであり、本論文は、博士の学位を授与するに十分な内容であることを認める。