

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(10) 国際公開番号

(43) 国際公開日
2013年6月20日 (20.06.2013)

W O 2013/089088 A 1

W I P O | P C T

- (51) 国際特許分類 : H01L 21/66 (2006.01) G01N 22/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号 : PCT/JP20 12/08203 8
- (22) 国際出願日 : 2012年12月11日 (1.12.2012)
- (25) 国際出願の言語 : 日本語
- (26) 国際公開の言語 : 日本語
- (30) 優先権データ :
特願 2011-276215 2011年12月16日 (16.12.2011) JP
特願 2012-253 129 2012年11月19日 (19.11.2012) JP
- (71) 出願人 : 国立大学法人東京農工大学 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1838538 東京都府中市晴見町3-8-1 Tokyo (JP).
- (72) 発明者 : 鮫島 俊之 (SAMESHIMA, Toshiyuki); 〒1838538 東京都府中市晴見町3-8-1 国立大学法人東京農工大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人 : 大淵 美千栄, 外 (OFUCHI, Michie et al); 〒167005 1 東京都杉並区荻窪五丁目2番13号 荻窪 T M ビル 2 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, ML, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

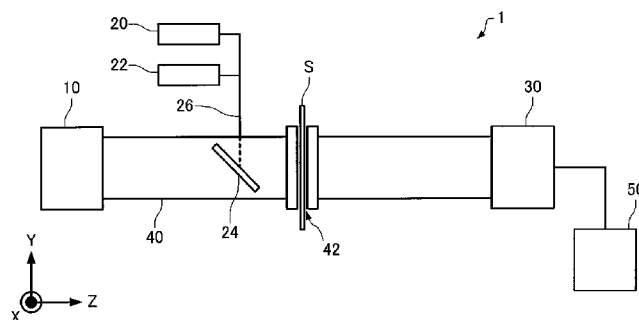
添付公開書類 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: PHOTOINDUCED CARRIER LIFETIME MEASUREMENT DEVICE AND PHOTOINDUCED CARRIER LIFETIME MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称 : 光誘起キャリアライフタイム測定装置及び光誘起キャリアライフタイム測定方法

[図1]



(57) Abstract: The invention contains: light sources (20, 22) that shine light of different wavelengths, said light being for generating a photoinduced carrier in a semiconductor substrate (S); a microwave generation section (10) that generates a microwave that irradiates the semiconductor substrate (S); and a detection section (30) that detects the intensity of the microwave that has passed through the semiconductor substrate. Said invention also contains a computation section (50) that: computes an effective carrier lifetime for each light wavelength on the basis of the microwave intensity detected when at least the aforementioned two types of light are shone; and on the basis of the computed effective carrier lifetime for each wavelength, computes a bulk carrier lifetime for the semiconductor substrate (S) and computes a surface recombination velocity.

(57) 要約 :

[続葉有]



W 2013 089088 A1

半導体基体 S に対して光誘起キャリアを発生させるための波長の異なる光を照射する光源 20、22 と、半導体基体 S に照射するマイクロ波を発生するマイクロ波発生部 10 と、半導体基体を透過したマイクロ波の強度を検出する検出部 30 と、前記少なくとも 2 種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき半導体基体 S のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出する演算部 50 とを含む。

明 細 書

発明の名称 :

光誘起キャリアライフタイム測定装置及び光誘起キャリアライフタイム測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、光誘起キャリアライフタイム測定装置及び光誘起キャリアライフタイム測定方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体基体に発生した光誘起キャリア（少数キャリア）の実効キャリアライフタイムを測定する方法として、 μ -PCD法が知られている（例えば、J. M. Borrego, R. J. Gutmann, N. Jensen, and O. Paz: Solid-State Electron. 30(1987) 195.（非特許文献1）参照）。この方法では、マイクロ波を半導体基体に照射した状態で、極めて短時間の光パルス照射する。光パルスによって誘起されたキャリアによってマイクロ波が反射され、反射強度の時間変化を測定することにより光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する。

[0003] また、半導体基体の光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する方法として、QSSPC法が知られている（例えば、G. S. Kousik, Z. G. Ling, and P. K. Ajmera: J. Appl. Phys. 72(1992) 141.（非特許文献2）参照）。この方法では、インダクタンスコイルを半導体基体に直面して配置し、RF周波数の電磁波を印加する。そして、半導体基体に極めて短時間の光パルス照射する。光パルスによって誘起されたキャリアによってRF周波数の電磁波が反射され、反射波の時間変化をコイルに流れる電流の変化として測定することにより光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する。

[0004] また、半導体基体の光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する方法として、マイクロ波光干渉吸収法が知られている（例えば、T. SAMESHIMA, H. HAYASAKA, and T. HABA: Jpn. J. Appl. Phys. 48 (2009)021 204-1 -6.（非

特許文献3)参照)。この方法では、導波管で形成したマイクロ波干渉計に半導体基体を挿入し、マイクロ波を照射した状態で連続光を照射する。連続光によって誘起されたキャリアによってマイクロ波が吸収され、このときのマイクロ波の透過率の減少を測定することにより光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する。

- [0005] さらに、非特許文献3に記載の方法において、半導体基体に周期的間歇的パルス光を照射する方法が知られている(例えば、Toshiyuki Sameshima, Tomokazu Nagao, Shinya Yoshidomi, Kazuya Kogure, and Masahiko Hasumi: "Minority Carrier Lifetime Measurements by Photo-Induced Carrier Microwave Absorption Method", Jpn. J. Appl. Phys. 50(2011)03CA02. (非特許文献4)、国際公開第11/099191号パンフレット(特許文献1)参照)。この方法では、パルス光の照射時間と周期を変えることにより、照射光強度に関係なく実効キャリアライフタイムを求めることができる。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上記の様々な技術によって、半導体基体の光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定することが可能になった。光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムは、一般に半導体基体固有のライフタイム(バルクキャリアライフタイム)と半導体表面に存在する欠陥により生じる表面再結合速度によって決まる。ソーラーセル、CCD等の光誘起キャリアを有効に利用するデバイス製造においては、バルクキャリアライフタイムを大きくするとともに表面再結合速度を小さくして実効キャリアライフタイムを増大せしめることが重要である。そして、実効キャリアライフタイムの測定装置(解析装置)において、バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度が実験的に得られることが望ましい。

- [0007] しかしながら、従来の技術では、実効キャリアライフタイムを精密に求めることはできるものの、バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度を決定する手段がなかった。すなわち、従来の技術では、バルクキャリアライ

フタイム及び表面再結合速度のいずれか一方を仮定して他方を求める手法が一般的であった。シリコン等間接エネルギーバンド型結晶半導体の場合、バルクキャリアライフタイムは大きいと予想されるので、通常はバルクキャリアライフタイムを十分に大きいと仮定し、測定で得た実効キャリアライフタイムから表面再結合測定を求めていた。しかしながら、仮定したバルクキャリアライフタイムの不確定度は残り、精密な解析を行う上で問題点があった。

[0008] 本発明は、以上のような課題に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、半導体基体のバルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度を精度良く測定することが可能な光誘起キャリアライフタイム測定装置及び光誘起キャリアライフタイム測定方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] (1) 本発明は、半導体基体に発生した光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する光誘起キャリアライフタイム測定装置において、
前記半導体基体に対して、光誘起キャリアを発生させるための波長の異なる少なくとも2種類の光を照射する光照射部と、
前記半導体基体に照射するマイクロ波を発生するマイクロ波発生部と、
前記半導体基体を透過したマイクロ波の強度を検出する検出部と、
前記検出部で検出されたマイクロ波強度に基づき実効キャリアライフタイムを算出する演算部とを含み、
前記演算部が、
前記少なくとも2種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づいて、前記少なくとも2種類の光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき前記半導体基体のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出することを特徴とする。

[0010] また本発明は、半導体基体に発生した光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する光誘起キャリアライフタイム測定方法において、

前記半導体基体に対して、光誘起キャリアを発生させるための波長の異なる少なくとも2種類の光を照射するとともに、前記半導体基体にマイクロ波を照射し、

前記半導体基体を透過したマイクロ波の強度を検出し、

前記少なくとも2種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づいて、前記少なくとも2種類の光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき前記半導体基体のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出することを特徴とする。

[001 1] 本発明によれば、波長の異なる少なくとも2種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき少なくとも2種類の光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき前記半導体基体のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出することで、バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度を精度良く測定することができる。

[001 2] (2) また本発明に係る誘起キャリアライフタイム測定装置及び誘起キャリアライフタイム測定方法では、

バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度の値を求めてもよい。

[001 3] このようにすると、半導体基体のバルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度の両方を、一方を仮定することなく測定することができる。

[0014] (3) また本発明に係る誘起キャリアライフタイム測定装置及び誘起キャリアライフタイム測定方法では、

バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度の値を求めてもよい。

[001 5] このようにすると、半導体基体のバルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度の両方を、一方を仮定することなく測定することができる。

[001 6] (4) また本発明に係る誘起キャリアライフタイム測定装置及び誘起キャリアライフタイム測定方法では、

半導体基体の表面にパッシベーション膜が形成された参照試料に対して周期的なパルス光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料の実効キャリアライフタイムと、前記参照試料に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料のキャリア面密度とに基づいて、キャリア発生率を求め、被測定試料である半導体基体に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記被測定試料のキャリア面密度と、前記キャリア発生率とに基づいて、前記実効キャリアライフタイムの測定値を算出してもよい。

[001 7] このようにすると、実効キャリアライフタイムの測定値を精度よく求めることができる。

[001 8] (5) また本発明に係る誘起キャリアライフタイム測定装置及び誘起キャリアライフタイム測定方法では、

前記少なくとも2種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数の異なる2種類の光でもよい。

[001 9] (6) また本発明に係る誘起キャリアライフタイム測定装置及び誘起キャリアライフタイム測定方法では、

前記少なくとも2種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数が少なくとも2倍以上異なる2種類の光でもよい。

図面の簡単な説明

[0020] [図1] 図1は、本実施形態の測定装置（光誘起キャリアライフタイム測定装置）の構成の一例を示す図である。

[図2] 図2は、結晶シリコンの光吸収係数の波長による変化を示す図である。

[図3] 図3は、本実施形態の計測装置によって測定した半導体基体について説明するための図である。

[図4] 図4は、本実施形態の計測装置による実効キャリアライフタイムの測定結果を示す図である。

[図5A] 図5Aは、本実施形態の計測装置によるキャリア体積濃度の測定結果を示す図である。

[図5B] 図5Bは、本実施形態の計測装置によるキャリア体積濃度の測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本実施形態について説明する。なお、以下に説明する本実施形態は、特許請求の範囲に記載された本発明の内容を不当に限定するものではない。また本実施形態で説明される構成の全てが、本発明の必須構成要件であるとは限らない。

[0022] 1. 測定原理

本実施形態の測定方法及び測定装置では、被測定試料である半導体基体に対して吸収係数の異なる少なくとも2種類の光を照射する。

[0023] 例えば、半導体基体に対して大きな吸収係数を持つ短波長の光を照射したとき、光は半導体基体の極表面領域で吸収される。半導体基体の表面再結合速度が大きいとき、半導体基体の表面領域で発生した光誘起キャリアは速やかに再結合して消滅するため、基体内に存在するキャリアの濃度は小さくなる。よって、半導体基体にマイクロ波を照射したときのマイクロ波の吸収度は小さく（透過率は大きく）なり、実効キャリアライフタイムは小さくなる

- 。
- [0024] 一方、半導体基体に対して小さな吸収係数を持つ長波長の光を照射したときには、光は半導体基体の中奥深くに進入する。そのため、表面再結合速度の影響が小さくなり、半導体基体のバルクキャリアライフタイムが十分大きいときは、短波長光の照射時よりもキャリア濃度が大きくなり、実効キャリアライフタイムは大きくなる。
- [0025] すなわち、実効キャリアライフタイムが表面再結合速度により制限される場合（表面再結合速度が大きい場合）には、測定される実効キャリアライフタイムは波長依存性を持ち、短波長の光を照射したときに検出されるマイクロ波透過率から測定した実効キャリアライフタイムと、長波長の光を照射したときに検出されるマイクロ波透過率から測定した実効キャリアライフタイムとが異なる値となる。
- [0026] なお、半導体基体の表面がパッシベーションされ、実効キャリアライフタイムがバルクキャリアライフタイムにより制限される場合（表面再結合速度が十分に小さい場合）には、光誘起キャリアは半導体基体中のいたる所で同じ割合で消滅するため、測定される実効キャリアライフタイムは波長依存性を持たない。
- [0027] このように、半導体基体に対して波長の異なる少なくとも2種類の光を照射したときの实効キャリアライフタイムをそれぞれ測定し、測定した少なくとも2つの実効キャリアライフタイムを解析することで、半導体基体の表面再結合速度及びバルクキャリアライフタイムの評価が可能となる。
- [0028] 2. 構成
- 図1は、本実施形態の測定装置（光誘起キャリアライフタイム測定装置）の構成の一例を示す図である。本実施形態の測定装置1は、被測定試料である半導体基体Sの実効キャリアライフタイムの測定と、測定した実効キャリアライフタイムを解析して半導体基体Sのバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度の測定を行う装置として構成されている。
- [0029] 測定装置1は、半導体基体Sに入射させるマイクロ波を発生するマイクロ

波発生部 10 と、半導体基体 S に光誘起キャリアを発生させるための光 (誘起光) を照射する光源 20、22 (光照射部) と、半導体基体 S を透過したマイクロ波の強度を検出する検出部 30 と、マイクロ波発生部 10 で発生したマイクロ波を検出部 30 へ伝搬する導波管 40 と、演算部 50 とを含む。

[0030] 導波管 40 には、半導体基体 S が挿入される間隙 42 が設けられている。また、導波管 40 内部の間隙 42 よりもマイクロ波発生部 10 側には、光源 20、22 からの光を半導体基体 S に入射するための反射板 24 が設けられている。光源 20、22 からの光は光ファイバ 26 を通り反射板 24 で拡散反射されて半導体基体 S に入射する。反射板 24 は、例えばテフロン (登録商標) 板からなる。なお、反射板 24 に代えて導光板を設けることで、光源 20、22 からの光を半導体基体 S に入射するように構成してもよい。

[0031] 光源 20、22 は、それぞれ例えばレーザ光源からなり、互いに波長の異なる光 (半導体基体 S に対する吸収係数の異なる光) を発生する。光源 20 は、半導体基体 S に短波長の光 (例えば、半導体基体 S の表面領域にキャリアを発生させる光) を照射するための光源であり、光源 22 は、半導体基体 S に長波長の光 (例えば、半導体基体 S の内部領域にキャリアを発生させる光) を照射するための光源である。

[0032] 演算部 50 (コンピュータ) は、検出部 30 で検出されたマイクロ波の強度情報に基づいて、半導体基体 S の光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを算出し、算出した実効キャリアライフタイムに基づき半導体基体 S のバルクキャリアライフタイムと、表面再結合速度とを算出する演算処理を行う。

[0033] 演算部 50 は、光源 20 からの短波長の光を半導体基体 S に照射したときに検出されたマイクロ波の強度情報からマイクロ波の透過率の変化を求め、求めた透過率の変化に基づき、光源 20 からの光を半導体基体 S に照射したときの (光源 20 からの光の波長に対応する) 実効キャリアライフタイムを算出する。また、演算部 50 は、光源 22 からの長波長の光を半導体基体 S に照射したときに検出されたマイクロ波の強度情報からマイクロ波の透過率

の変化を求め、求めた透過率の変化に基づき、光源 22 からの光を半導体基体 S に照射したときの (光源 22 からの光の波長に対応する) 実効キャリアライフタイムを算出する。

[0034] そして、演算部 50 は、測定した 2 つの実効キャリアライフタイム τ_{eff} (光源 20 からの光を半導体基体 S に照射したときの実効キャリアライフタイムの測定値と、光源 22 からの光を半導体基体 S に照射したときの実効キャリアライフタイムの測定値) に最も合致するバルクキャリアライフタイム τ_b と、表面再結合速度 (誘起光が照射される面 (照射面) 側の表面再結合速度 S_{top} と、照射面側と反対側の表面再結合速度 S_{rear}) を解析して求める。なお、バルクキャリアライフタイム τ_b と表面再結合速度 S_{top} 、 S_{rear} の解析は、フォトキャリアの進入長を考慮して行われる。

[0035] 以下、本実施形態の測定装置及び測定方法で採用するバルクキャリアライフタイム τ_b と表面再結合速度 S_{top} 、 S_{rear} の解析法について説明する。

[0036] 半導体基体の表面に連続光を照射したとき、表面 (照射面) からの深さ x における定常的光誘起少数キャリア体積濃度 $n(x)$ は、半導体基体中の少数キャリアの拡散係数を D とすると、次式の微分式に従う。

[0037] [数 1]

$$D \frac{\partial^2 n(x)}{\partial x^2} + G(x) - \frac{n(x)}{\tau_b} = 0 \quad (1)$$

[0038] ここで、 $G(x)$ は、深さ x における単位面積当たりの少数キャリアの発生率である。 $G(x)$ は、半導体基体の光吸収係数 α に依存し、光吸収係数 α は光波長に依存する。図 2 に、結晶シリコン (半導体基体の一例) の光吸収係数の光波長による変化を例示する。図 2 に示すように、結晶シリコンは紫外線に対しては非常に大きな吸収係数を示す。よって、紫外線は結晶シリコンの極表面で吸収される。これに対して、バンドギャップに近い赤外線に対しては吸収係数が小さくなる。よって、赤外線は結晶シリコン半導体中の奥深くに進入する。

[0039] 単位面積当たりの強度 I_0 の光を半導体基体表面に照射したときの深さ x に

おける単位体積当たりの光強度 $J(x)$ は、光吸収係数 α を用いて、次式のように表すことができる。

[0040] [数2]

$$J(x) = J_0 \exp(-\alpha x) \quad (2)$$

[0041] ここで、 J_0 は、 I_0 / α であり、半導体基体の表面における光体積強度である。 $G(x)$ は、 $J(x)$ に比例し、光強度が大きいほど $G(x)$ は大きくなり、多くのキャリアが発生する。 $G(x)$ は、 $J(x)$ と、波長に対応する光子エネルギー $h\nu$ (h はプランク定数、 ν は光振動数) と、キャリア生成内部量子効率 η を用いて、次式のように表すことができる。

[0042] [数3]

$$G(x) = J(x) \times h^{-1} \times \nu^{-1} \times \eta \quad (3)$$

[0043] 半導体基体の表面に存在する欠陥に起因する表面再結合速度 S_{top} 、 S_{rear} は、次式のように、半導体基体の表面における微分係数の境界条件として与えられる。

[0044] [数4]

$$D \frac{\partial n(x)}{\partial x} \Big|_{x=0} = S_{top} n(0) \quad (4)$$

$$D \frac{\partial n(x)}{\partial x} \Big|_{x=d} = -S_{rear} n(d) \quad (5)$$

[0045] ここで、 d は、半導体基体の厚さである。

[0046] すなわち、式 (1) を、式 (4)、式 (5) を境界条件として、波長に対応した $G(x)$ を用いて解くことにより、キャリア体積濃度 $n(x)$ を求めることができる。

[0047] そして、 $n(x)$ を半導体基体の深さ方向に積分したキャリア面密度 N (単位 : cm^{-2}) と、 $G(x)$ を半導体基体の深さ方向に積分した単位面積当たりのキャリア発生率 H (単位 : $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) は、次式で与えられる。

[0048]

[数 5]

$$N = \int_0^t n(x)dx \tag{6}$$

$$H = \int_0^d G(x)dx \tag{7}$$

[0049] そして、実効キャリアライフタイム τ_{eff} が、次式により求められる。

[0050] [数 6]

$$N = H \times \tau_{eff} \tag{8}$$

[0051] 例えば、式 (1) ~ (5) を有限要素差分法でプログラム化し、 τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} をパラメータとして $n(x)$ を求め、求めた $n(x)$ を積分して N を求める。また、 $G(x)$ を積分して H を求め、求めた N と H を式 (8) に代入して実効キャリアライフタイム τ_{eff} の計算値を求める。なお、半導体基体の吸収係数が大きい波長帯の光を照射した場合、 τ_{eff} は、次式で与えられる。

[0052] [数 7]

$$\tau_{eff} = \tau_b \frac{\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} \left(1 - \exp\left(-\frac{d}{\sqrt{D\tau_b}}\right) \right) \left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} + S_{rear} + \left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} - S_{rear} \right) \exp\left(-\frac{d}{\sqrt{D\tau_b}}\right) \right)}{\left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} + S_{rear} \right) \left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} + S_{top} \right) - \left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} - S_{top} \right) \left(\sqrt{\frac{D}{\tau_b}} - S_{rear} \right) \exp\left(-\frac{2d}{\sqrt{D\tau_b}}\right)} \tag{9}$$

[0053] 以上のように τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} をパラメータとして計算で求められる τ_{eff} の計算値 (理論値) と、検出されたマイクロ波強度から測定した τ_{eff} の測定値とを比較することにより、最も確からしい τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} を求める。本実施形態では、互いに異なる波長の複数種類の光の照射を行っており、照射する光 (誘起光) の波長により $G(x)$ の値が異なるものとなる。そのため、誘起光の波長によって τ_{eff} の計算値が異なることになる。従って、照射する光の波長毎に計算で求められる τ_{eff} の計算値と、照射する光の波長毎に測定した τ_{eff} の測定値とを、パラメータである τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} の値を変化させながら比較し、 τ_{eff} の計算値が τ_{eff} の測定値に最も合致するときの τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} の値を求める。

[0054] 例えば、図 1 の構成においては、光源 20 の光の波長に基づき計算される τ_{eff} の計算値と光源 20 からの光を照射したときの τ_{eff} の測定値とをパラメータの値を変化させながら比較し、且つ、光源 22 の光の波長に基づき計算した τ_{eff} の計算値と光源 22 からの光を照射したときの τ_{eff} の測定値とをパラメータの値を変化させながら比較することで、最も確からしい τ_b 、 S_{top} 及び S_{rear} を求める。

[0055] なお、式 (1) の τ_b が、表面からの深さ x におけるバルクキャリアライフタイム $\tau_b(x)$ となるときは、上記の有限要素法を発展した数値解析によりバルクキャリアタイムの深さ分布 (深さ x 毎のバルクキャリアライフタイム τ_b) を求めることができる。この場合には、半導体基体の厚さ d を M (M は正の整数) 層に分割して、それぞれの層の厚さ d/M について、式 (1) の微分式を差分式に変更する。そして、表面と裏面には式 (4) と式 (5) の境界条件を設ける。具体的には、式 (5) の境界条件を満たす $n(d)$ を仮定し、順次 n_M (第 M 層のキャリア体積濃度)、 n_{M-1} (第 $M-1$ 層のキャリア体積濃度)、 \dots 、 n_1 (第 1 層のキャリア体積濃度) を、式 (1) の差分式を満たすように初期値を少しずつ変えて計算する。そして、最終的に式 (4) の境界条件を満たす値を数値解とする。

[0056] 次に、実効キャリアライフタイム τ_{eff} の具体的な測定手法について説明する。式 (8) より、 τ_{eff} の測定値は、キャリア面密度 N とキャリア発生率 H が分かれば精度よく求めることができる。しかしながら、 H は、次式に示すように、入射光のフォトンフラックス F 、キャリア生成内部量子効率 η 、光反射ロス R に依存する。

[0057] [数 8]

$$H = F \times \eta \times (1 - R) \quad (10)$$

[0058] 更に、 η は、半導体基体に依存し、 R は、屈折率、光吸収係数、膜厚、表面形状に依存するため、 H を精度よく測定することは容易でない。そこで、 H を正確に求めるために、特許文献 1 に開示された周期的パルス法による τ_{eff} の測定法を応用した。周期的パルス法では、連続光照射と同レベルの微弱

な光照射による τ_{eff} の測定が可能である。しかしながら、周期的パルス法は、 10μ 未満の非常に小さい τ_{eff} の測定には不向きである。そこで、被測定試料と類似の参照試料を用いた τ_{eff} の測定手法を開発した。

[0059] この手法では、被測定試料が結晶シリコンの場合は、シリコン単結晶を参照試料として用いる。また、参照試料の表面には、表面のキヤリヤ再結合欠陥を低く抑えて大きな τ_{eff} が得られるように、熱酸化膜等のパッシベーション膜を形成する。なお、被測定試料にも酸化膜が形成されている場合には、参照試料の熱酸化膜を被測定試料の酸化膜と同じ膜厚にする。また、被測定試料がベア半導体の場合は、反射率に影響のない薄膜酸化膜（例えば、厚さが 10 nm の熱酸化膜）を形成する。また、被測定試料の表面にテクスチャー等の凹凸がある場合には、参照試料にも同様のテクスチャーを形成する。

[0060] まず、周期的パルス法によって参照試料の τ_{eff} を求める。なお、一般に τ_{eff} は光強度に依存して変化するので、周期的パルス法の平均光強度を後述する連続光の光強度と同じに設定しておく。次に、参照試料に連続光を照射してマイクロ波吸収測定を行って参照試料のキヤリヤ面密度 N を求める。そして、 N と τ_{eff} の測定値を式 (8) に代入して、連続光照射におけるキヤリヤ発生率 H を求める。

[0061] 次に、被測定試料に連続光を照射してマイクロ波吸収測定を行って被測定試料のキヤリヤ面密度 N を求める。そして、被測定試料のキヤリヤ面密度 N とキヤリヤ発生率 H の測定値を式 (8) に代入して、被測定試料の τ_{eff} を求める。この手法により、正確な H を用いて、精度良く被測定試料の τ_{eff} を測定することができる。

[0062] 3. 測定結果

3-1. 第1の実施例

表面がパッシベーションされた半導体基体を第1の試料とし、第1の試料に対して加熱処理を施したものを第2の試料として、本実施形態の測定装置により各試料の実効キヤリヤライフタイム、バルクキヤリヤライフタイム及び表面再結合速度の測定を行った。

- [0063] 本測定では、図3に示すように、第1の試料として、100nm厚の熱酸化膜で両面をコーティングした500 μ m厚のn型シリコン基板を用いた。また、図3に示す第1の試料に対して、波長940nmのレーザ光を $5 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ の高強度で表面全面に照射する処理（加熱処理）を行ったものを第2の試料として用いた。このようなレーザ照射を用いた加熱処理によって実効キャリアライフタイムが低下することは先行文献により明らかになっている。
- [0064] また、本測定では、マイクロ波発生部10として、9.35GHzのマイクロ波を発振する発振器を使用した。また、短波長の光源20として波長635nmのレーザ光源を使用し、長波長の光源22として波長980nmのレーザ光源を使用した。波長635nmの光は、シリコンに対する進入長が2.7 μ mと小さく、シリコン基板の極表面領域で吸収され、波長980nmの光は、シリコンに対する進入長は90 μ mと大きく、シリコン基板の内部領域まで侵入することが分かっている。
- [0065] 図4は、第1の試料と第2の試料のそれぞれについて、波長635nmの光を照射したときの实効キャリアライフタイムと、波長980nmの光を照射したときの实効キャリアライフタイムを測定した測定結果である。図中白抜き点は、波長980nmの光を照射したときの測定結果であり、図中黒塗り点は波長635nmの光を照射したときの測定結果である。
- [0066] 図4に示すように、熱酸化膜コーティングが施されたn型シリコン基板（第1の試料）については、実効キャリアライフタイムが2msと高く、635nmと980nmの両波長で殆ど同じライフタイム値となった。これに対して、レーザ照射による加熱処理が施されたn型シリコン基板（第2の試料）については、波長635nmの光照射時の実効キャリアライフタイムが5 μ sとなり、波長980nmの光照射時の実効キャリアライフタイムが35 μ sとなった。すなわち、レーザ照射による加熱処理によって、実効キャリアライフタイムが小さくなり、且つ、短波長の光照射時に比べて長波長の光照射時の実効キャリアライフタイムが大きくなることが確認された。

[0067] 次に、上述した解析法によって、第1の試料について測定した2つの実効キャリアライフタイムの測定値と、635 nmと980 nmの両波長でそれぞれ計算される実効キャリアライフタイムの計算値とを比較し、2つの実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するバルクキャリアライフタイム τ_b と表面再結合速度 $S_{t \circ p}$ 、 $S_{r e a r}$ を求めた。その結果、バルクキャリアライフタイム τ_b は20 msであり、第1の試料の表面再結合速度 $S_{t \circ p}$ 、 $S_{r e a r}$ はそれぞれ12.3 cm/sであった。

[0068] 同様に、第2の試料について測定した2つの実効キャリアライフタイム値に最も合致するバルクキャリアライフタイム τ_b と表面再結合速度 $S_{t \circ p}$ 、 $S_{r e a r}$ を、上述した解析法により求めた。その結果、第2の試料の照射面の表面再結合速度 $S_{t \circ p}$ は25000 cm/sとなり、レーザー照射による加熱処理によって照射面の表面再結合速度が大きくなることが分かった。

[0069] 図5A、図5Bに、第2の試料についての解析結果から得られたキャリア体積濃度 $n(x)$ の深さ x 分布を示す。図5Aは、波長635 nmの光照射時の分布であり、図5Bは、波長980 nmの光照射時の分布である。

[0070] 図5Aに示すように、波長635 nmの光を照射する場合、シリコン基板の光吸収係数が大きく、キャリアは基板表面に発生するため、大きな表面再結合速度 $S_{t \circ p}$ によってキャリア体積濃度は小さくなる。また、図5Bに示すように、波長980 nmの光を照射する場合、シリコン基板の光吸収係数は小さいため光はシリコン基板の奥深くまで侵入し、キャリアはシリコンバルク中で発生する。このため、拡散によりキャリアは表面に達するまでの時間の間生き延びることになり、キャリア体積濃度は大きくなり、実効キャリアライフタイムも大きくなる。

[0071] このように本実施形態の測定装置及び測定方法によれば、半導体基体のバルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度の両方を、一方を仮定することなく測定することができる。

[0072] 3 - 2 . 第2の実施例

本実施例では、試料として、熱酸化膜を施した700 μ m厚のシリコン基

板を用いた。このシリコン基板に対して、シリコン原子を70 keVにてイオン注入（注入量： $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ）を施した。本試料について、イオン注入前とイオン注入後の実効キャリアライフタイム τ_{eff} を波長635 nm及び波長980 nmの光照射にて測定した。そして、測定結果を有限要素法により解析して、表面再結合速度 S_{top} 、 S_{rear} と、バルクキャリアライフタイムの深さ分布 $\tau_b(x)$ を求めた。バルクキャリアライフタイムについては、基板の厚さを複数層に分割して、それぞれの層について τ_b を求めた。測定結果と解析結果を表1に示す。

[0073] [表1]

試料	測定値		解析値			
	τ_{eff} (635nm)	τ_{eff} (980nm)	S_{top} (cm/s)	S_{rear} (cm/s)	τ_b (第1層)	τ_b (第2層)
イオン注入前	1.6E-04	1.7E-04	190	190	1.0E-03	
イオン注入後	9.0E-07	6.0E-06	10000	190	1.0E-05	1.0E-03

[0074] 表1において、第1層は、表面からの深さ x が0～490 μm の層であり、第2層は、表面からの深さ x が490～700 μm の層である。

[0075] イオン注入前の試料では、波長635 nmの光照射の場合と波長980 nmの光照射の場合ともに大きな τ_{eff} が得られた。この測定値を解析した結果、 S_{top} 、 S_{rear} の値が190 cm/sであり、 τ_b の値が基板の厚さ方向全体で1 msであるときに測定値と良く一致した。

[0076] これに対して、イオン注入後の試料では、 τ_{eff} が大きく低下し、特に波長980 nmの光照射時の τ_{eff} が小さかった。これはシリコン表面側の奥深くに渡って τ_b が低下していることを示している。この測定値を解析した結果、 τ_b は表面から490 μm にも渡って10 μs に低下していることが分かった。イオン注入によってシリコン原子が注入される深さは高々0.1 μm 程度であるから、本測定によって、イオンが注入される深さよりも遥かに深い部分にまで、高エネルギーイオンによるキャリア再結合欠陥形成が及んでいることが明らかになった。

[0077] 3 - 3. 第3の実施例

本実施例では、試料として、100 nm厚の熱酸化膜を施した500 μ m厚のn型シリコン基板を用いた。このシリコン基板に対して、出力50wのアルゴンプラズマを1分間照射した。本試料について、プラズマ処理前とプラズマ処理後の実効キャリアライフタイム τ_{eff} を波長635 nm及び波長980 nmの光照射にて測定した。そして、測定結果を有限要素法により解析して、表面再結合速度 S_{top} 、 S_{rear} と、バックキャリアライフタイム τ_b を求めた。測定結果と解析結果を表2に示す。

[0078] [表2]

試料	測定値		解析値		
	τ_{eff} (635nm)	τ_{eff} (980nm)	S_{top} (cm/s)	S_{rear} (cm/s)	τ_b
プラズマ処理前	3.10E-03	3.10E-03	8	8	0.1
プラズマ処理後	6.00E-06	4.20E-05	8000	8	0.1

[0079] プラズマ処理前の試料では、波長635 nmの光照射の場合と波長980 nmの光照射の場合ともに大きな τ_{eff} が得られた。この測定値を解析した結果、 S_{top} 、 S_{rear} の値が8 cm/sであり、 τ_b の値が基板の厚さ方向全体で100 msであるときに測定値と良く一致した。

[0080] これに対して、プラズマ処理後の試料では、 τ_{eff} は大きく低下し、特に波長635 nmの光照射時の τ_{eff} が小さかった。これはシリコン表面側に欠陥が局在していることを示している。この測定値を解析した結果、 τ_b と S_{rear} の値はプラズマ処理前と変化せず、表面の再結合速度 S_{top} のみが8000 cm/sと大きくなっていることが分かった。本測定によって、プラズマアルゴン処理によりシリコン表面にキャリア再結合欠陥が形成されることが明らかになった。

[0081] 4. 変形例

なお、本発明は、上述の実施の形態に限定されるものではなく、種々の変更が可能である。本発明は、実施の形態で説明した構成と実質的に同一の構成（例えば、機能、方法及び結果が同一の構成、あるいは目的及び効果が同一の構成）を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成の本質的で

ない部分を置き換えた構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成と同一の作用効果を奏する構成又は同一の目的を達成することができる構成を含む。また、本発明は、実施の形態で説明した構成に公知技術を付加した構成を含む。

[0082] 例えば、図 1 の測定装置 1 は、半導体基体 S を図 1 中 X 軸方向に移動させる X 軸移動ステージと、半導体基体 S を図 1 中 Y 軸方向に移動させる Y 軸移動ステージとを備えていてもよい。このように構成すると、半導体基体 S における X Y 平面上の任意の位置について測定を行うことが可能となる。また、光源 20、22 からの光をパルス変調し、マイクロ波強度をロックイン検出するように測定装置 1 を構成してもよい。また、測定装置 1 は、光誘起キャリアを発生させるための互いに波長の異なる光を照射する光源を 2 つ以上備えていてもよい。

符号の説明

[0083] 1 測定装置、10 マイクロ波発生部、20 光源、22 光源、24 反射板、26 光ファイバ、30 検出部、40 導波管、42 間隙、50 演算部

請求の範囲

- [請求項 1] 半導体基体に発生した光誘起キャリアの実効キャリアライフタイムを測定する光誘起キャリアライフタイム測定装置において、
- 前記半導体基体に対して、光誘起キャリアを発生させるための波長の異なる少なくとも2種類の光を照射する光照射部と、
- 前記半導体基体に照射するマイクロ波を発生するマイクロ波発生部と、
- 前記半導体基体を透過したマイクロ波の強度を検出する検出部と、
- 前記検出部で検出されたマイクロ波強度に基づき実効キャリアライフタイムを算出する演算部とを含み、
- 前記演算部が、
- 前記少なくとも2種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づいて、前記少なくとも2種類の光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき前記半導体基体のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出する、光誘起キャリアライフタイム測定装置。
- [請求項 2] 請求項 1において、
- 前記演算部が、
- バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度の値を求める、光誘起キャリアライフタイム測定装置。
- [請求項 3] 請求項 1において、
- 前記演算部が、

バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度の値を求める、光誘起キャリアライフタイム測定装置。

[請求項4]

請求項2又は3において、

前記演算部が、

半導体基体の表面にパッシベーション膜が形成された参照試料に対して周期的なパルス光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料の実効キャリアライフタイムと、前記参照試料に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料のキャリア面密度とに基づいて、キャリア発生率を求め、被測定試料である半導体基体に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記被測定試料のキャリア面密度と、前記キャリア発生率とに基づいて、前記実効キャリアライフタイムの測定値を算出する、光誘起キャリアライフタイム測定装置。

[請求項5]

請求項1乃至4のいずれかにおいて、

前記少なくとも2種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数の異なる2種類の光である、光誘起キャリアライフタイム測定装置。

[請求項6]

請求項5において、

前記少なくとも2種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数が少なくとも2倍以上異なる2種類の光である、光誘起キャリアライフタイム測定装置。

[請求項7] 半導体基体に発生した光誘起キャリアの実効キャリアライフタイム

を測定する光誘起キャリアライフタイム測定方法において、

前記半導体基体に対して、光誘起キャリアを発生させるための波長の異なる少なくとも2種類の光を照射するとともに、前記半導体基体にマイクロ波を照射し、

前記半導体基体を透過したマイクロ波の強度を検出し、

前記少なくとも2種類の光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づいて、前記少なくとも2種類の光の波長毎の実効キャリアライフタイムを算出し、算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムに基づき前記半導体基体のバルクキャリアライフタイムと表面再結合速度とを算出する、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

[請求項8] 請求項7において、

バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイム及び表面再結合速度の値を求める、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

[請求項9] 請求項7において、

バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度をパラメータとして求められる前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値と、検出されたマイクロ波強度に基づき算出した前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値とを、前記パラメータの値を変化させながら比較し、前記波長毎の実効キャリアライフタイムの計算値が前記波長毎の実効キャリアライフタイムの測定値に最も合致するときの前記バルクキャリアライフタイムの深さ分布及び表面再結合速度の

値を求める、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

[請求項10]

請求項 8 又は 9 において、

半導体基体の表面にパッシベーション膜が形成された参照試料に対して周期的なパルス光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料の実効キャリアライフタイムと、前記参照試料に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記参照試料のキャリア面密度とに基づいて、キャリア発生率を求め、被測定試料である半導体基体に対して連続光を照射したときに検出されたマイクロ波強度に基づき求めた前記被測定試料のキャリア面密度と、前記キャリア発生率とに基づいて、前記実効キャリアライフタイムの測定値を算出する、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

[請求項11]

請求項 7 乃至 10 のいずれかにおいて、

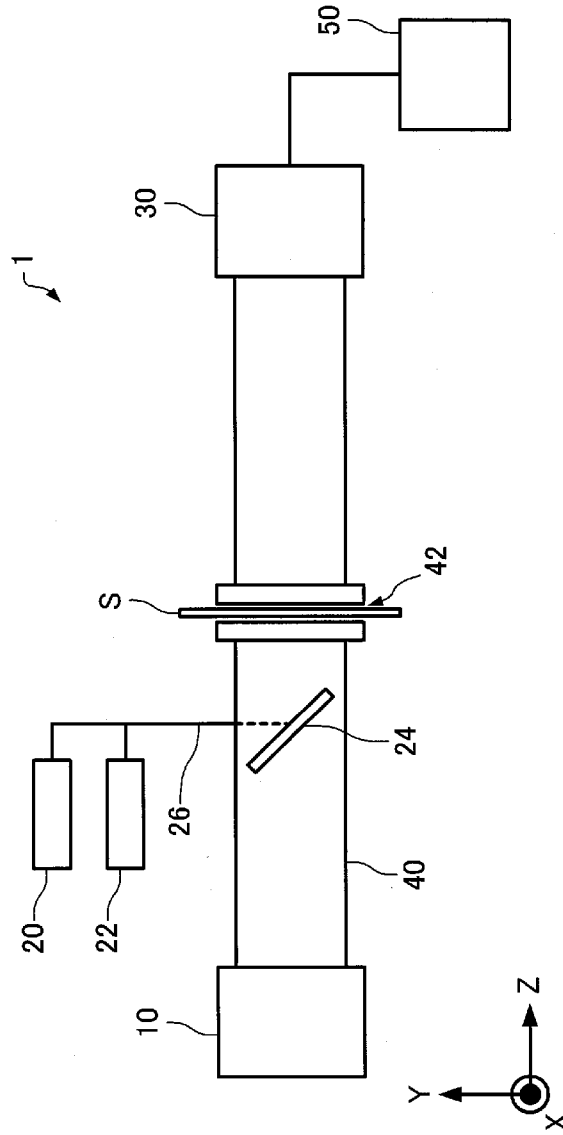
前記少なくとも 2 種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数の異なる 2 種類の光である、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

[請求項12]

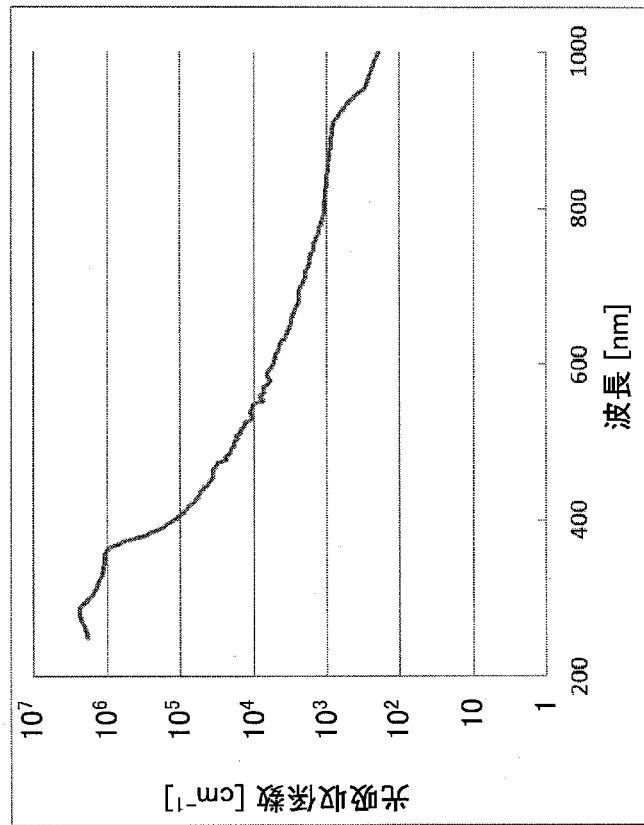
請求項 11 において、

前記少なくとも 2 種類の異なる光は、前記半導体基体に対する吸収係数が少なくとも 2 倍以上異なる 2 種類の光である、光誘起キャリアライフタイム測定方法。

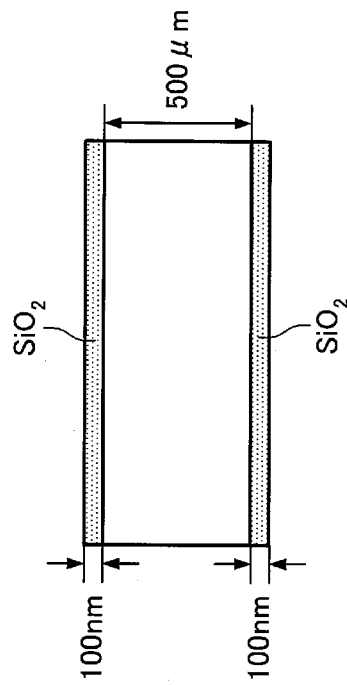
[図1]



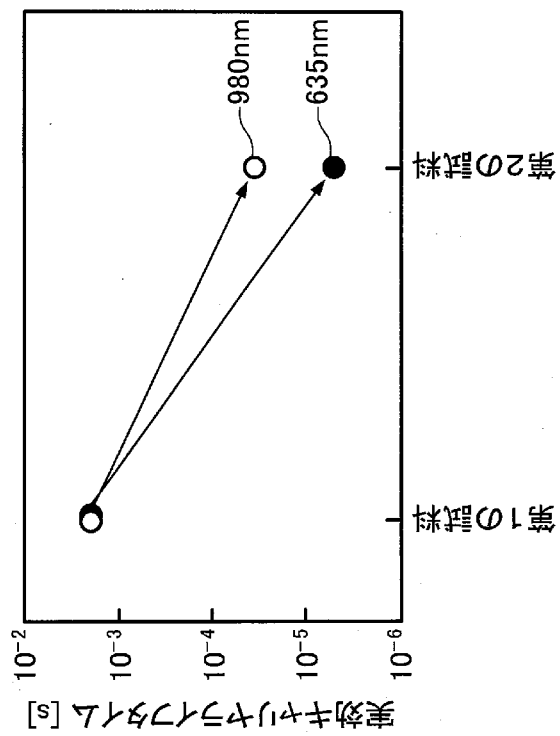
[図2]



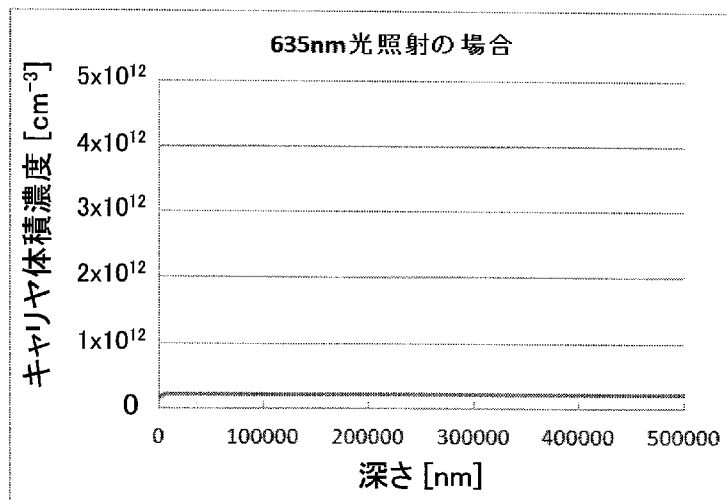
[図3]



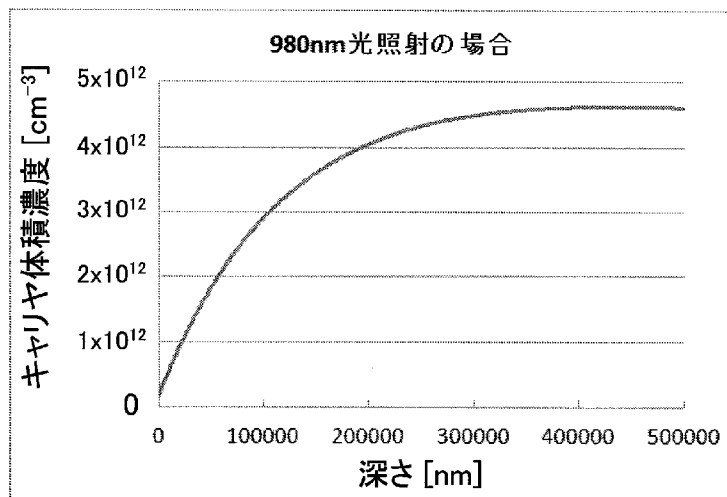
[図4]



[図5A]



[図5B]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT / JP2 0 12 / 0 8 2 0 3 8

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01 L21 / 66 (2006.01)i , G01N22/00 (2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/66, G01N22/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1 996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2011-82312 A (Kobe Steel, Ltd.), 21 April 2011 (21.04.2011), paragraphs [0034] to [0056], [0094]; fig. 3 & WO 2011/043048 AI & KR 10-2012-0076429 A	1, 2, 5-8, 11, 12 3, 4, 9, 10
A	JP 2005-277417 A (KLA-Tencor Technologies Corp.), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraphs [0034] to [0037]; fig. 1 & US 2005/0206402 AI & US 2007/0126458 AI	1-12

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 March, 2013 (04.03.13)Date of mailing of the international search report
12 March, 2013 (12.03.13)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/66 (2006. 01) i , G01N22/00 (2006. 01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H01L21/66, G01N22/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-19
日本国公開実用新案公報	1971-20
日本国実用新案登録公報	1996-20
日本国登録実用新案公報	1994-20

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)
 年

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー水	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A A	JP 2011-82312 A (株式会社神戸製鋼所) 2011. 04. 21, 段落 【0034】 ~ 【0056】、段落 【0094】、図3 & WO 2011/043048 A1 & KR 10-2012-0076429 A JP 2005-277417 A (ケーエルエー・テンコール・テクノロジーズ・コーポレーション) 2005. 10. 06, 段落 【0034】 ~ 【0037】、図1 & US 2005/0206402 A1 & US 2007/0126458 A1	1、2、 5—8、11、 12 3、4、9、 10 1-12

Γ c欄の続きにも文献が列挙されている。  パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー	の日の後に公表された文献
IA「特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
IE「国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
IΘ「口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	
IP「国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	「I&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 04. 03. 2013	国際調査報告の発送日 12. 03. 2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA / JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 堀江 義隆 電話番号 03-3581-1101 内線 3559