ミーティング要約: 栗山 淳 (学生)のZoomミーティング (2025/05/23)

要点

栗山、新井、寺山がフォトダイオードセンサーについて詳細な説明を行い、その種類や動作原理、半導体物理との関係、構造や利点について議論しました。フォトダイオードセンサーの実用例や性能を決定する要因についても言及されました。参加者たちは、フォトダイオードセンサーの技術的側面と実用的な応用について包括的な議論を展開しました。

次のステップ

• 栗山: フォトダイオードセンサーの種類（PN型、PIN型、アバランシェフォトダイオード）についての詳細な資料を作成する。

• 新井: フォトダイオードセンサーの原理と半導体物理学の関係についての説明資料を準備する。

• 寺山: PIN接合の構造と利点に関する詳細なレポートを作成する。

• チーム全体: フォトダイオードセンサーの実用例と将来の応用可能性について調査し、報告書をまとめる。

• チーム全体: 他の光センサーとフォトダイオードの比較表を更新し、最新の技術情報を反映させる。

要約

フォトダイオードセンサーの仕組み

栗山、新井、寺山がフォトダイオードセンサーについて詳細な説明を行う。フォトダイオードの種類（PN型、PIN型、アバランシェフォトダイオード）、動作原理、半導体物理との関係、PIN接合の構造と利点について議論される。また、フォトダイオードセンサーの実用例や性能を決定する要因（応答速度と感度のバランス、素材の選択）についても言及される。

Zoom文字起こし機能で生成された発表内容

[栗山 淳 (学生)] 15:57:56

私たちは、フォトダイオードセンサについて調べました。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:07

音ダイオードセンサとは、光を検出する半導体素子であり。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:10

フォトダイオードセンサに内蔵されている半導体には。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:13

光エネルギーを吸収して。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:16

電気エネルギーに変換する機能を。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:19

つまり光電機能を持っています。

[栗山 淳 (学生)] 15:58:22

かな。動いてない。いいえー。

[栗山 淳 (学生)] 15:59:52

私たちは。ほどダイオードセンサについて調べました。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:03

音対応のセンサとは、光を検出する半導体素子であり、大人用のセンサーに内蔵されている半導体には。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:09

光エネルギーを吸収して電気エネルギーに変換する機能。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:14

光電機能を持っています。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:15

この半導体素子に光を照射することで。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:19

電流や電圧が発生します。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:24

お隣を。このフォトダイオードは半導体技術の発展とともに作られ。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:28

レーザーや光ファイバーといった光通信の技。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:31

とともに発展していきました。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:35

うーん、特に光通信で送られた光信号を受け取る受講装置としてフォトダイオードが使われていきました。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:43

1950年代にはpn。型フ。ォ。トダ。イオードによって光検出が可能になりました。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:50

また、1970年以降からは。Pin。型フォトダイオードや。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:55

アバランシフォトダイオードといった。

[栗山 淳 (学生)] 16:00:59

ものも発明されました。トライオードの特性としては、使用する半導体の材。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:08

にもよりますが、微弱な光でも電流を生成できる高感度性。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:13

迅速な光変化に対して即座に応答することができる拘束性。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:18

高速応答性、また、低電力消費。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:23

光が当たっていないときに流れる電流、つまり安電流が小さいことなどがあります。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:31

先ほども触れた通り、音ダイオ。ー。ド。セ。ン。サ。には主に。Pn、型フォトダイオード。Pin。型フォトダイオード。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:37

バランス、ショフ、ト、ダイオードの三種類があります。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:42

まずpn。型フォトダイオードは図のようにP型半導体とN型半導体を。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:49

という二種類の半導体をくっつけることによって作られます。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:53

P。型半導体とN型半導体の境目にはpn接合と呼ばれる部分が作られ。

[栗山 淳 (学生)] 16:01:59

そこに光が当たることによって、中の電子。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:02

電子が動き、電気が生まれ、電流が流れます。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:06

このフォトダイオードは、構造が。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:08

比較的簡単であり、製造が容易であり。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:12

コストが低く、安定した動作が。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:16

動作を持っています。しかし、反応の速さや。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:20

速さや弱い光に対する感度は少し物足りない部分が。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:24

ある。ので次に説明する。Pin。型フォトダイオードやアバランシフト、ダイオード。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:30

などが生まれました。次にpin。型フォトダイオー。ド。と呼ばれるものは。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:37

図のように、先ほどのP型半導体とN型半導体によって作られる。Pn。型。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:43

半導体の境目の部分にI型半導体と呼ばれるものが。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:49

挿入されている構造を持ちます。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:50

この層があることによって光を受けるエリアが広くなるため。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:54

光を当てた際に電子がたくさん動き、より多くの電流が流れます。

[栗山 淳 (学生)] 16:02:59

そのため、pn型よりもより高感度でより高速。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:05

高速性を持ち、正確に光を測ることができます。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:13

最後にアバランシフォトダイオードについて説明します。フォトトダイオードをさらに進化させたもので。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:19

光を当てた際に生成される電子をP。型半導体の中にある。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:24

電子加速層と呼ばれる部分によ。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:28

電子をさらに加速され、周りの他の電子をどんどん巻き込み、周囲の現象でさらに励起させ。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:35

電子の雪崩現象と呼ばれるものを発生させ。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:39

この現象により、ごくわずかな光でも大きな電流に増幅されて。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:44

増幅して検出することができます。

[栗山 淳 (学生)] 16:03:47

つまり、極めて高感度で微小な光の検出に適しています。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:01

次にフォトダイオードセンサの原理について説明していきます。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:07

入社口が光電変換されて発生した光電気キャリア。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:13

いわゆる電子やフォールを展開によって走行させることで、電流として。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:18

取り出しています。じゃあ、ここで光電変換とは何かについて説明していきたいと思います。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:26

半導体内部で光エネルギーを吸収して、光によって電子を高いエネルギー状態に励起し。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:33

連携エネルギーに変換することです。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:37

では、フォトダイオードセンサーと固体物理の関係について。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:42

三つについて説明していきます。一つ目が電子のバンド感染位。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:47

二つ目がバイアス電圧による電子とホールの装甲。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:51

三つ目、がpn、接合pin、接合です。

[新井 翔太 (学生)] 16:04:56

じゃあまず一つ目。電子のバンド感染位について説明していこうと思います。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:05

まずフォトンとはいわゆる講師と言われるものなんですが、そのエネルギーを。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:10

家電主体に存在する電子が受け取ります。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:14

ここはかなり半導体の性能によってくるのですが、エネルギーギャップを飛び越えて。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:20

電動体に遷移し。電子とホールを生成するというもの。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:25

次にバイアス電圧によるキャリアの走行について説明します。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:31

まず。キャリアとは？先ほど出てきた電子やホールのことです。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:36

で以上のキャリアに。光吸収層で電圧をかけ、電場を生成します。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:43

そのようにすることで、キャリアを電流として。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:46

取り出そうとします。で、フォトダイオンドでは、この光吸収層は。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:52

コンデンサです。次にP。型半導体について説明し、ま。

[新井 翔太 (学生)] 16:05:59

とP。型半導体はガリウムなどの第三属の元素を流したものです。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:05

第三毒の元素を多元素をドナーすると。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:08

ドナー時に電子が不足し、ボールが形成されます。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:13

このようにオールを形成することで、そのボールがキャリアとなって。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:18

電気連動を示すことができます。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:23

次にN型半導体について説明していきます。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:27

とN型半導体とは？リンなどの第五族の。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:32

現象をドナーしたものです。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:35

第五族の原子をドナンすると。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:38

電子が過剰に供給されます。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:40

電子が過剰に供給されるということは、電子が余るということになります。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:45

その余った電子というものがキャリアとなって電気伝導を示すようになります。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:52

次にpn接合について説明し。ていこうと思います。で先ほどまで説明していた。

[新井 翔太 (学生)] 16:06:59

P。型半導体とN型半導体を接合し、てできたものがpn、接合。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:05

というものです。Pn接合は図のように接合面にはキャリアは存在しない。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:12

空暴僧が存在します。大事なことは電流を流す向きです。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:18

この図の右から左に電流を流すことを。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:22

順方向バイアスと呼びます。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:26

順方向バイアスに電流を流す。流すことで空防相が狭まり。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:30

キャリアが空母層を飛び越えられるようになります。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:34

じゃあ逆にこの図の右から左に電流を流すと。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:38

逆方向バイアスと呼ばれるものになり。

[新井 翔太 (学生)] 16:07:42

逆方向バイアスでは。キャリアが接合面から離れていくため、キャリアが空母層を飛び越えられなくなり。

[寺山 依里 (学生)] 16:08:41

次にフォトダイオードにおいて感度と応答性を高め、る。代表的な構造がpin。接合です。

[寺山 依里 (学生)] 16:08:47

これはP。型半導体とN型半導体の間にI型の層を挿入した構造であります。

[寺山 依里 (学生)] 16:08:54

P。型とN型はそれぞれ成功と電子といったキャリアが豊富に存在していますが、ありがたさはキャリアの濃度が極めて低く。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:04

電光伝馬領域を形成しています。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:07

このため、P型とN型の間で自然に形成されるキャリアが存在しない領域。空母層が。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:14

愛想に全体的に広がりやすくなり、感度上昇につながります。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:19

この構造により、講師がアイソンに吸収されて生成された電子対は、この内部電波によって即座に分離され、電極へと移動します。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:30

この内部現場の源はひるみ順位の差にあります。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:35

T型とN型の材料を統合すると、両者のペルミ順位が一致させようとする力が。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:41

働くため、バンドが曲がり、内部電話が発生します。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:45

この電話が光でレーキされたキャリアを即座に引き離す力となります。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:51

ここで重要なのが、ハンドギャップ。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:54

講師のエネルギーがこのハムギャップ以上であれば電子用利益することができます。

[寺山 依里 (学生)] 16:09:59

そのためには、電子が家電主体から。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:03

電動体へ移動する必要があり、光に適所されて電子がハンドギャップを超えて電気すると、この内部電波によって電子と成功は逆方向に引き離されます。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:14

こうして生じる電流が外部電路で。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:17

測定されます。Pin。接続のアイソンのメリ。ッ。トといたしまして、電話が広くかかるため、応答速度が上昇向上すること。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:29

広い領域で光を吸収できるため、感度が上昇すること。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:36

完全流で低減し、信号の精度が高まることです。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:41

私たちの周りにもフォトダイオードセンサー。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:44

たくさんあります。例として四つ実用例を挙げます。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:48

この四つに共通していることは、法則応答ができること、低電力なことです。

[寺山 依里 (学生)] 16:10:56

ダイオードの性能を見る上で重要なのが、応答速度と感度のバランスです。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:01

性能を決める主な要因にはbn接合や。の幅やキャリアの寿命、加えて万越電圧などがあります。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:09

応答速度を優先しようとすると、感度、つまり微弱な光に対する反応がやや落ちる傾向にあります。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:17

逆に高ファンドにしようとするとノイズが増えたり、応答が遅れてしまうことがあります。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:21

そのため、用途によってどちらを優先するか、材料設計など最適化をする必要があります。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:28

また。こと。ダイオードの性能は扱う素材によって大きく変わります。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:34

例えばシリコンは可視光から近赤外へ対応し、コストも低く扱いやすいため、一般用途に多く使われます。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:44

インジガリウム。質素は。形跡がいい。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:48

息での感度が高く、光通信などにも使われます。

[寺山 依里 (学生)] 16:11:52

ゲリウムはさらに長波長で長波長でノイズがやや長波長で対応できますが、ノイズがやや大きくなる。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:01

傾向にあります。材料学的要素といたしまして、決勝の。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:08

血管密度が低いほど内臓が少なくなり、ピースはN層の厚さと。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:13

不純物濃度設定によって感度や労働速度を調整することが可能です。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:19

他の代表的な光センサーとフォートダイアウトの比較の表を示しました。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:24

大人用の表から見るに、フォトダイオードは他のセンサーよりも優れていることが分かると思います。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:34

外容図は今後の技術でも大きく。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:37

可能性があると。挙げられます。自動車運転のライダーでは、周囲の物体と距離や形状を左で。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:48

するために欠かせません。また、スペース通信やウェアラブル。医療機器では。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:54

微弱な光を検出する技術として、ダイオードは重要。

[寺山 依里 (学生)] 16:12:59

さらにマテリアルインフォーマックスと組み合わせることによって、より効率的に高性能なセンサー材料の開発が。

[寺山 依里 (学生)] 16:13:08

可能となります。ここまでの内容を簡単にまとめたものを。

[寺山 依里 (学生)] 16:13:12

を示しました。以上でフォトダイオードは見えない。光を捉える技術として、ますます重要になると考えます。

[寺山 依里 (学生)] 16:13:22

ダイオードは、物理と材料と未来の技術をつなぐ架け橋となると思います。

[寺山 依里 (学生)] 16:13:28

ご清聴ありがとうございました。