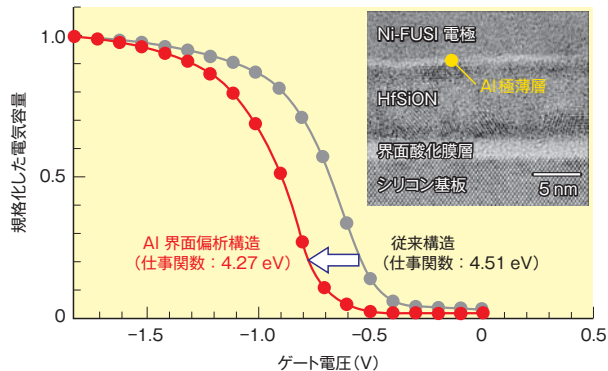


2 半導体・材料

● 界面制御による次世代フルシリサイド ゲート電極の高性能化技術

相補型電界効果トランジスタの高性能化には、新しいゲート電極とゲート絶縁膜材料の導入が必須である。ニッケルシリサイドから成るフルシリサイド(Ni-FUSI)電極/HfSiON(窒素添加ハフニウム シリケート)ゲート絶縁膜系は実用可能性の高い新規材料であるが、トランジスタ動作しきい値が高く、その低減が課題であった。

今回、電極にイオン注入したアルミニウム(AI)を熱拡散させることで、Ni-FUSI/HfSiON界面にAI極薄層を形成できることを発見した。これにより、電極の仕事関数が4.27 eVにまで低減され、従来のNi-FUSI/HfSiONに比べて低いしきい値と高い性能を実現できる。更にこの手法は、従来の製造工程との整合性がよく、Ni-FUSI/HfSiONの実用可能性を著しく高めることが可能となった。



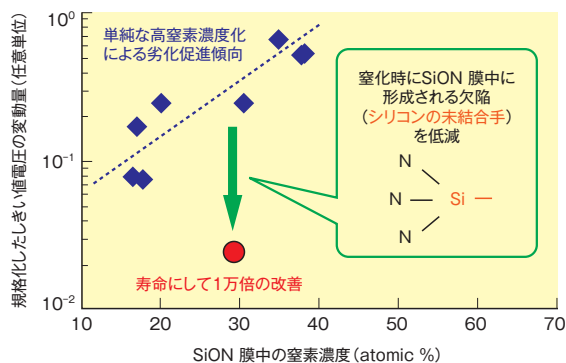
界面AI層形成に伴う容量-電圧特性変化とその界面の電子顕微鏡像

Modulation of capacitance-voltage characteristic with aluminum pileup, and transmission electron microscope (TEM) image of interface

● 次世代極薄ゲートSiON膜の負バイアス温度不安定性改善による高信頼化

膜厚2 nmを切る極薄ゲート絶縁膜の更なる薄膜化には、膜の誘電率向上による実効的な薄膜化が必須となる。シリコン酸窒化(SiON)膜の高窒素濃度化(高誘電率化)は有力であるが、窒素添加に伴う負バイアス温度不安定性(素子駆動時にしきい値電圧が変動)の促進が問題となっており、その劣化機構も不明であった。

当社は、独自の手法で高窒素濃度化したSiON膜を用いて窒素起因の劣化促進機構の解明を進め、劣化の起源が窒化時に形成される膜中欠陥であることを突き止めた。更に、その知見を基に、膜中欠陥が少なく信頼性が高い(従来の1万倍の長寿命)高窒素濃度SiON膜の作製に成功した。



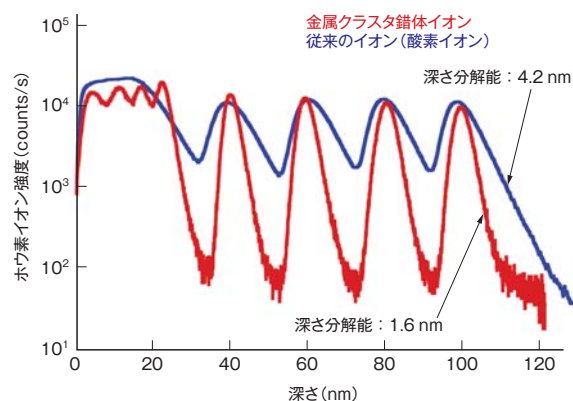
素子駆動時におけるしきい値電圧変動量の窒素濃度依存性
Threshold voltage shift as function of nitrogen concentration in bulk

● 金属クラスタ錯体イオンを用いた半導体材料の新しい分析技術

二次イオン質量分析技術の応用として、金属クラスタ錯体イオン($\text{Ir}_4(\text{CO})_7^+$ イオン: イリジウムカルボニルイオン)を用いた半導体材料の深さ方向の元素分布を正確に計測する技術を、独立行政法人 産業技術総合研究所との共同研究で開発した。

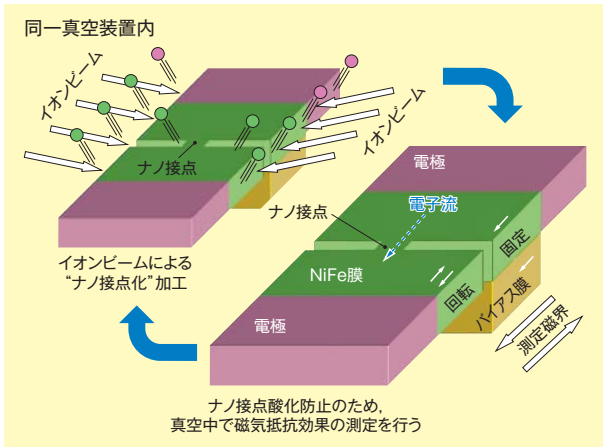
次世代の微細な半導体デバイスを開発するには、拡散層中の急峻(きゅうしゅん)な不純物分布や、極薄のゲート絶縁膜中の元素分布を正確に計測する必要がある。

新たな分析プローブとして、金属クラスタ錯体イオンを採用することで、深さ分解能の劣化原因となっていたミキシング効果を低減させることにより、照射エネルギーを下げることなく、従来よりも優れた分解能で深さ方向分布を分析できた。



金属クラスタ錯体イオンと、従来イオンによる深さ分布の比較
Comparison of depth profiles measured by metal-cluster-complex-ion method (red) and conventional method (blue)

● NiFeのナノ接点における新磁気抵抗効果



ナノ接点を作製するための加工方法

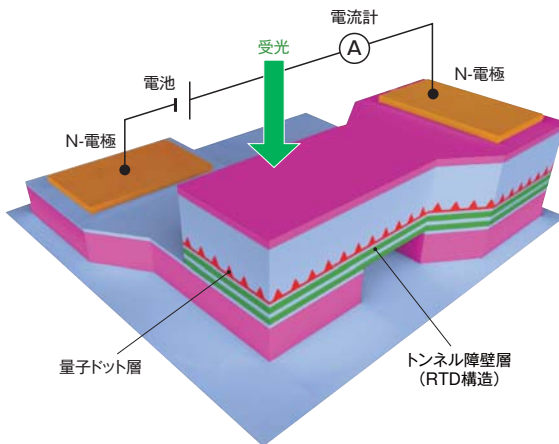
New magnetoresistance effect in NiFe film with nano-scale point contact

ハードディスク用ヘッドなどで必要とされる微弱な磁界信号の高感度再生を目指し、ナノ接点を用いた新原理(磁壁散乱)に基づくテスト素子を作製して、約20%の大きな磁気抵抗(MR)変化を確認した。

従来、新原理の実証実験の困難さから、デバイス化に不可欠である薄膜においては、信頼性の伴った大きなMRは未確認であった。しかし、加工及び測定を真空中で行う独自の方法を用いることで、高磁界感度材料のNiFe(ニッケル鉄)薄膜を使用して20%近いMRを確認した。このNiFe薄膜による原理実証は、今後のデバイス化への大きな足がかりとなる。

この研究は、文部科学省 科学技術試験研究費(IT(情報技術)プログラム)の支援を受けて行われている。

● 量子暗号通信のための単一光子デバイス



RTD : Resistance Temperature Detector

単一光子デバイス

Single photon counting device

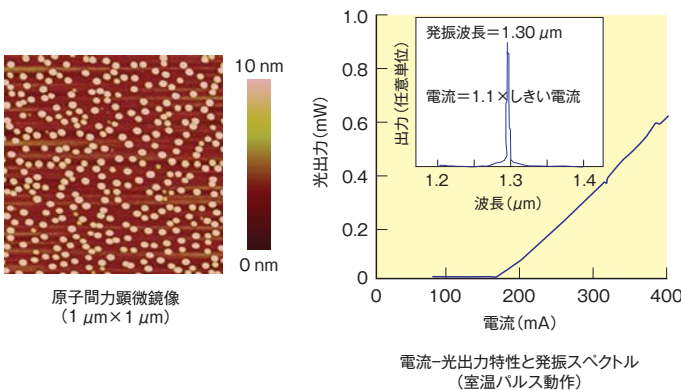
究極の暗号通信である量子暗号通信の安全性と通信速度の向上には、低ノイズかつ高速動作可能な単一光子検知デバイスと、複数光子の同時発生確率が小さい単一光子発生デバイスの開発がキーである。

今回、共鳴トンネルダイオード構造を持つ単一光子検知デバイスにおいて、トンネル障壁層に接近して置かれるインジウムヒ素(InAs)量子ドットの大きさを制御することで、ダークカウントが $10^{-9}/\text{ns}$ 以下で、動作周波数が3 MHz以上と高速な検知デバイスを開発した。

また、発光ダイオード型の単一光子発生デバイスでは、ガリウムヒ素(GaAs)上で選択的に自己組織化成長させたInAs量子ドットを共振器構造内に配置し、光通信波長帯の単一光子が電気駆動で発生することを確認した。

関係論文: 東芝レビュー. 61, 2, 2006, p.31 - 34.

● MOCVD成長によるGaAs基板上的光通信波長帯量子ドットレーザ



量子ドットの原子間力顕微鏡像とレーザの発振特性

Atomic force microscope (AFM) image and laser characteristics of quantum dots

量産性に優れた有機金属気相成長(MOCVD)法で成長したGaAs基板上的InAs量子ドットレーザで、世界最長波長^(注)での発振を得た。

GaAs基板上的InAs系量子ドットを活性層に用いた半導体レーザは、光出力の温度安定性に優れており、安価な通信光源への応用が期待される。当社は、新規材料のガリウムインジウム窒素ヒ素(GaInNAs)でInAsドットを埋め込む技術を開発し、室温連続動作で波長1.28 μmまで、パルス動作では1.3 μmまでの波長で発振を得た。

この成果は、文部科学省ITプログラムにかかわる東京大学 荒川教授との共同研究により得られた。

(注) 2006年12月現在、当社調べ。

関係論文: 東芝レビュー. 61, 11, 2006, p.28 - 31.

● 高耐圧SiC Super-SBD

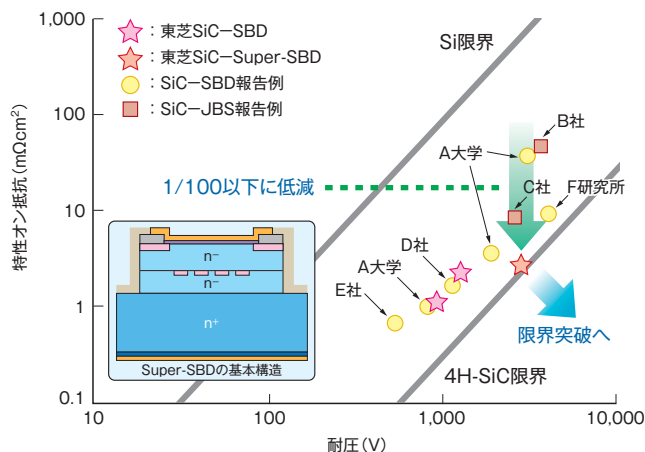
SiC(炭化ケイ素)は、Siの約10倍の絶縁破壊電界強度を持ち、高耐圧で超低損失の次世代パワーデバイス材料として期待されている。

当社独自の浮遊接合構造の採用により、耐圧2,700 V、特性オン抵抗 $2.57 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ の、4H-SiC^(注1) 限界に迫る世界最高性能^(注2) の超低オン抵抗スーパーショットキーバリアダイオード(Super-SBD)を実現した。このダイオードを各種電源やモータ駆動用インバータ装置などに適用することで、省エネ及び小型化が期待できる。

この研究は、経済産業省からの交付金を原資として実施する“エネルギー使用合理化技術戦略的開発”事業の一つで、NEDO(独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託契約に基づき実施したものである。

(注1) 4は結晶構造の周期、HはHexagonal(六方晶)という結晶構造の分類を示す。
(注2) 2006年12月現在、当社調べ。

関係論文：東芝レビュー、61, 4, 2006, p.48-51.



JBS: Junction Barrier controlled Schottky diode(接合障壁ショットキーダイオード)
n⁻: 低濃度n型層, n⁺: 高濃度n型層

SiC-SBDの特性オン抵抗の比較

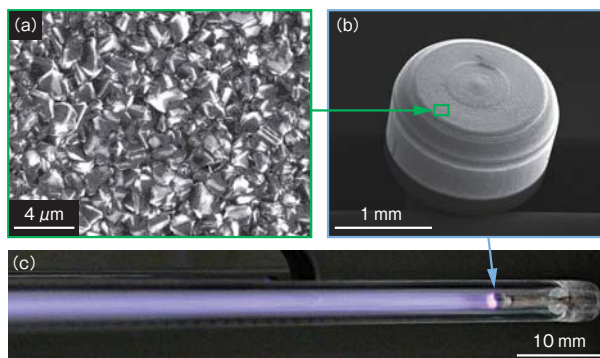
Comparison of specific on-resistances of various silicon carbide Schottky barrier diodes (SiC-SBDs)

● ダイヤモンド薄膜放電灯冷陰極

液晶ディスプレイのバックライトとして需要が拡大している冷陰極放電灯の省エネを目的に、ダイヤモンド薄膜を用いた放電用冷陰極の開発を行っている。

気相合成した導電性多結晶ダイヤモンド薄膜によって、放電時の陰極損失を既存の陰極材料に対して、最大で半分以上に低減できることを示した。また、ダイヤモンド薄膜を被覆した陰極を用いて放電管を試作し、放電動作を確認するとともに、管全体での電力低減効果(約10%)を実証した。

この技術はNEDOの委託事業“ダイヤモンド極限機能”プロジェクトにより開発を実施したものである。



(a) ダイヤモンド薄膜の表面微細構造
(b) ダイヤモンド薄膜を被覆した陰極
(c) ダイヤモンド薄膜陰極放電管の放電状況

ダイヤモンド薄膜放電灯冷陰極

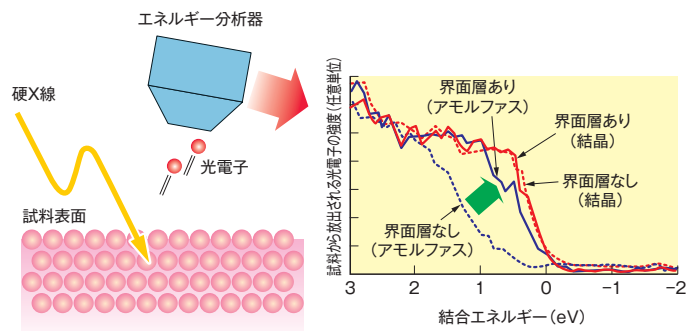
Cold discharge cathode with diamond thin-film coating

● 硬X線光電子分光法による相変化光ディスク記録膜の解析

書換え型HD DVDでは、記録膜を現行DVDと同様に相変化(アモルファス⇄結晶)させて、映像やデータの記録、消去、書換えを行う。大容量と高転送レート(100 Mビット/s以上)の実現には、記録膜を高速に相変化させる必要があり、特に結晶化メカニズムの理解が不可欠である。

そこで今回、記録膜に隣接し、高速結晶化に効果がある界面層と呼ぶ極薄誘電体層の働きを、硬X線^(注)光電子分光法により解析した。その結果、まだ記録膜がアモルファスであるにもかかわらず、その電子状態を結晶化後の状態にあらかじめ近づける効果があることを見いだした。

(注) エネルギーが高くて透過性の強いX線。



相変化記録膜(価電子帯の状態密度)における界面層の影響

Effect of interface layer on phase-change recording material for density of state of valence band

● 産業用インクジェットプリンタ向け カラーインク



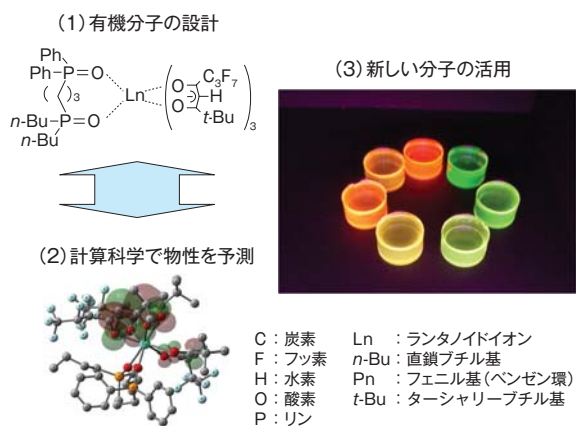
様々な媒体への印刷例(左：金属・ガラス，右：樹脂)
Printed samples on various substrates

東芝テック(株)と共同で、金属やガラスなどにも印字可能な、産業用インクジェットプリンタ向けの感光性カラーインクを開発した。

光照射によって開始する酸触媒反応を利用した化学増幅機構の採用と、新規モノマー化合物の開発により、インクの硬化効率を2倍に高めた。これにより、従来の感光性インクでは印刷が困難であった金属やガラスなどの媒体にも、良好な密着性を持つ印刷が可能となった。また、顔料の分散安定性もよく、高速印字に耐えうる高い信頼性を持ったインクである。

機能性材料を分散させることにより、エレクトロニクスなど広い分野への応用拡大が期待される。

● 計算科学と連携した新しい希土類有機蛍光体の創製

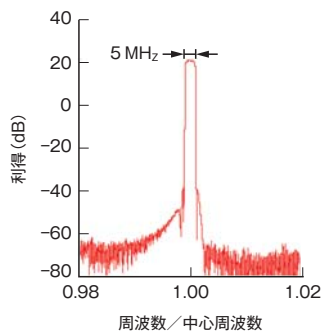


新希土類有機蛍光体の創製とその活用
Procedure for development of novel rare-earth complexes

希土類有機蛍光体は、室内光下では無色透明であり、紫外光又は近紫外光を照射すると、希土類イオン特有の鮮明な発光色を示すため、インテリア照明をはじめ、種々の用途への展開が期待されている。しかしながら、目指す特性を満たす有機分子の実現には、多くの時間と多大な試行錯誤が要求される。

当社は、よりの確かな有機分子をより早く見いだすため、独自の有機分子設計指針に加え、構造安定性や光吸収効率の予測ができる計算科学との緊密な連携を推し進めている。分子設計と計算科学、この二つの要素を車の両輪とし、高レベルの特性が幅広く要求される電子デバイス分野にも展開できる、新材料の創製に取り組んでいる。

● 2 GHz帯超電導シャープカット フィルタ



2 GHz帯超電導フィルタユニットと1波用の特性(増幅器内蔵)
2 GHz-band superconducting filter unit

2 GHz帯の携帯電話基地局などへの適用に向け、1波用及び4波用の超電導フィルタを開発した。

近年の周波数需給の逼迫(ひっばく)に伴い、隣接チャネル干渉が問題となってきている。今回開発したフィルタは、従来よりも急峻(きゅうしゅん)なカットオフ特性を実現しており、隣接チャネル干渉波の大幅な低減が可能である。4波用は帯域幅が約20 MHzで、帯域端からわずか1.5 MHzしか離れていない干渉波を80 dB以上低減した。また、帯域幅が約5 MHzの1波用では、0.5 MHzしか離れていない干渉波を60 dB以上低減できた。

今後、携帯電話を含め、各種無線装置の隣接チャネル干渉除去への適用を検討していく。