構造制御された固体表面での高エネルギーイオン散乱過程

High Energy Ion Scattering Processes on the Structure Controlled Solid Surfaces

本橋　健次[1)]　　齋藤　勇一[2)]　　宮脇　信正[2)]

Kenji MOTOHASHI　　Yuichi SAITOH　　Nobumasa MIYAWAKI

[1)]東洋大学　　[2)]原子力機構

（概要）

自己組織化現象を利用して作製された構造制御固体表面でのイオン散乱過程を調べるため、有極性化合物半導体や自己組織化単分子膜表面でのイオン散乱分析を行った。2.5MeV の陽子を窒化ガリウム単結晶表面の平行方向から 2°の角度で入射し、散乱角 4°で固体検出器により検出した。ガリウム原子で終端された(0001)表面と、窒素原子で終端された(000-1)表面で、散乱イオンスペクトルを比較したところ、スペクトルのピーク位置や形状については顕著な差が見られなかったものの、そのスペクトル強度には15%の有意な差が見られ、(0001)面での反射が優勢であることが分かった。

キーワード：構造制御表面，イオン散乱分析，二次イオン質量分析，発光分光分析，

１．目的

近年、主に自己組織化現象を利用し、表面の原子構造に高い規則性を持たせた構造制御表面が盛んに研究されている。これらの固体表面は、従来のバルク結晶とは異なり、規則性の次元（1 次元または 2 次元）や、その配列方向を原子・分子単位で制御することができるため、新たな物性の開拓が期待されている。と同時に、構造制御表面の改質や加工のための研究が喫緊の課題でもある。

しかしながら、構造制御表面に対するイオンビーム照射反応の研究[1)]は、国内外を問わずまだ極めて少ないのが現状であり、その詳細はよく分かっていない。本研究は、有極性化合物、自己組織化単分子膜、生体分子固定化膜等の各種の構造制御表面に高エネルギーイオンが入射した際の反応を、イオン散乱分析や二次粒子質量分析により明らかにすることを目的としている。

２．方法

10MeV 以下程度の陽子(H^+)や He イオンを入射した際の散乱過程を、二次粒子分析とイオン散乱分析により調べる。二次粒子分析としては、発光分光により二次イオンと中性粒子のスペクトルを検出する。イオン散乱分析としては、鏡面反射条件でのエネルギー分析を行う。有極性化合物固体表面としては、GaN と ZnO を、自己組織化単分子膜としては金基板ドデカンチオール $CH_3(CH_2)_{11}S/Au(111)$を、タンパク質膜としては、アミノシラン化 ITO ガラスに固定化したタンパク質を使用する。

３．研究成果

2.5MeV の陽子(H^+)を入射角 2°で GaN（0001）表面（Ga 終端面）と GaN(000-1)表面（N 終端面）に入射し、散乱角 4°で散乱した H, H^+, H^-を固体検出器で検出し、その散乱エネルギースペクトルを測定した。散乱エネルギーのピークはどちらの表面でも 2.495MeV であり、2.400MeV 程度まで裾を引いている点が共通していた。二つの表面の間に散乱エネルギースペクトルの顕著な差異は見出されなかった。しかしながら、散乱ピーク強度は Ga 終端面の方が N 終端面より全体的に約 15%大きかった。

４．結論・考察

表面第 1 層原子との単回二体衝突が主要な散乱過程であると考えると、Ga 面で散乱された陽子のエネルギーは 2.4998MeV、N 面で散乱された陽子のエネルギーは 2.4991MeV と見積もられ、両者の差を実験的に確認するには固体検出器の分解能が不足している。しかし、Ga 面と N 面との散乱強度に認められた 15%の差は実験誤差 10%を僅かに上回っており、Ga(0001)面での優勢な反射が認められた。一方、この値はラザフォード散乱を仮定した場合の散乱強度比（$= 31^2/7^2 \approx 20$）と比べてかなり小さく、陽子と Ga 原子または N 原子との単回二体弾性散乱以外の過程が無視できないことを示している。すなわち、GaN 表面の平滑性や吸着子の存在が影響していると考えられる。今後、再現性を確認すると共に、ZnO 等の他の有極性化合物半導体表面のデータも蓄積する必要がある。

５．引用(参照)文献等

1) K. Motohashi, Appl. Phys. Express **3** (2010) 126301.